



**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

**NÁVRH REKONSTRUKCE ŽELEZNIČNÍ TRATĚ STARÁ  
PAKA - TRUTNOV MEZI KM 83,65 A 86,45 VČETNĚ  
TECHNOLIE PRACÍ**

DESIGN CONCEPT OF STARÁ PAKA - TRUTNOV RAILWAY TRACK RECONSTRUCTION  
(SECTION BETWEEN KM 83.65 AND KM 86.45) WITH TECHNOLOGICAL PROCEDURE  
OF WORKS

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Michal Repko**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. JAN VALEHRACH**

**BRNO 2019**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav železničních konstrukcí a staveb

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Michal Repko
<b>Název</b>	Návrh rekonstrukce železniční tratě Stará Paka - Trutnov mezi km 83,65 a 86,45 včetně technologie prací
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Jan Valehrach
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2018
<b>Datum odevzdání</b>	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

---

doc. Ing. Otto Plášek, Ph.D.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **PODKLADY A LITERATURA**

Geodetické zaměření tratě

ČSN 736360-1

Vzorové listy železničního spodku

Předpisy SŽDC S3 Železniční svršek a SŽDC S4 Železniční spodek

a další platné právní předpisy

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

Navrhnete úpravu geometrických parametrů koleje a rekonstrukci železničního svršku v úseku km 83,65 - 86,45 železniční tratě Stará Paka - Trutnov.

Při rekonstrukci je potřeba řešit také železniční přejezdy.

V rámci práce navrhnete také obnovu odvodnění tratě a technologii práce.

Obsah práce:

1. Průvodní a technická zpráva
2. Situace 1:1000
3. Podélný řez 1:2000/200
4. Vzorové příčné řezy 1:50

## **STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

---

Ing. Jan Valehrach  
Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnutí úpravy geometrických parametrů koleje a rekonstrukce železničního svršku v úseku mezi km 83,65 – 86,45 železniční tratě Stará Paka – Trutnov. V rámci rekonstrukce byla navrhována také obnova odvodnění tratě a bylo třeba řešit i železniční přejezdy. Obsahem práce je také řešení technologie práce.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Rekonstrukce, geometrické parametry koleje, železniční přejezdy, železniční svršek, železniční spodek, odvodnění, technologie práce, gabiony, Roztoky u Jilemnice, Martinice v Krkonoších

## **ABSTRACT**

The bachelor's thesis is devoted to optimization of track geometry parameters and reconstruction of railway superstructure in the track section between the 83,65th km and 86,45th km of the railway line Stará Paka – Trutnov. It was also designed renewal of drainage within the reconstruction and it was necessary to deal with railway crossings. The thesis also deals with solution of technological procedure of works.

## **KEYWORDS**

Reconstruction, track geometry parameters, railway crossing, railway superstructure, track substructure, drainage, technological procedure of works, gabions, Roztoky u Jilemnice, Martinice v Krkonoších

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Michal Repko *Návrh rekonstrukce železniční tratě Stará Paka - Trutnov mezi km 83,65 a 86,45 včetně technologie prací*. Brno, 2019. 17 s., 84 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. Vedoucí práce Ing. Jan Valehrach

## **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Návrh rekonstrukce železniční tratě Stará Paka - Trutnov mezi km 83,65 a 86,45 včetně technologie prací* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24. 5. 2019

---

Michal Repko  
autor práce

## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Návrh rekonstrukce železniční tratě Stará Paka - Trutnov mezi km 83,65 a 86,45 včetně technologie prací* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2019

---

Michal Repko  
autor práce





## **PODĚKOVÁNÍ**

Touto cestou bych rád poděkoval Ing. Janu Valehrachovi za trpělivost a cenné rady, bez kterých by vypracování práce trvalo mnohem déle. Také bych chtěl poděkovat doc. Ing. Vladislavu Horákovi, CSc. Za poskytnutí geotechnických podkladů. Poděkování patří také celému Ústavu železničních konstrukcí a staveb FAST VUT a hlavně celé mojí rodině, která mě po celou dobu studia podporuje.

## PRŮVODNÍ A TECHNICKÁ ZPRÁVA

# NÁVRH REKONSTRUKCE ŽELEZNIČNÍ TRATĚ STARÁ PAKA – TRUTNOV MEZI KM 83,65 A 86,45 VČETNĚ TECHNOLOGIE PRACÍ

**TRAŤ:** Stará Paka – Trutnov  
**STANIČENÍ:** km 83,650 – 86,450  
**AUTOR PRÁCE:** Michal Repko  
**VEDOUCÍ PRÁCE:** Ing. Jan Valehrach  
**STUDIJNÍ ROK:** 2018/2019

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>3</b>
1.1	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY	3
1.2	ZADÁNÍ PRÁCE	3
1.3	SEZNAM PŘÍLOH PRÁCE	3
1.4	PODKLADY	4
<b>2</b>	<b>SMĚROVÉ POMĚRY</b>	<b>4</b>
2.1	STÁVAJÍCÍ STAV	4
2.2	NAVRŽENÝ STAV	4
<b>3</b>	<b>SKLONOVÉ POMĚRY</b>	<b>6</b>
3.1	STÁVAJÍCÍ STAV	6
3.2	NAVRŽENÝ STAV	6
<b>4</b>	<b>ŽELEZNIČNÍ SVRŠEK</b>	<b>7</b>
4.1	STÁVAJÍCÍ ŽELEZNIČNÍ SVRŠEK	7
4.2	NAVRŽENÝ ŽELEZNIČNÍ SVRŠEK	7
4.3	ROZŠÍŘENÍ KOLEJOVÉHO LOŽE	8
<b>5</b>	<b>ŽELEZNIČNÍ SPODEK</b>	<b>8</b>
5.1	GEOLOGICKÉ PODMÍNKY	8
5.2	NÁVRH PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ	8
5.3	PLÁŇ TĚLESA ŽELEZNIČNÍHO SPODKU A ZEMNÍ PLÁŇ	10
5.4	GABIONOVÁ ZÁRUBNÍ ZEĎ V ZÁŘEZU	10
5.5	KONSTRUKČNÍ VRSTVY	10
5.6	ODHUMUSOVÁNÍ A OHUMUSOVÁNÍ	10
5.7	SVAHY ZEMNÍHO TĚLESA	10
<b>6</b>	<b>ODVODNĚNÍ</b>	<b>11</b>
6.1	PŘÍKOPOVÉ ŽLABY U S POKLOPEM	11
6.2	PŘÍKOPOVÉ ŽLABY UCH 1 S POKLOPEM	12
6.3	NEZPEVNĚNÝ PŘÍKOP	12
6.4	PŘÍKOPOVÉ TVÁRNICE TZZ 3	13
6.5	TRATIVODY	13
6.6	PLNOSTĚNNÉ POTRUBÍ PE-HD	14
6.7	DRENÁŽNÍ ROURA PE-HD	14
<b>7</b>	<b>OBJEKTY A KŘÍŽENÍ</b>	<b>15</b>
7.1	PROPUSTKY A MOSTY	15
7.2	PŘEJEZDY	15
7.3	INŽENÝRSKÉ SÍŤ	15
<b>8</b>	<b>PŘELOŽKY A DEMOLICE</b>	<b>16</b>
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>16</b>
<b>10</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA</b>	<b>17</b>

# 1 ÚVOD

## 1.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY

Název stavby:	Rekonstrukce železniční tratě Stará Paka – Trutnov mezi km 83,65 a 86,45 včetně technologie prací
Druh stavby:	Dopravní, rekonstrukce
Zadavatel:	Ústav železničních konstrukcí a staveb Vysoké učení technické v Brně Fakulta stavební, Veveří 331/95, 602 00 Brno
Lokalita stavby:	Trať 510A, Trutnov – Chlumeč nad Cidlinou km 83,65 – 86,45
Katastrální území:	Roztoky u Jilemnice, Kruh
Okres:	Semily
Kraj:	Liberecký
Projektant:	Michal Repko
Vedoucí projektu:	Ing. Jan Valehrach

## 1.2 ZADÁNÍ PRÁCE

Tato bakalářská práce má za hlavní cíl návrh rekonstrukce jednokolejné železniční tratě Trutnov – Chlumeč nad Cidlinou mezi km 83,65 – 86,45. Zahrnuje úpravu geometrických parametrů koleje a rekonstrukci železničního svršku. Dále se práce zabývá řešením železničních přejezdů, kde je třeba ověřit rozhledové poměry podle platných právních předpisů. V rámci rekonstrukce se také řešila obnova stávajícího odvodnění tratě, úprava konstrukce zemního tělesa a technologie práce.

## 1.3 SEZNAM PŘÍLOH PRÁCE

0. Náležitosti VŠKP
1. Průvodní a technická zpráva
2. Situace 1:1000
3. Podélný řez 1:2000/200
4. Charakteristické příčné řezy 1:50
5. Výkaz výměr
6. Technologie práce

## 1.4 PODKLADY

Geodetické zaměření tratě

Katastrální mapa

Geotechnická mapa

Prohlídka železniční tratě na místě

## 2 SMĚROVÉ POMĚRY

### 2.1 STÁVAJÍCÍ STAV

Stávající směrové poměry byly získány z geodetického zaměření tratě, nákrešný přehled nebyl k dispozici, proto údaje o stávajícím stavu nemusí být úplně přesné. Dle geodetického zaměření byly zjištěny orientační parametry stávajících oblouků, které posloužily k návrhu nového stavu. Řešený úsek je dlouhý 2,8 km. Stávající traťová rychlost tohoto úseku je 70 km/h.

### 2.2 NAVRŽENÝ STAV

Pomocí geodetického zaměření tratě bylo provedeno vyrovnání přímých a kružnicových úseků, a to metodou nejmenších čtverců. V rámci mezí byla snaha co nejvíce minimalizovat hodnoty příčných posunů, většina hodnot se pohybuje do 100 mm, maximální hodnota je 123 mm v km 85,220 000 v místě poslední přechodnice složeného oblouku. Tento posun je způsoben nutností inflexního motivu za touto přechodnicí v km 85,265 804 a minimalizace příčných posunů ve zbytku složeného oblouku. Byla prověřena možnost zvýšení traťové rychlosti ze stávajících 70 km/h na 80 km/h, ovšem bylo by to na úkor velkých příčných posunů, jejichž hodnoty by v některých místech překračovaly i 300 mm. Proto bylo rozhodnuto o zachování stávající traťové rychlosti 70km/h.

Staničení	Popis
83,650 000	ZÚ Přímý úsek, dl. 283,741 m
83,933 741	ZP Přechodnice a vzestupnice, $n = 9,01V$ ; $L_k = 73,786$ m; $A = 149$ ; $m = 0,758$ m; $T = 284,710$ m; klotoida
84,007 526	ZO Levostranný oblouk, $R = 299,000$ m; $V = 70$ km/h; $D = 80$ km/h; $l = 92$ mm; $\alpha_s = 79,1669$ g; $d_0 = 339,350$ m
84,346 876	KO Přechodnice a vzestupnice, $n = 9,01V$ ; $L_k = 73,786$ m; $A = 149$ ; $m = 0,758$ m; $T = 284,710$ m; klotoida
84,420 661	KP = ZP = Inflexní bod Přechodnice a vzestupnice, $n = 9,01V$ ; $L_k = 73,786$ m; $A = 149$ ; $m = 0,758$ m; $T = 125,561$ m; klotoida

84,494 447	ZO Pravostranný oblouk, $R = 299,000$ m; $V = 70$ km/h; $D = 117$ km/h; $l = 77$ mm; $\alpha_s = 33,4459$ g; $d_0 = 137,646$ m
84,632 093	KO = ZP Pravostranný oblouk, $R = 442,618$ m; $V = 70$ km/h; $D = 117$ km/h; $l = 14$ mm; $\alpha_s = 12,9051$ g; $d_0 = 99,693$ m
84,731 786	KO = ZP Pravostranný oblouk, $R = 299,590$ m; $V = 70$ km/h; $D = 117$ km/h; $l = 76$ mm; $\alpha_s = 96,5861$ g; $d_0 = 476,048$ m
85,207 834	KO Přechodnice a vzestupnice, $n = 7,08V$ ; $L_k = 57,970$ m; $A = 132$ ; $m = 0,467$ m; $T = 365,201$ m; klotoida
85,265 804	KP = ZP = Inflexní bod Přechodnice a vzestupnice, $n = 7,03V$ ; $L_k = 63,460$ m; $A = 131$ ; $m = 0,624$ m; $T = 193,059$ m; klotoida
85,329 264	ZO Levostranný oblouk, $R = 268,630$ m; $V = 70$ km/h; $D = 129$ km/h; $l = 86$ mm; $\alpha_s = 61,8622$ g; $d_0 = 226,579$ m
85,555 843	KO Přechodnice a vzestupnice, $n = 7,03V$ ; $L_k = 63,460$ m; $A = 131$ ; $m = 0,624$ m; $T = 193,059$ m; klotoida
85,619 303	KP Přímý úsek, dl. 44,510 m
85,663 813	ZP Přechodnice a vzestupnice, $n = 11,85V$ ; $L_k = 73,000$ m; $A = 170$ ; $m = 0,560$ m; $T = 177,518$ m; klotoida
85,736 813	ZO Pravostranný oblouk, $R = 396,554$ m; $V = 70$ km/h; $D = 88$ km/h; $l = 58$ mm; $\alpha_s = 39,1613$ g; $d_0 = 203,042$ m
85,939 855	KO Přechodnice a vzestupnice, $n = 11,85V$ ; $L_k = 63,000$ m; $A = 158$ ; $m = 0,417$ m; $T = 172,924$ m; klotoida
86,002 855	KP Přímý úsek, dl. 19,550 m
86,022 405	ZP Přechodnice a vzestupnice, $n = 11,39V$ ; $L_k = 93,300$ m; $A = 167$ ; $m = 1,209$ m; $T = 155,868$ m; klotoida
86,115 705	ZO Pravostranný oblouk, $R = 299,700$ m; $V = 70$ km/h; $D = 117$ km/h; $l = 76$ mm; $\alpha_s = 40,0661$ g; $d_0 = 122,426$ m
86,238 130	KO Přechodnice a vzestupnice, $n = 9,89V$ ; $L_k = 81,000$ m; $A = 156$ ; $m = 0,912$ m; $T = 150,548$ m; klotoida
86, 319 130	KP Přímý úsek, dl. 130,870 m
86,450 000	KÚ

## 3 SKLONOVÉ POMĚRY

### 3.1 STÁVAJÍCÍ STAV

Výšky temene kolejnic a jejich průběh byl zjištěn z geodetického zaměření stávající trati. Podrobné informace o lomech sklonů nebylo možné zjistit. Pro podrobnější informace nebyl k dispozici nákrešný přehled. Výškový systém je Balt po vyrovnání.

### 3.2 NAVRŽENÝ STAV

V rámci nového stavu bylo navrženo 9 lomů sklonu, přičemž všechny jsou zaobleny poloměrem  $R = 4000$  m. Začátek a konec úseku je navržen tak, aby plynule navazoval na stávající stav. Byla snaha co nejvíce minimalizovat výškové posuny. Největší hodnota výškového posunu činí 156 mm. V místech přejezdů byla snaha o co největší minimalizaci výškových posunů.

Staničení (km)	Popis	Výška nivelety TK (m.n.m.)
83,650 000	Začátek úseku	430,279
83,650 000 – 83,881 000	Stoupá 14,99 ‰, dl. 231,000 m	
83,881 000	Lom sklonu $R_v=4000$ m $T_z=2,343$ m $y_v=0,001$ m	433,743
83,881 000 – 84,087 876	Stoupá 16,17 ‰, dl. 206,876 m	
84,087 876	Lom sklonu $R_v=4000$ m $T_z=3,685$ m $y_v=0,002$ m	437,085
84,087 876 – 84,518 582	Stoupá 14,32 ‰, dl. 430,706 m	
84,518 582	Lom sklonu $R_v=4000$ m $T_z=1,473$ m $y_v=0,000$ m	443,256
84,518 582 – 84,813 455	Stoupá 15,06 ‰, dl. 294,873 m	
84,813 455	Lom sklonu $R_v=4000$ m $T_z=0,847$ m $y_v=0,000$ m	447,697
84,813 455 – 85,020 496	Stoupá 15,48 ‰, dl. 207,041 m	
85,020 496	Lom sklonu $R_v=4000$ m $T_z=0,360$ m $y_v=0,000$ m	450,903
85,020 496 – 85,369 531	Stoupá 15,66 ‰, dl. 349,035 m	

85,369 531	Lom sklonu R <sub>v</sub> =4000 m T <sub>z</sub> =2,973 m y <sub>v</sub> =0,001 m	456,369
85,369 531 – 85,749 238	Stoupá 14,18 ‰, dl. 379,707 m	
85,749 238	Lom sklonu R <sub>v</sub> =4000 m T <sub>z</sub> =1,985 m y <sub>v</sub> =0,000 m	461,753
85,749 238 – 86,010 664	Stoupá 15,17 ‰, dl. 261,426 m	
86,010 664	Lom sklonu R <sub>v</sub> =4000 m T <sub>z</sub> =0,992 m y <sub>v</sub> =0,000 m	465,719
86,010 664 – 86,347 995	Stoupá 14,67 ‰, dl. 337,331 m	
86,347 995	Lom sklonu R <sub>v</sub> =4000 m T <sub>z</sub> =2,767 m y <sub>v</sub> =0,001 m	470,669
86,347 995 – 86,450 000	Stoupá 16,06 ‰, dl. 102,005 m	
86,450 000	Konec úseku	472,233

## 4 ŽELEZNIČNÍ SVRŠEK

### 4.1 STÁVAJÍCÍ ŽELEZNIČNÍ SVRŠEK

Dle vizuální prohlídky rekonstruovaného úseku bylo zjištěno že se zde nachází stykovaná kolej. Kolejový rošt je složen z kolejnic S49 (49E1), žebrových podkladnic S4, v některých místech podkladnic T5 a betonových pražců SB 5. V bezprostřední blízkosti železničních přejezdů jsou pražce dřevěné.

### 4.2 NAVRŽENÝ ŽELEZNIČNÍ SVRŠEK

Navržené kolejové lože bude mít lichoběžníkový tvar a minimální tloušťku 350 mm pod ložnou plochou pražce. Sklon kolejového lože za hlavami pražců bude upraven na 1:1,25. Frakce kolejového lože bude 31,5/63. Šířka horní hrany kolejového lože od osy koleje je 1700 mm v přímých úsecích. Z důvodu zřízení bezstykové koleje v obloucích o poloměru menším než 420 m dojde k rozšíření na 1750 mm od osy koleje na vnější stranu oblouku a k nadvýšení o 100 mm. Mezi km 85,265 804 a 85,619 303 budou umístěny pražcové kotvy na každém třetím pražci. Celkový počet pražcových kotev v tomto úseku je 127. Nově navržený kolejový rošt je složen z kolejnic 49 E1 s pružným bezpodkladnicovým upevněním W 14 a svěrkami Skl 14, betonových pražců B 03, vrtulí R1, podložek Uls 7 pod patou kolejnice a vodících vložek Wfp 14K. Rozdělení pražců je d (611 mm).



## 4.3 ROZŠÍŘENÍ KOLEJOVÉHO LOŽE

Staničení (km)	Tvar kolejového lože
83,650 000 – 83,933 741	šířka 1,700 m od osy, bez nadvýšení
83,933 741 – 84,420 661	šířka 1,750 m od osy na vnější pravou stranu, nadvýšení 0,100 m
84,420 661 – 84,632 093	šířka 1,750 m od osy na vnější levou stranu, nadvýšení 0,100 m
84,632 093 – 84,731 786	šířka 1,750 m od osy na vnější levou stranu, bez nadvýšení
84,731 786 – 85,265 804	šířka 1,750 m od osy na vnější levou stranu, nadvýšení 0,100 m
85,265 804 – 85,619 303	šířka 1,750 m od osy na vnější pravou stranu, nadvýšení 0,100 m, pražcové kotvy na každém třetím pražci
85,619 303 – 85,663 813	šířka 1,700 m od osy, bez nadvýšení
85,663 813 – 86,003 855	šířka 1,750 m od osy na vnější levou stranu, nadvýšení 0,100 m
86,003 855 – 86,022 405	šířka 1,700 m od osy, bez nadvýšení
86,022 405 – 86,319 130	šířka 1,750 m od osy na vnější levou stranu, nadvýšení 0,100 m
86,319 130 – 86,450 000	šířka 1,700 m od osy, bez nadvýšení

## 5 ŽELEZNIČNÍ SPODEK

### 5.1 GEOLOGICKÉ PODMÍNKY

Z geologické mapy a vizuální prohlídky daného úseku bylo zjištěno že podloží je tvořeno převážně hnědočervenými jílovcí a prachovci třídy F5-MI (dle ČSN 73 6133/2010). Jedná se o jílovité hlíny, převážně pevné, které jsou silně namrzavé a vodní režim je příznivý.

### 5.2 NÁVRH PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ

Vzhledem k tomu že nebyly k dispozici žádné konkrétní geotechnické podklady k tomuto úseku a geologické údaje jsou pouze orientační, návrh pražcového podloží byl proveden tak, aby byl navržen na nejhorší možným podmínkám. Bylo navrženo zlepšení vápnem a cementem a provedeno bylo také posouzení na účinky mrazu. Navržené hodnoty pražcového podloží je nutné ověřit zkouškami v laboratoři na základě zkoušky únosnosti CBR. Zlepšená zemina byla navržena ve vzdálenosti 2,500 m od osy koleje a tloušťka této vrstvy je 0,500 m.

#### Zemina F5 MI – hlína se střední plasticitou

$E_0 = 8 \text{ MPa}$ ,  $z = 0,5$ , zemina **vysoce namrzavá, vodní režim příznivý**

$$E_{0r} = z * E_0 = 0,5 * 8 = 4,0 \text{ MPa}$$

$$E_{0,pož} = 20 \text{ MPa}$$

$E_{pl,pož} = 40 \text{ MPa}$  pro stávající tratě – celostátní ostatní pro rychlost menší než 120 km/h

$$E_{0r} \geq E_{0,pož} \quad \rightarrow \quad 4,0 \text{ MPa} > 20 \text{ MPa} \quad \text{NEVYHOVUJE}$$

$$E_{0r} \geq E_{pl,pož} \quad \rightarrow \quad 4,0 \text{ MPa} > 40 \text{ MPa} \quad \text{NEVYHOVUJE}$$

$$E_{0r} = 4,0 \text{ MPa} \geq 0,6 * E_{0,pož} = 0,6 * 20 = 12 \text{ MPa} \quad \text{NEVYHOVUJE}$$

→ PP TYP 6 – ZLEPŠENÍ ZEMINY V PODLOŽÍ TRATI

Zlepšení zeminy vápnem a cementem (ZZVC)  $E_0 = 45 \sim 90 \text{ MPa}$

**Zlepšení zeminy vápnem a cementem:**  $E_1 = 90 \text{ MPa}$ ,  $h_1 = 0,50 \text{ m} \leq 0,5 \text{ m}$

**Diagram DORNI:**  $k_1 = E_{0r} / E_1 = 4 / 90 = 0,044$

$$k_2 = h_1 / D = 0,50 / 0,30 = 1,67$$

$$k_3 = 0,37$$

$$E_{e1} = k_3 * E_1 = 0,37 * 90 = 33,3 \text{ MPa} \geq 40 \text{ MPa} \quad \text{NEVYHOVUJE}$$

$$\geq E_{0,pož} = 20 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\geq E_{pl,pož} = 40 \text{ MPa} \quad \text{NEVYHOVUJE}$$

**Návrh konstrukční vrstvy:**

ŠD 0/32,  $E_2 = 70 \text{ MPa}$ ,  $h_2 = 0,20 \text{ m}$

**Diagram DORNI:**  $k_1 = E_{e1} / E_2 = 33,3 / 70 = 0,476$

$$k_2 = h_2 / D = 0,20 / 0,30 = 0,667$$

$$k_3 = 0,69$$

**Únosnost pláň tělesa železničního spodku:**

$$E_{e2} = k_3 * E_2 = 0,69 * 70 = 48,3 \text{ MPa} \geq E_{pl,pož} = 40 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

**Návrh konstrukce pražcového podloží:**

ŠD 0/32,  $E_2 = 70 \text{ MPa}$ ,  $h_3 = 0,15 \text{ m}$

**Diagram DORNI:**  $k_1 = E_{e1} / E_2 = 48,3 / 70 = 0,69$

$$k_2 = h_2 / D = 0,15 / 0,30 = 0,5$$

$$k_3 = 0,80$$

**Únosnost pláň tělesa železničního spodku:**

$$E_{e2} = k_3 * E_2 = 0,8 * 70 = 56,0 \text{ MPa} \geq E_{pl,pož} = 40 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení na promrzání:**

$$h_{pr} \leq h_{z,dov} + h_{kl} + h_{šp}$$

$$h_{pr} = 0,045 * \sqrt{Im} = 0,045 * \sqrt{450} = 0,95 \text{ m}$$

$h_{z,dov} = 0,0 \text{ m}$  – platí pro zlepšené zeminy (ZZ)

$$h_{šp} = h * \lambda_{šp} / \lambda = 0,35 * 2,3 / 2 = 0,40 \text{ m}$$

$$h_{kl} = 0,45 \sim 0,55 = 0,55 \text{ m}$$

$$h_{pr} \leq h_{z,dov} + h_{kl} + h_{šp} \quad \rightarrow \quad 0,95 \leq 0,0 + 0,55 + 0,40 \quad \rightarrow \quad 0,95 \leq 0,95 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### 5.3 PLÁŇ TĚLESA ŽELEZNIČNÍHO SPODKU A ZEMNÍ PLÁŇ

Pláň tělesa železničního spodku je navržena v jednostranném sklonu 5 %. Kvůli tomu je šířka zemní pláně od osy koleje 3,100 m v základním stavu na každou stranu, celková šířka je 6,200 m. V místech, kde je tato šířka nedostatečná, bude provedeno rozšíření pomocí gabionů, které vzhledem k přirozenému rázu této lokality budou lépe zapadat do okolního rázu krajiny. Z estetického hlediska bylo rozhodnuto, že využití vyzískaných pražců pro rozšíření pláně tělesa železničního spodku by na tomto místě nebylo vhodné. V místech použití příkopových žlabů U a UCH 1, jejichž umístění musí být minimálně 2,350 m od osy koleje, bude pláň tělesa železničního spodku ukončena hranou žlabů. Stezka je vždy navržena tak, aby byla dodržena minimální šířka 0,400 m. Zemní pláň je navržena vždy v jednostranném sklonu 5 %.

#### Rozšíření pláně tělesa železničního spodku

Staničení(km)	Popis	Délka	Strana
83,840 000	začátek gabionů		
83,980 000	konec gabionů	140,000 m	pravá
84,340 000	začátek gabionů		
84,380 000	konec gabionů	40,000 m	levá
84,440 000	začátek gabionů		
84,480 000	konec gabionů	40,000 m	pravá
84,560 000	začátek gabionů		
84,620 000	konec gabionů	60,000 m	pravá
85,560 000	začátek gabionů		
85,700 000	konec gabionů	140,000 m	pravá
85,620 000	začátek gabionů		
85,700 000	konec gabionů	80,000 m	oboustranně
85,860 000	začátek gabionů		
85,940 000	konec gabionů	80,000 m	oboustranně
86,140 000	začátek gabionů		
86,280 000	konec gabionů	140,000 m	oboustranně

### 5.4 GABIONOVÁ ZÁRUBNÍ ZEĎ V ZÁŘEZU

Mezi km 85,199 000 a 85,352 000 se nachází na levé straně od osy koleje stávající gabionová zárubní zeď. Vzhledem k stísněným poměrům v tomto úseku bude tato zárubní zeď rozebrána a byla navržena nová, díky které bude umožněno vytvoření vyhovujícího odvodnění tohoto úseku pomocí příkopových tvárnic TZZ 3 a drenážní rourou za gabionovou zárubní zdí. Gabionové koše budou ze svařovaných sítí s oky 0,1 x 0,1 m, o výšce 1,0 m, šířce 1,0 m a délce 2,0 m. Koše budou vyplněny lomovým kamenem. Zárubní zeď bude uložena pod sklonem 5 % kvůli větší stabilitě této zdi a pod ní bude zřízena podkladní vrstva z monolitického betonu C12/15 o minimální tloušťce 0,400 m. Počet gabionových košů naskládaných na sobě postupně stoupá se zvyšujícím se sklonem přilehlého svahu, a to až na maximální počet 4 košů na sobě.

## 5.5 KONSTRUKČNÍ VRSTVY

Vzhledem k velmi nepříznivým pevnostním charakteristikám zeminy v podloží a k posouzení účinků mrazu, bylo nutné navrhnout 2 konstrukční vrstvy nad sebou. První vrstva nad zemní plání bude mít tloušťku 0,200 m, druhá vrstva 0,150 m. Obě konstrukční vrstvy budou zřízeny ze štěrkodrti frakce 0/31,5.

## 5.6 ODHUMUSOVÁNÍ A OHUMUSOVÁNÍ

Odhumusování nebude prováděno, veškeré práce budou probíhat na stávajícím tělese. Ohumusování taktéž nebude potřeba provádět.

## 5.7 SVAHY ZEMNÍHO TĚLESA

Svahy zemního tělesa byly navrženy ve sklonu 1:1,50. Tento sklon odpovídá stávajícímu sklonu svahů. Sklony svahů za příkopovými tvárnicemi UCH 1 a U zůstanou zachovány. To stejné platí i u sklonů svahů zemního tělesa náspu. Během vizuální prohlídky řešeného úseku nebyla zjištěna žádná kritická místa, kde by svah pod tímto sklonem ztrácel stabilitu.

## 6 ODVODNĚNÍ

V zářezech je odvodnění řešeno pomocí příkopových žlabů U a UCH 1. Jejich výhodou je snížení objemu zemních prací a z toho vyplývá i menší zábor pozemků. Mezi km 85,174 000 a 85,352 000, kde se nacházejí gabionové zárubní zdi, bylo navrženo odvodnění pomocí příkopových tvárnic TZZ 3. V těchto místech byla prověřována i možnost využití příkopového žlabu U, ovšem vzhledem k většímu objemu zemních prací a vyšší finanční náročnosti byla tato možnost zavržena. Kvůli vodě zachycené gabionovou zárubní zdí, která steče na podkladní beton a mohla by způsobovat porušení této konstrukce, bylo v těchto místech navrženo odvodnění pomocí trativodu. V místech železničních přejezdů bude provedeno odvodnění pomocí trativodu. V ostatních případech bude odvodnění řešeno pomocí nezpevněných příkopů.

### 6.1 PŘÍKOPOVÉ ŽLABY U S POKLOPEM

Příkopové žlaby U budou osazeny do podkladní vrstvy z monolitického betonu C12/15 o tloušťce 0,150 m. Šířka tohoto žlabu je 0,800 m a výkop k němu bude mít šířku 1,540 m. Hrany svahů výkopu jsou zřízené pod sklonem 5:1. Výkopy jsou zasypány po úroveň odvodňovacích otvorů nepropustným materiálem. Od úrovně odvodňovacích otvorů po rub žlabu bude zásyp proveden ze štěrkodrti frakce 0/32. Vtok do odvodňovacích otvorů je překryt filtrační geotextilií 250 g/m<sup>2</sup>, to kvůli zamezení vyplavování nečistot do žlabu a promísení materiálu. Na dně žlabu je proveden zásyp propustným nenamrzavým materiálem. Hrana žlabu musí být minimálně 2,350 m od osy koleje.

#### Levá strana ve směru staničení

Staničení (km)	Popis	Délka	Sklon
84,200 000	začátek příkop. žlabu		
84,320 000	konec příkop. žlabu	120,000 m	stoupá 14,32 ‰
84,700 000	začátek příkop. žlabu		
84,800 000	konec příkop. žlabu	100,000 m	stoupá 15,27 ‰
85,420 000	začátek příkop. žlabu		
85,460 000	konec příkop. žlabu	40,000 m	stoupá 14,18 ‰

85,720 000	začátek příkop. žlabu		
85,840 000	konec příkop. žlabu	120,000 m	stoupá 14,93‰
85,960 000	začátek příkop. žlabu		
86,120 000	konec příkop. žlabu	160,000 m	stoupá 14,83‰

#### Pravá strana ve směru staničení

Staničení (km)	Popis	Délka	Sklon
84,700 000	začátek příkop. žlabu		
84,920 000	konec příkop. žlabu	220,000 m	stoupá 15,95 ‰
85,200 000	začátek příkop. žlabu		
85,460 000	konec příkop. žlabu	260,000 m	stoupá 15,15 ‰
86,380 000	začátek příkop. žlabu		
86,450 000	konec příkop. žlabu	70,000 m	stoupá 16,06 ‰

## 6.2 PŘÍKOPOVÉ ŽLABY UCH 1 S POKLOPEM

Příkopové žlaby UCH 1 byly navrženy v místě strmějšího svahu zemního tělesa, kde dopomohly ke snadnějšímu navázání na stávající terén. Šířka tohoto žlabu je 0,870 m a výkop k němu bude mít šířku 1,610 m. Uložení a zásyp je stejný jako u příkopového žlabu U.

#### Levá strana ve směru staničení

Staničení (km)	Popis	Délka	Sklon
86,380 000	začátek příkop. žlabu		
86,450 000	konec příkop. žlabu	70,000 m	stoupá 16,06 ‰

#### Pravá strana ve směru staničení

Na pravé straně se nenacházejí žádné příkopové žlaby UCH 1.

## 6.3 NEZPEVNĚNÝ PŘÍKOP

Byly navrženy nezpevněné drážní příkopy lichoběžníkového tvaru s šířkou dna minimálně 0,400 m. Od pláně tělesa železničního spodku je minimální hloubka dna příkopu 0,500 m, vyústění zemní pláně nad příkopem minimálně 0,150 m. Vnitřní a vnější sklon příkopu je 1:1,50.

#### Levá strana ve směru staničení

Staničení (km)	Popis	Délka	Sklon
83,700 000	začátek nezp. příkopu		
83,820 000	konec nezp. příkopu	120,000 m	stoupá 17,14 ‰
84,000 000	začátek nezp. příkopu		
84,080 000	konec nezp. příkopu	80,000 m	stoupá 14,30 ‰
84,640 000	začátek nezp. příkopu		
84,660 000	konec nezp. příkopu	20,000 m	stoupá 14,21 ‰
85,480 000	začátek nezp. příkopu		
85,540 000	konec nezp. příkopu	60,000 m	stoupá 14,03 ‰

86,320 000	začátek nezp. příkopu		
86,360 000	konec nezp. příkopu	40,000 m	stoupá 15,09 ‰

#### Pravá strana ve směru staničení

Staničení(km)	Popis	Délka	Sklon
83,700 000	začátek nezp. příkopu		
83,820 000	konec nezp. příkopu	120,000 m	stoupá 12,80 ‰
84,000 000	začátek nezp. příkopu		
84,080 000	konec nezp. příkopu	80,000 m	stoupá 20,42 ‰
84,200 000	začátek nezp. příkopu		
84,320 000	konec nezp. příkopu	120,000 m	stoupá 14,42 ‰
85,720 000	začátek nezp. příkopu		
84,840 000	konec nezp. příkopu	120,000 m	stoupá 15,08 ‰
85,960 000	začátek nezp. příkopu		
86,120 000	konec nezp. příkopu	160,000 m	stoupá 14,79 ‰
86,320 000	začátek nezp. příkopu		
86,360 000	konec nezp. příkopu	40,000 m	stoupá 15,09 ‰

## 6.4 PŘÍKOPOVÉ TVÁRNICE TZZ 3

Příkopové tvárnice TZZ 3 byly použity pouze u gabionové zárubní zdi mezi km 85,200 000 a 85,420 000. Budou uloženy do podkladní vrstvy z betonu C12/15 o tloušťce 0,10 m. Hloubka dna příkopu od pláne tělesa železničního spodku bude minimálně 0,500 m.

#### Levá strana ve směru staničení

Staničení(km)	Popis	Délka	Sklon
85,200 000	začátek nezp. příkopu		
85,420 000	konec nezp. příkopu	220,000 m	stoupá 15,44 ‰

#### Pravá strana ve směru staničení

Na pravé straně se nenacházejí žádné příkopové tvárnice TZZ 3.

## 6.5 TRATIVODY

V tomto úseku byl navržen jeden trativod. Nachází se v přibližně v místě přejezdu P4500 na km 84,170 000 a to na pravé straně po směru staničení. Jeho délka je 170 m, má 9 kontrolních šachet, jednu vrcholovou šachtu a jednu koncovou šachtu. Trativodní roura má vnitřní průměr 0,150 m, která je uložena na podsypu ze štěrku frakce 0/32. Výplň trativodní rýhy tvoří štěrk frakce 16/31,5 a je obalena geotextilií. Šířka dna trativodní rýhy bude 600 mm. Vyústění trativodu je do nezpevněného příkopu na km 84,082 763. V nejvyšším bodě trativodu se nachází vrcholová šachta, která má vnitřní průměr 0,300 m. Po celé délce trativodu jsou umístěny kontrolní šachty o vnitřním průměru 0,300 m, které jsou plastové s plastovým poklopem. V nejnižším bodě trativodu je koncová šachta, která má vnitřní průměr 0,300 m.

Staničení (km)	Šachta
83,991 609	Koncová

84,011 698	Kontrolní č.1
84,046 050	Kontrolní č.2
84,083 986	Kontrolní č.3
84,121 214	Kontrolní č.4
84,160 608	Kontrolní č.5
84,199 729	Kontrolní č.6
84,240 511	Kontrolní č.7
84,287 209	Vrcholová

## 6.6 PLNOSTĚNNÉ POTRUBÍ PE-HD

Plnostěnné potrubí slouží k převedení vody z jedné strany železničního přejezdu na druhou. Veškeré použité potrubí má průměr 0,400 m. Bylo použito na přejezdu P4500 na km 84,170 000, a to na levé straně tratě po směru staničení pod vozovkou. Převádí vodu z příkopového žlabu U do nezpevněného příkopu. Dále bylo třeba použití u přejezdu P4501, kde se potrubí nachází na obou stranách tratě. Na levé straně po směru staničení převádí vodu z příkopového žlabu U do nezpevněného příkopu, na pravé straně po směru staničení převádí vodu taktéž z příkopového žlabu U do nezpevněného příkopu.

Staničení (km)	Popis	Délka	Strana
84,100 056	začátek potrubí		
84,109 748	konec potrubí	9,692 m	levá
84,671 006	začátek potrubí		
84,679 053	konec potrubí	8,046 m	levá
84,674 397	začátek potrubí		
84,683 807	konec potrubí	9,410 m	pravá

## 6.7 DRENÁŽNÍ ROURA PE-HD

V místě gabionové zárubní zdi bylo třeba kvůli odvodnění tohoto objektu použít drenážní rouru PE-HD. Nachází se na dně zasypu z propustného nenamrzavého materiálu za gabionovou zárubní zdí mezi km 85,200 000 a 85,419 000. Její vnitřní průměr je 0,150 m. Vyústí do stávajícího příkopu, který svede vodu ze svahu dolů.

Staničení (km)	Popis	Délka	Strana
84,200 000	začátek drenážní roury		
84,419 000	konec drenážní roury	219 m	levá

## 7 OBJEKTY A KŘÍŽENÍ

### 7.1 PROPUSTKY A MOSTY

Na řešeném úseku se nachází 5 stávajících propustků a 2 mosty. V rámci rekonstrukce byly navrženy také 3 nové propustky a bude provedeno vyčištění stávajících propustků, které zůstanou všechny zachovány. Uvedená staničení jsou vztažena k novému stavu.

Staničení (km)	Popis	Délka
83,900 000	Trubní propustek, sv.kol. 1,000 m	24,100 m
84,386 295	Trubní propustek, sv.kol. 1,000 m	15,200 m
85,004 185	Trubní propustek, sv.kol. 0,600 m	20,200 m
85,118 007	Jednokolejný železniční most s přesypávkou, zděná konstrukce s průběžným kolejovým ložem	25,500 m
85,661 718	Trubní propustek, sv.kol. 0,600 m	23,300 m
85,893 201	Trubní propustek, sv.kol. 1,000 m	26,700 m
86,218 368	Jednokolejný železniční most s přesypávkou, zděná konstrukce s průběžným kolejovým ložem	25,500 m

### 7.2 PŘEJEZDY

Na řešeném úseku se nachází celkem 3 železniční přejezdy. Dva z nich (P4500, P4501) jsou přejezdy na silnici III.třídy a místní komunikaci vedoucí z Roztoků u Jilemnice do Kruhu, třetí (P4502) je uzamčený přejezd na účelové komunikaci, využívaný místními zemědělci. První dva (P4500, P4501) jsou vybaveny světelným zabezpečovacím zařízením, třetí (P4502) je zabezpečen pouze výstražným křížem a trvale uzamčenými závory. U přejezdů P4500 a P4501 bude místo stávající živičné vozovky nově zřízen přejezd z pryžové konstrukce typu STRAIL. Tato konstrukce byla zvolena, protože je již použita na přejezdu v blízkosti železniční stanice Martinice v Krkonoších. Staničení je vztaženo k novému stavu.

Staničení (km)	Číslo přejezdu	Typ zabezpečení	Křížení
84,106 475	P4500	světelné zabezpečovací zařízení	silnice č.III/28615
84,677 177	P4501	světelné zabezpečovací zařízení	místní kom.
84,470 723	P4502	výstr. kříž, trvale uzamčené závory	účelová kom.

### 7.3 INŽENÝRSKÉ SÍŤE

Pomocí geodetického zaměření tratě a vizuální prohlídky bylo zjištěno, kde všude dochází ke křížení inženýrských sítí s řešenou tratí. Dochází pouze ke křížení s vedením nízkého a vysokého napětí, ke křížení s jinými inženýrskými sítěmi nedochází. Staničení je vztaženo k novému stavu.

Staničení (km)	Popis
83,813 786	Vedení nízkého napětí



83,825 092	Vedení vysokého napětí
83,836 707	Vedení nízkého napětí
84,100 351	Vedení nízkého napětí
84,136 525	Vedení nízkého napětí
84,523 990	Vedení nízkého napětí
84,639 448	Vedení nízkého napětí
86,051 042	Vedení vysokého napětí
86,357 843	Vedení nízkého napětí

## 8 PŘELOŽKY A DEMOLICE

Na řešeném úseku nedojde k žádným přeložkám ani výraznějším demolicím. Pouze je třeba kvůli nutnosti zřízení vyhovujícího odvodnění rozebrat stávající gabionovou zárubní zeď mezi km 85,199 000 a 85,352 000. Drátěné koše se rozřežou, ale kamenivo se po očištění může znovu použít do nových zárubních zdí z gabionů.

## 9 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout rekonstrukci úseku železniční tratě Stará Paka – Trutnov mezi km 83,65 a 86,45. Navrženy byly úpravy geometrických parametrů kolejí pomocí směrového a výškového vyrovnání. Byla snaha, aby hodnoty výškových a směrových posunů byly co nejmenší. Navržena byla rekonstrukce železničního svršku a spodku včetně odvodnění. Stav tratě po rekonstrukci bude zajišťovat větší pohodlí cestujících při cestování, zmenší nároky a náklady na údržbu tratě, zvýší bezpečnost a prodlouží životnost tratě.

V Brně dne 24.5.2019

.....  
Michal Repko

## 10 POUŽITÁ LITERATURA

1. ČSN 73 6360-1. *Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha – Část 1: Projektování*. Praha: Český normalizační institut, 2008
2. PLÁŠEK, Otto, ZVĚŘINA, Pavel, SVOBODA, Richard, MOCKOVČIAK, Milan. *Železniční stavby: železniční spodek a svršek*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2620-9
3. Vzorové listy železničního spodku Ž1 – Základní rozměry pláně tělesa železničního spodku
4. Vzorové listy železničního spodku Ž2 – Zemní těleso
5. Vzorové listy železničního spodku Ž3 – Odvodňovací zařízení
6. Vzorové listy železničního spodku Ž4 – Pražcové podloží
7. PLÁŠEK, Otto. VUT, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. *Přednášky z předmětu BN001 – Železniční stavby 1*
8. PLÁŠEK, Otto. VUT, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. *Přednášky z předmětu BN002 – Železniční stavby 2*
9. SVOBODA, Richard. VUT, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. *Přednášky z předmětu BN052 – Mechanizace a provádění železničních staveb*
10. ŽPSV a.s.. Katalog produktů firmy ŽPSV OHL Group. [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <http://www.zpsv.cz/>
11. Mapy ze serveru mapy.cz. Seznam. [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>