



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV ŽELEZNIČNÍCH KONSTRUKCÍ A STAVEB

INSTITUTE OF RAILWAY STRUCTURES AND CONSTRUCTIONS

PRŮVODNÍ A TECHNICKÁ ZPRÁVA VARIANTA A

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Roman Drcmánek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Richard Svoboda, Ph.D.

BRNO 2024

Obsah

1. Základní informace	3
1.1 Základní údaje	3
1.2 Cíle	3
1.3 Podklady a literatura	3
2. Stávající stav vlečky	4
2.1 Směrové poměry	4
2.2 Sklonové poměry	5
2.3 Železniční svršek	6
2.4 Železniční spodek	6
2.5 Křížení se stávajícími objekty	6
2.6 Křížení inženýrských sítí	6
3. Stávající stav vysokorychlostní trati	7
3.1 Směrové poměry	7
3.2 Výškové poměry	7
4. Navrhovaný stav	8
4.1 Vlečka	9
4.1.1 Směrové poměry	9
4.1.2 Výškové poměry	9
4.1.3 Železniční svršek	10
4.1.4 Železniční spodek	11
4.1.5 Odvodnění	14
4.1.6 Křížení s jinými objekty	15
4.2 Vysokorychlostní trať	15
4.2.1 Směrové poměry	15
4.2.2 Výškové poměry	15
4.2.3 Železniční svršek	16
4.2.4 Železniční spodek	16
4.2.5 Odvodnění	18
4.2.6 Křížení s jinými objekty	18

1. Základní informace

1.1 Základní údaje

Trať:	Železniční vlečka Pohořelice – Vranovice
Stupeň dokumentace:	Technická studie
Kraj:	Jihomoravský
Okres:	Brno – venkov
Katastrální území:	Přibice, Vranovice
Projektant:	Roman Drcmánek
Vedoucí práce:	Ing. Richard Svoboda, Ph.D.

1.2 Cíle

Cílem práce je navrhnout řešení křížení železniční vlečky Pohořelice – Vranovice se současnou navrhovanou VRT Jižní Morava mezi obcemi Přibice a Vranovice.

1.3 Podklady a literatura

Pro vypracování bylo poskytnuto geodetické zaměření vlečky Pohořelice – Vranovice v úseku km 1,000 000 – 3,200 011, dále byl poskytnut navrhovaný stav VRT Jižní Morava, to vše v souřadnicovém systému S-JTSK. Posledním podkladem byl terén, který pokrývá značnou oblast mezi obcemi Přibice a Vranovice, kde ke křížení železničních tratí dochází.

ČSN 73 6360-1 Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha – Část 1: Projektování

Vzorové listy železničního spodku

Předpisy SŽDC S3 Železniční svršek

Předpis SŽDC S4 Železniční spodek

ČSN 73 6320 Prostorová průchodnost na dráze celostátní, drahách regionálních a místních a vlečkách normálního rozchodu

2. Stávající stav vlečky

2.1 Směrové poměry

Směrové poměry jsou získány z podkladů od geodeta pro vypracování práce. Směrové poměry po délce staničení je možné vidět v Tab. 1.

Staničení [km]	Popis
1,000 000	ZÚ – začátek úseku
1,000 000 - 1,293 990	Přímá, dl. 293,990 m
1,293 990	ZP – klotoida; $L_k= 46,040$ m
1,340 030	ZO – levostranný oblouk; $R=250$ m; $d_0=363,439$ m
1,703 469	KO
1,749 509	KP – klotoida, $L_k= 46,040$ m
1,749 509 – 1,908 464	Přímá, dl. 158,955 m
1,908 464	ZP – klotoida; $L_k= 37,013$ m
1,945 477	ZO – pravostranný oblouk; $R=300$ m; $d_0=164,852$ m
2,110 329	KO
2,147 342	KP – klotoida; $L_k= 37,013$ m
2,147 342 – 2,293 542	Přímá, dl. 146,200 m
2,293 542	ZP – klotoida; $L_k= 12,000$ m
2,305 542	ZO – pravostranný oblouk; $R = 1000$ m; $d_0= 56,990$ m
2,362 531	KO
2,374 531	KP – klotoida, $L_k= 12,000$ m
2,374 531 – 2,905 935	Přímá, dl. 531,404 m
2,905 935	ZP – klotoida; $L_k= 40,040$ m
2,945 975	ZO – pravostranný oblouk; $R = 200$ m; $d_0= 180,721$ m
3,126 696	KO
3,166 736	KP – klotoida; $L_k= 40,040$ m
3,166 736 - 3,200 011	Přímá, dl. 33,275 m
3,200 011	KÚ – konec úseku

Tabulka 1 - Směrové poměry stávajícího stavu

2.2 Sklonové poměry

Sklonové poměry jsou získány z podkladů od geodeta pro vypracování práce. Výškové hodnoty jsou určeny výškovým systémem Balt po vyrovnání (B.p.v). Sklonové poměry stávající stavu je možné vidět v Tab. 2.

Staničení [km]	Výška nivelety [m]	Popis
1,000 000	187,447	ZÚ – začátek úseku (napojení na stávající stav) Stoupá 15,74‰, dl. 436,010m
1,436 005	194,310	Lom sklonu $R_v=2500$ m; $t_z=1,490$; $y_v=-0,050$ m; Stoupá 16,92‰, dl. 132,990m
1,569 000	196,563	Lom sklonu $R_v=2500$ m; $t_z=1,718$ m; $y_v=-0,001$ m; Stoupá 15,88‰, dl. 134,000 m
1,703 000	198,648	Lom sklonu $R_v=2500$ m; $t_z=3,385$ m; $y_v=-0,002$ m; Stoupá 12,85‰, dl. 97,000m
1,800 000	199,895	Lom sklonu $R_v=2500$ m; $t_z=0,030$ m; $y_v=-0,000$ m; Stoupá 12,83‰, dl. 103,990 m
1,904 000	201,229	Lom sklonu $R_v=2500$ m; $t_z=6,310$ m; $y_v=-0,008$ m; Stoupá 7,70‰, dl. 98,000 m
2,002 000	201,992	Lom sklonu $R_v=2500$ m; $t_z=9,478$ m; $y_v=-0,018$ m; Stoupá 0,20‰, dl. 592,000 m
2,594 000	202,110	Lom sklonu $R_v=2500$ m; $t_z=3,725$ m; $y_v=-0,003$ m; Klesá 2,78‰, dl. 106,000 m
2,700 000	201,820	Lom sklonu $R_v=2500$ m; $t_z=12,387$ m; $y_v=-0,031$ m; Klesá 12,69‰, dl. 108,000 m
2,808 000	200,445	Lom sklonu $R_v=2500$ m; $t_z=1,525$ m; $y_v=-0,000$ m; Klesá 13,90‰, dl. 146,000 m
2,954 000	198,414	Lom sklonu $R_v=2500$ m; $t_z=1,950$ m; $y_v=-0,001$ m; Klesá 15,47‰, dl. 126,000 m
3,080 000	196,465	Lom sklonu $R_v=2500$ m; $t_z=1,350$ m; $y_v=-0,000$ m; Klesá 14,39‰, dl. 120,011 m
3,200 011	194,738	KÚ – konec úseku (napojení na stávající stav)

Tabulka 2 - Sklonové poměry stávajícího stavu

2.3 Železniční svršek

Stávající stav kolejového roštu je tvořen dřevěnými pražci se stykovanou kolejí, kdy na každém pražci jsou nainstalovány pražcové kotvy. Na daném úseku jsou kolejnice S49 (T) a rozponové podkladnice. Rozdělení pražců nezjištěno.

2.4 Železniční spodek

K dispozici nejsou žádné údaje o železničním spodku.

Odvodnění

V rámci celého úseku se nenachází žádný zpevněný příkop. Nezpevněné příkopy jsou zarostlé flórou a zanesené, v některých místech staničení nejsou dokonce ani vybudovány. Trativody a jiné formy odvodnění nebyly při prohlídce nalezeny.

Propustky

Na daném úseku se nenacházejí žádné propustky.

2.5 Křížení se stávajícími objekty

Na daném úseku se trať křížuje mimoúrovňově s pozemní komunikací II/381 (Tab. 4) a nacházejí se zde 3 přejezdy (Tab. 3).

Staničení [km]	Číslo přejezdu	Zabezpečení	Komunikace
2,302 148	P6990	výstražný kříž	úcelová
2,854 374	P6991	výstražný kříž	úcelová
3,086 230	P6992	výstražný kříž	polní cesta

Tabulka 3 - Staničení železničních přejezdů

Staničení [km]	Konstrukce mostu	Komunikace
1,140 114	desková	II/381

Tabulka 4 - Staničení silničního mostu

2.6 Křížení inženýrských sítí

Při prohlídce úseku a z dostupných dat a podkladů nebylo zjištěno žádné křížení inženýrských sítí.

3. Stávající stav vysokorychlostní trati

Směrové a výškové řešení stávajícího stavu VRT bylo získáno jako podklad pro vypracování bakalářské práce, z toho plyne, že byla získána pouze osa a niveleta koleje. Pojmem stávající je zde vyrozuměno ve skutečnosti nový návrhový stav VRT, ale pro zpracování práce je zde označen jako stávající, neboť byly vyhotoveny 2 varianty křížení, které s tímto stavem pracují.

3.1 Směrové poměry

Směrové poměry jsou získány z podkladů od geodeta pro vypracování práce. Směrové poměry po délce staničení je možné vidět v Tab. 5.

Staničení [km]	Popis
19,138 047	ZÚ – začátek úseku
19,138 047 – 20,824 966	Přímá, dl. 1686,919 m
20,824 966	ZP – klotoida; $L_k = 386,123$ m
21,211 089	ZO – levostranný oblouk; $R = 7004,5$ m; $d_0 = 6315,651$ m
27,526 740	KO
27,912 863	KP – klotoida, $L_k = 386,123$ m
27,912 863 – 28,193 012	Přímá, dl. 280,149 m
28,193 012	KÚ – konec úseku

Tabulka 5 - Směrové poměry vysokorychlostní trati

3.2 Výškové poměry

Sklonové poměry jsou získány z podkladů od geodeta pro vypracování práce. Výškové hodnoty jsou určeny výškovým systémem Balt po vyrovnání (B.p.v). Sklonové poměry stávající stavu je možné vidět v Tab. 6.

Staničení [km]	Výška nivelety [m]	Popis
19,138 047	210,412	ZÚ – začátek úseku (napojení na stávající stav) Klesá 2,50‰, dl. 2267,670 m
21,405 717	204,820	Lom sklonu $R_v = 40\,000$ m; $t_z = 61,00$; $y_v = 0,050$ m; Stoupá 0,55‰, dl. 1972,660 m
23,378 377	205,900	Lom sklonu $R_v = 35\,000$ m; $t_z = 58,62$; $y_v = -0,050$ m; Klesá 2,80‰, dl. 1736,610 m

Tabulka 6 – Výškové poměry vysokorychlostní trati

Výškové poměry

Staničení [km]	Výška nivelety [m]	Popis
26,139 987	187,750	Lom sklonu $R_v=25\,000\text{ m}$; $t_z=111,090\text{ m}$; $y_v=0,250\text{ m}$; Klesá 4,13‰, dl. 1912,950m
28,052 937	179,860	Lom sklonu $R_v=30\,000\text{ m}$; $t_z=48,310\text{ m}$; $y_v=-0,040\text{ m}$; Klesá 7,31‰, dl. 140,075 m
28,193 012	178,834	KÚ – konec úseku (napojení na stávající stav)

Tabulka 6 - Výškové poměry vysokorychlostní trati - pokračování

4. Navrhovaný stav

Varianta A navrhuje řešení křížení vlečky s VRT tím, že směrové řešení železniční vlečky ponechává neměnné a mění se pouze výškové poměry, tedy niveleta tratě. Změna směrových poměrů VRT dle požadavků není možná, z toho plyne, že směrové poměry VRT jsou pro dané řešení okrajovými podmínkami. V rámci řešení křížení se může měnit pouze niveleta koleje VRT.

Řešení v prvopočátku je omezené okrajovými podmínkami a to, že stávající přejezd P6990 v km 2,302 148 by měl zůstat zachován v současném staničení z důvodu přístupu obyvatel na své pozemky. Úprava železničního přejezdu není v této práci zpracována. Další podmínkou je, že maximální přípustný sklon na vlečce by neměl překročit 17,00 ‰, kdy v současném stavu je maximální sklon 16,92 ‰. S tím se pojí i návrhová rychlost pro pohyb vozidel na železniční vlečce, která činí 40 km/h. Řešení železniční vlečky je tedy vymezeno těmito okrajovými podmínkami, kdy před a za se provede směrová a výšková úprava.

První okrajovou podmínkou řešení křížení pro VRT je, jak už bylo zmíněno dříve, omezení, které neumožňuje měnit její směrové poměry. Druhou okrajovou podmínkou je ta, že by nemělo dojít ke změně nivelety v jakémkoli bodě o více jak 2 metry nahoru nebo dolů.

V rámci práce je VRT řešena jako okrajová podmínka a jsou zpracovány pouze její směrové a výškové poměry a vykresleno její těleso. Podrobnější sounáležitosti nejsou součástí práce.

4.1 Vlečka

V rámci vlečky se navrhuje řešení, jenž optimalizuje problém křížení s vysokorychlostní tratí. Současně zlepšuje odvodnění, které v současném stavu je zarostlé křovinami a zanesené, návrhem příkopových tvárnic po celé délce úseku.

4.1.1 Směrové poměry

Směrové poměry jsou ponechány neměnné vzhledem ke stávajícímu stavu. (Tab. 7)

1,200 000	ZÚ – začátek úseku (navazující stávající stav)
1,200 000 – 1,293 990	Přímá, dl. 93,990 m
1,293 990	ZP – přechodnice; $n=25,6V$; $n_i=37,2V$; $m=0,354m$ $L_k=46,089m$
1,293 990	ZO – levostranný oblouk; $R=250\text{ m}$; $V=40\text{ km/h}$ $D=45\text{ mm}$; $I=31\text{ mm}$; $\alpha_s=104,2728g$ $d_0=363,389m$ $\Delta u=2,6mm$; $Lu_1=4,190m$; $Lu_2=4,190m$
1,703 469	KO
1,749 508	KP – přechodnice; $n=25,6V$; $n_i=37,2V$; $m=0,354m$ $L_k=46,089m$
1,749 508 – 1,908 463	Přímá, dl. 158,955m
1,908 463	ZP – přechodnice; $n=24,4V$; $n_i=37,0V$; $m=0,190m$ $L_k=37,014m$
1,945 477	ZO – pravostranný oblouk; $R=300\text{ m}$; $V=40\text{ km/h}$ $D=38\text{ mm}$; $I=25\text{ mm}$; $\alpha_s=42,8373g$ $d_0=164,852m$
2,110 329	KO
2,147 343	KP – přechodnice; $n=24,4V$; $n_i=37,0V$; $m=0,190m$ $L_k=37,014m$
2,147 343 – 2,283 738	Přímá, dl. 136,395 m
2,283 738	KÚ – konec úseku (navazující na stávající stav)

Tabulka 7 - Směrové poměry návrhové stavu železniční vlečky

4.1.2 Výškové poměry

Výškové hodnoty jsou určeny výškovým systémem Balt po vyrovnaní (B.p.v). Sklonové poměry stávající stavu je možné vidět v Tab. 8.

Staničení [km]	Výška nivelety [m]	Popis
1,200 000	190,595	ZÚ – začátek úseku (napojení na stávající stav) Stoupá 15,74‰, dl. 384,100m
1,384 100	193,493	Lom sklonu $R_v=2500$ m; $t_z=16,550$ m; $y_v=-0,050$ m; Stoupá 2,50‰, dl. 440,393m
1,824 493	194,594	Lom sklonu $R_v=2500$ m; $t_z=18,130$ m; $y_v=0,070$ m; Stoupá 17,00‰, dl. 436,843 m
2,261 336	202,020	Lom sklonu $R_v=2500$ m; $t_z=20,630$ m; $y_v=0,090$ m; Roste 0,50‰, dl. 22,402 m
2,283 738	202,132	KÚ – konec úseku (napojení na stávající stav)

Tabulka 8 - Výškového poměry návrhové stavu železniční vlečky i

4.1.3 Železniční svršek

V celém úseku je navržena bezстыková kolej dle předpisu SŽ S3/2. Z důvodu malých poloměrů oblouků a opatření kvůli ztrátě stability bezстыkové koleje je navrženo nadvýšení a rozšíření kolejového lože. Profil kolejového lože je uveden v kapitole 4.1.3.2 Kolejové lože. V oblouku o poloměru $R = 200$ m jsou navrženy pražcové kotvy na každém pražci, v oblouku o poloměru $R = 250$ m jsou navrhnuty kotvy na každém třetím pražci.

Skladba železničního svršku

Navržený kolejový rošt se skládá z kolejnic 49 E1 (S49) s pružným bezpodkladnicovým upevněním kolejnic svěrkami Skl 14 pro oblouky s malými poloměry (upevnění W14 NT), pražců B03 a B03R pro upravený rozchod koleje, vrtulí R 1, podložek Uls 7 a úhlové vodící vložky Wfp 14K. Navržené rozdělení pražců je d (611 mm).

Kolejové lože

Navržené kolejové lože má lichoběžníkový tvar se sklony svahů 1:1,25 s tloušťkou min. 0,35 m pod ložnou plochou pražce. Frakce kolejové lože je 31,5/63 mm. Šířka kolejového lože činí 1,70 m od osy koleje v přímých úsecích. V obloucích se šířka kolejového lože rozšiřuje na 1,75 m a nadvyšuje o 0,1 m. V následující tabulce (Tab. 9) je možné vidět tvar kolejového lože dle staničení.

Profil kolejového lože

Staničení [km]	Tvar kolejového lože
1,200 000 – 1,293 990	Šířka 1,7m od osy
1,293 990 - 1,749 509	Šířka 1,75 na vnější stranu, nadvýšení 0,1m
1,749 509 – 1,908 464	Šířka 1,7m od osy
1,908 464 - 2,147 342	Šířka 1,75 na vnější stranu, nadvýšení 0,1m
2,147 342 – 2,283 738	Šířka 1,7m od osy

Tabulka 9 - Profil kolejového lože

4.1.4 Železniční spodek

Celé těleso se v navrhovaném úseku nachází v zářezu.

Konstrukční a podkladní vrstva

Železniční spodek není dostatečně únosný, proto je navržena, jak konstrukční, tak podkladní vrstva.

Výpočet pražcového podloží

Železniční trasa vlečky současného stavu i navržené variant se nachází v nivních sedimentech, ve kterých je zejména velké zastoupení jílu a písku. Ve zkratce lze konstatovat, že se zde nacházejí jemnozrnné zeminy, tudíž vstupní parametry do výpočtu pražcového podloží nebudou nikterak dosahovat velkých hodnot. Dle podkladů od geodeta byl určen modul přetvárnosti na zemní pláni $E_{zp} = E_0$ 10 MPa. Vypočítané pražcové podloží bude použito po celé délce trati, kde železniční těleso prochází zářezem.

$$E_{min,zp} = 15 \text{ MPa}$$

$$E_0 > E_{min,zp}$$

$$10 \text{ MPa} > 15 \text{ MPa}$$

NEVYHOVUJE -> návrh podkladní vrstvy

Návrh podkladní vrstvy DK 0/90, h = 0,2 m

$$E_{\text{mat}} = 110 \text{ MPa}$$

$$k_1 = E_0 / E_{\text{mat}} = 10 / 110 = 0,0909$$

$$k_2 = h / D = 0,2 / 0,3 = 0,6667$$

$$E_1 = E_0 / (1 - (2/\pi) \times (1 - k_1^{1,4}) \times \arctg(k_2 \times k_1^{-0,4}))$$
$$= 10 / (1 - (2/\pi) \times (1 - 0,0909^{1,4}) \times \arctg(0,6667 \times 0,0909^{-0,4})) = \underline{\underline{28,14 \text{ MPa}}}$$

$$E_1 > E_{\text{min,zp}}$$

$$28,14 \text{ MPa} > 15 \text{ MPa} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

Návrh konstrukční vrstvy ŠD 0/32, h = 0,2 m

$$E_{\text{min,pl}} = 30 \text{ MPa}$$

$$E_{\text{mat}} = 70 \text{ MPa}$$

$$k_1 = E_1 / E_{\text{mat}} = 28,14 / 70 = 0,4020$$

$$k_2 = h / D = 0,2 / 0,3 = 0,6667$$

$$E_1 = E_0 / (1 - (2/\pi) \times (1 - k_1^{1,4}) \times \arctg(k_2 \times k_1^{-0,4}))$$
$$= 10 / (1 - (2/\pi) \times (1 - 0,4020^{1,4}) \times \arctg(0,6667 \times 0,4020^{-0,4})) = \underline{\underline{43,36 \text{ MPa}}}$$

$$E_1 > E_{\text{min,zp}}$$

$$43,36 \text{ MPa} > 30 \text{ MPa} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

Posouzení namrzavosti

$$I_{\text{mn}} = 375 \text{ °C/den}$$

$$h_{\text{pr}} = 0,045 \times (I_{\text{mn}})^{0,5} = 0,045 \times (375)^{0,5} = 0,87 \text{ m}$$

$$h_{\text{kl}} = 0,55 \text{ m}$$

$$h_{\text{pv}} = 0,20 \text{ m}$$

$$h_{kv} = 0,20 \text{ m}$$

$$h_{z,dov} = 0,30 \text{ m}$$

$$h_{pr} < h_{kl} + h_{pv} + h_{kv} + h_{z,dov}$$

$$0,87 < 0,55 + 0,20 + 0,20 + 0,30$$

$$0,87 \text{ m} < 1,25 \text{ m} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

Svahy zemního tělesa

Svahy zemního tělesa jsou navrženy ve sklonu 1:2,25, v případě hlubšího zářezu, tedy více jak 6,00 m, se sklon svahu zvyšuje na 1.2,00.

Ochrana svahů

Ohumusování bude provedeno v tloušťce 0,10 m po celé délce úseku. V případě navrženého odvodnění z příkopových tvárnic (TZZ4a) bude ohumusování začínat hned za tvárnici.

Plán tělesa železničního spodku

Plán tělesa železničního spodku je navržena jako střechovitá se sklonem 5 %. Vzdálenost pod úložnou plochou pražce je 0,35 m. Vzdálenost hrany pláň tělesa železničního spodku je minimálně 3,10 m na každou stranu od osy koleje. V obloucích je tato vzdálenost hrany rozšířena na vnější straně na základě rozšíření a nadvýšení kolejového lože a minimální šířky stezky 0,55 m. V následující tabulce je možné vidět šířku pláň tělesa železničního spodku od osy (Tab.10).

Staničení [km]	Délka od osy		Rozšíření	
	Vlevo [m]	Vpravo [m]	Vlevo [m]	Vpravo [m]
1,200 000 - 1,293 990	3,100	3,100	0,000	0,000
1,293 990 - 1,340 030	3,100	proměnná	0,000	proměnná
1,340 030 - 1,703 469	3,100	3,225	0,000	0,225
1,703 469 - 1,749 509	3,100	proměnná	0,000	proměnná
1,749 509 - 1,908 464	3,100	3,100	0,000	0,000
1,908 464 - 1,945 477	proměnná	3,100	proměnná	0,000
1,945 477 - 2,110 329	3,225	3,100	0,225	0,000
2,110 329 - 2,147 342	proměnná	3,100	proměnná	0,000
2,147 342 - 2,283 738	3,100	3,100	0,000	0,000

Tabulka 10 - Šířka pláň tělesa železničního spodku

Zemní pláň

Zemní pláň je navržena střechovitá v příčném sklonu 5 % (Tab. 11). Zemní pláň je tvořena nedostatečně únosnou zeminou, proto je navržena podkladní vrstva. Po úpravě podkladní vrstvy do požadovaného tvaru bude položena konstrukční vrstva.

Staničení [km]	Sklon [%]	Směr sklonu
1,200 000 – 2,283 378	5	Střechovitý

Tabulka 11 - Sklon zemní pláň

4.1.5 Odvodnění

V rámci řešení je navrženo nové odvodnění. Odvodnění v celém úseku je řešeno zpevněnými příkopy tvárnicemi TZZ4a. Uložení tvárnic bude provedeno na podkladní beton C12/15 o minimální tloušťce 0,05 m. Odvodnění je řešeno spádem v jednom směru proti směru staničení. Navržený zpevněný příkop je zejména z důvodu vysoké hladiny podzemní vody v této oblasti. Sklony, délky příkopu a výšky zlomu popisuje následující tabulka (Tab. 12).

Oboustranný příkop

Staničení [km]	Délka [m]	Typ příkopu	Sklon [‰]	Výška zlomu [m]
1,200 000 – 1,370 000	170,000	TZZ4a	+15,74	188,904
				191,580
1,370 000 – 1,410 500	40,500	TZZ4a	+7,71	191,893
				192,929
1,410 500 – 1,825 000	414,500	TZZ4a	+2,50	192,929
				200,069
1,825 000 – 2,245 000	420,000	TZZ4a	+17,00	200,069
				200,362
2,245 000 – 2,283 738	38,738	TZZ4a	+6,98	200,362
				200,362

Tabulka 12 - Oboustranný zpevněný příkop

4.1.6 Křížení s jinými objekty

Železniční most:

- bude zřízen most pro VRT Jižní Morava
- staničení km 1,883 471
- délka mostu 43,86 m
- šířka mostu 13,00 m
- výška nad niveletou koleje 9,00 m
- niveleta koleje VRT 204,61
- niveleta koleje železniční vlečky 195,61
- konstrukce mostu z předpjatého betonu

4.2 Vysokorychlostní trať

V rámci této varianty byla pozměněna niveleta koleje VRT směrem výše, aby bylo nalezeno optimální řešení a byly splněny všechny okrajové podmínky, včetně ponechání přejezdu na trase vlečky v km 2,302 148. Změnou nivelety koleje VRT dochází k nižšímu prohlubování trasy vlečky, ale naopak vyšším naspům na tělese vysokorychlostní tratě.

4.2.1 Směrové poměry

Směrové poměry jsou ponechány neměnné vzhledem k okrajové podmínce, které bylo nutné vyhovět. Směrové poměry popisuje následující tabulka (Tab. 13).

Staničení [km]	Popis
23,150 000	ZÚ – začátek úseku (navazující stávající stav)
23,200 000	levostranný oblouk; R= 7004,5 m; d ₀ = 6315,651 m (předcházející)
25,375 000	levostranný oblouk; R= 7004,5 m; d ₀ = 6315,651 m (následující)
25,375 000	KÚ – konec úseku (navazující stávající stav)

Tabulka 13 - Směrové poměry VRT

4.2.2 Výškové poměry

Výškové hodnoty jsou určeny výškovým systémem Balt po vyrovnání (B.p.v). Výškové poměry byly pozměněny tak, aby byla niveleta výše v místě křížení. Sklonové poměry návrhového stavu nivelety je možné vidět v Tab. 14.

Staničení [km]	Výška nivelety [m]	Popis
23,150 000	205,777	ZÚ – začátek úseku (napojení na stávající stav) Stoupá 0,55‰, dl. 107,497m
23,257 497	205,831	Lom sklonu $R_v=35\,000\text{ m}$; $t_z=19,15\text{m}$; $y_v=-0,050\text{m}$; Klesá 0,54‰, dl. 1042,510m
24,300 007	205,269	Lom sklonu $R_v=35\,000\text{ m}$; $t_z=86,73\text{m}$; $y_v=0,110\text{m}$; Klesá 5,50‰, dl. 848,920m
25,148 927	200,600	Lom sklonu $R_v=35\,000\text{ m}$; $t_z=130,730\text{m}$; $y_v=-0,240\text{m}$; Klesá 12,97‰, dl. 226,073m
25,375 000	197,539	KÚ – konec úseku (napojení na stávající stav)

Tabulka 14 - Výškové poměry VRT

4.2.3 Železniční svršek

Skladba železničního svršku se skládá z kolejnic tvaru 60 E2, přímého pružného bezpodkladnicového upevnění W14, betonových pražců BC 12 a kolejového lože ze štěrku frakce 31,5/63 mm s minimální tloušťkou 0,35 m pod úložnou plochou pražce. Kolejové lože má lichoběžníkový tvar se sklonem svahů 1:1,5. Pražce jsou rozděleny do rozdělení typu „u“ (600 mm).

4.2.4 Železniční spodek

Spodní hrana kolejového lože je zešikmena dle sklonu pláň tělesa železničního spodku. Pláň tělesa železničního spodku je v jednostranném 2,5 % sklonu ve směru levostranného oblouku. Zemní pláň je rovněž v levostranném sklonu, ale její sklon je 4,0 %.

Násep

Konstrukční vrstva vysokorychlostní tratě je navržena z asfaltového betonu o tloušťce 0,14 m a štěrkodeřte 0/63 o tloušťce 0,20 m. Asfaltová vrstva betonu je v rozšířena v patě kolejového lože o 0,100 m na každou stranu. Konstrukční vrstva štěrkodeřte je navržena přes celou šířku pláň tělesa železničního spodku. Svahy jsou navrženy ve sklonu 1:2,00. Svahy náspu mají navrženou ochrannou vrstvou ohumusováním z ornice získanou při odhumusování. U paty náspu je navržena lavička šíře 1,0 m.

Zářez

Zářez se v oblasti křížení na železničním tělese nevyskytuje.

Výpočet pražcového podloží

Navržená železniční trasa VRT prochází velkou svou částí v nivních sedimentech, ale do její trasy částečně zasahuje i vápnitý jíl (tégel). Pro výpočet podloží tělesa v náspu bude použita zemina o modulu přetvárnosti $E = 60 \text{ MPa}$. Ve výpočtu musí být vyhověno modulu přetvárnosti na pláni tělesa železničního spodku, který se rovná $E_{\min,pl} = 100 \text{ MPa}$.

$$E_0 = 60 \text{ MPa}$$

$$E_{\min,pl} = 100 \text{ MPa}$$

$$E_0 > E_{\min,zp}$$

$$60 \text{ MPa} > 100 \text{ MPa}$$

NEVYHOVUJE -> návrh podkladní vrstvy

Návrh podkladní vrstvy ŠD 0/63, $h = 0,3 \text{ m}$

$$E_{\text{mat}} = 100 \text{ MPa}$$

$$k_1 = E_0 / E_{\text{mat}} = 60/100 = 0,6000$$

$$k_2 = h / D = 0,3 / 0,3 = 1,0000$$

$$E_1 = E_0 / (1 - (2/\pi) \times (1 - k_1^{1,4}) \times \arctg(k_2 \times k_1^{-0,4}))$$

$$= 60 / (1 - (2/\pi) \times (1 - 0,6000^{1,4}) \times \arctg(1,0000 \times 0,6000^{-0,4})) = \underline{84,32 \text{ MPa}}$$

$$E_1 > E_{\min,zp}$$

$$84,32 \text{ MPa} > 100 \text{ MPa}$$

NEVYHOVUJE -> návrh 2. podkladní vrstvy

Návrh 2. podkladní vrstvy ŠD 0/63, $h = 0,2 \text{ m}$

$$E_{\text{mat}} = 100 \text{ MPa}$$

$$k_1 = E_0 / E_{\text{mat}} = 84,32/100 = 0,8432$$

$$k_2 = h / D = 0,2 / 0,3 = 0,6667$$

$$E_2 = E_1 / (1 - (2/\pi) \times (1 - k_1^{1,4}) \times \arctg(k_2 \times k_1^{-0,4}))$$

$$= 84,32 / (1 - (2/\pi) \times (1 - 0,8432^{1,4}) \times \arctg(0,6667 \times 0,8432^{-0,4})) =$$

$$= \underline{92,04 \text{ MPa}}$$

$$E_2 > E_{\min,zp}$$

$$92,04 \text{ MPa} > 100 \text{ MPa}$$

NEVYHOVUJE -> využití KV pro VRT

Návrh konstrukční vrstvy AC, h = 0,14 m

$$E_{\text{mat}} = 200 \text{ MPa}$$

$$k_1 = E_2 / E_{\text{mat}} = 92,04 / 200 = 0,4602$$

$$k_2 = h / D = 0,14 / 0,3 = 0,4667$$

$$\begin{aligned} E_3 &= E_2 / (1 - (2/\pi) \times (1 - k_1^{1,4}) \times \arctg(k_2 \times k_1^{-0,4})) \\ &= 92,04 / (1 - (2/\pi) \times (1 - 0,4602^{1,4}) \times \arctg(0,4667 \times 0,4602^{-0,4})) = \\ &= \underline{120,96 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

$$E_4 > E_{\text{min,zp}}$$

$$120,96 \text{ MPa} > 100 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE**Posouzení namrzavosti**

$$I_{\text{mn}} = 375 \text{ °C/den}$$

$$h_{\text{pr}} = 0,045 \times (I_{\text{mn}})^{0,5} = 0,045 \times (375)^{0,5} = 0,87 \text{ m}$$

$$h_{\text{kl}} = 0,55 \text{ m}$$

$$h_{\text{pv}} = 0,20 \text{ m}$$

$$h_{\text{kv(AC)}} = 0,14 \text{ m}$$

$$h_{\text{kv(ŠD)}} = 0,20 \text{ m}$$

$$h_{\text{pr}} < h_{\text{kl}} + h_{\text{pv}} + h_{\text{kv(ŠD)}} + h_{\text{kv(AC)}}$$

$$0,87 < 0,55 + 0,20 + 0,20 + 0,14$$

$$0,87 \text{ m} < 1,09 \text{ m}$$

VYHOVUJE**4.2.5 Odvodnění**

Odvodnění v rámci této práce není podrobněji zpracováno, neboť vysokorychlostní trať je pouze okrajovou podmínkou pro řešení práce.

4.2.6 Křížení s jinými objekty

V km 24,420 662 dochází ke křížení tratě s železniční vlečkou. Navržený most pro vysokorychlostní trať je popsán s jeho parametry v kapitole 4.1.6 Křížení s jinými objekty.