



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

STUDIE MODERNIZACE TRATI HRUŠOVANY N/J - ZNOJMO

HRUSOVANY N/J - ZNOJMO TRACK MODERNIZATION STUDY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Dominik Dvořák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ ŘÍHA

BRNO 2021



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	Dominik Dvořák
Název	Studie modernizace trati Hrušovany n/J - Znojmo
Vedoucí práce	Ing. Tomáš Říha
Datum zadání	30. 11. 2020
Datum odevzdání	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

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

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

PODKLADY A LITERATURA

DP Návrh vysokorychlostní tratě mezi Brnem a Znojmem, autor Bc. Michal Repko, Brno 2021

Nákresný přehled železničního svršku

Jednotná železniční mapa

Technicko-provozní studie - Technická řešení VRT

ČSN 736360-1

Předpis SŽDC S3 Železniční svršek

Předpis SŽDC S4 Železniční spodek

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem práce je studie modernizace železniční trati Hrušovany nad Jevišovkou, Šanov - Znojmo jako součásti plánované vysokorychlostní trati Brno - Znojmo. Práce má zejména prověřit realizovatelnost zvýšení rychlosti v tomto úseku s ohledem na cíl dosažení jízdní doby mezi Brnem a Znojmem 30 minut. Práce bude navazovat na diplomovou práci Bc. Michala Repka, zabývající se návrhem nové trasy VRT mezi terminálem Unkovice a Hrušovany nad Jevišovkou.

Požadované přílohy budou specifikovány vedoucím práce v průběhu jejího zpracování.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

Ing. Tomáš Říha
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Tématem této bakalářské práce je modernizace trati Hrušovany nad Jevišovkou - Znojmo. Jedná se o zvýšení traťové rychlosti na 200 km/h a prověření možné realizace této rychlosti na stávajícím železničním tělese. Součástí práce byla úprava směrového a výškového řešení dle parametrů vycházejících z normy ČSN 73 6360-1 a jejich posouzení na návrhovou rychlost.

KLÍČOVÁ SLOVA

modernizace trati, vysokorychlostní trať, výškové řešení, směrové řešení, železniční svršek, železniční spodek

ABSTRACT

The theme of the Bachelor thesis is modernization of railway line Hrušovany N/J - Znojmo. The project includes assessment of possibility of increasing the critical running speed up to 200 km/h and its implementation on current track structure. Current track geometry, including its vertical and horizontal alignment, has been modified and the implementation of the line speed verified according to valid standards and regulations base on ČSN 73 6360-1.

KEYWORDS

Railway modernization, high-speed railway, height design, directional design, railway superstructure, railway substructure

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Dvořák, D. *Studie modernizace trati Hrušovany n/J - Znojmo*. Brno, 2021. 35 s., 161 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. Vedoucí práce Ing. Tomáš Říha

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Studie modernizace trati Hrušovany n/J - Znojmo* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 25. 5. 2021

Dominik Dvořák

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Studie modernizace trati Hrušovany n/J - Znojmo* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 5. 2021

Dominik Dvořák

autor práce

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Tomáši Říhovi za jeho čas a vstřícný přístup při odborném vedení mé bakalářské práce, a také za cenné připomínky a rady, které vedly ke zkvalitnění práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině, přátelům a našemu kruhu B4K1.

V Brně dne: 25. 05. 2021

podpis autora



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

TECHNICAL REPORT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Dominik Dvořák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ ŘÍHA

BRNO 2021

Obsah

SEZNAM TABULEK.....	10
1. ÚVOD.....	11
2. CÍLE PRÁCE	12
3. PODKLADY	13
4. STÁVAJÍCÍ STAV.....	14
4.1 SMĚROVÉ ŘEŠENÍ	14
4.2 VÝŠKOVÉ ŘEŠENÍ.....	14
4.3 ŽELEZNIČNÍ SVRŠEK	16
4.3.1 Skladba železničního svršku.....	16
4.3.2 Materiál kolejového lože.....	16
4.3.3 Rozměry kolejového lože.....	16
4.4 ŽELEZNIČNÍ SPODEK.....	16
4.4.1 Zemní plán	16
4.4.2 Odvodnění.....	16
4.4.3 Stavby železničního spodku.....	17
4.4.4 Železniční přejezdy.....	17
4.4.5 Křížení inženýrských sítí	17
5. NOVÝ STAV	18
5.1 SMĚROVÉ ŘEŠENÍ	18
5.1.1 Napojení na stávající stav.....	18
5.1.2 Parametry směrového řešení	19
5.2 VÝŠKOVÉ ŘEŠENÍ	24
5.2.1 Napojení na stávající stav.....	24
5.2.2 Parametry výškového řešení	24
5.3 ŽELEZNIČNÍ SVRŠEK	25
5.3.1 Skladba železničního svršku.....	25
5.3.2 Bezстыková kolej.....	25
5.3.3 Materiál kolejového lože.....	25
5.3.4 Rozměry kolejového lože.....	25
5.4 ŽELEZNIČNÍ SPODEK.....	25
5.4.1 Zemní plán	25
5.4.2 Plán tělesa železničního spodku.....	26
5.4.3 Návrh pražcového podloží	26
5.4.4 Svahy zemního tělesa	28
5.4.5 Vegetační ochrana svahů.....	28
5.4.6 Lavičky.....	29
5.4.7 Odvodnění.....	29
5.4.8 Železniční přejezdy.....	29
5.4.9 Křížení inženýrských sítí	29

6. ZÁVĚR.....	30
7. PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK.....	31
LITERATURA.....	33
SEZNAM PŘÍLOH.....	34

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1 Výškové řešení	14
Tabulka č. 2 Přehled propustků a mostů	17
Tabulka č. 3 Geometrické parametry trasy	19
Tabulka č. 4 Zaoblení lomu sklonu.....	24
Tabulka č. 5 Parametry podloží	26
Tabulka č. 6 Seznam železničních přejezdů	29

1. ÚVOD

Práce se zabývá modernizací trati mezi Hrušovany nad Jevišovkou a Znojmem, km 0,645 000 – km 25,014 357. Daný úsek se nachází v Jihomoravském kraji, konkrétně v okrese Znojmo. Je součástí celostátní železniční trati, která vede z Břeclavi do Znojma. Jedná se o jednokolejnou neelektrifikovanou trať, kde na celém úseku se traťová rychlost rovná 80 km/h.

Nejprve bylo provedeno nastudování získaných podkladů a vizuální prohlídka trati. Bylo zjištěno, že stav trati je v současném stavu v rozporu s platnými předpisy, zejména nesplňuje požadavky na železniční svršek a spodek. S ohledem na plánované zvýšení traťové rychlosti budou nutné úpravy. Modernizací trati dojde ke zkrácení jízdní doby, zvýší se bezpečnost provozu i komfort jízdy. Díky renovaci odvodňovacích zařízení dojde k celkovému prodloužení životnosti trati.

2. CÍLE PRÁCE

Cílem práce je vytvořit studii modernizace železniční trati Hrušovany nad Jevišovkou, Šanov – Znojmo, co by součástí plánované vysokorychlostní trati Brno - Znojmo. Práce má zejména prověřit realizovatelnost zvýšení traťové rychlosti v tomto úseku, s cílem dosažení jízdní doby mezi Brnem a Znojmem 30 minut.

3. PODKLADY

Návrh nového stavu je založen na mapových podkladech, nákresném přehledu a výškopisu. V rámci těchto podkladů byla zaměřena poloha osy koleje a niveleta temene kolejnice. Důvodem tohoto postupu je fakt, že k původnímu směrovému i výškovému řešení trati nebyly k dispozici žádné přesnější podklady.

Získání základních informací o trati bylo podpořeno vizuální prohlídkou, při níž bylo zjištěno následující: pražce jsou v celém úseku betonové PB2. Kolejové lože ze štěrku frakce 31,5/63, místy poměrně znečištěné. Odvodňovací soustava je zanesená.

Nepodařilo se získat bližší informace o železničním spodku, pouze na základě geologických map a informací z vrtů uvažujeme písčité podloží.

4. STÁVAJÍCÍ STAV

4.1 Směrové řešení

Ve stávajícím stavu je celkem 21 směrových oblouků proložených přímými úseky trati, 13 oblouků s krajními přechodnicemi a 8 kružnicových oblouků bez krajních přechodnic. Oblouky v km 20,151 000 – 20,598 000 (stávajícího stavu) jsou tvořeny pomocí inflexního motivu.

4.2 Výškové řešení

Sklonové poměry stávajícího stavu byly zjištěny z nákrešných přehledů, kde bylo uvedeno staničení a sklony tečen. Na rekonstruovaném úseku je v současném stavu 59 lomů sklonu (viz tabulka č. 1).

Výškové hodnoty jsou kompletně vyčteny ve výškovém systému B.p.v.

Tabulka č. 1 Výškové řešení

n	Vzdálenost mezi lomy	Staničení	Sklon tečny
1	0	0	
2	41	41	-0,7
3	81	650	1,8
4	560	1210	5
5	130	1340	4,55
6	160	1500	5,37
7	1902	3402	5
8	400	3802	5,5
9	602	4404	5
10	800	5204	4,6
11	400	5604	4,6
12	400	6004	-0,1
13	400	6404	0,1
14	339	6743	4
15	161	6904	3
16	200	7104	0,8
17	100	7204	0,8
18	100	7304	0,4

19	100	7404	0,6
20	151	7555	4,5
21	1095	8650	5,06
22	552	9202	5,15
23	500	9702	4,5
24	450	10152	1,1
25	399	10551	1,1
26	500	11051	1,1
27	1400	12451	1,65
28	534	12985	2,1
29	350	13335	0,5
30	250	13585	0,5
31	469	14054	2,05
32	250	14304	3,7
33	250	14554	1,6
34	300	14854	1,8
35	800	15654	1,2
36	281	15935	4,07
37	355	16290	4,5
38	257	16547	2,5
39	102	16649	2,5
40	200	16849	1,1
41	150	16999	3,6
42	301	17300	5
43	200	17500	5,5
44	859	18359	5
45	441	18800	5
46	400	19200	-2,1
47	170	19370	-2,1
48	220	19590	2,9
49	714	20304	4,2
50	948	21252	3,82
51	307	21559	3,52
52	150	21709	4,25
53	150	21859	3,5
54	259	22118	-0,7
55	890	23008	-0,7
56	200	23208	1,82

57	948	24156	6,8
58	145	24301	4,7
59	454	24755	-0,8

4.3 Železniční svršek

4.3.1 Skladba železničního svršku

Skladbu železničního svršku tvoří kolejnice S 49 a R65 na žebrových podkladnicích s tuhými svěrkami ŽS 4.

4.3.2 Materiál kolejového lože

Kolejové lože je tvořeno ze štěrku frakce 31,5/63.

4.3.3 Rozměry kolejového lože

Rozměry kolejového lože nebylo možné přesně určit z důvodu jeho špatného technického stavu.

4.4 Železniční spodek

4.4.1 Zemní plán

Stav zemní pláň nebylo možné přesněji určit, ale po vizuální prohlídce úseku, kde byla zřejmá zblácená místa kolejového lože, byl stav zemní pláň posouzen jako nevyhovující.

4.4.2 Odvodnění

Ve stávajícím stavu je velká část odvodnění řešena nezpevněnými příkopy. Systém odvodnění je v úseku zarostlý porostem a zanesený naplaveným materiálem ze svahů.

4.4.3 Stavby železničního spodku

Na úseku se nachází 12 propustků a 5 mostů (viz tabulka č. 2)

Tabulka č. 2 Přehled propustků a mostů

Staničení [km]	Stavba
0,946000	Propustek
1,867000	Propustek
2,434000	Propustek
2,624000	Propustek
3,234000	Propustek
5,956000	Propustek
7,496000	Propustek
15,995000	Most
16,410000	Most
21,879000	Most
22,346121	Propustek
22,462044	Propustek
22,920000	Propustek
23,431605	Most
24,070161	Propustek
24,339000	Propustek
24,635000	Most

4.4.4 Železniční přejezdy

Součástí stávajícího stavu je 13 žel. přejezdů s rozdílným zabezpečovacím zařízením.

4.4.5 Křížení inženýrských sítí

Současný úsek nekříží žádné inženýrské sítě.

5. NOVÝ STAV

5.1 Směrové řešení

Nejdříve byla navržena úprava geometrických parametrů koleje a vycházelo se z normy ČSN 73 6360-1. Při zvyšování traťové rychlosti bylo nutné zohlednit co nejmenší odklon od stávajícího tělesa.

V novém stavu bylo navrženo 15 směrových oblouků s lineárními vzestupnicemi a přechodnice s lineárním nárůstem křivosti tvaru klotoidy, přičemž délka vzestupnice byla vždy shodná s délkou přechodnice.

V případě poloměrů jednotlivých oblouků byl návrh vytvořený tak, aby maximálně respektoval vedení stávající trasy, od které se kvůli zvýšení traťové rychlosti odklááme pouze v km 19,000 000 – km 21,000 000 (nového stavu). Přechodnice a vzestupnice ve své délce respektují normu ČSN 73 6360-1. V obloucích nebylo nutné řešit rozšíření rozchodu, protože ani jeden z poloměrů oblouků nemá hodnotu menší než 275 m.

Přibližně v jedné polovině popsaného úseku došlo ke zvýšení traťové rychlosti z původní hodnoty 80 km/h na 200 km/h. Zvýšení rychlosti na 200 km/h je realizováno od prvního oblouku řešeného úseku za žst. Hrušovany nad Jevišovkou. Současně byl provedený návrh rychlosti pro soupravy s povoleným nedostatkem převýšení 130 a 150 mm, a to na rychlost až 200 km/h. Vyšší rychlost zde nebyla navržena s ohledem na to, že při průjezdu stanicemi smí jet vozidla pouze 200 km/h.

Maximální příčné posuny osy koleje nelze specifikovat z důvodu nedostatečné přesnosti podkladů.

Byl uplatněný souřadnicový systém S-JTSK.

5.1.1 Napojení na stávající stav

Celý rekonstruovaný úsek počíná první výhybkou (km 0,645 000) za žst. Hrušovany nad Jevišovkou. Konec tohoto úseku se pak nachází v první výhybce (km 25,014 357) před žst. Znojmo. V km 19,000 000 začíná směrová úprava oproti původnímu stavu a končí v km 21,000 000.

5.1.2 Parametry směrového řešení

Počáteční staničení: km 0,645 000

Koncové staničení: km 25, 014 357

Délka úseku: km 24,369 357

Tabulka č. 3 Geometrické parametry trasy

Oblouk	Staničení [km]	Směrový prvek	Parametry
	0,645 000 - 0,853 410	přímá	dl. 208,41 m
R1	0,853 410 - 1,053 410	přechodnice	n=10,00V; n130=10,00V130; n150=10,00V150; Lk=200,000m; A=687; m=0,706m; T=332,794m; klotoida
	1,053 410 - 1,317 370	kružnicový oblouk levý	R=2360m; D=100mm; l=100mm; l130=100mm; l150=100mm; alfas=11,2640°; do=263,960m
	1,317 370 - 1,517 370	přechodnice	n=10,00V; n130=10,00V130; n150=10,00V150; Lk=200,000m; A=687; m=0,706m; T=332,794m; klotoida
	1,517 370 - 2,634 700	přímá	dl. 1117,33 m
R2	2,634 700 - 2,830 700	přechodnice	n=10,00V; n130=15,38V130; n150=13,33V150; Lk=196,000m; A=686; m=0,667m; T=420,810m; klotoida
	2,830 700 - 3,276 303	kružnicový oblouk levý	R=2400m; D=98mm; l=99mm; E130=15mm; l150=13mm; alfas=15,3171°; do=445,603m
	3,276 303 - 3,472 303	přechodnice	n=10,00V; n130=15,38V130; n150=13,33V150; Lk=196,000m; A=686; m=0,667m; T=420,810m; klotoida
	3,472 303 - 3,810 242	přímá	dl. 337,939 m
R3	3,810 242 - 3,870 242	přechodnice	n=10,00V; n130=15,38V130; n150=13,33V150; Lk=60,000m; A=693; m=0,019m; T=201,532m; klotoida

	3,870 242 - 4,628 447	kružnicový oblouk levý	R=8000m; D=30mm; l=29mm; E130=6mm; l150=4mm; alfas=2,4566 ^g ; do=283,011m
	4,628 447 - 4,688 447	přechodnice	n=10,00V; n130=15,38V130; n150=13,33V150; Lk=60,000m; A=693; m=0,019m; T=201,532m; klotoida
	4,688 447 - 4,758 705	přímá	dl. 70,258 m
R4	4,758 705 - 4,818 705	přechodnice	n=10,00V; n130=10,00V130; n150=10,00V150; Lk=96,000m; A=980; m=0,038m; T=288,483m; klotoida
	4,818 705 - 5,101 716	kružnicový oblouk pravý	R=8000m; D=30mm; l=29mm; E130=6mm; l150=4mm; alfas=2,4566 ^g ; do=283,011m
	5,101 716 - 5,161 716	přechodnice	n=10,00V; n130=10,00V130; n150=10,00V150; Lk=96,000m; A=980; m=0,038m; T=288,483m; klotoida
	5,161 716 - 7,152 774	přímá	dl. 1991,058 m
R5	7,152 774 - 7,248 774	přechodnice	n=10,00V; n130=10,00V130; n150=10,00V150; Lk=96,000m; A=980; m=0,038m; T=288,483m; klotoida
	7,248 774 - 7,633 645	kružnicový oblouk levý	R=10000m; D=48mm; l=0mm; E130=1mm; E150=1mm; alfas=2,7552 ^g ; do=384,871m
	7,633 645 - 7,729 645	přechodnice	n=10,00V; n130=10,00V130; n150=10,00V150; Lk=96,000m; A=980; m=0,038m; T=288,483m; klotoida
	7,729 645 - 8,981230	přímá	dl. 1251,585 m
R6	8,981 230 - 9,041 230	přechodnice	
	9,041 230 - 10,126 875	kružnicový oblouk pravý	R=8000m; D=30mm; l=29mm; E130=6mm; l150=4mm; alfas=8,2051 ^g ; do=1085,645m

	10,126 875 - 10,186 875	přechodnice	n=10,00V; n130=15,38V130; n150=13,33V150; Lk=60,000m; A=693; m=0,019m; T=603,805m; klotoida
	10,186 875 - 12,461 686	přímá	dl. 2274,811 m
R7	12,461 686 - 12,562 486	přechodnice	n=10,00V; n130=7,82V130; n150=7,50V150; Lk=100,800m; A=585; m=0,125m; T=641,341m; klotoida
	12,562 486 - 13,631 836	kružnicový oblouk pravý	R=3400m; D=56mm; l=57mm; l130=128mm; l150=144mm; alfas=19,7190°; do=1069,350m
	13,631 836 - 13,732 636	přechodnice	n=10,00V; n130=7,82V130; n150=7,50V150; Lk=100,800m; A=585; m=0,125m; T=641,341m; klotoida
	13,732 636 - 16,091 496	přímá	dl. 2358,86 m
R8	16,091 496 - 16,264 296	přechodnice	n=10,00V; n130=9,22V130; n150=9,00V150; Lk=172,800m; A=588; m=0,622m; T=197,185m; klotoida
	16,264 296 - 16,312 783	kružnicový oblouk levý	R=2000m ; D=96mm; l=96mm; l130=129mm; l150=140mm; alfas=6,3394°; do=48,487m
	16,312 783 - 16,485 583	přechodnice	n=10,00V; n130=9,22V130; n150=9,00V150; Lk=172,800m; A=588; m=0,622m; T=197,185m; klotoida
	16,485 583 - 19,303 098	přímá	dl. 2817,515 m
R9	19,303 098 - 19,397 898	přechodnice	n=10,00V; n130=7,98V130; n150=7,74V150; Lk=94,800m; A=351; m=0,288m; T=407,594m; klotoida
	19,397 898 - 20,005 712	kružnicový oblouk levý	R=1300m; D=79mm; l=52mm; l130=126mm; l150=140mm; alfas=30,9668; do=607,814m
	20,005 712 - 20,100 512	přechodnice	n=10,00V; n130=7,98V130; n150=7,74V150; Lk=94,800m; A=351;

			m=0,288m; T=407,594m; klotoida
	20,100 512 - 20,871 547	přímá	dl. 771,035 m
R10	20,871 547 - 21,034 747	přechodnice	n=10,00V; n130=9,23V130; n150=9,23V150; Lk=163,200m; A=350; m=1,479m; T=399,742m; klotoida
	21,034 747 - 21,472 316	kružnicový oblouk pravý	R=750m; D=136mm; l=91mm; l130=130mm; l150=130mm; alfas=45,8954; do=437,569m
	21,472 316 - 21,635 516	přechodnice	n=10,00V; n130=9,23V130; n150=9,23V150; Lk=163,200m; A=350; m=1,479m; T=399,742m; klotoida
R11	21,969 675 - 22,087 675	přechodnice	n=10,00V; n130=10,00V130; n150=10,00V150; Lk=118,000m; A=266; m=0,967m; T=129,823m; klotoida
	22,087 675 - 22,110 480	kružnicový oblouk levý	R=600m ; D=118mm; l=79mm; l130=79mm; l150=79mm; alfas=13,4459; do=22,805m
	22,110 480 - 22,228 480	přechodnice	n=10,00V; n130=10,00V130; n150=10,00V150; Lk=118,000m; A=266; m=0,967m; T=129,823m; klotoida
	22,228 480 - 22,364 038	přímá	dl. 135,558m
R12	22,364 038 - 22,482 038	přechodnice	n=10,00V; n130=10,00V130; n150=10,00V150; Lk=118,000m; A=266; m=0,967m; T=202,220m; klotoida
	22,482 038 - 22,644 818	kružnicový oblouk pravý	R=600m ; D=118mm; l=79mm; l130=79mm; l150=79mm; alfas=26,8124; do=162,779m
	22,644 818 - 22,762 818	přechodnice	n=10,00V; n130=10,00V130; n150=10,00V150; Lk=118,000m; A=266; m=0,967m; T=202,220m; klotoida
	22,762 818 - 23,210 175	přímá	dl. 447,357 m

R13	23,210 175 - 23,352 175	přechodnice	n=10,00V; n130=10,00V130; n150=10,00V150; Lk=142,000m; A=266; m=1,679m; T=236,768m; klotoida
	23,352 175 - 23,529 392	kružnicový oblouk levý	R=500m , D=142mm; l=94mm; l130=94mm; l150=94mm; alfas=36,5796; do=177,217m
	23,529 392 - 23,671 392	přechodnice	n=10,00V; n130=10,00V130; n150=10,00V150; Lk=142,000m; A=266; m=1,679m; T=236,768m; klotoida
	23,671 392 - 24,009 655	přímá	dl. 338,263 m
R14	24,009 655 - 24,089 655	přechodnice	n=10,00V; n130=10,00V130; n150=10,00V150; Lk=80,000m; A=191; m=0,586m; T=339,428m; klotoida
	24,089 655 - 24,538 786	kružnicový oblouk levý	R=455m; D=100mm; l=66mm; l130=66mm; l150=66mm; alfas=66,6306; do=449,130m
	24,538 786 - 24,618 786	přechodnice	n=10,00V; n130=10,00V130; n150=10,00V150; Lk=80,000m; A=191; m=0,586m; T=339,428m; klotoida
	24,618 786 - 24,659 460	přímá	dl. 40,7 m
R15	24,659 460 - 24,705 060	přechodnice	n=10,00V; n130=10,00V130; n150=10,00V150; Lk=45,600m; A=191; m=0,108m; T=137,630m; klotoida
	24,705 060 - 24,887 532	kružnicový oblouk levý	R=800m; D=57mm; l=38mm; l130=38mm; l150=38mm; alfas=16,3345; do=182,472m
	24,887 532 - 24,933 132	přechodnice	n=10,00V; n130=10,00V130; n150=10,00V150; Lk=45,600m; A=191; m=0,108m; T=137,630m; klotoida
	24,933 132 - 25,014 357	přímá	dl. 81,225 m

5.2 Výškové řešení

V rámci výškového řešení jsme se drželi ve výšce stávající nivelety, která byla zmodernizována v souladu s normou ČSN 73 6360 -1.

5.2.1 Napojení na stávající stav

U nově navržené nivelety jsme usilovali o plynulé napojení na stávající stav. Úprava výšky geometrických parametrů koleje počíná na km 19,000 000 a končí v km 21,000 000, tedy na konci odchýlení od stávajícího stavu.

5.2.2 Parametry výškového řešení

Všechna zaoblení lomu sklonu (viz tabulka č. 4) byla navržena v souladu s normou ČSN 73 6360-1 dle vzorce $R_{v,lim} \geq 0,4 \cdot V^2$.

Tabulka č. 4 Zaoblení lomu sklonu

Bod lomu	Parametry oblouku	Staničení
1	Rv= 16000m; tz=3,593m; yv=0,000m	4,404000
2	Rv= 16000m; tz=34,049m; yv=0,036m	5,604520
3	Rv= 16000m; tz=17,249; yv=0,009m	6,404010
4	Rv= 16000m; tz=8,523m; yv=0,002m	7,204020
5	Rv= 16000m; tz=11,081m; yv=0,004m	8,001690
6	Rv= 16000m; tz= 31,065; yv=0,030m	9,702000
7	Rv= 16000m; tz=5,876; yv=0,001m	11,051,01
8	Rv= 13000m; tz=3,237m; yv=0,000m	12,985000
9	Rv= 13000m; tz=7,228m; yv=0,002m	13,783480
10	Rv= 13000m; tz=6,657m; yv=0,002m	14,588480
11	Rv= 13000m; tz=12,502m; yv=0,006m	15,405610
12	Rv= 13000m; tz=4,752m; yv=0,001m	16,199040
13	Rv= 13000m; tz=16,067m; yv=0,010m	16,999010
14	Rv= 5800m; tz=20,749m; yv=0,037m	18,799980
15	Rv= 5800m; tz=17,108m; yv=0,025m	19,370000
16	Rv= 5800m; tz=0,290m; yv=0,000m	20,100500
17	Rv= 5800m; tz=1,015m; yv=0,000m	20,302800
18	Rv= 5800m; tz=12,623m; yv=0,014m	21,372270
19	Rv= 6000m; tz=6,009m; yv=0,003m	21,859000
20	Rv= 4000m; tz=8,998m; yv=0,010m	22,256970

5.3 Železniční svršek

5.3.1 Skladba železničního svršku

Skladba železničního svršku je navržena stejně po celé délce rekonstruovaného úseku. Kolejnice navrhujeme použít UIC 60 E2, betonové pražce B 91 T, pružné bezpodkladnicové upevnění Vossloh W14. Pružné svěrky Skl 14, vrtulí R 1, úhlové vodící vložky Wfp 14K, podložky Uls 7 a pryžové podložky WU 7 budou tvořit upevnění. Rozdělení pražců je navrženo „c“ 674,5 mm.

5.3.2 Bezстыková kolej

Na daném úseku je po celé délce navrženo v souladu s předpisem SŽDC S3/2 Bezстыková kolej [7] zřízení bezстыkové koleje. V místech oblouků, které mají menší poloměry, bude s ohledem na nutnost zajištění stability bezстыkové koleje rozšířeno kolejové lože a zřízeno nadvýšení. Použití pražcových kotev nebude nutné v žádné části úseku.

5.3.3 Materiál kolejového lože

Materiál kolejového lože bude tvořit štěrk fr. 31,5/63.

5.3.4 Rozměry kolejového lože

Vlastní kolejové lože bude tvaru lichoběžníku, přičemž sklony svahů kolejového lože jsou 1:1,25. V přímých úsecích bude základní šířka horní hrany kolejového lože od osy koleje 1,700 m. V přímých úsecích a v obloucích, které disponují menším poloměrem, bude realizováno rozšíření kolejového lože, případně provedeno nutné nadvýšení kolejového lože.

5.4 Železniční spodek

Trať se po geologické stránce nachází v regionu Terciéru Karpat. Podloží je tvořeno jíly a písky.

5.4.1 Zemní pláň

Sklon zemní pláně je navrženo jednostranný ve sklonu 5 %, a to z důvodu

možného budoucího zdvoukolejnění trati. Po odtěžení stávajícího kolejového lože a konstrukčních vrstev bude provedena výměna pokladní vrstvy pod zemní pláni, a to kvůli požadované únosnosti 70 MPa na zemní pláni.

5.4.2 Pláň tělesa železničního spodku

Pláň tělesa železničního spodku bude realizovaná v pravém 5% sklonu. Pod plání tělesa železničního spodku bude zřízena konstrukční vrstva, a to z důvodu požadované únosnosti 90 MPa na pláni tělesa železničního spodku.

5.4.3 Návrh pražcového podloží

S ohledem na to, že při přípravě této práce jsme neměli k dispozici výsledky přesného průzkumu podloží, vycházeli jsme z orientačních informací v geologických mapách. Proto je i návrh pražcového podloží pouze orientační a při realizaci by vyžadoval podrobný průzkum.

Použití konstrukční a podkladní vrstvy je navrženo podle modulů přetvárnosti (viz tabulka č. 5). První z těchto modulů vyjadřuje požadovanou hodnotu únosnosti zemní pláně, $E_0 = 35$ MPa, druhý je hodnotou únosnosti pláně tělesa železničního spodku $E_{min,pl} = 90$ MPa a třetí hodnota je únosnost zemní pláně $E_{min,zp} = 70$ MPa. Pro konstrukční vrstvu navrhujeme vrstvu ze 100 mm asfaltového betonu +250 ŠD fr. 0/63. V rámci podkladní vrstvy je navržena vrstva z drceného kameniva fr. 0/125, tl. 0,35m.

Tabulka č. 5 Parametry podloží

Parametry podloží			Poznámka
$E_0 =$	35	Mpa	Modul přetvárnosti
$E_{min,pl} =$	90	Mpa	Minimální únosnost pláně tělesa železničního spodku
$E_{min,zp} =$	70	Mpa	Minimální únosnost zemní pláně
$E_{mat} =$	110	Mpa	Modul deformace Dk.
$E_{mat} =$	200	Mpa	Modul deformace zlepšené zeminy
$z =$	0,8	/	Redukční součinitel
$h =$	0,4	m	Zlepšená zemina 100 asfaltový beton+250

			ŠD 0/63
$h_{zlepš}$	0,35	m	Drcené kamenivo fr. 0/125
I_{mn}	400	°C*den	Dle mapy návrhových indexů mrazu
I_{mn}	332	°C*den	podle m.n.m
h_{kl}	0,55	m	TI. kolejového lože
h_{dov}	0	m	Dovolené promrzání
h_{pv}	0	m	Přípustné namrzání zlepšení
I_c	0,56	/	Stupeň konzistence

Redukce

$$E_{0,r} < E_{min,zp}$$

$$E_{0,r} = E_0 * z$$

$$E_{0,r} = 28 \text{ MPa} > E_{min,zp} = 70 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Nevyhoví, navrhujeme výměnu zeminy.}$$

Výměna za 100 mm asfaltový beton + 250 ŠD 0/63

Výpočet modulu přetvárnosti zemní pláně

$$E_{e1} > E_{min,zp}$$

$$K_1 = E_{0r} / E_{mat}$$

$$K_1 = 28 / 200 = 0,25455$$

$$K_2 = h / 0,3$$

$$K_2 = 0,35 / 0,3 = 1,16647$$

$$E_{e1} = (E_{0,r}) / (1 - 2/\pi * (1 - k_1^{1,4}) * \arctg(k_2 * k_1^{-0,4}))$$

$$E_{e1} = (28) / (1 - 2/\pi * (1 - 0,25455^{1,4}) * \arctg(1,16667 * 0,25455^{-0,4}))$$

$$E_{e1} = 70,50 \text{ MPa} > E_{min,zp} = 70 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhoví}$$

Výpočet modulu přetvárnosti pláně tělesa železničního spodku

$$E_{e2} > E_{\min,pl}$$

$$K_1 = E_{e1} / E_{mat}$$

$$K_1 = 70,50 / 110 = 0,64092$$

$$K_2 = h / 0,3$$

$$K_2 = 0,35 / 0,3 = 1,16667$$

$$E_{e2} = (E_{0,r}) / (1 - 2/\pi * (1 - k_1^{1,4}) * \arctg(k_2 * k_1^{-0,4}))$$

$$E_{e2} = (70,5) / (1 - 2/\pi * (1 - 0,77793^{1,4}) * \arctg(1,1,16667 * 0,64092^{-0,4}))$$

$$E_{e2} = 97,90 \text{ MPa} > E_{\min,zp} = 90 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhoví}$$

Ověření namrzavosti

$$h_{pr} < h_{kl} + h + h_{z,dov}$$

$$I_{mn} = 400 \text{ °C*den}$$

$$h_{pr} = 0,045 * \sqrt{I_{mn}}$$

$$h_{pr} = 0,045 * \sqrt{400} = 0,9 \text{ m} < 0,55 + 0,35 + 0 + 0 = 0,90 \Rightarrow \text{Vyhoví}$$

5.4.4 Svahy zemního tělesa

Sklon svahů zemního tělesa navrhují ve sklonu 1:1,5. Důvodem tohoto návrhu je skutečnost, že zemní těleso tvořeno nesoudržnými zeminami – písiky s příměsí jemnozrnné zeminy.

5.4.5 Vegetační ochrana svahů

V místech odstranění vegetace, které bude zapříčiněno stavbou, bude znovu provedeno ohumusování. Totéž bude provedeno na nově zřízených svazích. V oblasti nezpevněných drážních příkopů dojde k ohumusování ve vzdálenosti 0,5 m od vnější hrany dna příkopu. V oblastech použití zpevněného příkopu z tvárnic TZZ5 povede ohumusování již od hrany odvodňovací tvárnice. V oblasti laviček se ohumusování provádět nebude. Celý postup bude spočívat v rozprostření ornice v tl. 0,10 m a osetí travním semenem.

5.4.6 Lavičky

Mezi patou náspu a příkopem budou zřízeny Lavičky šířky 1 m a v příčném sklonu 5 % směrem do příkopu.

5.4.7 Odvodnění

Na rekonstruovaném úseku se provede obnova odvodnění, a to po celé jeho délce. Odvodnění bude vytvořeno formou zpevněných i nezpevněných příkopů.

5.4.8 Železniční přejezdy

Stávající železniční přejezdy (viz tabulka č. 6) budou zrušeny, kromě přejezdů P7118, P7127, P7128. Přejezdy P7118 a P7123 budou zrušeny a nahrazeny mimoúrovňovým křížením. Přejezdy P7127 a P7128 budou zrekonstruovány a doplněny o závory a světelné zabezpečovací zařízení.

Tabulka č. 6 Seznam železničních přejezdů

Číslo přejezdu	Staničení
P7115	0,645
P7116	2,417
P7117	4,289
P7118	7,491
P7119	9,71
P7120	13,263
P7121	14,517
P7122	15,694
P7123	17,206
P7124	17,895
P7125	19
P7126	20,208
P7127	22,375
P7128	23,673

5.4.9 Křížení inženýrských sítí

Navržená trať se nekříží se žádnými inženýrskými sítěmi.

6. ZÁVĚR

Cílem práce bylo vytvoření studie pro modernizaci železniční tratě Hrušovany nad Jevišovkou – Znojmo v km 0,645 000 – km 25,014 357. Nejprve byla navržena úprava geometrických parametrů koleje s podmínkou udržení se na stávajícím tělese. Dále byl proveden návrh rekonstrukce železničního svršku a spodku. Součástí návrhu bylo i prověření možnosti zvýšit rychlost pro vozidla s nedostatkem převýšení 130 mm a 150 mm. Problematickým místem v celém návrhu je zejména úsek, ve kterém dochází k opuštění stávajícího tělesa. Modernizací trati dosáhneme zvýšení rychlosti trati z původních 80 km/h na 200 km/h, což bude mít za následek zkrácení doby jízdy, zlepšení komfortu jízdy pro cestující, prodloužení životnosti trati a větší bezpečnost provozu.

7. PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK

Značka	Popis	Jednotka
V	návrhová rychlost	[km/h]
V ₁₃₀	návrhová rychlost souprav s dovoleným nedostatkem převýšení 130 mm	[km/h]
R	poloměr oblouku	[m]
D	převýšení	[mm]
I	nedostatek převýšení	[mm]
I 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	system jednotné trigonometrické sítě katastrální	[-]
ČSN	česká státní norma	[-]
PTŽS	Pláň tělesa železničního spodku	[-]
NPŽSv	Nákresný přehled železničního svršku	[-]

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] Předpis SŽDC S3 – Železniční svršek, platnost 11/20085.
- [3] Předpis SŽDC S4 – Železniční spodek.
- [4] Předpis SŽDC S3/2 Bezstyková kolej.
- [5] Vzorové listy železničního spodku platnost.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1	Situace 1
Příloha č. 2	Situace 2
Příloha č. 3	Situace 3
Příloha č. 4	Situace 4
Příloha č. 5	Situace 5
Příloha č. 6	Situace 6
Příloha č. 7	Podélný profil
Příloha č. 8	Vzorový příčný řez 1
Příloha č. 9	Vzorový příčný řez 2
Příloha č. 10	Vzorový příčný řez 3
Příloha č. 11	Vzorový příčný řez 4
Příloha č. 12	Graf rychlosti