



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

**OPTIMALIZACE TRAŽOVÉHO ÚSEKU TŘEBÍČ -
KRAHULOV V KM 50,3-53,0**

OPTIMIZATION OF TRACK SECTION TŘEBÍČ - KRAHULOV KM 50,3-53,0

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Matěj Ludvík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. OTTO PLÁŠEK, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

| | |
|------------------------|---|
| Student | Matěj Ludvík |
| Název | Optimalizace traťového úseku Třebíč - Krahulov v km 50,3-53,0 |
| Vedoucí práce | doc. Ing. Otto Plášek, Ph.D. |
| Datum zadání | 30. 11. 2018 |
| Datum odevzdání | 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

Digitalizovaná Jednotná železniční mapa dotčeného úseku, částečné zaměření úseku

Nákresný přehled trati

Vzorové listy železničního spodku

Předpisy SŽDC S3 Železničního svršku a S4 Železniční spodek

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

Vyhláška 369/2001 Sb. ve znění pozdějších úprav

ČSN 73 6301 – Projektování železničních drah

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V rámci práce navrhnete optimalizaci úseku trati

mezi stanicemi Třebíč a Krahulov v km 50,3-53,0, a to včetně nezbytných úprav zastávky Třebíč - Borovina

V rámci práce navrhnete:

- úpravu geometrických parametrů koleje, respektujte přitom těleso železničního spodku a jeho objekty
- rekonstrukci železničního svršku
- úpravu konstrukce zemního tělesa a konstrukčních vrstev
- obnovu odvodnění tělesa železničního spodku
- technologii práce
- výkaz výměr

Při řešení rekonstrukce zvažte možnost zvýšení traťové rychlosti. prověřte rozhledové poměry na dotčených přejezdech.

Předepsané přílohy

1. Technická zpráva
2. Situace 1:1000
3. Podélný řez 1:2000/200
4. Charakteristické příčné řezy 1:50
5. Výkaz výměr
6. Návrh technologického postupu

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na návrh úpravy geometrických parametrů koleje a rekonstrukci železničního svršku na traťovém úseku Třebíč - Krahulov v km 50,3 - 53,0. Při rekonstrukci je nezbytné řešit železniční přejezdy podle platných předpisů a obnovu odvodnění tratě. Cílem práce je také rekonstrukce zastávky Třebíč - Borovina. Součástí práce je i provedení technologie práce.

KLÍČOVÁ SLOVA

Železniční trať, železniční spodek, železniční svršek, rekonstrukce, odvodnění, geometrické parametry koleje, nástupiště

ABSTRACT

This bachelor thesis is focused on modification of geometric parameters and reconstruction of railway superstructure on track section Třebíč - Krahulov in km 50.3 - 53.0. During the reconstruction, it is necessary to solve the railway crossings according to the valid regulations and to restore the drainage of the line. The aim of the thesis is to reconstruct the station Třebíč - Borovina. The work is also the implementation of work technology.

KEYWORDS

Railway track, railway substructure, railway superstructure, reconstruction, drainage, track geometry parameters, platform

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Matěj Ludvík *Optimalizace traťového úseku Třebíč - Krahulov v km 50,3-53,0*. Brno, 2019. 34 s., 63 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. Vedoucí práce doc. Ing. Otto Plášek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Optimalizace traťového úseku Třebíč - Krahulov v km 50,3-53,0* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 17. 5. 2019

Matěj Ludvík
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou děkuji panu doc. Ing. Ottu Pláškoví, Ph.D. za vstřícnost a ochotu , díky které jsme svoji práci dokončil. Dále patří díky mojí blízké rodině, která mě vždy velmi podporovala, snoubence Lili a v neposlední řadě kamarádovi Bc. Janu Vaňkovi.

V Brně dne 24. 5. 2019

PRŮVODNÍ A TECHNICKÁ ZPRÁVA

Obsah

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | ÚVOD | 10 |
| 1.1 | Identifikační údaje stavby | 10 |
| 1.2 | Zadání práce | 10 |
| 1.3 | Podklady | 11 |
| 2. | SMĚROVÉ POMĚRY | 11 |
| 2.1 | Stávající stav | 11 |
| 2.2 | Navržený stav | 12 |
| 3. | SKLONOVÉ POMĚRY | 14 |
| 3.1 | Stávající stav | 14 |
| 3.2 | Navržený stav | 15 |
| 4. | ŽELEZNIČNÍ SVRŠEK | 17 |
| 4.1 | Stávající železniční svršek | 17 |
| 4.2 | Navržený železniční svršek | 18 |
| 4.3 | Rozšíření kolejového lože | 18 |
| 5. | ŽELEZNIČNÍ SPODEK | 19 |
| 5.1 | Geotechnické podklady | 19 |
| 5.2 | Plán tělesa železničního spodku a zemní pláň | 20 |
| 5.2.1 | Rozšíření pláň tělesa železničního spodku | 20 |
| 5.3 | Konstrukční vrstva | 21 |
| 5.4 | Odhumusování a ohumusování | 21 |
| 5.5 | Svahy zemního tělesa | 21 |
| 6. | ODVODNĚNÍ | 21 |
| 7. | OBJEKTY A KŘÍŽENÍ | 24 |
| 7.1 | Propustky a mosty | 24 |
| 7.2 | Přejezdy | 24 |
| 7.3 | Nástupiště | 25 |
| 8. | PŘELOŽKY A DEMOLICE | 26 |
| 9. | ZÁVĚR | 26 |
| 10. | POUŽITÁ LITERATURA | 27 |
| 11. | SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK | 28 |
| 12. | PŘÍLOHY | 29 |
| 12.1. | Fotodokumentace | 29 |
| 12.2. | Návrh pražcového podloží | 33 |

1 ÚVOD

1.1 Identifikační údaje stavby

| | |
|--------------------|--|
| Název stavby: | Optimalizace traťového úseku Třebíč - Krahulov v km 50,300 - 53,000 |
| Druh stavby: | Dopravní, rekonstrukce |
| Zadavatel: | Ústav železničních konstrukcí a staveb Vysoké učení technické v Brně Fakulta stavební se sídlem Veveří 331/95, 602 00 Brno |
| Místo stavby: | Trať 240 Brno – Jihlava, km 50,3 - 53,0 |
| Katastrální území: | Třebíč, Řípov |
| Okres: | Třebíč |
| Kraj: | Vysočina |
| Projektant: | Matěj Ludvík |
| Vedoucí práce: | doc. Ing. Otto Plášek, Ph.D. |

1.2 Zadání práce

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem úpravy geometrických parametrů koleje a rekonstrukcí železničního svršku na trati Brno - Jihlava v úseku Třebíč - Krahulov km 50,3 - 53,0. V řešení práce jsou také čtyři železniční přejezdy, kde je nutné ověřit rozhledové poměry dle platných právních předpisů. Práce dále obsahuje obnovu odvodnění tělesa železničního spodku, úpravu konstrukce zemního tělesa a konstrukčních vrstev.

1.3 Podklady

- Geodetické zaměření tratě
- Nákrešný přehled železničního svršku
- Místní prohlídka železniční tratě
- Geotechnické mapy

2. SMĚROVÉ POMĚRY

2.1 Stávající stav

Souřadnicový systém je S-JTSK. Stávající směrové poměry byly získány z geodetického zaměření trati a nákrešného přehledu. Úsek je dlouhý 2,7 km. Původní traťová rychlost je 60km/h

Staničení

50,308 000

50,318 000 – 50,553 000

50,553 000

50,553 000 – 50,752 000

50,752 000 – 51,381 000

51,381 000 – 51,591 000

51,591 000

51,591 000 – 51,822 000

51,822 000

51,822 000 – 52,158 000

52,158 000 – 52,426 000

52,426 000 – 52,599 000

52,599 000 – 52,634 000

52,634 000 – 52,758 000

52,758 000 – 52,793 000

52,793 000 – 52,841 000

52,841 000 – 53,000 000

53,000 000

Popis

Začátek úseku

1. Levostranný oblouk s přechodnicemi $R = 298$ m

Inflexní bod

2. Pravostranný oblouk s přechodnicemi $R = 410$ m

Přímý úsek, dl. 629,000 m

3. Pravostranný oblouk s přechodnicemi $R = 298$ m

Inflexní bod

4. Levostranný oblouk s přechodnicemi $R = 298$ m

Inflexní bod

5. Pravostranný oblouk s přechodnicemi $R = 450$ m

Přímý úsek dl. = 268,000 m

6. Levostranný oblouk s přechodnicemi $R = 350$ m

Přímý úsek dl. = 35,000 m

7. Levostranný oblouk s přechodnicemi $R = 265$ m

Přímý úsek dl. = 35,000 m

8. Levostranný oblouk s přechodnicemi $R = 265$ m

Přímý úsek dl. = 159,000 m

Konec úseku

2.2 Navržený stav

Ze zaměřených bodů osy stávajícího stavu bylo provedeno vyrovnání přímých a kružnicových úseků pomocí metody nejmenších čtverců. Kvůli zachování zemního tělesa dotčeného úseku byla snaha minimalizovat příčné posuny. Největší příčné posuny byly dosaženy ve staničení km 52,8, kde je navržen složený oblouk se třemi poloměry. Mimo tuto úpravu největší posun je 81mm. Tento posun vznikl z důvodu snahy o minimalizaci příčných posunů v obloucích mezi inflexními body. Ostatní příčné posuny jsou pod hranicí 50 mm. Dojde k navýšení traťové rychlosti z 60 km/h na 70 km/h, mimo počáteční oblouk, kde z důvodu krátké přímé části mezi přechodnicí a výhybkou. V tomto úseku je traťová rychlost zvýšena na 65 km/h. Začátek úseku je ve staničení 50,308 000 km na koncovém styku výhybky. Konec úseku je v 53,000 000 km.

| Staničení (km) | Popis |
|----------------|---|
| 50,308 000 | ZÚ Přímý úsek dl. 10,817 m |
| 50,318 879 | ZP1 Přechodnice a vzestupnice=7,00V; Lk=44,135m; A=115; m=0,271m; T=113,810m; klotoida |
| 50,363 014 | ZO1 Oblouk pravostranný, R=299m V=65km/h; D=97mm; l=70mm; alfas=33,9578; Li=125,843m |
| 50,488 857 | KO1 Přechodnice a vzestupnice, n=9,29V; Lk=58,598m; A=132; m=0,478m; T=120,358m; klotoida |
| 50,547 456 | KP1/ZP2- Inflexní bod Přechodnice a vzestupnice, n=8,63V; Lk=47,120m; A=139; m=0,226m; T=103,268m; klotoida |
| 50,594 576 | ZO2 Oblouk levostranný, R=410m V=70km/h; D=78mm; l=64mm; alfas=22,0442; Li=114,797m |
| 50,709 373 | KO2 Přechodnice a vzestupnice, n=7,10V; Lk=38,776m; A=126; m=0,153m; T=99,471m; klotoida |
| 50,748 149 | KP2 |

| | |
|------------|--|
| | Přímá dl. 628,030 |
| 51,376 179 | ZP n=9,09V; Lk=70,000m; A=143; m=0,701m; T=108,478m; klotoida |
| 51,446 179 | ZO3 Oblouk levostranný, R=291m V=70km/h; D=110mm; l=89mm; alfas=28,3778; Li=77,313m |
| 51,523 493 | KO3 Přechodnice a vzestupnice n=8,26V; Lk=63,629m; A=136; m=0,579m; T=105,779m; klotoida |
| 51,587 122 | KP/ZP – Inflexní bod Přechodnice a vzestupnice n=8,26V; Lk=61,894m; A=136; m=0,535m; T=116,078m; klotoida |
| 51,649 016 | ZO4 Oblouk pravostranný, R=298m V=70km/h; D=107mm; l=88mm; alfas=31,7582; Li=100,093m |
| 51,749 109 | KO4 Přechodnice a vzestupnice n=9,12V; Lk=68,273m; A=143; m=0,651m; T=118,857m; klotoida |
| 51,817 382 | KP/ZP – Inflexní bod Přechodnice a vzestupnice n=9,12V; Lk=45,941 m; A=143; m=0,196m; T=174,614 m; klotoida |
| 51,863 323 | ZO5 Oblouk levostranný, R=448 m V=70km/h; D=72 mm; l=58 mm; alfas=37,4031; Li=249,337 m |
| 52,112 661 | KO5 Přechodnice a vzestupnice n=8,00V; Lk=40,300m; A=134; m=0,151m; T=171,927m; klotoida |
| 52,152 961 | KP Přímá dl. 272,214 m |
| 52,418 918 | ZP |

| | |
|------------|---|
| | n=7,00V; Lk=54,390m; A=131; m=0,391m; T=72,824m; klotoida |
| 52,473 308 | ZO6 R=315m V=70km/h; D=111mm; l=73mm; alfas=16,8359; Li=48,705m |
| 52,522 013 | KO6/ZPm n=7,00V; Lk=33,320m; A=131; m=0,090m; T=47,668m; mezilehlá klotoida |
| 52,555 333 | KPm/ZO7 R=820m V=70km/h; D=43mm; l=28mm; alfas=6,6441; Li=58,430m |
| 52,613 762 | KO7/ZPm n=17,32V; Lk=40,000m; A=205; m=0,064m; T=47,597m; mezilehlá |
| 52,653 762 | KPm/ZO8 R=460m V=70km/h; D=76mm; l=50mm; alfas=23,0292; Li=134,890m |
| 52,788 652 | KO8 n=11,28V; Lk=60,000m; A=166; m=0,326m; T=123,102m; klotoida |
| 52,848 652 | KP Přímá dl. 151,348 m |
| 53,000 000 | Konec úseku |

3. SKLONOVÉ POMĚRY

3.1 Stávající stav

Výška a průběh stávající nivelety temene kolejnice byly zjištěny z geodetického zaměření stávajícího stavu. Výškový systém zaměření je Balt po vyrovnání. Dle nákrešného přehledu železničního svršku byly zjištěny stávající sklonové poměry, ty se však příliš neshodují s geodetickým zaměřením.

3.2 Navržený stav

Výšky jsou vztaženy k výškovému systému Balt po vyrovnání. V novém stavu se nachází 12 lomů sklonu zaoblených poloměrem $R = 4\,000$ m a 2 lomy sklonu zaoblených poloměrem $R = 15\,000$ m. Všechny oblouky jsou navrženy i s budoucím vytyčováním, až na výjimku 5 oblouků, protože rozdíl sousedních sklonů je menší než 2‰. Lomy sklonů jsou umístěny tak, aby zasahovaly pouze do kružnicových částí oblouku nebo přímých úseků mimo lom sklonu ve staničení 51,389 km, který musel být umístěn z důvodu úrovněového přejezdu s komunikací I/23 do přechodnice. Začátek a konec úseku je výškově navázán na původní stav. Maximální výškový posun od stávajícího stavu činí 89 mm. Největší výškové posuny jsou v násypu. V místech přejezdů a propustků byla snaha o minimalizaci výškových posunů.

| Staničení (km) | Popis | Výška nivelety TK (m.n.m) |
|-------------------------|--|---------------------------|
| 50,308 000 | Začátek úseku | 438,073 |
| 50,308 000 – 50,377 310 | Stoupá 4,25 ‰; dl. = 69,439 m | |
| 50,377 310 | Lom sklonu $R_v = 4\,000$ m $T_z = 8,791$ m $y_v = 0,010$ m | 438,369 |
| 50,377 310 – 50,654 491 | Klesá 0,15 ‰; dl. = 277,181 m | |
| 50,654 491 | Lom sklonu $R_v = 4\,000$ m $T_z = 0,243$ m $y_v = 0,000$ m | 438,328 |
| 50,654 491 – 50,883 402 | Klesá 0,27 ‰; dl. = 228,911 m | |
| 50,883 402 | Lom sklonu $R_v = 4\,000$ m $T_z = 1,347$ m $y_v = 0,000$ m | 438,266 |
| 50,883 402 – 50,951 185 | Klesá 0,94 ‰; dl. = 67,783 m | |

| | | |
|-------------------------|--|---------|
| 50,951 185 | Lom sklonu $R_v = 4\,000$ m $T_z = 1,751$ m $y_v = 0,000$ m | 438,203 |
| 50,951 185 – 51,120 957 | Klesá 0,06 ‰; dl. = 169,772 m | |
| 51,120 957 | Lom sklonu $R_v = 4\,000$ m $T_z = 5,788$ m $y_v = 0,004$ m | 438,191 |
| 51,120 957 – 51,218 117 | Stoupá 2,83 ‰; dl = 97,160 m | |
| 51,218 117 | Lom sklonu $R_v = 15\,000$ m $T_z = 39,402$ m $y_v = 0,052$ m | 438,466 |
| 51,218 117 – 51,340 737 | Stoupá 8,08 ‰; dl. = 122,620 m | |
| 51,340 737 | Lom sklonu $R_v = 4\,000$ m $T_z = 5,421$ m $y_v = 0,004$ m | 439,457 |
| 51,340 737 – 51,388 631 | Stoupá 10,79 ‰; dl = 47,894 m | |
| 51,388 631 | Lom sklonu $R_v = 4\,000$ m $T_z = 12,788$ m $y_v = 0,020$ m | 439,973 |
| 51,388 631 – 51,694 777 | Stoupá 17,19 ‰; dl. = 306,146 m | |
| 51,694 777 | Lom sklonu $R_v = 4\,000$ m $T_z = 0,766$ m $y_v = 0,004$ m | 445,234 |
| 51,694 777 – 52,009 394 | Stoupá 17,57 ‰; dl = 399,671 m | |
| 52,009 394 | Lom sklonu $R_v = 4\,000$ m $T_z = 8,915$ m $y_v = 0,010$ m | 452,255 |

| | | |
|-------------------------|--|---------|
| 52,009 394 – 52,284 637 | Stoupá 13,11 ‰; dl. = 190,243 m | |
| 52,284 637 | Lom sklonu $R_v = 4\,000$ m $T_z = 6,517$ m $y_v = 0,004$ m | 454,749 |
| 52,284 637 – 52,505 006 | Stoupá 15,55 ‰; dl. = 220,369 m | |
| 52,505 006 | Lom sklonu $R_v = 4\,000$ m $T_z = 17,864$ m $y_v = 0,040$ m | 458,212 |
| 52,505 006 – 52,693 288 | Stoupá 6,79 ‰; dl. = 188,282 m | |
| 52,693 288 | Lom sklonu $R_v = 15\,000$ m $T_z = 38,797$ m $y_v = 0,050$ m | 459,490 |
| 52,693 288 – 52,876 784 | Stoupá 1,61 ‰; dl. = 183,496 m | |
| 52,876 784 | Lom sklonu $R_v = 4\,000$ m $T_z = 5,304$ m $y_v = 0,004$ m | 459,785 |
| 52,876 784 – 53,000 000 | Stoupá 3,72 ‰; dl. = 123,216 m | |
| 53,000 000 | Konec úseku | 460,237 |

4. ŽELEZNIČNÍ SVRŠEK

4.1 Stávající železniční svršek

Z pochůzky v terénu byl na rekonstruovaném úseku zjištěn nevyhovující tvar a složení kolejového lože. Kolejnice S49 jsou upevněny na žebrových podkladnicích tuhými svřkami ŽS 4, pražce jsou betonové SB 8. Kolej je bezstyková. Dále bylo zjištěno v obloucích malých poloměrů pražcové kotvy.

4.2 Navržený železniční svršek

Navržené kolejové lože má lichoběžníkový tvar ve sklonu 1:1,25 minimální tloušťky 550 mm (350 mm pod ložnou plochou pražce). Frakce kolejového lože je 31,5/63. Základní šířka horní hrany kolejové lože od osy koleje je 1,700 m v přímých úsecích, z důvodu zřízení bezстыkové koleje dojde v obloucích k rozšíření kolejového lože na 1,750 m a o nadvýšení o 100 mm. Nový kolejový rošt bude zřízen z betonových pražců B 03 a kolejnic 49 E1 s pružným bezpodkladnicovým upevněním W 14 typu VOSSLOH (vrtule R1, svěrky Skl 14, pryžové podložky WS 7 pod patu kolejnice, úhlové vodící vložky Wfp 14K 600). Kolejnice budou uloženy v úklonu 1:40. Rozdělení pražců je „d“ (osová vzdálenost pražců je 611 mm). Při tomto rozdělení není třeba užití pražcových kotev.

4.3 Rozšíření kolejového lože

Staničení (km)

50,308 000 - 50,345 272
50,345 272 - 50,350 299
50,350 299 - 50,505 740
50,505 740 - 50,512 414
50,512 414 - 50,586 094
50,586 094 - 50,593 456
50,593 456 - 50,710 296
50,710 296 - 50,716 353
50,716 353 - 51,416 919
51,416 919 - 51,424 679
51,424 679 - 51,542 162
51,542 162 - 51,550 090
51,550 090 - 51,624 011
51,624 011 - 51,631 037
51,631 037 - 51,768 941
51,768 941 - 51,776 731
51,776 731 - 51,858 545
51,858 545 - 51,866 386
51,866 386 - 52,109 974
52,109 974 - 52,116 852
52,116 852 - 52,451 106
52,451 106 - 52,456 045
52,456 045 - 52,533 051
52,533 051 - 52,535 461
52,535 461 - 53,000 000

Tvar kolejového lože

šířka 1,7 m od osy
šířka 1,75 m na vnější stranu
šířka 1,75 m na vnější stranu, nadvýšení 0,1 m
šířka 1,75 m na vnější stranu
šířka 1,7 m od osy
šířka 1,75 m na vnější stranu
šířka 1,75 m na vnější stranu, nadvýšení 0,1 m
šířka 1,75 m na vnější stranu
šířka 1,7 m od osy
šířka 1,75 m na vnější stranu
šířka 1,75 m na vnější stranu, nadvýšení 0,1 m
šířka 1,75 m na vnější stranu
šířka 1,7 m od osy
šířka 1,75 m na vnější stranu
šířka 1,75 m na vnější stranu, nadvýšení 0,1 m
šířka 1,75 m na vnější stranu
šířka 1,7 m od osy
šířka 1,75 m na vnější stranu
šířka 1,75 m na vnější stranu, nadvýšení 0,1 m
šířka 1,75 m na vnější stranu
šířka 1,7 m od osy

5. ŽELEZNIČNÍ SPODEK

5.1 Geotechnické podklady

1. Použité geotechnické podklady

- 1.1. Geologická mapa ČSSR, mapa předčtvrtohorních útvarů, M 1:200 000, list M-33-XXVIII,
Jindřichův Hradec
- 1.2. Geovědní mapa M 1:50 000
- 1.3. Geologická mapa ČR, M 1:50 000, list 23-42,
Třebíč
- 1.4. Archivní geologická dokumentace uložené ve statním archivu ČGS – geofond
Praha
- 1.5. Rekognoskace zájmového území

2. Přehled Geologických a hydrogeologických poměrů

- 2.1. Předkvartérní podklad v zájmovém území tvoří mladší paleozoikum, zastoupené zde třebíčským masívem, tj. amfibolicko-biotitickým melanokvatním granitem až syenoditem středně zrnitým (1.1).
- 2.2. Na západní straně řešené trasy se vyskytuje leukokratický žula, aplity, pyromatity při okrajitřebíčského masívu. Dále k západu lze očekávat moldanubické cordieritické migmatity v plášti třebíčského masívu.
- 2.3. Uvedené horniny v zájmové trase vystupují k povrchu území, kde jsou zvětralé až navětralé.
- 2.4. Podzemní voda je puklinová, která se vyskytuje ve větší hloubce.

3. Geotechnické vlastnosti hornin s přihlédnutím k dnes již neplatné ČSN 73 1001

- 3.1. Horniny třebíčského masívu jsou skalní, zvětralé až navětralé a lze je zařadit do tř. R3. Jsou také dostatečně únosné a málo stlačitelné.

| | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| Pevnost v prostém tlaku | $\sigma_c = 35\text{MPa}$ |
| Modul přetvárnosti | $E_{\text{def}} = 1000\text{MPa}$ |
| Poissonovo číslo | $\nu = 0,15$ |
| Tabulková výpočtová pevnost | $R = 500\text{kPa}$ |
| Těžitelnost dle ČSN 73 3050 | Tř. 3 |

4. Inženýrskogeologické zhodnocení

Pozorovaná trasa železnice leží převážně na sklaní hornině tř. R3. Doporučuje se ověřit současný sklon zářezů a stav horniny.

5. Místní prohlídka

Při místní prohlídce bylo zjištěno, že v některých zářezích hornina nebyla rozpoznatelná od zeminy. Ve zbylých částech zářezů je hornina viditelná, tudíž se zohlední při výběru typu pražcového podloží.

5.2 Pláň tělesa železničního spodku a zemní pláň

Pláň tělesa železničního spodku

Staničení (km)

50,308 000 – 52,961 203

52,961 203 – 52,961 203

52,961 203 – 53,000 000

Směr sklonu

skloněná vpravo 5%

mostní konstrukce

skloněná vpravo 5%

Zemní pláň

58,800 000 – 61,125 611

skloněná vpravo 5%

Jelikož je navržena skloněná pláň tělesa železničního spodku, šířka od osy koleje k hraně pláně tělesa železničního spodku je 3,100 m. Celková šířka je 6,200 m. U stezky je vždy dodržena minimální hodnota 0,4 m. Zemní pláň i pláň tělesa železničního spodku je navržena ve sklonu 5%.

5.2.1 Rozšíření pláně tělesa železničního spodku

V místech odřezu, kde pláň tělesa železničního spodku nemá v některých místech požadovanou šířku, je navrženo rozšíření na požadované 3,100 od osy koleje. Rozšíření bude realizováno pomocí betonových krabicových dílů U3.

| Staničení (km) | Popis | Délka | Strana |
|----------------|-----------------|-------|--------|
| 51,950 000 | začátek dílů U3 | 88 m | pravá |
| 52,038 000 | konec dílů U3 | | |

5.3 Konstrukční vrstva

Konstrukční vrstva je navržena v tloušťce 0,150 m vzhledem k posouzení účinků mrazu. Konstrukční vrstva bude zřízena ze štěrkodrti frakce 0/31,5.

Ve skalním zářezu, kde se trať nachází na horninovém podloží se navrhuje konstrukční vrstva z asfaltového betonu tl. 0,080 m, pod kterou se nachází vyrovnávací vrstva ze štěrkodrti frakce 0/31,5 v tl. 0,100 m.

5.4 Odhumusování a ohumusování

Odhumusování nebude prováděno, práce budou probíhat na stávajícím tělese. Ohumusování bude prováděno v místech s příkopovými tvárnici TZZ 3 a to v tloušťce 0,150 m rozprostřením ornice a osetím travním semenem.

5.5 Svahy zemního tělesa

Sklony svahů v místech příkopových tvárnici TZZ 3 jsou navrženy ve sklonu 1:2. Sklony svahů za příkopovými žlaby UCH 0 a UCH 1 zůstanou zachovány. Stejně tak i sklony svahů zemního tělesa náspu. Sklony svahů u nezpevněných příkopů se nemění, u stávajících příkopů dojde pouze k reprofilaci, tedy vyčištění.

6. ODVODNĚNÍ

Na rekonstruovaném úseku je navrženo nové odvodnění tratě, které je přizpůsobeno poloze stávajících propustků. Na úseku se vyskytují nezpevněné příkopy, zpevněné příkopy pomocí tvárnice TZZ3 a příkopové žlaby UCH 0 či UCH 1. V místě přejezdů se nachází podélný propustek.

Pro dostatečné odvodnění tratě, bylo navrženo odvodnění i za hranice drážního pozemku.

6.1. Drážní příkopy nezpevněné

Nezpevněné příkopy jsou lichoběžníkového tvaru se šířkou dna 0,4 m. Vzdálenost dna příkopu je navržena minimálně 0,35 m od skloněné pláně tělesa železničního spodku a minimálně 0,15 m od vyústění zemní pláně. Sklony svahů jsou dány typem zeminy 1:1,5 nebo 1:2,0. Podélný sklon příkopu musí být v rozmezí od 4 do 25 ‰.

6.2. Drážní příkopy zpevněné

Všechny pevněné drážní příkopy jsou tvořeny příkopovou tvárnicí TZZ3 uloženou do štěrpkopískové vrstvy frakce 0/32 mm, tloušťky 0,10 m.

6.3. Příkopové žlaby

Příkopové žlaby UCH0 nebo UCH1 jsou navrženy převážně v zářezech, kde bylo žádoucí snížení objemu zemních prací. Dále jsou navrženy v místech, kde bylo třeba snížit vzdálenost zemních prací od osy koleje, kvůli hranici drážního pozemku. Vzdálenost od osy k vnitřní hraně příkopového žlabu je navržena 2,550m.

Uložení prefabrikátů bude na podkladní beton C12/15 tloušťky 0,150 m. Sklony svahů výkopů budou ve sklonu 5:1. Do výše odvodňovacích otvorů bude proveden zásyp z nepropustného materiálu. Zbývající prostor okolo prefabrikátů bude vyplněn propustným materiálem. Mezi vrstvy bude uložena filtrační geotextilie. Příkopový žlab bude z vnější strany opatřen hydroizolačním nátěrem.

6.4. Příčný trativod

V rekonstruovaném úseku se nachází jeden nově zřízený příčný trativod na převedení levého příkopu do pravého z důvodu špatné možnosti vyústění.

Trativod DN 600 se nachází ve staničení km 52,451 407 délky 7,00 m.

6.5. Levostranný příkop

| Od staničení [km] | Do staničení [km] | Sklon [‰] | Délka [m] | Typ příkopu |
|-------------------|-------------------|-----------|-----------|---------------------|
| 50,308 000 | 50,321 000 | 2,50 | 13,000 | PROPUSTEK |
| 50,321 000 | 50,350 000 | 2,50 | 29,000 | TZZ3 |
| 50,350 000 | 50,450 000 | 2,50 | 100,000 | UCH0 |
| 50,450 000 | 50,530 220 | 2,50 | 80,000 | UCH0 |
| 50,530 220 | 50,543 220 | 2,50 | 13,000 | PROPUSTEK |
| 50,543 220 | 50,589 953 | 2,50 | 47,000 | UCH0 |
| 50,589 953 | 50,667 873 | 2,50 | 78,000 | UCH1 |
| 50,669 953 | 50,749 953 | 2,50 | 80,000 | UCH1 |
| 50,749 953 | 50,930 121 | 2,50 | 180,168 | BET. MON. PRVEK "L" |
| 50,930 121 | 50,940 121 | 174,28 | 10,000 | TZZ3 - skluz |
| 51,190 000 | 51,230 000 | 17,05 | 40,000 | TZZ3 |
| 51,230 000 | 51,354 150 | 10,09 | 124,000 | UCH1 |

| | | | | |
|------------|------------|-------------|---------|------------------------|
| 51,354 150 | 51,367 150 | 10,09 | 13,000 | PROPUSTEK |
| 51,367 150 | 51,428 000 | 4,60 | 61,000 | UCH1 |
| 51,432 000 | 51,499 843 | 15,87 | 68,000 | UCH1 |
| 51,499 843 | 51,638 873 | 15,78 | 139,030 | BET. MON. PRVEK "L" |
| 51,673 953 | 52,041 053 | 17,57 | 367,100 | BET. MON. PRVEK "L" |
| 52,047 845 | 52,229 050 | 20,35/12,93 | 181,205 | BET. MON. PRVEK "L" |
| 52,234 950 | 52,263 950 | 10,88 | 29,000 | NEZPEV. PŘ. |
| 52,263 950 | 52,281 950 | 10,88 | 18,000 | PROPUSTEK |
| 52,281 950 | 52,293 450 | 10,88 | 11,500 | NEZPEV. PŘ. |
| 52,448 000 | 52,700 000 | 6,79 | 252,000 | NEZPEV. PŘ. |
| 52,700 000 | 52,850 000 | 2,50 | 150,000 | TZZ3 |
| 52,850 000 | 52,944 059 | 12,20 | 94,000 | NEZPEV. PŘ. |
| 52,944 059 | 52,952 000 | 283,33 | 8,000 | TZZ3 - skluz |

6.6. Pravostranný příkop

| Od staničení [km] | Do staničení [km] | Sklon [‰] | Délka [m] | Typ příkopu |
|----------------------|----------------------|-------------|-----------|------------------------|
| 50,308 000 | 50,321 000 | 2,50 | 13,000 | PROPUSTEK |
| 50,321 000 | 50,350 000 | 2,50 | 29,000 | TZZ3 |
| 50,350 000 | 50,450 000 | 2,50 | 100,000 | UCH0 |
| 50,450 000 | 50,530 220 | 2,50 | 80,000 | UCH0 |
| 50,530 220 | 50,543 220 | 2,50 | 13,000 | PROPUSTEK |
| 50,543 220 | 50,555 000 | 2,50 | 12,000 | UCH0 |
| 50,749 953 | 50,930 121 | 2,50 | 180,168 | BET. MON. PRVEK "L" |
| 50,930 121 | 50,940 121 | 174,28 | 10,000 | TZZ3 - skluz |
| 51,761 726 | 51,838 816 | 17,57 | 77,000 | BET. MON. PRVEK "L" |
| 51,876 241 | 51,934 105 | 17,57 | 58,000 | BET. MON. PRVEK "L" |
| 52,047 845 | 52,229 050 | 20,35/12,93 | 181,205 | BET. MON. PRVEK "L" |
| 52,234 950 | 52,252 950 | 10,88 | 18,000 | NEZPEV. PŘ. |

| | | | | |
|------------|------------|------------|---------|-------------|
| 52,400 000 | 52,700 000 | 15,72/6,79 | 300,000 | NEZPEV. PŘ. |
| 52,700 000 | 52,788 691 | 2,5 | 89,000 | TZZ3 |
| 52,788 691 | 52,900 000 | 20,06 | 111,000 | NEZPEV. PŘ. |
| 52,977 600 | 53,000 000 | 53,82 | 22,00 | NEZPEV. PŘ. |

7. OBJEKTY A KŘÍŽENÍ

7.1 Propustky a mosty

Na rekonstruovaném úseku trati se nachází 7 stávajících propustků a 2 mosty. V rámci rekonstrukce bude provedeno čištění propustků. Všechny mosty a propustky budou zachovány.

| Staničení (km) | Popis | Délka |
|-------------------------|--|---------|
| 50,671 301 | Rámová propust 750x1000 mm | 18,3 m |
| 50,959 000 - 51,116 000 | Jednokolejný železniční most ocelové konstrukce s průběžným kolej. ložem | 157,0 m |
| 51,223 439 | Rámová propust 750x1000 mm | 18,3 m |
| 51,430 885 | Rámová propust 750x1000 mm | 18,9 m |
| 51,670 587 | Rámová propust 750x1000 mm | 18,9 m |
| 52,044 552 | Rámová propust 800x2000 mm | 18,9 m |
| 52,231 250 | Rámová propust 600x900 mm | 18,0 m |
| 52,300 084 | Rámová propust 750x1000 mm | 18,9 m |
| 52,961 203 | Jednokolejný železniční most zděné konstrukce s průběžným kolejovým ložem | 16,0 m |

7.2 Přejezdy

Na rekonstruovaném úseku se nachází 4 přejezdy s pozemní komunikací. Dva přejezdy jsou na místní komunikaci a zbylé dva na silnici I/23 směr Brno - Telč.

Přejezdy v km 50,317 000 (P3863) a 50,532 000 (P3864) jsou vybavené přejezdovým zabezpečovacím zařízením. Přejezdy v km 51,361 000 (P3865) a 52,280 000 (P3866) jsou zabezpečeny přejezdovým zabezpečovacím zařízením se závory. Přejezdy budou nově zřízeny z pryžové konstrukce STRAIL viz technologie prací.

| Staničení (km) | Označení | Popis |
|-----------------------|-----------------|--|
| 50,317 000 | P3863 | Křížení s místní komunikací Přejezd zabezpečen přejezdovým zab. zařízením pryžová konstrukce |
| 50,532 000 | P3864 | Křížení s místní komunikací Přejezd zabezpečen přejezdovým zab. zařízením Rozebíratelná panelová konstrukce |
| 51,361 000 | P3865 | Křížení s I/23 Přejezd zabezpečen přejezdovým zab. zařízením vč. závor pryžová konstrukce |
| 52,280 000 | P3866 | Křížení s I/23 Přejezd zabezpečen přejezdovým zab. zařízením vč. závor pryžová konstrukce |

7.3 Nástupiště

Navržené vnější nástupiště v zastávce Třebíč - Borovina délky 145 m a šířky 3,00 m je situováno podél stávajícího chodníku ve staničení km 52,305 - 52,450. Přístup na nástupiště je z obou stran. Ze strany od žel. přejezdu je přístup pomocí sedmi schodů napojených k přilehlému chodníku. Z druhé strany je přístup na nástupiště ze stávajícího terénu, tudíž bezbariérový.

Nástupiště je půdorysně 120 m v přímé a zbylých 25 m v přechodnici směrového oblouku přilehlé koleje o poloměru $R = 315$ m. Nástupištní hrana je 1,670 m od osy koleje ve výšce 0,550 m nad spojnicí temen kolejnicových pásů. Podélný sklon nástupiště stoupá zároveň s niveletou koleje ve sklonu 15,55 ‰. Příčný sklon nástupiště je 2 ‰ směrem ke koleji.

Konstrukce nástupiště se skládá z montovaných nástupištních bloků L 130 s konzolovými deskami KS 230. Vnější hrana je navržena z prefabrikátu L. Zbývající plocha nástupiště, která není pokryta deskami, je vydlážděna zámkovou dlažbou tl. 60 mm.

Vzhledem k výškovému rozdílu mezi nástupištěm a přilehlým chodníkem je vnější hrana nástupiště vybavena zábradlím výšky 1,100 m.

Pro osoby se sníženou schopností orientace a pohybu nástupištní deska obsahuje ve vzdálenosti 0,800 m od nástupištní hrany vodící linii v šířce 0,400 m. Vodící linii na vnější straně nástupiště zajišťuje zvýšená hrana prefabrikátů L, do kterých je kotveno zábradlí.

8. PŘELOŽKY A DEMOLICE

Při rekonstrukci dojde k odstranění stávajícího nástupiště zastávky Třebíč Borovina ve staničení km 52,427 000 - 52,562 000 v jeho celé délce 135 m.

9. ZÁVĚR

Úkolem bakalářské práce byl návrh optimalizace traťového úseku Třebíč - Krahulov v km 50,300 000 - 53,000 000. Byly navrženy úpravy geometrických parametrů koleje pomocí směrového a výškového vyrovnání, tak aby posuny kolejového roštu byly co nejmenší. Dále došlo k návrhu rekonstrukce železničního svršku a železničního spodku včetně odvodnění. Navržena byla také vyšší traťová rychlost.

Zadání obsahovalo také úpravu zastávky Třebíč - Borovina, kterou se mi podařilo přemístit blíže k přístupové komunikaci, odkud proudí většina cestujících. Další výhodou přemístění zastávky bylo umístění do přímé, čímž se zlepšila bezpečnost při odbavování vlaku.

Po této rekonstrukci dojde ke zvýšení bezpečnosti, lepšího odvodnění trati s tím související menší náklady na údržbu, snížení hluku. Tyto vlastnosti se poté promítnou ve větším komfortu cestujících ale také bydlících v blízkosti trati.

V Brně dne 24. 5. 2019

.....
Matěj Ludvík

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 svršku
4. Vzorové listy železničního spodku
5. PLÁŠEK, Otto. VUT, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. *Přednášky z předmětu BN001 Železniční stavby I*
6. PLÁŠEK, Otto. VUT, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. *Přednášky z předmětu BN002 Železniční stavby II*
7. SVOBODA, Richard. VUT, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. *Přednášky z předmětu BN052 Mechanizace a provádění železničních staveb*
8. ŽPSV a.s.. *Katalog produktů firmy ŽPSV OHL Group*. [online]. [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://www.zpsv.cz>
9. Mapy Google. *Google*. [online]. [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://www.maps.google.com>
10. Český úřad zeměměřičský a katastrální. *Nahlížení do katastru nemovitostí*. Dostupné z <http://nahliznidokn.cuzk.cz/>

11. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

| Značka | Popis | Jednotka |
|------------|---|----------|
| V | návrhová rychlost | [km/h] |
| R | poloměr oblouku | [m] |
| D | převýšení | [mm] |
| I | nedostatek převýšení | [mm] |
| l_{130} | nedostatek převýšení souprav s dovoleným nedostatkem převýšení 130 mm | [mm] |
| α_s | středový úhel | [g] |
| Li | délka oblouku | [m] |
| n | strmost vzestupnice | [-] |
| n_{130} | strmost vzestupnice pro soupravy s dovoleným nedostatkem převýšení 130 mm | [-] |
| Lk | délka přechodnice | [m] |
| Ld | délka vzestupnice | [m] |
| A | parametr přechodnice | [-] |
| m | odsazení kružnicového oblouku od tečny přechodnice | [m] |
| T | délka tečny | [m] |
| ZÚ | začátek úseku | [-] |
| KÚ | konec úseku | [-] |
| ZP | začátek přechodnice | [-] |
| ZO | začátek kružnicové části oblouku | [-] |
| KO | konec kružnicové části oblouku | [-] |
| KP | konec přechodnice | [-] |
| Rv | poloměr zaoblení lomu sklonu | [m] |
| tz | délka tečny zaoblení lomu sklonu | [m] |
| yv | maximální svislá pořadnice zaoblení lomu sklonu | [m] |
| dl. | délka | [m] |
| B.p.v. | Balt po vyrovnání | [-] |
| S-JTSK | systém jednotné trigonometrické sítě katastrální | [-] |
| ČSN | česká státní norma | [-] |
| PTŽS | Plán tělesa železničního spodku | [-] |
| NPŽSv | Nákresný přehled železničního svršku | [-] |

12. PŘÍLOHY

12.1. Fotodokumentace



Skalní zářez v km 50,880



Přejezd s komunikací I/23 (P3865) v km 51,361



Skalní odřez v km 52,050



Prostor pro navrženou zastávku Třebíč - Borovina

12.2. Návrh pražcového podloží

ZÁŘEZ km 50,300 - 50,560 51,195 - 51,500

Hornina R3 – syenit zvětřalý, rozpukaný - (hornina není viditelně rozpoznatelná)

$E_0 = 10 \text{ MPa}$, $z=1,0$, příznivý vodní režim

$E_{0r} = z * E_0 = 1,0 * 35 = 45,0 \text{ MPa}$

$E_{0,pož} = 20 \text{ MPa}$

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

$E_{0r} \geq E_{0,pož} \rightarrow 45,0 \text{ MPa} > 20 \text{ MPa}$ VYHOVUJE

$E_{0r} \geq E_{pl,pož} \rightarrow 45,0 \text{ MPa} > 40 \text{ MPa}$ VYHOVUJE

→ TYP PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ 2

Konstrukční vrstva: ŠD 0/32

$E_2 = 60 \text{ MPa}$, $h_1 = 0,15 \text{ m}$

Diagram DORNI: $k_1 = E_{e0} / E_1 = 45 / 60 = 0,75$

$k_2 = h_1 / D = 0,15 / 0,30 = 0,5$

$k_3 = 0,84$

Únosnost pláň tělesa železničního spodku

$E_{e2} = k_3 * E_2 = 0,84 * 60 = 50,4 \text{ MPa} \geq E_{pl,pož} = 40 \text{ MPa}$ VYHOVUJE

Ochrana zemního tělesa před účinky mrazu

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

$I_m = 500^\circ\text{C den}$

$h_{pr} = 0,045 * \sqrt{I_m} = 0,045 * \sqrt{500} = 1,01 \text{ m}$

$h_{z,dov} = 0,3 \text{ m}$

$h_{šp} = h_1 * \lambda_{šp} / \lambda = 0,15 * 2,3 / 2 = 0,17 \text{ m}$

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

$h_{pr} \leq h_{z,dov} + h_{kl} + h_{šp} \rightarrow 1,01 \leq 0,55 + 0,172 + 0,30 \rightarrow 1,010 \leq 1,022$ VYHOVUJE

ZÁŘEZ km 50,750 - 50,959 51,500 - 52,200

Hornina R3 – syenit silně zvětřalý, rozpukaný, - (hornina ve vysokém zářezu bez vegetace)

→ TYP PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ 5

Konstrukční vrstva: Asfaltový beton

**NÁSEP km 50,560 - 50,750
51,160 - 51,190**

Písek S2 SP – písek špatně zrněný

$E_0 = 35 \text{ MPa}$, $z=1,0$, příznivý vodní režim

$E_{0r} = z * E_0 = 1,0 * 35 = 35,0 \text{ MPa}$

$E_{0,pož} = 20 \text{ MPa}$

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

$E_{0r} \geq E_{0,pož} \rightarrow 35,0 \text{ MPa} > 20 \text{ MPa}$ VYHOVUJE

$E_{0r} \geq E_{pl,pož} \rightarrow 35,0 \text{ MPa} > 40 \text{ MPa}$ NEVYHOVUJE

$E_{0r} = 35,0 \text{ MPa} \geq 0,6 * E_{0,pož} = 0,6 * 20 = 12 \text{ MPa}$ VYHOVUJE

→ TYP PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ 2

Konstrukční vrstva: ŠD 0/32

$E_2 = 60 \text{ MPa}$, $h_1 = 0,15 \text{ m}$

Diagram DORNI: $k_1 = E_{e0} / E_1 = 35 / 60 = 0,58$

$k_2 = h_1 / D = 0,15 / 0,30 = 0,5$

$k_3 = 0,72$

Únosnost pláň tělesa železničního spodku

$E_{e2} = k_3 * E_2 = 0,72 * 60 = 43,2 \text{ MPa} \geq E_{pl,pož} = 40 \text{ MPa}$ VYHOVUJE

Ochrana zemního tělesa před účinky mrazu

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

$I_m = 500^\circ\text{C den}$

$h_{pr} = 0,045 * \sqrt{I_m} = 0,045 * \sqrt{500} = 1,01 \text{ m}$

$h_{z,dov} = 0,3 \text{ m}$

$h_{šp} = h_1 * \lambda_{šp} / \lambda = 0,15 * 2,3 / 2 = 0,17 \text{ m}$

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

$h_{pr} \leq h_{z,dov} + h_{kl} + h_{šp} \rightarrow 1,01 \leq 0,55 + 0,172 + 0,30 \rightarrow 1,010 \leq 1,022$ VYHOVUJE