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

ZVÝŠENÍ TRAŤOVÉ RYCHLOSTI V ÚSEKU TRATI PŘELOUČ – HEŘMANŮV MĚSTEC

PRELOUC – HERMANUV MESTEC TRACK SPEED INCREASE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

David Prikner

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Erik Dušek

BRNO 2023

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav železničních konstrukcí a staveb
Student:	**David Prikner**
Vedoucí práce:	**Ing. Erik Dušek**
Akademický rok:	2022/23
Studijní program:	B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor:	Konstrukce a dopravní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Zvýšení traťové rychlosti v úseku trati Přelouč - Heřmanův Městec

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Obsah práce:

- Průvodní zpráva s výpočty navrhovaného stavu
- Grafy průběhu stávající a navrhované rychlosti

Další požadované přílohy budou případně specifikovány vedoucím práce v průběhu jejího zpracování.

Cíle a výstupy bakalářské práce:

Cílem práce je návrh zvýšení traťové rychlosti v úseku trati Přelouč (mimo) - Heřmanův Městec (včetně). Součástí práce bude návrh rychlosti se současnými geometrickými parametry koleje. Následně bude navržena optimalizace geometrických parametrů koleje, která bude minimalizovat zásahy do tělesa trati. Dále bude zaveden rychlostní profil V130. Nakonec budou řešeny také úpravy železničního svršku a spodku v místech, kde se mění geometrické parametry koleje.

Seznam doporučené literatury a podklady:

Nákresný přehled železničního svršku

Geodetické zaměření trati TÚ 1541 Přelouč (mimo) - Prachovice (včetně)

ČSN 73 6360-1

Předpis SŽ S3 Železniční svršek

Předpis SŽ S4 Železniční spodek

Vzorové listy železničního spodku

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 24. 05. 2023

L. S.

doc. Ing. Otto Plášek, Ph.D. vedoucí ústavu	Ing. Erik Dušek vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá zvýšením traťové rychlosti v úseku trati Přelouč - Heřmanův Městec. Práce obsahuje analýzu geometrických parametrů koleje a zahrnuje několik variant pro zvýšení traťové rychlosti pomocí optimalizace geometrických parametrů koleje. Dále jsou jednotlivé varianty porovnávány. Současně jsou prověřovány alternativní způsoby zkrácení jízdních dob a zvýšení atraktivity úseku.

Klíčová slova

traťový úsek, rychlost, varianta, geometrické parametry koleje, jízdní doba, docházková vzdálenost

Abstract

The bachelor's thesis focuses on increasing the track speed in the section of the Přelouč - Heřmanův Městec railway line. The thesis includes an analysis of the track geometry and proposes several variants to enhance the track speed by the track geometry optimisation. The individual variants are compared, and alternative methods to reduce the travel time and improve the line section attractiveness are examined.

Key words

Track section, speed, variant, track geometry, travel time, walking distance

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PRIKNER, David. *Zvýšení traťové rychlosti v úseku trati Přelouč - Heřmanův Městec*. Brno, 2023. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. Vedoucí Ing. Erik Dušek.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Zvýšení traťové rychlosti v úseku trati Přelouč - Heřmanův Městec* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2023

David Prikner
autor

PODĚKOVÁNÍ

Mé velké díky patří vedoucímu této práce Ing. Eriku Duškovi za jeho čas, energii a trpělivost při zpracování této bakalářské práce. Jeho vedení a zkušenosti mi pomohly rozšířit můj obzor a dosáhnout kvalitních výsledků.

Zároveň bych rád poděkoval Ing. Matouši Horákovi, který mě obětavě naučil pracovat v programu Opentrack. Bez jeho pomoci by nemohla vzniknout tak pestrá analýza.

V Brně dne 24. 5. 2023

David Prikner
autor

Obsah

1 Úvod 9
2 Současný stav 10
2.1 Informace o úseku 10
3 Rychlosti v jednotlivých variantách 12
3.1 Varianta č.1 (bez úprav) 12
3.2 Varianta č.2 (malá úprava) 15
3.3 Varianta č.3 (velká úprava) 16
3.4 Důsledek úprav 18
3.5 Návrh rychlostí pro jednotky s povoleným nedostatkem převýšení 130 mm 20
4 Jízdní doby 21
4.1 Jednotlivé varianty 21
4.2 Využití různých Speciálních hnacích vozů 23
4.3 Narovnání vybraného úseku 23
5 Docházkové vzdálenosti 25
5.1 Odhad počtu potenciálních cestujících 25
5.2 Vyhodnocení zastávek 26
5.3 Srovnání jiných typů dopravy 27
6 Vyhodnocení 28
7 Závěr 30
8 Seznam použitých zdrojů 31
8.1 Obrázky 31
8.2 Tabulky 31
8.3 Zdroje 32
9 Seznam zkratek 33
10 Seznam příloh 34

1 Úvod

Hlavním účelem této práce je zvýšení traťové rychlosti v úseku trati Přelouč (mimo) - Heřmanův Městec (včetně) a zvýšit tím atraktivitu tohoto železničního spojení pro obyvatelstvo. Zvýšení rychlosti spočívá v optimalizaci geometrických parametrů koleje (GPK), kdy trať zůstane ve stávající stopě. Další prověřovanou možností byla přeložka trati za účelem odstranění lokálního propadu rychlosti. Prvotně jsem vytvořil 3 varianty, přičemž každá z těchto variant by vyžadovala odlišnou úroveň pracnosti.

Součástí práce mělo být původně i prověření zavedení rychlostního profilu V_{130}. Při zpracování variant se však ukázalo že omezujícím hlediskem pro rychlost vlaku není nedostatek převýšení v oblouku, ale délky přechodnic a vzestupnic. Zároveň dle SŽDC SR103/8(S) v současné době není k dispozici motorový vůz způsobilý pro jízdu s nedostatkem převýšení vyšším než 100 mm, proto bylo prověřování zavedení rychlostního profilu vypuštěno.

Ve variantě č. 1 se nijak nemění GPK, pouze byla zjišťována nejvyšší rychlost vyhovující na mezní hodnoty na trase.

Varianta č. 2 předpokládá změnu převýšení v koleji za účelem zvýšení traťové rychlosti.

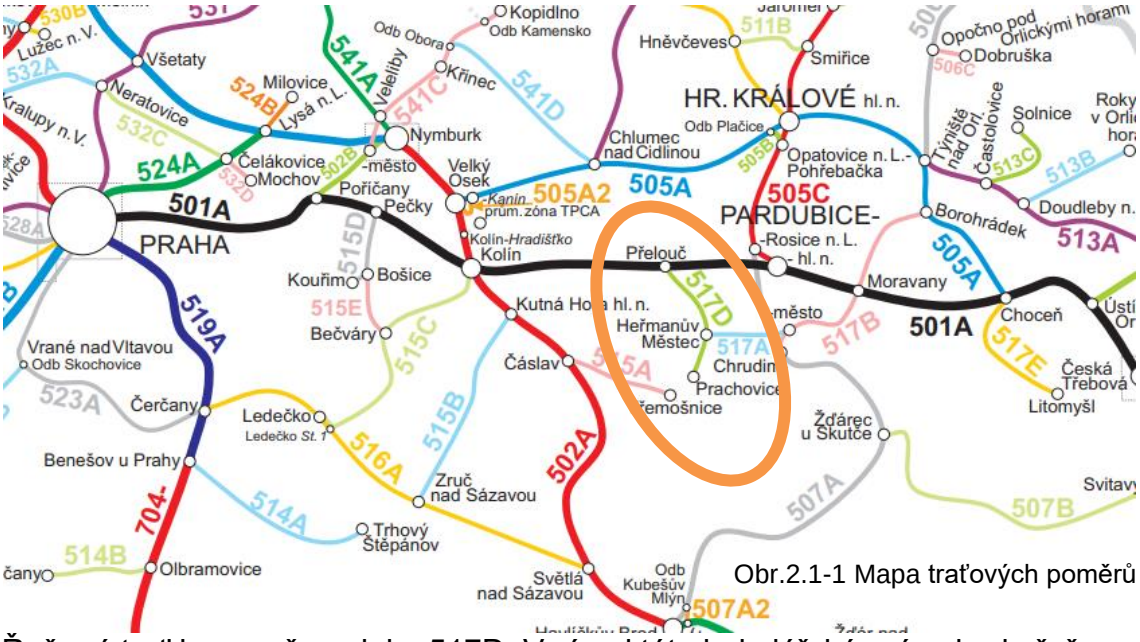
Varianta č. 3 komplexněji řeší problematiku pomocí změny nejen převýšení ale i délky přechodnice. Změna délky přechodnice vyžaduje ověřit minimální délku mezi vzestupnicemi a minimální délku mezi náhlými změnami křivosti.

Pro všechny varianty jsem vytvořil porovnání jízdních dob, tedy zjištění časové úspory oproti stávajícímu stavu.

V práci jsem řešil i další způsoby zvýšení traťové rychlosti jako je prověření využití modernějších vozidel a možnost vypuštění železniční zastávky. Za účelem posouzení vypuštění železniční zastávky jsou v práci vytvořeny docházkové vzdálenosti pro jednotlivé zastávky na trase za účelem zjištění počtu potencionálních cestujících.

2 Současný stav

2.1 Informace o úseku



Obr.2.1-1 Mapa traťových poměrů

Řešená trať je označena jako 517D. V rámci této bakalářské práce bude řešen pouze úsek Přelouč – Heřmanův Městec ve staničení km 1,800 – 13,740. Traťový úsek se nachází západně od Pardubic. Délka úseku činí 11,940 km a v celé délce se jedná o jednokolejnou neelektrizovanou trať celostátní dráhy.

Na trati se vyskytují 3 zastávky a jedna stanice:

- Valy u Přelouče – zastávka km 3,137 – 3,190
- Veselí u Přelouče – zastávka km 4,950 – 5,008
- Choltice – stanice km 8,409 – 9,174
- Jeníkovice – zastávka km 9,900 – 9,940

Mosty:

- km 7,570 ocelový s průběžným kolejovým ložem
- km 11,439 s průběžným kolejovým ložem

Přejezdy:

- km 3,133 ev. číslo P5028 – přejezdové zabezpečovací zařízení
- km 3,334 ev. číslo P5029 – přejezdové zabezpečovací zařízení
- km 3,955 ev. číslo P5030 – přejezdové zabezpečovací zařízení
- km 4,518 ev. číslo P5031 – přejezdové zabezpečovací zařízení
- km 5,013 ev. číslo P5032 – přejezdové zabezpečovací zařízení

- km 6,110 ev. číslo P5033 – přejezdové zabezpečovací zařízení
- km 7,371 ev. číslo P5034 – přejezdové zabezpečovací zařízení
- km 7,887 ev. číslo P5035 – přejezdové zabezpečovací zařízení
- km 8,408 ev. číslo P5036 – přejezdové zabezpečovací zařízení
- km 9,896 ev. číslo P5038 – přejezdové zabezpečovací zařízení
- km 11,199 ev. číslo P5039 – přejezdové zabezpečovací zařízení
- km 11,857 ev. číslo P5040 – přejezdové zabezpečovací zařízení
- km 12,055 ev. číslo P5041 – přejezdové zabezpečovací zařízení
- km 12,713 ev. číslo P5042 – přejezdové zabezpečovací zařízení

Svršek tvoří kolejnice S 49 (s výjimkami na začátku úseku v km 1,800 – 1,850 a ve stanici Heřmanův Městec v km 13,020 – 13,630, kde se nachází kolejnice R 65), betonové pražce SB 5, SB 6 a SB 8 s rozdělením pražců “c“ (s výjimkami dřevěné pražce dubové a bukové) a kolejové lože štěrkové.

Na traťovém úseku je 29 propustků. Ve stanici Heřmanův Městec se nachází abnormální staničník, který zkracuje hektometr 13,400-13,500 na 64 metrů.

V celém úseku nyní platí rychlost 50 km/h. Vlak tuto trasu zvládne podle jízdního řádu projet za 19 minut. Na trase Přelouč – Heřmanův Městec jezdí každé 2 hodiny jedno spojení, mezi 4:40 – 6:40 a 14:20 – 16:20 jezdí 3 spoje po hodině [1)]. Jediným místem pro křížení vlaků je stanice Choltice, kde se nachází hlavní kolej předjízdná kolej pro křížení a manipulační kolej pro nakládání a vykládání. Trasu využívá podle nákresného jízdního řádu 6 nákladních vlaků, které pokračují v jízdě až do lomu v Prachovicích.

Pro zvýšení traťové rychlosti je potřeba posoudit 33 směrových oblouků, v přílohách jsou číslovány ve směru staničení. Trať stoupá v téměř celém úseku ve směru staničení, protože musí překonat výškové převýšení 67 m.

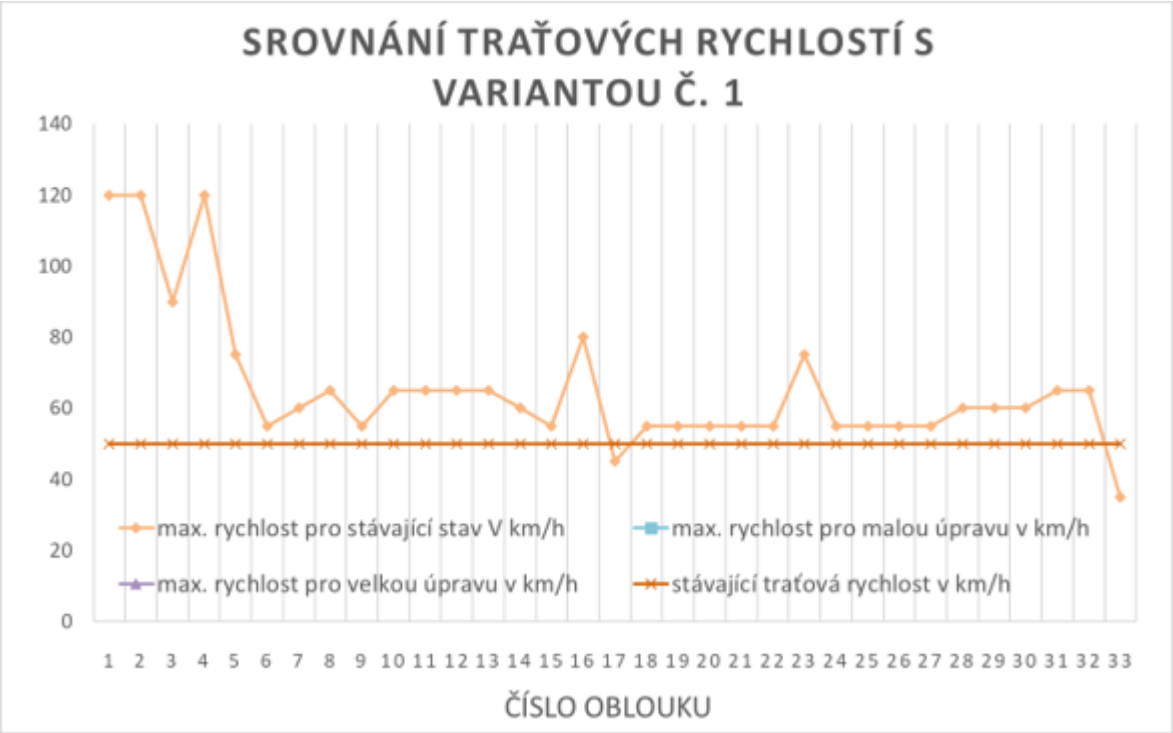
Informace o posouzení možné maximální rychlosti jsou uvedeny v příloze č. 1. Data o trati jsem převzal z Nákresného přehledu železničního svršku TÚ 1541 Přelouč (mimo) - Prachovice (Přelouč).

1) Spoje vyhledány podle aplikace Můj vlak od Českých drah

3 Rychlosti v jednotlivých variantách

V této kapitole určuji maximální rychlosti jednotlivých variant na řešeném úseku. Všechny varianty jsou zobrazeny v Příloze č. 1 spolu s grafem křivosti na trati.

3.1 Varianta č.1 (bez úprav)



Obr.3.1-2 Srovnání rychlostí

Tento graf byl vypracován na základě posouzení GPK v příloze 1. Tato příloha současný stav na trati, zdali vyhovují současné parametry a jestli je možné zvýšit rychlost bez nákladných úpravy. V současnosti je na celé trati platná rychlost 50 km/h [5], nicméně z grafu můžeme vyčíst, že minimálně jeden oblouk (č. 17 a 33) nevyhovuje ani na maximální hodnoty. Při podrobnějším studování dat v příloze 1 zjistíme, že ještě 2 další oblouky nevyhovují na mezní hodnoty (č. 12 a 15). Oblouk č. 15 vyhoví, pokud přistoupíme na maximální hodnoty, které jsou dány maximální strmostí vzestupnice a oblouk č. 33 se vyskytuje ve stanici Heřmanův Městec, kde musí vlak zpomalit, nebo zastavit.

Případné použití GPK vyhovujících pouze na maximální hodnoty musí být schváleno vlastníkem dráhy.

Nicméně oblouky č. 12 a 17 nevyhovují pro Konstrukční a geometrické uspořádání koleje dle normy ČSN 73 6360-1. Oblouk č.12 má příliš krátkou délku vzestupnice a oblouk č. 17 má krátkou délku přechodnice.

V některých případech změna rychlosti nemá vliv na délku vzestupnice, protože je dána maximální strmostí.

Vysvětlení dat ve sloupcích v příloze č. 1: [4]

(1) – číselné označení oblouků ze směru Přelouč do Heřmanova Městce

(2) – staničení začátku a konce oblouku v kilometrech

(3) – směr oblouku, tedy jestli oblouk zatáčí vpravo, nebo vlevo po směru staničení

(4) – poloměr jednotlivých oblouků

(5) – hodnota převýšení koleje v oblouku

(6) – délka kružnicové části oblouku

(7) – délka koleje, na které dochází k postupné změně směru a převýšení

(8) – rychlost ve stávajícím stavu

(9) – maximální možná rychlost pro standartní hodnoty

(10) – maximální možná rychlost pro mezní hodnoty

(11) – nedostatek převýšení = převýšení, které chybí k ideálnímu průjezdu vlaku pro eliminaci odstředivé síly

$$I = D_{eq} - \mathrm{D} = \frac{11{,}8 * V^2}{\mathrm{R}} - D$$

D = (5), hodnoty musí vyjít na mezní hodnotu I_{lim}=100 mm

(12) – viz (11) pro mezní rychlosti

(13) – určení maximální možné rychlosti pro délku přechodnice ve stávajícím stavu

(14) – potřebná délka přechodnice pro navrženou rychlost (13), uvedeny standartní a mezní hodnoty délek, mezní hodnota musí být rovna nebo menší než stávající stav (7)

$$L_k \geq \frac{n_{I\,\mathrm{lim}} \cdot I}{1000} =$$

(15) – určení maximální možné rychlosti pro délku vzestupnice ve stávajícím stavu

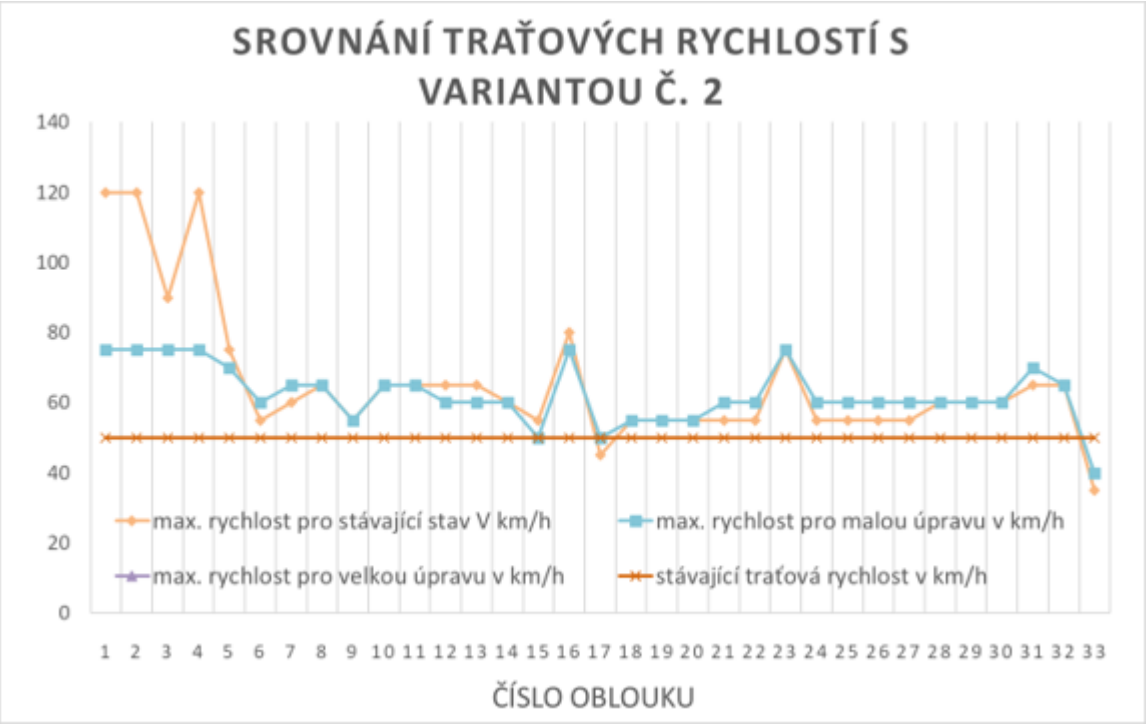
(16) – potřebná délka vzestupnice pro navrženou rychlost (15), uvedeny standartní a mezní hodnoty délek, mezní hodnota musí být rovna nebo menší než stávající stav (7), pokud nevyhoví na mezní hodnoty, tak musí vyhovět na maximální hodnoty

$$L_d = \frac{n \cdot D}{1000}$$

(17) – minimální délka přechodnice závislá na velikosti poloměru (4)

(18) – výsledná nejvyšší rychlost v oblouku $L_D = 0{,}7 * \sqrt{R}$

3.2 Varianta č.2 (malá úprava)

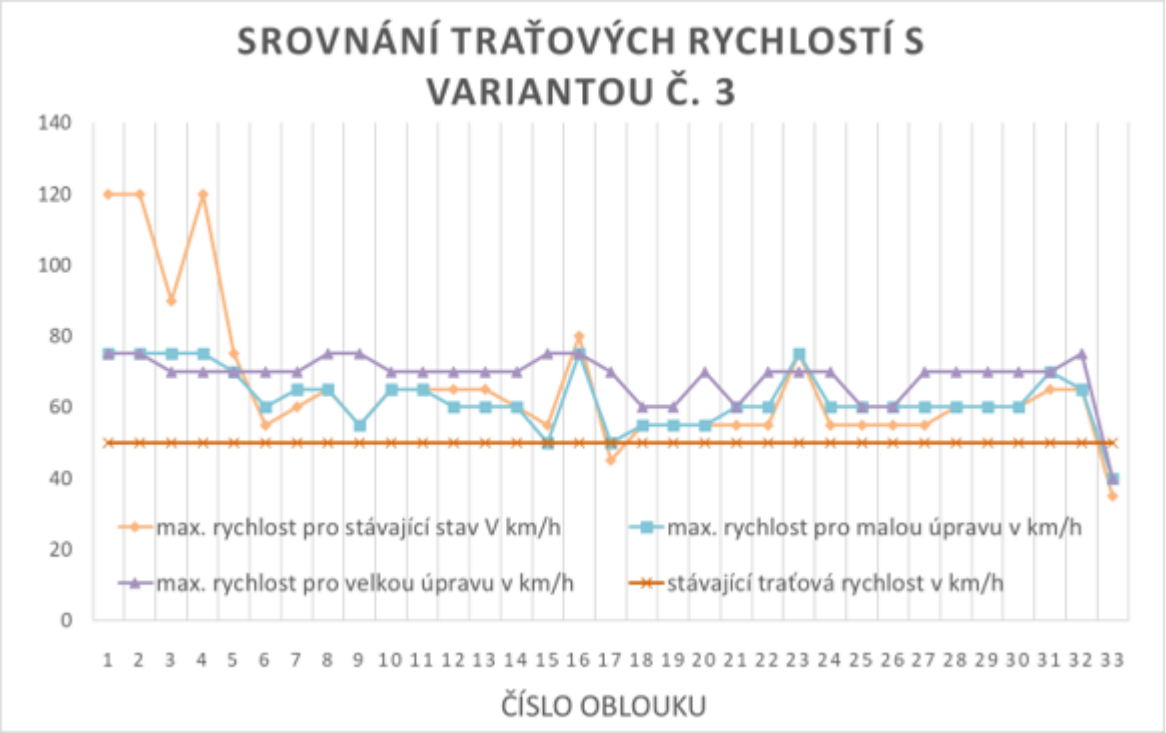


Obr.3.2-3 Srovnání rychlostí 2

Tento graf byl vypracován na základě posouzení GPK v příloze 3. V této variantě se předpokládá změna převýšení v koleji (strojní podbíječkou) za účelem zvýšení rychlosti na trase. V zásadě tato teorie funguje, nicméně zde dojde k poklesu traťové rychlosti v obloucích, které nevyhovovaly ve variantě 1. Omezujícím faktorem je v této variantě délka vzestupnice, která se v této variantě nemění, proto nedojde k velkému navýšení rychlosti.

Vysvětlení dat ve sloupcích přílohy č. 3 je na konci kapitoly 3.1.

3.3 Varianta č.3 (velká úprava)



Obr.3.3-4 Srovnání rychlostí 3

Tento graf byl vypracován na základě posouzení GPK v příloze 4. V této variantě se předpokládá změna převýšení v koleji a prodloužení nevyhovujících přechodnic a vzestupnic. Z toho důvodu musí být navíc ověřena minimální délku mezi vzestupnicemi a minimální délku mezi náhlými změnami křivosti. Následně se v příloze č. 5 řeší příčný posun tratě. Zjistit, zdali posunutá osa koleje zasahuje do ostatních pozemků, by vyžadovalo vyprojektovat kompletní osu trati, a tak se zjednodušeně předpokládá, že posuny nebudou vyžadovat výkupy pozemků.

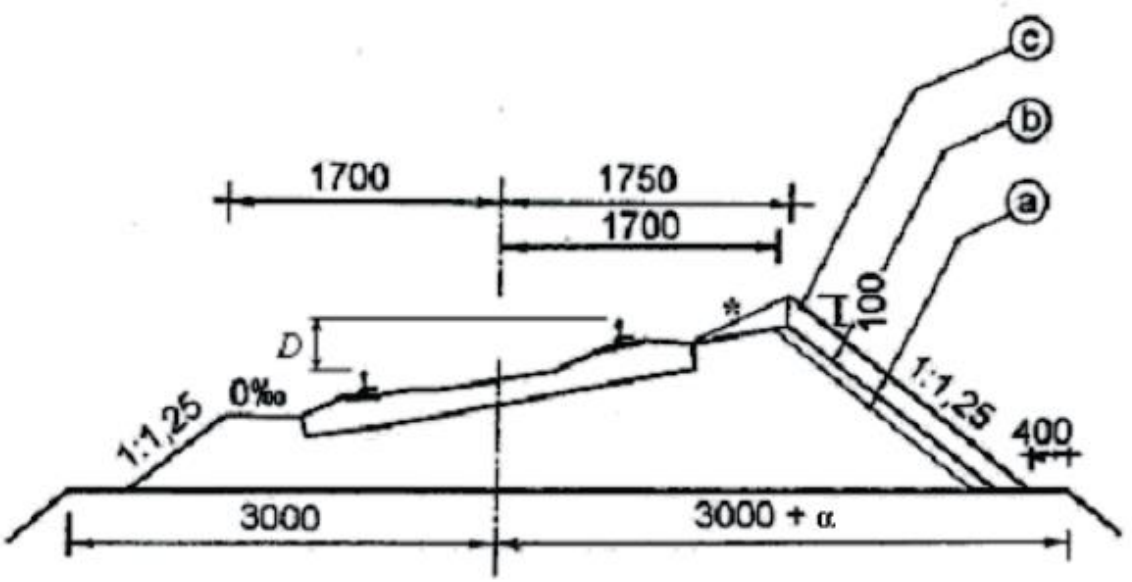
Při blízkém prostudování přílohy 4 zjistíme, že mezi oblouky 18 – 19 je z počátku nedostatečná délka mezi vzestupnicemi, nicméně se jedná o staniční úsek a rychlost vlaku zde bude snížená. V kapitole 4.3 je tento problém vyřešen vytvořením inflexu.

Vysvětlení dat ve sloupcích přílohy č. 4: [4]

(21) – pro oblouky o poloměru <290 m platí omezení převýšení = (R-50) /1,5=
(22) – nutná délka přechodnice pro standartní a mezní hodnoty
(23) – určení oblasti mezi oblouky a hodnota přímé délky koleje mezi nimi
(24) – zbývající délka přímé po odečtení zvětšení přechodnic – je nutná délka alespoň 20 metrů (přibližný výpočet)
(25) – délka a úhel kružnicové části oblouku ve stávajícím stavu uvedená v metrech a stupních
(26) – délka a úhel původních přechodnic uvedený ve stupních
(27) – celková délka a směrový úhel původních oblouků s přechodnicemi uvedená v metrech a stupních
(28) – minimální nutná délka oblouku vyjádřená jako úhel
(29) – minimální nutná délka přechodnic vyjádřená jako úhel
(30) – ověření minimální nutné délky oblouku v metrech a stupních

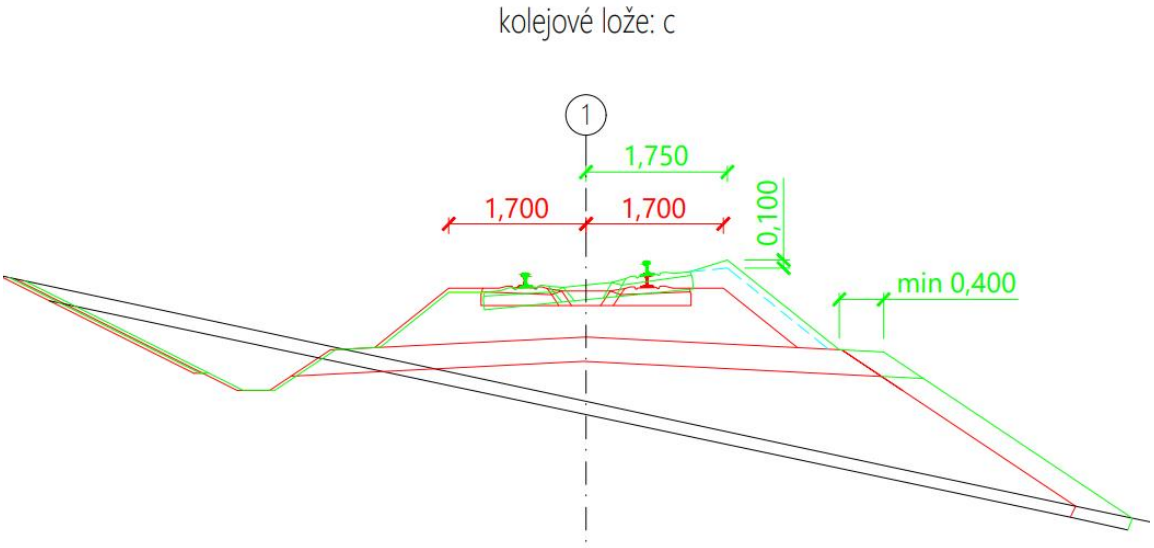
3.4 Důsledek úprav

Přímým důsledkem změny převýšení je nutnost zvětšit šířku kolejového lože. Tvar a případné rozšíření a nadvýšení kolejového lože se řídí podle předpisu [2], který v závislosti na poloměru oblouku, tvaru kolejnic a typu pražců uznává 3 tvary kolejového lože. Základní tvar (a), s rozšířením (b) a s rozšířením a nadvýšením (c).



Obr.3.4-5 Rozměry otevřeného kolejového lože v úsecích s bezstykovou kolejí

V Příloze č. 5 se řeší velikost rozšíření pláně tělesa železničního spodku (PTŽS.) v závislosti na rozšíření kolejového lože. V uvedených variantách došlo v mezních případech rozšíření PTŽS až o 20 cm a v ojedinělých případech došlo k zmenšení šířky PTŽS o maximálně 5 cm. V případě realizace uvedených variant je nutné ověřit, že území, na kterém bude provedeno rozšíření příčného profilu, zůstane v majetku státu.



Obr.3.4-6 názorné schéma rozšíření PTŽS při změně převýšení ze D=0 na D=150

Návrh úpravy příčného profilu pro minimalizaci zásahu se řeší v příloze č. 6 a č. 7, kde jsou zpracovány Charakteristické příčné řezy pro Variantu 1 a Variantu 3. Jedná se o oblouk č.14 a rozdíl převýšení v obou variantách činí 30 mm. V příloze č. 6 je zároveň řešena ukázka možného řešení zemního tělesa podle vzorového listu [3] za účelem zajištění dostatečné šířky stezky. Varianta č. 3 vyžaduje kompletní rekonstrukci železničního spodku a železničního svršku.

Další změna polohy tratě může nastat ve Variantě č.3, kdy zvětšení délky přechodnice posune trať dovnitř oblouku. Tento důsledek byl rovněž řešen v rámci přílohy č. 5. Jedná se o velmi významnou změnu příčné polohy tratě. Jak můžeme vidět z přílohy, teoretický výpočet největšího posunu činil 68,5 cm. Vzepětí je vzdálenost mezi vrcholem oblouku a vrcholem tečen. Vzepětí se dá zmenšit návrhem menšího poloměru oblouku, ale to nemusí být vždy možné kvůli nedostatku převýšení, který by se tím zvýšil.

Vysvětlení dat ve sloupcích přílohy č. 5: [4]

(31) – šířka pláně tělesa železničního spodku

(32) – zvětšení šířky pláně tělesa železničního spodku z důvodu zvětšení Převýšení

(33) – odsazení přechodnice m

$$m = Y_k - R \cdot \left(1 - \cos \tau_K\right) = \frac{L_k^2}{24 \cdot R} - \frac{L_k^4}{2688 \cdot R^3}$$

(34) – vzepětí

$$z = (R + m) \cdot \left(\frac{1}{cos\frac{\alpha_s}{2}} - 1\right) + m$$

(35) – rozdíl vzepětí nového a starého oblouku (výpočet posunu trasy)

(36) – tvar kolejového lože podle rozdělení dle obr. 2.4-4

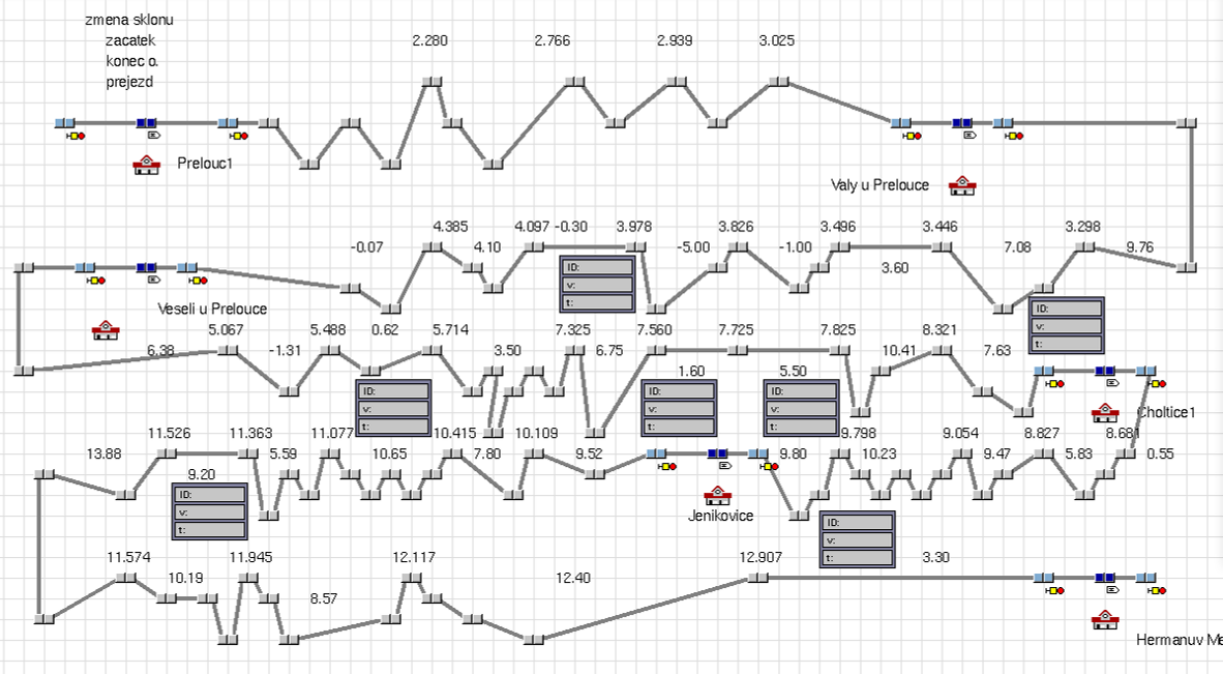
3.5 Návrh rychlostí pro jednotky s povoleným nedostatkem převýšení 130 mm

Při prověřování možnosti zavedení rychlostního profilu V_{130} jsem došel ke stanovisku, že je to zbytečné. Omezujícím faktorem na trase není nedostatek převýšení v oblouku, ale délky přechodnic a vzestupnic. Dalším důležitým problémem je, že dle SŽDC SR103/8(S) v současné době není k dispozici motorový vůz způsobilý pro jízdu s nedostatkem převýšení vyšším než 100 mm. Pokud by v budoucnu bylo možné takové vozy použít, tak by to pomohlo jen u varianty 3.

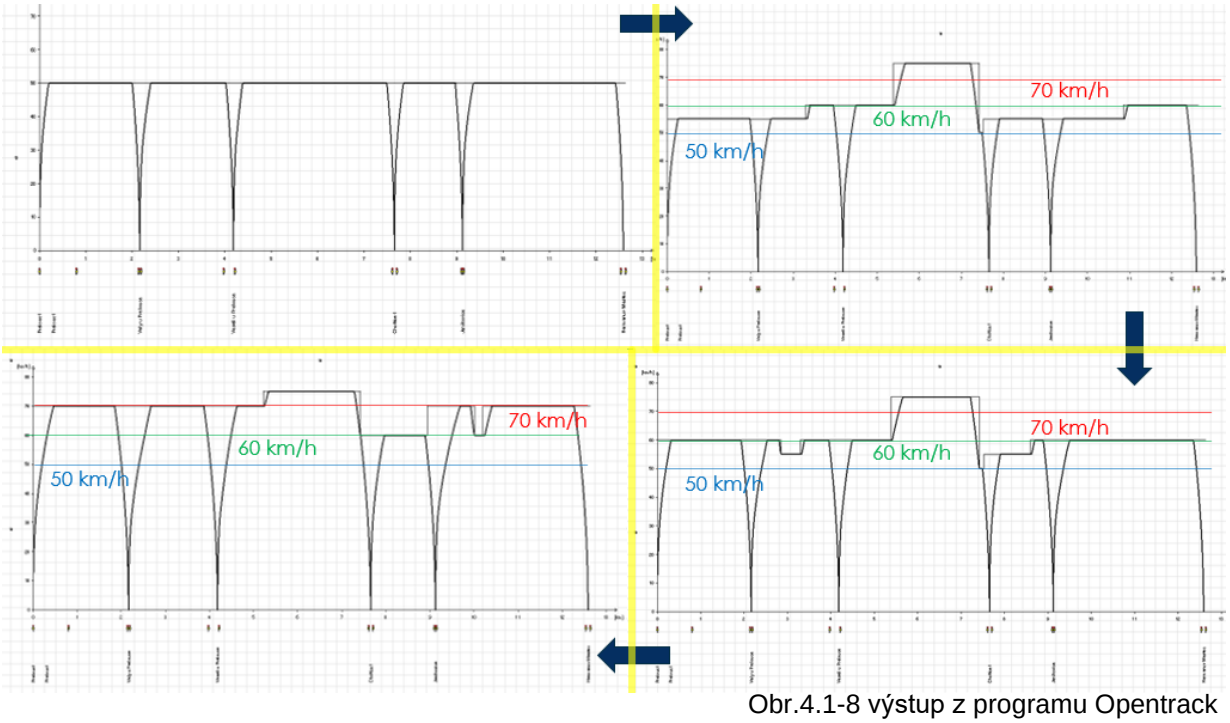
4 Jízdní doby

4.1 Jednotlivé varianty

V programu Opentrack jsem vytvořil model trati (obr. č. 7), abych mohl analyzovat časové úspory jednotlivých variant a určit nejsmysluplnější možnost. Pro každou variantu jsem také vygeneroval rychlostní graf (obr. č. 8).



Obr.4.1-7 výstup z programu Opentrack



Obr.4.1-8 výstup z programu Opentrack

Tab. č.1 Porovnání časů soupravy 810 ve směru Přelouč – Heřmanův Městec

Úprava	Jízdní doba (min)	Časová úspora (min)
Současný stav	16:56	-
	15:50	-
	15:28	-
Stávající stav (příloha 1)	15:00	1:56
	13:42	2:08
	13:19	2:09
Malá úprava (příloha 2)	14:41	2:15
	13:17	2:33
	12:53	2:35
Velká úprava (příloha 3)	13:38	3:22
	11:58	3:52
	11:31	3:57

Tab. č.2 Porovnání časů soupravy 810 ve směru Heřmanův Městec – Přelouč

Úprava	Jízdní doba (min)	Časová úspora (min)
Současný stav	16:37	-
	15:31	-
	15:10	-
Stávající stav (příloha 1)	14:40	1:57
	13:27	2:04
	13:04	2:06
Malá úprava (příloha 2)	14:20	2:17
	13:01	2:30
	12:38	2:28
Velká úprava (příloha 3)	13:17	3:20
	11:44	3:47
	11:18	3:52

Zastavení ve všech 4 zastávkách
Zastavení v jedné stanici Choltice (jediná stanice, ostatní zastávky jsou na znamení)
Nezastaví v žádné zastávce
Tabulky byly vytvořeny na základě dat z Příloh č. 8,9,10 a 11.

Z údajů v tabulkách č.1 a č.2 zjistíme, že kvůli rozdílné výškové poloze obou měst vyjde směr Heřmanův Městec – Přelouč jízdní doba kratší asi o 20 vteřin, ale větší vliv na úsporu jízdní doby to nemá, proto nadále pracuji jen s jedním směrem, a to Přelouč – Heřmanův Městec.

Podle informací z nákresného jízdního řádu trvá cesta Přelouč – Heřmanův Městec 19 minut. Režim doby zastavení není v rámci vytvořeného modelu řešen. Pokud připočítám ke mnou zjištěnému času (16:56 min) 30 vteřin na každé zastavení (4 zastavení * 30 vteřin), pak se dostanu přímo na čas 19 minut. Na základě toho můžu říct, že rozdíl mezi reálným stavem a vytvořeným modelem je minimální.

S ohledem na oblouky na trase se dá zkrátit čas jízdy s nulovými investičními náklady o 2 minuty při variantě č.1. Dalších 20 vteřin získám aplikováním varianty č.2. Maximální časová úspora při využití stávající trati v plném rozsahu činí 3:22 u varianty č. 3 – Velká úprava.

4.2 Využití různých Speciálních hnacích vozů

Další možností pro zvýšení traťové rychlosti je využití strojů s vyšším výkonem. Posuzoval jsem dohromady 3 Speciální hnací vozy (SHV), vůz řady 810, vůz řady 843 s přípojným vozem 043 a nízkopodlažní vůz řady 642.

Tab.č.3 Srovnání vozidel pro Velkou úpravu (varianta č.3)

souprava	Hmotnost (t)	Výkon (kw)	Čas jízdy	Úspora
810	20	155	13:38	-
843 + 043	80	600	13:49	+00:11
642	47,5	650	13:30	-00:08

Tabulka č. 3 se řeší v příloze č. 12.

Vůz řady 843 je posuzován s přípojným vozem, protože bez něj nepřináší žádnou další výhodu kromě zvýšení traťové rychlosti o několik vteřin. Bez přídavného vozu je jednotka sice rychlejší než vůz řady 810, ale rozdíl v rychlosti mezi vozem řady 843 s přídavným vozem a bez něj je minimální.

Vůz řady 642 navyšuje kapacitu i komfort jízdy. Jakožto nízkopodlažní vůz vhodný pro bezbariérové užívaní může navýšit zájem o toto dopravní spojení u osob s omezenou schopností pohybu a orientace, nicméně vliv na zvýšení traťové rychlosti je zanedbatelný.

U porovnávání ostatních variant úprav vyšel rozdíl ještě menší. Důvodem je, že časová úspora, případně prodleva vzniká při rozjíždění a brždění. Protože na trati nedojde ke zvýšení rychlosti nad maximální rychlost stávajících vozidel, jsou výsledné doby prakticky stejné.

4.3 Narovnání vybraného úseku

Součástí práce bylo i vytipování úseku se sníženou rychlostí a navýšení rychlosti na úroveň navazujících úseků, která činí 70 km/h. Z varianty č. 3 jsem vytipoval úsek oblouků 18 – 21. Problematika je řešena v příloze č. 13, 14 a 15. Vlak potřebuje několik set metrů, aby se dokázal rozjet na traťovou rychlost, a protože se nepočítá s rušením stanice Choltice, nedává smysl tuto úpravu realizovat. Úsek je situován právě v oblasti zmíněné stanice, to znamená, že by se zvyšovala rychlost v oblasti, ve které většina vlaků není schopná zvýšenou rychlost využít. Z přílohy č. 13 lze vidět, že by nová úprava, která se snaží zůstat v původní trase, vytvořila složité poměry: nestandartní

konstrukce přejezdu ve výhybce a zkrácení předjízdné koleje ve stanici na minimální povolenou délku stanovenou v Prohlášení o dráze celostátní a dráhách regionálních, kde je uvedena „*největší povolená délka nákladního vlaku (včetně hnacích vozidel) uvedená v m*“ (Prohlášení o dráze celostátní a dráhách regionálních, Příloha “B“, Tabulka “A“, číslo tratě: 541 00) 598 m. V příloze je vyprojektovaná předjízdná kolej užitné délky 603 m.

5 Docházkové vzdálenosti

Z příloh týkajících se Jízdních dob (kap. 4.1.) můžeme zjistit, že časová úspora v případě vypuštění jedné zastávky vlaku se rovná úspoře 20 vteřin. Dalších 30 vteřin je nutné připočítat jako čas, po který by vlak čekal na nástup a výstup cestujících. Celková úspora tedy činí 50 vteřin na jednu zrušenou vlakovou zastávku.

Následující zhodnocení má posoudit potenciální vytíženost všech zastávek.

5.1 Odhad počtu potenciálních cestujících

Danou problematiku jsem řešil graficky v přílohách č. 16, 17, 18 a 19. Pro každou zastávku jsem vytvořil 2 spádové oblasti odpovídající 10 minutám chůze a 10 minutám jízdy na kole podle odhadu cestovních dob navigačního systému mapy.cz. Pro jednotlivé vesnice jsem rozložil počet obyvatele na jednotlivé domy. Jednotlivé budovy jsou v přílohách označeny zeleným puntíkem. Následně jsem propočítal, kolik lidí by se v případě zrušení zastávky ocitlo bez železničního spojení, nebo jestli jsou v dosahu jiné železniční zastávky. Tato metodika nemá za cíl určit, kolik lidí spojení reálně využívá, ale zjistit, kolik osob ve spádové oblasti by mohlo spojení využívat. Pokud je nabídnuta potenciálním cestujícím praktická hromadná doprava, tak se mezi nimi vždy objeví část těch, kteří ji využijí.

Tab.č.4 Porovnání spádových oblastí

Obec	Spádová oblast	Překryv oblastí	Zrušená doprava
Valy	183	0	374
	932	741	
	1115	741	
Veselí	157	0	299
	919	777	
	1076	777	
Choltice	30	0	1078
	1349	301	
	1379	301	
Jeníkovice	70	0	515
	711	266	
	781	266	

V dosahu chůze
V dosahu jízdního kola
celkem

Spádová oblast: počet lidí v dosahu zastávky
Překryv oblastí: počet lidí, kteří jsou v dosahu jiné zastávky ale spadají do Spádové oblasti
Zrušená doprava: počet lidí bez přístupu k železniční dopravě

5.2 Vyhodnocení zastávek

Zastávka Valy – příloha č. 16 – protože je zastávka umístěna na konci Obce, nachází se mimo dosah pěší vzdálenosti pro většinu obyvatel. Vzhledem k dostatečnému prostoru v oblasti se nabízí možnost posunout zastávku ve směru staničení zhruba o 500 metrů. Tímto krokem by se do spádové oblasti v dosahu chůze dostala většina obyvatel. Jediný možný důvod pro zachování stávající polohy je možnost přestupu ve směru do Pardubic z přilehlé zastávky na koridoru. Vlaky na sebe navazují v Přelouči, a tak nemá přestup ve Valech smysl. Navíc by dnes přestup ve Valech znamenal 4 minuty dlouhou cestu pro přestup.

Zastávka Veselí – příloha č. 17 – rovněž umístěna daleko od obydlené části obce, nicméně zde není možnost posunout zastávku podél trati. Dle tab.č.4 by zrušením této zastávky zůstalo nejméně lidí (299) bez přístupu k železniční dopravě, tento počet by se zmenšil, pokud by došlo k posunu zastávky Valy. Nicméně, tato zastávka má v porovnání s ostatními velký počet lidí, kteří jsou ve spádové oblasti v dosahu chůze.

Stanice Choltice – příloha č. 18 – v blízkosti této stanice je pouze jeden firemní areál, u kterého se obtížně odhaduje počet zaměstnanců. Širší spádová oblast této stanice však zahrnuje největší množství lidí. Zároveň je zde dostatečně velká plocha pro dočasné ponechání kola, nebo auta oproti ostatním zastávkám. Stojany na kolo a vhodné parkovací plochy by se však museli dobudovat. V této stanici zároveň dochází ke křížení vlaků.

Zastávka Jeníkovice – příloha č. 19 – rovněž umístěna daleko od obydlené části obce bez možnosti posunu. Vzhledem k blízkosti ke stanici (1,5 km ve směru staničení) Choltice se nabízí možnost zrušit tuto zastávku. Pokud by se vytvořila přímá cyklostezka podél trati, dostala by se celá obec do širší spádové oblasti Choltic v rámci 10 min cesty na kole.

Z vytvořených příloh a tabulky č.4 nelze jednoznačně označit žádnou zastávku jako zbytečnou. V případě rušení nějaké zastávky by bylo potřeba provést podrobnější dopravní průzkum s posouzením zajištění alternativních možností dopravy. Současná autobusová spojení by nestačila pro nahrazení současné železniční dopravy, kvůli nízkému počtu spojů. Většina linek v oblasti vypraví méně než 4 spoje na linku.

5.3 Srovnání jiných typů dopravy

Pro účel simulování různých docházkových dob, bude porovnávána cesta z Pernštýnského náměstí v Přelouči na Náměstí Míru v Heřmanově Městci. Při srovnávání jízdních dob je nutné si uvědomit, že je v nich započítána i doba chůze na vybraný způsob dopravy. Následující tabulka názorně zobrazí dobu, o kterou se může prodloužit cesta, jeli potřeba dojít velkou vzdálenost od místa zastavení hromadné dopravy. Zatímco cesta autem i vlakem trvá za stávající situace přibližně stejnou dobu, autem lze dojet přímo do místa určení a tím vychází lépe oproti všem ostatním typům dopravy. Stejný problém se nepochybně vyskytuje i v zastávce Valy (řešeno v kapitole 5.2 a v příloze č. 16) a následující tabulka může sloužit jako další argument pro posunutí zastávky blíže do obydlené oblasti.

Tab.č.5 Srovnání dopravních prostředků

Pernštýn-Mír	vlak	auto	autobus
Dopravní prostředek	19 min	18 min	30 min
chůze	26 min	4 min	6 min
celkem	45 min (15 km)	22 min (15,3km)	36 min (18,8km)

Z tohoto grafu se může zdát, že nejlepším dopravním prostředkem je auto. Automobily jsou však velmi specifické, pořízení auta vyžaduje nemalé pořizovací náklady, ale i náklady na provoz jako je palivo, pojištění, parkování a nutné opravy převyšují náklady hromadné dopravy. Dalším problémem je ekologická náročnost, automobily zabírají spoustu prostoru a vypouštějí emise skleníkových plynů a tím znečišťují ovzduší. Silniční síť má omezenou kapacitu, což znamená, že zvýšení počtu automobilů povede k úměrnému zhoršení plynulosti dopravy a tvorbě dopravních kongescí. Při jízdě vlakem mohu efektivně využít svůj čas prací, relaxovat, najíst se, spát, nebo navštívit toalety. I přes zjevné výhody hromadné dopravy je někdy mnohem praktičtější využít automobil, kvůli jeho vysoké flexibilitě, množství úložného prostoru a rychlosti dopravy. Zajištění dobré návaznosti hromadné dopravy, zvýšení komfortu a zkrácení jízdních dob je tak logickým směrem pro vývoj hromadné dopravy.

6 Vyhodnocení

V příloze č. 6 je řešen charakteristický příčný řez 1, který zobrazuje variantu č. 1. Tato varianta se snaží zvýšit traťovou rychlost za minimální cenu, předpokládá se tedy ponechání stávajících pražců a upevnění, nicméně i zde bude nutné provést opravy v místech, která jsou v nevyhovujícím stavu. V příloze můžeme vidět, že zaměřený příčný profil neodpovídá vzorovým listům [3] pro železniční spodek. Je nutné zajistit minimální šířku stezky (v příloze je zobrazen možný návrh zajištění minimální šířky stezky pomocí pražcové rovnaniny) a obnovit tvar kolejového lože. I přesto, že se jedná o nejlevnější úpravu, tak se při realizaci této varianty zkrátí jízdní doba o 2 minuty.

Varianta č. 2 již vyžaduje změnu šířky PTŽS u některých oblouků a splnění předešlých požadavků viz. varianta č. 1. Změna převýšení a z toho vyplívající průjezd podbíječky vybízí vyměnit zbývající dřevěné pražce za nové. Jak velkou část pražců by bylo potřeba vyměnit, bude nutné zjistit na místě v rámci předběžných prací. Průjezd podbíječky bude komplikovat velké množství pražcových kotev, které je nutné před samotným průjezdem demontovat. V rámci této varianty se zkrátí jízdní doba o dalších 20 vteřin. Oproti variantě č. 1 tak celková úspora oproti stávajícímu stavu činí 2 minuty a 20 vteřin.

Jednotlivé varianty se dají rozdělit podle stupně pracnosti. Nejpracnější je samozřejmě varianta č. 3, která vyžaduje vybudování zcela nového železničního svršku i spodku, z důvodu velkého rozšíření PTŽS vyvolaného posunem osy vlivem prodloužení délek přechodnic. Tuto variantu bych nedoporučoval, kvůli vysokým ekonomickým nákladům, nízkému zkrácení jízdní doby a nutnosti výkupu přiléhajících pozemků. Takováto modernizace by se blížila stavbě zcela nové trati. Pokud by byla dostatečná politická vůle pro takto rozsáhlý projekt s cílem ušetření pouhé jedné minuty, doporučoval bych stávající trať raději modernizovat a problematické úseky nahradit přeložkami s výrazně přívětivějšími GPK. Možná úprava trati je patrná z charakteristického příčného řezu 2 v příloze č. 7. V rámci této varianty se zkrátí jízdní doba o další minutu. Celková úspora tak činí 3 minuty a 20 vteřin.

Z prověřovaných možností doporučuji realizovat Variantu č. 2. Je možné, že již předběžný průzkum ukáže, že je i ve variantě 1 nutné trať vyčistit a podbít, v takovém případě by se objem prací téměř rovnal variantě č. 1.

Jakožto uživatel železniční dopravy mohu jen doufat v nasazení modernějších jednotek, jako je vůz řady 642, který by nejenom zajistil zvýšení komfortu, ale lehce zkrátil jízdní dobu.

Prověřované možnosti, jako je zavedení rychlostního profilu V_{130} a narovnání vybraného úseku se ukázaly být nepraktické, takže je nemohu doporučit.

Zrušení, posunutí, nebo sloučení zastávek by vyžadovalo podrobnější dopravní průzkum. Nicméně mohu předběžně doporučit sloučení stanice Choltice se zastávkou Jeníkovice kvůli vzájemné blízkosti. Vytvořením cyklostezky podél tratě se může omezit negativní vliv, který by vznikl z takového kroku a udržel Obec Jeníkovice v širší spádové oblasti sloučené stanice. Tento krok teoreticky zkrátí jízdní dobu o dalších 50 vteřin.

Po sečtení všech doporučených úprav se dostaneme na úsporu 3 minut a 20 vteřin z původní jízdní doby 19 minut.

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zvýšení traťové rychlosti v úseku Přelouč (mimo) – Heřmanův Městec (včetně) ve snaze zvýšit atraktivitu pro obyvatelstvo. Byly navrženy 3 hlavní varianty pro možnou úpravu GPK a následně u nich byla posouzena úspora jízdní doby ve srovnání se stávajícím stavem. Pro každou variantu vznikly rychlostní grafy, které byly využity pro vytipování úseku, ve kterém se prověřovala možnost přeložky trati s cílem odstranit lokální propad rychlostí. Smysluplnost této přeložky nebyla prokázána.

V rámci práce byly také zkoumány další způsoby zvýšení traťové rychlosti, včetně prověřování využití modernějších vozidel a možnosti vypuštění železničních zastávek. I zde byl ověřován efekt změn na jízdní dobu. Také byly vytvořeny docházkové vzdálenosti pro jednotlivé zastávky na trase s cílem odhadnout potenciální počet cestujících. Na základě těchto dat bylo doporučeno sloučit železniční stanici Choltice a zastávku Jeníkovice, a také posunout zastávku Valy.

Celkově lze konstatovat, že tato bakalářská práce přináší přehlednou analýzu současného stavu trati a poskytuje základní informace pro další rozhodování a plánování případných úprav. Bylo zjištěno, že některé části trati nevyhovují na současné požadavky na GPK dle ČSN 73 6360-1, nejedná se však o příliš velké překročení povolených hodnot. Bylo by vhodné provést další podrobné studie a měření v terénu, aby bylo možné lépe posoudit nutnost konkrétních technických opatření a jejich dopad na zlepšení parametrů trati.

8 Seznam použitých zdrojů

8.1 Obrázky

Obrázek č. 2.1–1 – Mapa traťových poměrů [1]
Obrázek č. 3.1–2 – Srovnání rychlostí
Obrázek č. 3.2–3 – Srovnání rychlostí 2
Obrázek č. 3.3–4 – Srovnání rychlostí 3
Obrázek č. 3.4–5 – Rozměry otevřeného kolejového lože v úsecích s bezstykovou kolejí [2]
Obrázek č. 3.4-6 – názorné schéma rozšíření PTŽS při změně převýšení ze D=0 na D=150
Obrázek č. 4.1–7 – výstup z programu Opentrack
Obrázek č. 4.1–8 – výstup z programu Opentrack

8.2 Tabulky

Tabulka č. 1 a 2 – Porovnání časů soupravy 810 ve směru Přelouč – Heřmanův Městec
Tabulka č. 3 – Srovnání vozidel pro Velkou úpravu (varianta č.3)
Tabulka č. 4 – Porovnání spádových oblastí
Tabulka č. 5 – Srovnání dopravních prostředků

8.3 Zdroje

[1] MO4 Označení tratí podle tabulek traťových poměrů. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: https://provoz.spravazeleznic.cz/portal/viewarticle.aspx?oid=594598

[2] Předpis SŽDC S3/2 *Bezstyková kolej* Praha. Správa železniční dopravní cesty, účinnost od 1. září. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: https://www.spravazeleznic.cz/documents/50004227/139626480/20130901_S3L2.pdf/bc579fb7-6617-4b3a-bda8-66f2000c488a?version=1.0

[3] Vzorový list Ž 2 *Železniční spodek.* Praha. Správa železniční dopravní cesty, účinnost od 1.4.2002 (obrázek 4 – Příklad rozšíření stezky pomocí betonových pražců)

[4] ČSN 73 6360-1. *Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha – Část 1: Projektování.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020 [cit. 2023-05-24]

[5] *Nákresný přehled železničního svršku TÚ 1541 Přelouč (mimo) - Prachovice (včetně)*. Praha. Správa železniční dopravní cesty

9 Seznam zkratek

L	levostranné
P	pravostranné
GPK	geometrické parametry koleje
R	poloměr oblouku
D	převýšení
V	rychlost
I	nedostatek převýšení
I_{lim}	nedostatek převýšení pro mezní hodnoty
SHV	speciální hnané vozidlo
L_K	délka přechodnice
L_D	délka vzestupnice
PTŽS	pláň tělesa železničního spodku
m	odsazení přechodnice
Z	vzdálenost mezi vrcholem oblouku a vrcholem tečen
ERTMS	evropský železniční systém řízení provozu
H_n	standartní hodnota (vymezuje interval doporučených hodnot)
H_{lim}	mezní hodnota (tato hodnota nemá být překračována)
$H_{max/min}$	maximální/minimální hodnota (tato hodnota nesmí být překročena)

10 Seznam příloh

Příloha č. 1 – Graf rychlosti

Příloha č. 2 – Vyhodnocení pro stávající stav

Příloha č. 3 – Vyhodnocení pro malou úpravu

Příloha č. 4 – Vyhodnocení pro velkou úpravu

Příloha č. 5 – Vyhodnocení rozšíření pláně tělesa železničního spodku

Příloha č. 6 – Charakteristický příčný řez 1

Příloha č. 7 – Charakteristický příčný řez 2

Příloha č. 8 – Jízdní doba Současného stavu

Příloha č. 9 – Jízdní doba upraveného stávajícího stavu

Příloha č. 10 – Jízdní doba malé úpravy

Příloha č. 11 – Jízdní doba Velké úpravy

Příloha č. 12 – Porovnání různých SHV

Příloha č. 13 – Situace přeložky žst. Choltice 1

Příloha č. 14 – Situace přeložky žst. Choltice 2

Příloha č. 15 – Situace přeložky žst. Choltice 3

Příloha č. 16 – Docházkové vzdálenosti Valy

Příloha č. 17 – Docházkové vzdálenosti Veselí

Příloha č. 18 – Docházkové vzdálenosti Choltice

Příloha č. 19 – Docházkové vzdálenosti Jeníkovice