

UNIVERZITA PARDUBICE

DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2024

Bc. Josef Zitko

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Úsporná opatření dopravců v železniční osobní dopravě
Diplomová práce

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Josef Zitko
Osobní číslo:	D22476
Studijní program:	N1041A040008 Technologie a management v dopravě
Specializace:	Technologie a řízení dopravy
Téma práce:	Úsporná opatření dopravců v železniční osobní dopravě
Zadávající katedra:	Katedra technologie a řízení dopravy

Zásady pro vypracování

Úvod
1. Analýza současného stavu
2. Možnosti úspor
3. Zhodnocení
Závěr

Rozsah pracovní zprávy: **50-60**
Rozsah grafických prací: **5-6**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:
dle pokynů vedoucí/ho práce

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jaroslav Matuška, Ph.D.**
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: **3. února 2024**
Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2024**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 2. února 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORA

Prohlašuji:

Práci s názvem Úsporná opatření dopravců v železniční osobní dopravě jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 9. 5. 2024

Bc. Josef Zitko

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych na tomto místě poděkoval svému vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Jaroslavu Matuškoví Ph.D. za odborné vedení práce, doporučení a cenné rady, které jsem od něj získal. Dále děkuji svým přátelům a rodině za pomoc a rady při tvorbě diplomové práce.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá návrhem úsporných opatření v regionální železniční osobní dopravě. V analytické části jsou charakterizovány nákladové položky dopravců, vnější prostředí, ve kterém se železniční dopravci pohybují, a je proveden výběr modelových linek, na kterých jsou dále počítány dopady konkrétních úsporných opatření. V návrhové části jsou navržena úsporná opatření. Porovnáním s charakteristikou modelových linek v analytické části je vypočteno, jak velký dopad do nákladů tato opatření mají. V poslední části jsou úsporná opatření zhodnocena a porovnána mezi sebou.

KLÍČOVÁ SLOVA

úsporné opatření, náklady, železniční dopravce, trakce, dopravní cesta

TITLE

Cost-saving measures of carriers in rail passenger transport

ANNOTATION

The diploma thesis deals with the design of cost-saving measures in regional railway passenger transport. In the analytical part, the cost items of carriers are characterized, the external surroundings in which rail carriers operate, and a selection of model lines is made, on which the effects of specific cost-saving measures are further calculated. In the design part, cost-saving measures are proposed, and by comparing them with the characteristics of the model lines in the analytical part, it is calculated how much impact these measures have on costs. In the last part, the cost-saving measures are evaluated and compared with each other.

KEYWORDS

cost-saving measure, costs, rail carrier, traction, track

Diplomová práce vznikla v rámci řešení projektu reg. č. SGS_2023_017 "Modelování vybraných aspektů dopravní technologie a řízení III" Univerzity Pardubice.

OBSAH

ÚVOD.....	13
1 NÁKLADY ŽELEZNIČNÍCH OSOBNÍCH DOPRAVCŮ.....	14
1.1 Přehled nákladů.....	14
1.2 Procentuální zastoupení nákladů.....	15
1.3 Charakteristika nákladových oblastí	16
1.3.1 Náklady na údržbu.....	16
1.3.2 Osobní náklady	16
1.3.3 Náklady na dopravní cestu.....	17
1.3.4 Náklady na trakční energii	19
1.3.5 Náklady na provoz pokladen.....	21
1.3.6 Režijní náklady	21
1.3.7 Náklady na čištění vozidel	22
1.3.8 Náklady na odpisy	22
1.4 Prostředí.....	22
1.4.1 Emisní povolenky	22
1.4.2 Stav elektrizace železnic v České republice.....	23
1.4.3 Projekty elektrizace železnic	23
1.5 Možnosti pohonu železničních vozidel	24
1.5.1 Diesel	24
1.5.2 Syntetické palivo	25
1.5.3 Elektrina z trakčního vedení.....	26
1.5.4 Baterie	27
1.5.5 Vodík	28
1.5.6 Vyčíslení nákladů na jednotlivé druhy pohonu.....	29
1.6 Postup při hledání úspor	30
1.7 Výběr linky pro modelový výpočet nákladů	30
1.8 Spěšné vlaky Choceň – Náchod.....	32
1.8.1 Charakteristika infrastruktury	33
1.8.2 Charakteristika provozu	35
1.8.3 Náklady na údržbu.....	36
1.8.4 Osobní náklady	37
1.8.5 Náklady na dopravní cestu.....	39
1.8.6 Náklady na trakční energii	39
1.8.7 Náklady na provoz pokladen.....	42
1.8.8 Režijní náklady	43
1.8.9 Náklady na čištění souprav	43

1.8.10	Náklady na odpisy	43
1.8.11	Náklady celkem	44
1.9	Osobní vlaky Brno hl.n. – Bohutice.....	45
1.9.1	Charakteristika infrastruktury	45
1.9.2	Charakteristika provozu	48
1.9.3	Náklady na údržbu.....	49
1.9.4	Osobní náklady	50
1.9.5	Náklady na dopravní cestu	50
1.9.6	Náklady na trakční energii	51
1.9.7	Náklady na provoz pokladen.....	51
1.9.8	Režijní náklady	52
1.9.9	Náklady na čištění	52
1.9.10	Náklady na odpisy	52
1.9.11	Náklady celkem	52
1.10	Shrnutí analýzy	53
2	NÁVRH ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ	54
2.1	Úsporná opatření na lince Choceň – Náchod	54
2.1.1	Nasazení vratné soupravy	54
2.1.2	Zkrácení o vůz.....	56
2.1.3	Dosazení ETCS	58
2.1.4	Změna trakce	60
2.1.5	Úspory v oblasti pokladen.....	68
2.1.6	Redukce vlakvedoucích	70
2.2	Úsporná opatření na lince Brno hl.n. – Bohutice.....	71
2.2.1	Úprava jízdního řádu	71
2.2.2	Zkrácení o vůz.....	73
2.2.3	Změna trakce	73
2.2.4	Úspory v oblasti pokladen.....	76
2.2.5	Redukce vlakvedoucích	77
3	ZHODNOCENÍ ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ.....	78
3.1	Linka Choceň – Náchod	78
3.2	Linka Brno hl.n. – Bohutice	80
	ZÁVĚR.....	82
	SEZNAM PŘÍLOH	87

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1 – Procentuální zastoupení nákladů.....	15
Obrázek 2 – Vedení tratě v úseku Choceň – Náchod	33
Obrázek 3 – Schéma tratě Choceň – Náchod	34
Obrázek 4 – Výškový průběh tratě Choceň – Náchod.....	34
Obrázek 5 – Rychlostní profil tratě Choceň – Náchod	35
Obrázek 6 – Jízdní řád vlaků Choceň – Náchod a zpět.....	35
Obrázek 7 – Sp 1887 v úseku Václavice – Nové Město nad Metují	36
Obrázek 8 – Podíl vlastní jízdy a pobytů – linka V24	38
Obrázek 9 – Obrat soupravy Choceň	41
Obrázek 10 – Obrat soupravy Náchod.....	41
Obrázek 11 – Oběh souprav na lince V24.....	43
Obrázek 12 – Podíl nákladů linky Choceň – Náchod	45
Obrázek 13 – Vedení tratě v úseku Brno hl.n. – Bohutice.....	45
Obrázek 14 – schéma tratě Brno hl.n. – Bohutice	46
Obrázek 15 – Výškový profil tratě Brno hl.n. – Bohutice	47
Obrázek 16 – Rychlostní profil Brno hl.n. – Bohutice	47
Obrázek 17 – 842 014–3 + Bfbrdtn794 před depem Horní Heršpice	48
Obrázek 18 – Procentuální podíl nákladů – linka S41	52
Obrázek 19 – Zastoupení nákladů – zavedení elektrické trakce – linka V24	65
Obrázek 20 – Absolutní změny nákladů – změna jízdního řádu – linka S41	72
Obrázek 21 – Velikost úspor v přepočtu na dopravní výkon – linka S41.....	72
Obrázek 22 – Porovnání nákladů na provoz – linka V24	79
Obrázek 23 – Přehled nejvýznamnějších procentuálních rozdílů – linka V24	79
Obrázek 24 – Celkové náklady – linka S41	81
Obrázek 25 – Nejvýznamnější rozdíly v nákladových oblastech – linka S41	81
Tabulka 1 – Fixní a variabilní náklady osobních dopravců	14
Tabulka 2 – Procentuální zastoupení nákladů	15
Tabulka 3 – Koeficienty pro výpočet ceny za přidělení kapacity dráhy.....	19
Tabulka 4 – Měrné spotřeby pro střídavou trakční soustavu	20
Tabulka 5 – Měrné spotřeby pro stejnosměrnou trakční soustavu	20
Tabulka 6 – Hodnoty koeficientu technologické spotřeby.....	20
Tabulka 7 – Systémy trakčních napájecích soustav.....	23
Tabulka 8 – SWOT analýza – dieselový pohon	24
Tabulka 9 – SWOT analýza – dieselový pohon s využitím HVO	25
Tabulka 10 – SWOT analýza – elektrický pohon s trakčním vedením	26
Tabulka 11 – SWOT analýza – elektrický pohon s baterií	28
Tabulka 12 – SWOT analýza vodíkového pohonu.....	28
Tabulka 13 – Porovnání nákladů na jednotlivé druhy pohonu.....	29
Tabulka 14 – Širší výběr linek pro modelový příklad	31
Tabulka 15 – Možnosti úsporných opatření pro jednotlivé varianty	32
Tabulka 16 – Náklady na údržbu vozidel – linka V24	37
Tabulka 17 – Časová náročnost úkonů při objíždění soupravy.....	37
Tabulka 18 – Osobní náklady – linka V24.....	38
Tabulka 19 – Náklady na dopravní cestu – linka V24.....	39

Tabulka 20	– Náklady na naftu – linka V24.....	41
Tabulka 21	– Pokladny na trati Choceň – Náchod	42
Tabulka 22	– Náklady na pokladny na trati Choceň – Náchod.....	42
Tabulka 23	– Odpisy – linka V24.....	44
Tabulka 24	– Celkové náklady – linka V24	44
Tabulka 25	– Náklady na údržbu – linka S41	49
Tabulka 26	– Osobní náklady – linka S41	50
Tabulka 27	– Náklady na dopravní cestu – linka S41.....	50
Tabulka 28	– Náklady na trakční energii – linka S41	51
Tabulka 29	– Pokladny na trati Brno hl.n. – Bohutice – linka S41	51
Tabulka 30	– Náklady na provoz pokladen – linka S41	51
Tabulka 31	– Odpisy – linka S41.....	52
Tabulka 32	– Celkové náklady – linka S41	53
Tabulka 33	– Porovnání nákladů na dopr. cestu – nasazení vratných souprav – linka V24...55	55
Tabulka 34	– Odpisy – nasazení vratných souprav – linka V24	55
Tabulka 35	– Úspory dosažené nasazením vratných souprav – linka V24.....	56
Tabulka 36	– Náklady na dopravní cestu – sólo 843 – linka V24	57
Tabulka 37	– Náklady na trakční naftu – sólo 843 – linka V24.....	57
Tabulka 38	– Porovnání nákladů na 1 vlkm – zkrácení o vůz – linka V24	58
Tabulka 39	– Porovnání nákladů na dopravní cestu – nasazení ETCS – linka V24.....	59
Tabulka 40	– Odpisy – zavedení ETCS – linka V24	59
Tabulka 41	– Porovnání nákladů linky V24 na 1 vlkm při nasazení ETCS.....	59
Tabulka 42	– Parametry jednotky řady 847	60
Tabulka 43	– Porovnání nákladů 843 + Btn ⁷⁵³ X 847 na HVO na lince V24.....	61
Tabulka 44	– Zavedení elektrické trakce – náklady na dopravní cestu – linka V24.....	62
Tabulka 45	– Rozdělení hrubého výkonu – linka V24	63
Tabulka 46	– Spotřeba trakční elektrické energie – linka V24	63
Tabulka 47	– Odpisy elektrické jednotky – linka V24	64
Tabulka 48	– Přehled změn nákladů 843 + Btn ⁷⁵³ X 650.2 – linka V24	64
Tabulka 49	– Náklady na dopravní cestu – BEMU – linka V24.....	66
Tabulka 50	– Rozdělení hrubého dopravního výkonu – BEMU – linka V24.....	66
Tabulka 51	– Spotřeba trakční energie – BEMU – linka V24	67
Tabulka 52	– Odpisy elektrické jednotky – linka V24	67
Tabulka 53	– Porovnání celkových nákladů – BEMU – linka V24	68
Tabulka 54	– Porovnání úsporných opatření v oblasti pokladen – linka V24	70
Tabulka 55	– Úspora práce úpravou jízdního řádu – linka S41	71
Tabulka 56	– Změna odpisů – úprava jízdního řádu – linka S41	72
Tabulka 57	– Rozdíl nákladů – zkrácení o vůz – linka S41	73
Tabulka 58	– Rozdíl nákladů – nasazení HVO – linka S41	74
Tabulka 59	– Spotřeba trakční elektrické energie – linka S41	74
Tabulka 60	– Rozdíl nákladů – nasazení EMU – linka S41.....	75
Tabulka 61	– spotřeba trakční energie – BEMU – linka S41.....	76
Tabulka 62	– Změna celkových nákladů – nasazení BEMU – linka S41	76
Tabulka 63	– Celkové zhodnocení úsporných opatření – linka V24.....	78
Tabulka 64	– Porovnání nákladů v rámci úsporných opatření – linka S41.....	80

SEZNAM ZKRATEK

BEMU	battery electric multiple unit
DMU	diesel multiple unit
ECM	entity of charge maintenance
EMU	electric multiple unit
ETCS	European train control system
HMU	hydrogen multiple unit
hrtkm	hrubý tunový kilometr
HVO	hydrogenated vegetable oil
OOSPO	osoba s omezenou schopností pohybu nebo orientace
TNS	trakční napájecí stanice
vlkm	vlakokilometr
žst	železniční stanice

ÚVOD

Železniční doprava se musí přizpůsobovat stále se měnícím podmínkám a čelit novým výzvám. Ekonomicky je poslední období (cca 2019–2024) značně turbulentní. Nečekaný zásah, nejen do dopravy, vnesl COVID–19 a s ním spojené restriktce. Jejich vlivem došlo k prudkému poklesu poptávky po dopravě ve všech dopravních módech a tím k poklesu tržeb dopravců. Následně došlo k vypuknutí války na Ukrajině a v souvislosti s ní k růstu cen energií. Inlace se v některých měsících dostávala až na dvouciferná čísla. Tyto okolnosti znamenaly zdražení prakticky všech vstupů železničních osobních dopravců.

Výše uvedené aspekty nemají vliv pouze na ceny, ale i na nedostatek pracovních sil. V době pandemie COVID–19, vlivem různých omezení, došlo k deficitu v opravárenství železničních kolejových vozidel, který se nepodařilo vyřešit dodnes. V důsledku toho jsou čekací doby na periodické prohlídky a opravy vozidel pro železniční dopravce dlouhé.

Železniční doprava bude muset reagovat na výzvy, které ji v blízké budoucnosti čekají. Jedná se především o ekologizaci dopravy a přechod na obnovitelné zdroje energie. Evropská Unie vytkla jasné cíle, kterých chce dosáhnout (fit for 55). Zásadními nástroji pro dosažení těchto cílů jsou právě nástroje finanční, například emisní povolenky, které se již brzy budou vztahovat na železniční dopravce. Obecně je železniční doprava vnímána jako ekologický způsob dopravy a s tím souvisí její podpora formou dotací a pobídek, které dopravci mohou čerpat. Podpora nesouvisí pouze s ekologizací dopravy, ale i se zvyšováním její bezpečnosti. V českém prostředí je příkladem zavedení systému ETCS, jehož mobilní část si musí dopravci pořídit, ale na její pořízení mohou čerpat dotaci.

Na železnici se konkurence zvětšuje, stále větší množství objednatelů veřejné dopravy provoz soutěží, což se stává nutností v důsledku zavádění 4. železničního balíčku. Aby dopravce uspěl na trhu, musí být jeho provoz v maximální míře efektivní a ekonomický.

V souvislosti se zdražujícími se vstupy je potřeba hledat zdroje pro jejich pokrytí. Jednou variantou je zdražení pro zákazníky (kraje, cestující), jejichž finanční zdroje ale nejsou neomezené. Vzhledem k soutěžím o dopravní výkony dopravce nemůže ceny za zajištění přepravních služeb zvyšovat nad rámec konkurenceschopnosti. Zákaznický přívětivější je varianta nalezení úspor. Rozsah úspor by měl být takový, aby nedocházelo k nárůstu nákladů, případně došlo i k jejich snížení, a zároveň byl provoz zachován v dostatečné míře.

Cílem práce je identifikovat oblasti pro úspory dopravců v železniční osobní dopravě, navrhnout možná úsporná opatření.

1 NÁKLADY ŽELEZNIČNÍCH OSOBNÍCH DOPRAVCŮ

Stanovení přehledu nákladů a podílů jednotlivých druhů nákladů vychází ze semestrálního projektu, ve kterém byla vytvářena cenová kalkulace pro linku R12. Linka R12 je vedena v trase Brno hl.n. – Nezamyslice – Olomouc hl.n. – Zábřeh na Moravě – Šumperk v elektrické trakci. Linka je specifická tím, že v Zábřehu na Moravě se zadní část soupravy odděluje a pokračuje do stanice Jeseník. Tato část je vedena v dieselové trakci.

V úseku Brno hl.n. – Zábřeh na Moravě je počítáno se soupravou sestavenou z vozů $AB^{349} + B^{249} + Bd^{264} + Bd^{264} + B^{249} + AB^{349}$ a vedenou lokomotivou řady 362. Tato lokomotiva ze Zábřehu na Moravě pokračuje s první trojicí vozů do Šumperka, druhou trojici vozů vede ze Zábřehu na Moravě lokomotiva řady 754 do Jeseníku. Na základě modelace poptávky jsou u některých vlaků uvažovány posilové vozy řady B^{249} . (1)

Z tohoto modelového příkladu založeného na reálném podkladu byl vytvořen přehled nákladů v kapitole č. 1.1.

1.1 Přehled nákladů

Náklady železničních osobních dopravců lze rozdělit podle různých hledisek. V tabulce č. 1 jsou uvedeny všechny náklady osobních dopravců a rozděleny na fixní a variabilní náklady. V případě variabilních nákladů jsou v tomto případě uvažovány náklady, které jsou závislé na odjetém výkonu tedy hrtkm.

Tabulka 1 – Fixní a variabilní náklady osobních dopravců

Fixní náklady	Variabilní náklady
Pořízení vozidel (odpisy)	Trakční energie (nafta, elektrická energie)
Přiměřený zisk	Přidělení kapacity
Údržba vozidel	Užití železniční dopravní cesty
Čištění vozidel	
Režijní náklady	
Provoz pokladen (pokladní + prostor)	
Osobní náklady	

Zdroj: autor s využitím (1)

Z tabulky č. 1 vyplývá, že většina nákladů v železniční osobní dopravě má charakter fixních nákladů. S tímto faktem je potřeba pracovat při konstrukci jízdních řádů, aby tyto byly v maximální míře efektivní a vozidla neměla dlouhé prostoje. Poměrné zastoupení jednotlivých nákladů je uvedeno v kapitole 1.2.

1.2 Procentuální zastoupení nákladů

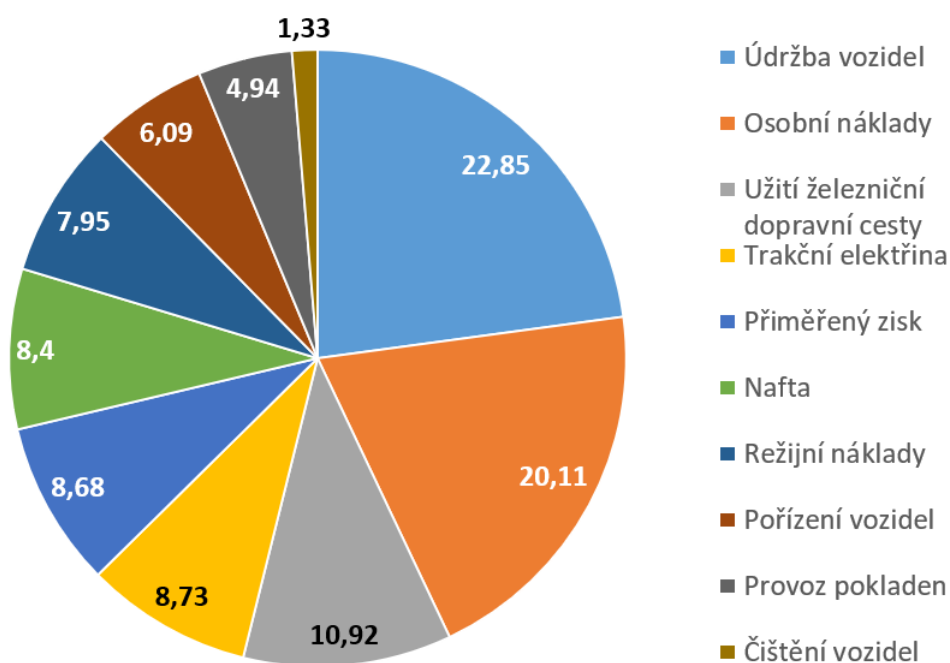
Tab. č. 2 ukazuje procentuální podíly druhů nákladů pro modelový příklad linky R12.

Tabulka 2 – Procentuální zastoupení nákladů

Náklad	%
Údržba vozidel	22,85
Osobní náklady	20,11
Přidělení kapacity dráhy + užití železniční dopravní cesty	10,92
Trakční elektřina	8,73
Přiměřený zisk	8,68
Nafta	8,40
Režijní náklady	7,95
Pořízení vozidel (odpisy)	6,09
Provoz pokladen (pokladní + prostor)	4,94
Čištění vozidel	1,33

Zdroj: autor s využitím (1)

Pro lepší představivost je procentuální zastoupení jednotlivých nákladů vyobrazeno na obrázku č. 1.



Zdroj: autor s využitím (1)

Obrázek 1 – Procentuální zastoupení nákladů

1.3 Charakteristika nákladových oblastí

Cílem této kapitoly je charakterizovat jednotlivé nákladové oblasti a stanovit metodiku výpočtu daných druhů nákladů pro další části této práce.

1.3.1 Náklady na údržbu

Z tabulky č. 2 vyplývá, že největší podíl na nákladech dopravce má údržba vozidel. Tento podíl představuje téměř 23 %. U nákladů na údržbu prakticky není úspora možná. Za údržbu vozidla odpovídá subjekt odpovědný za údržbu vozidel (entity of charge maintenance – ECM), který musí mít nastaven systém údržby vozidla vycházející z postupů daných výrobcem. Lhůty životností jednotlivých součástí vozidel a periodicita prohlídek jsou přesně definovány. Není možné, aby si subjekt odpovědný za údržbu tuto zjednodušil takovým způsobem, při kterém by došlo ke snížení kvality údržby a potenciálnímu ohrožení bezpečnosti. Pro účely této práce jsou uvažovány měrné náklady na údržbu v hodnotě 25 Kč·km⁻¹ pro trakční motorová vozidla, 15 Kč·km⁻¹ pro trakční elektrická vozidla a 5 Kč·km⁻¹ pro osobní vozy. (2)

1.3.2 Osobní náklady

Druhou nejvýznamnější nákladovou položkou jsou osobní náklady, které tvoří náklady na strojvedoucí a vlakvedoucí. Měsíční náklady na jednoho člověka od každé profese jsou vypočteny podle vzorce (1).

$$N_X = (Z_X + P_X) \cdot k_o \quad (1)$$

kde:

N_X [Kč] = celkové náklady na jednoho člověka profese X,

Z_X [Kč] = základní tarifní mzda jednoho člověka profese X,

P_X [Kč] = příplatky (stravné, práce v noci, nepravidelné nástupy, práce o víkend, náklady na uniformu, osobní ohodnocení, zaměstnanecké benefity) profese X,

k_o [-] = koeficient povinných odvodů (pojištění zdravotní 9 % a sociální 24,8 %) (3).

Měsíční tarifní mzda strojvedoucího vychází z podnikové kolektivní smlouvy Českých drah pro rok 2024 a činí 36 900 Kč. Příplatky jsou stanoveny kvalifikovaným odhadem autora na 13 100 Kč. Výpočet měsíčních nákladů na strojvedoucí je následující:

$$N_X = (36\,900 + 13\,100) \cdot 1,338 = 66\,900 \text{ Kč} \quad (1)$$

Po zaokrouhlení jsou měsíční náklady na jednoho strojvedoucího 67 000 Kč.

Tarifní mzda vlakvedoucího je 30 900 Kč. (4) Příplatky jsou stanoveny na 9 100 Kč.

Výpočet měsíčních nákladů na jednoho vlakvedoucího je následující:

$$N_X = (30\,900 + 9\,100) \cdot 1,338 = 53\,520 \text{ Kč} \quad (1)$$

Dle podnikové kolektivní smlouvy Českých drah mají strojvedoucí i vlakvedoucí shodně pracovní dobu 36 h týdně. Výpočet hodinových nákladů na jednoho zaměstnance je proveden podle vztahu (2).

$$N_{HX} = \frac{N_X}{\frac{TPD_X}{7} \cdot 30} \quad (2)$$

kde:

N_{HX} [Kč·hod⁻¹] = hodinové náklady na jednoho zaměstnance X,

TPD_X [hod] = týdenní fond pracovní doby zaměstnance X.

Pomocí vzorce (2) byly vypočteny hodinové náklady:

- na strojvedoucího: 434 Kč·hod⁻¹,
- na vlakvedoucího: 346 Kč·hod⁻¹.

1.3.3 Náklady na dopravní cestu

Dalším významným nákladem pro dopravce je poplatek za užití železniční dopravní cesty. Výpočet poplatku vychází z Prohlášení o dráze a je prováděn dle kalkulačního vzorce (3).

$$C_v = \sum C_s + C_{pk} \quad (3)$$

kde:

C_v [Kč] = cena za použití dráhy jízdou vlaku;

C_s [Kč] = cena za použití dráhy jízdou jednoho subvlaku;

C_{pk} [Kč] = cena za použití přístupových komunikací pro cestující v osobních vlacích.

Pro vzorec (3) se vypočítávají jeho dílčí části. Cena za použití dráhy jízdou jednoho subvlaku se vypočte podle (4)

$$C_s = (L \cdot Z_{rp}) + (L \cdot Z_i \cdot M \cdot P_x \cdot k_{ETCS}) \quad (4)$$

kde:

L [km] = délka jízdy subvlaku;

Z_{rp} [Kč·km⁻¹] = základní cena za řízení provozu na jednotku dopravního výkonu;

Z_i [Kč · hrtkm⁻¹] = základní cena za údržbu infrastruktury na jednotku dopr. výkonu;

M [t] = celková hmotnost vlaku;

P_x [-] = hodnota produktového faktoru;

k_{ETCS} [-] = koeficient vybavenosti vlaku mobilní částí ETCS. (5)

Cena za užití přístupových komunikací pro cestující ve vlaku osobní dopravy se vypočte dle vzorce (5)

$$C_{pk} = \sum_{n=11}^{n=15} (z_n^{pk} \cdot m_{pk} \cdot N_{zn}) \quad (5)$$

kde:

z_n^{pk} [Kč·(zastavení · t)⁻¹] = základní cena za jedno plánované zastavení v místě kat. n,

m_{pk} [t] = hmotnost části vlaku obsaditelné cestujícími,

N_{zn} [-] = plánovaný počet zastavení v místě kat. n. (5)

Základní cena za řízení provozu je pro rok 2024 stanovena na 0 Kč·km⁻¹, proto část vzorce (4), která se s ní pojí, není třeba uvažovat. (5) Ze vzorců (4) a (5) vyplývá, že důležitým faktorem, od kterého se odvíjí cena za užití dopravní cesty nebo za užití přístupových komunikací, je hmotnost soupravy. Úspory v této oblasti lze dosáhnout především odlehčením soupravy. To je možné nasazením lehčích vozidel nebo zkrácením soupravy. V případě zkracování soupravy je potřeba brát v úvahu kapacitu soupravy. Diskomfort způsobený nedostatkem míst pro cestující by mohl způsobit jejich odchod a s tím spojené snížení tržeb. Výsledek by byl kontraproduktivní.

Druhou možností, jak mohou dopravci ušetřit na poplatku za dopravní cestu, je instalace systému European train control system (ETCS) do vozidel. Ze vzorce (4) vyplývá, že vozidla vybavená ETCS mají 10 % slevu. Dle prohlášení o dráze 2024 koeficient $k_{etcs} = 0,9$. Se začátkem platnosti jízdního řádu pro rok 2025 bude tato sleva zrušena. Z prohlášení o dráze 2025 vyplývá, že koeficient k_{etcs} bude nastaven na hodnotu 1 i pro vozidla vybavená ETCS. (6)

Ostatní veličiny, ze kterých je kalkulace poplatku za dopravní cestu složena, měnit prakticky nelze. Produktový faktor je pro osobní dopravu definován na hodnotu 1.

S dopravní cestou se ještě pojí poplatek za přidělení kapacity. Výše tohoto poplatku se vypočte pomocí vzorce, který rovněž vychází z Prohlášení o dráze. (5) Vzorec pro výpočet je následující:

$$C_{priad} = K_1 + K_2 \cdot L + K_3 \cdot N_j \quad (6)$$

kde:

L [km] = délka jízdy subvlaku,

N_j [dny] = počet dní provozu subvlaku,

K_x [-] = koeficienty, vycházející z tabulky č. 3.

Z hlediska provozního nelze v poplatku za přidělení kapacity najít úsporu. Poplatek závisí na délce trasy vlaku a počtu dní provozu, a proto by úspora znamenala omezení provozu vlaků jen na určité dny v týdnu nebo zkrácení linky. Výši poplatku za přidělení kapacity dráhy

lze ovlivnit pouze podáním žádosti v řádném termínu. Tím se rozumí žádost, která je podána nejpozději 8 měsíců před začátkem platnosti jízdního řádu. V případě, že je žádost o přidělení kapacity dráhy podána v rozmezí 8 – 3 měsíce před začátkem platnosti jízdního řádu, jedná se o tzv. pozdní žádost. V takovém případě dochází k navýšení koeficientu K_2 o 25 %, tedy na hodnotu 10 a navýšení koeficientu K_3 o 100 %, tedy na hodnotu 20.

Tabulka 3 – Koeficienty pro výpočet ceny za přidělení kapacity dráhy

Koeficient	Popis koeficientu	Hodnota
K_1 [Kč]	sazba za zpracování a určení jízdního řádu	1 700
K_2 [Kč·km ⁻¹]	sazba za konstrukci vlakové trasy	8
K_3 [Kč·den ⁻¹]	sazba za den přidělení trasy	10

Zdroj: autor s využitím (5)

1.3.4 Náklady na trakční energii

Nezanedbatelnou nákladovou položkou je i trakční energie. Na příkladu linky R12 v tabulce č. 2 je vidět, že náklady na elektrickou energii a naftu jsou téměř totožné. Linka R12 je v úseku Brno hl.n. – Olomouc hl.n. – Šumperk vedena v elektrické trakci, úsek Zábřeh na Moravě – Jeseník v dieselové trakci. Délka elektrifikované části trasy vlaků linky R12 je 159 km. Dieselové lokomotivy jezdí po trase dlouhé 66 km. Počet vlaků v obou částech je přibližně stejný. Z výše uvedeného vyplývá, že dieselová vozba je výrazně nákladnější oproti elektrické. (1)

Měrná spotřeba motorové nafty se u regionální dopravy pohybuje v intervalu 10 – 18 l·1000 hrtkm⁻¹. (2) Spotřeba závisí na mnoha faktorech: velikost soupravy, výškový profil tratě, počet zastávek na trati, druh vozidla, atd. Cenu nafty lze stanovit na 28 Kč·l⁻¹. (10) Dále je potřeba započítat náklady na užití zařízení služeb – použití čerpací stanice pro natankování pohonných hmot. Cena za užití zařízení služeb je stanovena na 1,70 Kč·l⁻¹. (7)

U elektrické trakce měrná spotřeba vychází ze smlouvy Správy železnic s dopravci o dodávkách trakční energie. Měrné spotřeby pro střídavou trakční soustavou jsou uvedeny v tabulce č. 4. Pro stejnosměrnou trakční soustavu jsou měrné spotřeby trakční energie drobně odlišné. Jsou uvedeny v tabulce č. 5. (8)

Tabulka 4 – Měrné spotřeby pro střídavou trakční soustavu

Typ vlaku	Měrná spotřeba [kWh·1000 hrtn ⁻¹]
SC, EC, IC, Ex, R, Sp, Sv	25,50
Os, ostatní vlaky osobní dopravy	35,50
Nákladní vlaky (Nex, Rn, Pn, Vn, Mn, Vleč)	15,25
Lokomotivní vlaky	29,00

Zdroj: autor s využitím (8)

Tabulka 5 – Měrné spotřeby pro stejnosměrnou trakční soustavu

Typ vlaku	Měrná spotřeba [kWh·1000 hrtn ⁻¹]
SC, EC, IC, Ex, R, Sp, Sv	24,00
Os, ostatní vlaky osobní dopravy	35,00
Nákladní vlaky (Nex, Rn, Pn, Vn, Mn, Vleč)	12,50
Lokomotivní vlaky	29,00

Zdroj: autor s využitím (8)

Spotřeba jízdou vlaku nepředstavuje celkový odběr trakční energie. Je potřeba zohlednit technologickou spotřebu a ztráty ve vedení. To je zajištěno koeficienty, které, stejně jako měrné spotřeby, vycházejí ze smlouvy mezi Správou železnic a dopravci. Jedním z nich je koeficient technických ztrát, jehož hodnota je vyčíslena na 1,15 pro stejnosměrnou soustavu a 1,14 pro střídavou soustavu. Dále je počítáno s koeficientem ročního období. Jeho hodnota je stanovena na 1 pro období březen–srpen, pro období září–listopad je to 1,05 a pro období od prosinec do února je tento koeficient, z důvodu vytápění souprav, nastaven na hodnotu 1,15 pro osobní vlaky. Spotřeba trakční energie je ještě upravena o koeficient technologické spotřeby, jehož hodnota se liší pro různé druhy vlaků. Přehled hodnot koeficientu technologické spotřeby je uveden v tabulce č. 6. (8)

Tabulka 6 – Hodnoty koeficientu technologické spotřeby

Typ vlaku	Hodnota
SC, EC, IC, Ex, R, Sp, Sv	1,11
Os, ostatní vlaky osobní dopravy	1,11
Nákladní vlaky (Nex, Rn, Pn, Vn, Mn, Vleč)	1,08
Lokomotivní vlaky	1,00

Zdroj: autor s využitím (8)

S využitím všech koeficientů vypadá výpočet finální spotřeby následovně:

$$MS_K = MS \cdot k_z \cdot k_r \cdot k_t \quad (7)$$

kde:

MS_K [kWh·1000 hr^tkm⁻¹] = konečná měrná spotřeba,

MS [kWh·1000 hr^tkm⁻¹] = měrná spotřeba,

k_z [-] = koeficient technických ztrát,

k_r [-] = koeficient ročního období,

k_t [-] = koeficient technologické spotřeby. (8)

Pro další výpočty lze cenu elektrické energie stanovit na 4,13 Kč za 1 kWh. (2)

1.3.5 Náklady na provoz pokladen

Další úspory je možné nalézt v oblasti provozu pokladen. Pro účely této práce jsou jako náklady na provoz pokladen uvažovány mzdy pokladníků. Dle podnikové kolektivní smlouvy Českých drah pro rok 2024 činí tarifní měsíční mzda osobního pokladníka 24 420 Kč. Výpočet měsíčních nákladů na pokladníka vychází ze vztahu (1)

$$N_X = (24\,420 + 10\,580) \cdot 1,338 = 46\,830 \text{ Kč} \quad (1)$$

Hodinové náklady na jednoho pokladníka jsou vypočteny pomocí vztahu (2).

$$N_{HX} = \frac{46\,830}{\frac{37,5}{7} \cdot 30} = 292 \text{ Kč} \quad (2)$$

Hodinové náklady na osobního pokladníka činí po zaokrouhlení na celé koruny 292 Kč. Pro další výpočty se předpokládá obsazení každé pokladny jedním zaměstnancem.

Ve většině stanic, které disponují pokladnou, nezastavují spoje pouze jedné linky. Pro vyčíslení podílů jednotlivých linek na nákladech na pokladny jsou uvažovány počty spojů na jednotlivých linkách. Podíly počtů spojů odjíždějících z dané stanice odpovídají podílům nákladů. Jsou uvažovány spoje odjíždějící, jelikož cestující ze spojů, které ve stanici končí, pokladnu nevyužijí.

1.3.6 Režijní náklady

V režijních nákladech je zahrnuta organizace přepravy, kam spadají například dispečerů dopravce, strojmistři, komandující a další. Dále jsou v režijních nákladech zahrnuty náklady na centrální orgány, tedy účetní, management dopravce, náklady na správní budovy a další. Tyto náklady lze vyčísřit na hodnotu 10–15 Kč·km⁻¹. (2) Pro výpočty v dalších částech této práce je uvažováno s hodnotou 10 Kč·km⁻¹.

1.3.7 Náklady na čištění vozidel

Položka nákladů na čištění vozidel má v celkovém měřítku spíše marginální podíl. Čištění vozidel zahrnuje úklid interiéru, vnější mytí vozových skříní, odčerpávání fekálií z vakuových toalet a další. Kvalifikovaným odhadem lze stanovit hodnotu nákladů na čištění u regionální dopravy na $0,50 \text{ Kč} \cdot \text{km}^{-1}$. U dálkové dopravy je pak hodnota čištění stanovena na $1 \text{ Kč} \cdot \text{km}^{-1}$. (2)

1.3.8 Náklady na odpisy

Odpisy prakticky představují náklady na pořízení vozidel. Životnost kolejových vozidel se předpokládá 30 let. Obvykle se tedy náklady na pořízení vozidel rozpočítávají do tohoto období. Pokud dopravce financuje pořízení vozidel formou bankovních finančních nástrojů (leasing, úvěr), musí zohlednit splácení těchto dluhových nástrojů. V takovém případě se doba odepisování vozidel stanovuje na 10 let, tedy na dobu splácení. Důvodem je, že příjmy z provozu vozidel musí pokrýt náklady na splátky úvěrů použitých na pořízení. (2)

Do odpisů je potřeba zahrnout i náklady na modernizace. Větší obnovu kolejové vozidlo vyžaduje přibližně v polovině své životnosti, tedy po 15 letech provozu. Investice do větších či menších modernizací se musí dopravci vrátit z příjmů za provoz vozidla. Doba odepisování modernizačních investic se odvíjí od jejich objemu a s ohledem na dobu užívání, po které bude potřeba provést další modernizaci obdobného rozsahu. (2)

1.4 Prostředí

Do nákladů na provoz se výrazným způsobem promítají vnější podmínky, ve kterých dopravce provozuje drážní dopravu. Podmínkami se rozumí legislativní rámec nebo stav infrastruktury včetně projektovaných staveb.

1.4.1 Emisní povolenky

Za účelem ochrany klimatu a zmírnění globálního oteplování se Evropská unie snaží omezit emise skleníkových plynů, především CO_2 . Jedním z nástrojů pro dosažení cílů v této oblasti jsou emisní povolenky. Jedná se o zpoplatnění emisí CO_2 . Jedna emisní povolenka opravňuje vypustit 1 tunu emisí CO_2 . Každý rok je vydáno určité konečné množství emisních povolenek. Část je přerozdělena mezi určité typy zařízení a část je obchodována na burze. Pokud chtějí znečišťovatelé vypustit více emisí CO_2 , musejí si povolenky koupit. Zároveň mohou přímo podniky s povolenkami obchodovat. Evropská unie navíc každým rokem snižuje množství vydaných povolenek a tím dochází k redukci produkce CO_2 . V současné době

(duben 2024) se emisní povolenky vztahují na těžké provozy, tj. elektrárny, ropné rafinerie, koksovny, železárny, ocelárny, cementárny, apod. (9)

Na jaře roku 2023 schválil europarlament rozšíření emisních povolenek na vytápění budov a pohonné hmoty. Toto opatření začne platit od roku 2027. Pro dopravce to znamená zvýšení ceny nafty přibližně o $3 \text{ Kč} \cdot \text{litr}^{-1}$, respektive o $2,5 \text{ Kč} \cdot \text{litr}^{-1}$ benzínu. Dieselový pohon se tak stane nákladnějším než dnes. S ohledem na omezené množství emisních povolenek, které je neustále snižováno, bude cena nafty narůstat za účelem ekologizace dopravy. (10)

1.4.2 Stav elektrizace železnic v České republice

V České republice je elektrizováno celkem 3 096 km tratí z celkových 9 355 km. (11) Elektrizováno je tedy 33 % železniční sítě celkem čtyřmi napájecími systémy. Jejich přehled včetně kilometrického a procentuálního zastoupení je uveden v tabulce č. 7.

Tabulka 7 – Systémy trakčních napájecích soustav

Trakční napájecí soustava	Délka [km]
Stejnoseměrná 1,5 kV	24
Stejnoseměrná 3 kV	1 676
Střídavá 25 kV, 50 Hz	1 384
Střídavá 15 kV, 16 2/3 Hz	12
Celkem elektrizovaných tratí	3 096

Zdroj: autor s využitím (11)

1.4.3 Projekty elektrizace železnic

V souladu s posílením bezemisní a energeticky šetrné dopravy vydalo v roce 2023 Ministerstvo dopravy Koncepti rozvoje elektrické trakce v České republice. V této koncepci je definováno, které tratě budou elektrizovány v rámci jejich kompletní modernizace, které budou elektrizovány formou tzv. prosté elektrizace a které tratě budou součástí dalšího posouzení, jaký druh pohonu na nich zavést. (12) Podrobněji jsou výstupy Konceptu rozvoje elektrické trakce v České republice představeny v přílohách A–D následujícím způsobem:

- Příloha A – seznam tratí, u kterých se počítá s elektrizací v rámci modernizace,
- Příloha B – typy dopravy, pro které bude mít el. trakce významný přínos (viz A),
- Příloha C – seznam tratí určených k prosté elektrizaci,
- Příloha D – typy dopravy, pro které bude mít el. trakce významný přínos (viz C).

Z příloh A a C vyplývá, že v určitém stádiu přípravy je elektrizace 2 246 km tratí, což představuje 24 % z celkové délky všech železničních tratí na území ČR. Podíl elektrizace

českých tratí by se po realizaci všech projektů zvýšil ze současných 33 % na 57 %, což je více než polovina celkové délky železnic v ČR.

U tratí, které elektrizací neprojdou, je vhodné uvažovat s jiným systémem pohonu vozidel. V rámci budování infrastruktury pro alternativní pohony vozidel připravuje Správa železnic s.o. zřízení dobíjecích stanic pro jednotky BEMU ve stanicích Krnov a Budišov nad Budišovkou. (13)

1.5 Možnosti pohonu železničních vozidel

Cílem této kapitoly je představit všechny možnosti v současné době používaných pohonů kolejových vozidel a postihnout jejich klady a zápory.

1.5.1 Diesel

Na území bývalého Československa docházelo k masivní motorizaci, tedy nasazování dieselových motorových vozů a lokomotiv zejména v 60. a 70. letech 20. století. V současné době (rok 2024) je dieselový pohon používán na většině železničních tratí v ČR. Přesto je v dieselové trakci vedeno jen 14 % dopravních výkonů v osobní dopravě. (14)

V tabulce č. 8 je uvedena SWOT analýza dieselového pohonu.

Tabulka 8 – SWOT analýza – dieselový pohon

STRENGTHS	WEAKNESSES
<ul style="list-style-type: none"> - Náklady na pořízení - Minimální potřeba úprav infrastruktury 	<ul style="list-style-type: none"> - Náklady na palivo - Vysoká energetická náročnost vozby - Vysoká emisní náročnost vozby - Hlučnost - Nemožnost rekuperace - Vysoké náklady na údržbu
OPPORTUNITIES	THREATS
<ul style="list-style-type: none"> - Rozsáhlý vozový park 	<ul style="list-style-type: none"> - Emisní povolenky - Útlum výroby vozidel - Nemožnost dotační podpory na pořízení vozidla

Zdroj: autor s využitím (14)

Dieselový pohon má značné množství slabých stránek. (viz tab. č. 8), které vyplývají z komplikované konstrukce spalovacího motoru, jeho relativně nízké účinnosti (cca 30 %) a ekologické zátěže. Další nevýhodou je nemožnost rekuperace u tohoto typu pohonu.

Diesellová vozidla jsou omezena dojezdem. Například diesellová motorová jednotka (DMU) řady 844 se spotřebou přibližně 100 litrů nafty na 100 km (závisí na profilu tratě a charakteru provozu) má kapacitu nádrží 1 240 litrů a teoretický dojezd je tedy přibližně 1 200 km. Natankování jednotky zabere strojvedoucímu cca 30 minut.

1.5.2 Syntetické palivo

Snaha o odklon od fosilních paliv v dopravě a její ekologizaci vede k hledání alternativních druhů paliv. Jedním z nich je hydrogenovaný rostlinný olej, tedy hydrogenated vegetable oil (HVO). Používá se jako příměs do motorové nafty. Lze ho ale použít samostatně, kdy motorovou naftu zcela nahrazuje. Použitím HVO lze ušetřit až 90 % emisí CO₂ a zároveň není vyráběn z ropy. (15)

V tabulce č. 9 je zpracována SWOT analýza diesellového pohonu s využitím HVO.

Tabulka 9 – SWOT analýza – diesellový pohon s využitím HVO

STRENGTHS	WEAKNESSES
<ul style="list-style-type: none"> - Kompatibilní s moderními naftovými motory - Náklady na pořízení - Minimální potřeba úprav infrastruktury - Malý obsah síry (nezanáší motor) 	<ul style="list-style-type: none"> - Hlučnost - Nemožnost rekuperace - Vysoká energetická náročnost vozby - Nižší objemová výhřevnost než u nafty - Náklady na palivo
OPPORTUNITIES	THREATS
<ul style="list-style-type: none"> - Oproštění od fosilních paliv 	<ul style="list-style-type: none"> - Útlum výroby vozidel - Nemožnost dotační podpory na pořízení vozidla

Zdroj: autor

Z tabulky č. 9 vyplývá, že HVO má množství silných stránek zejména při porovnání s motorovou naftou. Má ale také slabé stránky, které jsou téměř obdobné jako u diesellového pohonu. To je dáno použitím klasického spalovacího motoru se všemi jeho nevýhodami.

Princip fungování pohonu na HVO je obdobný jako u diesellového pohonu. Aby v motoru mohlo být použito HVO a vozidlo mohlo využít oba typy pohonu, musí možnost použití HVO deklarovat výrobce spalovacího motoru. Nevýhodou je nižší hustota vůči naftě, která způsobuje, že v jednom litru HVO je méně energie než v naftě a spotřeba je mírně vyšší (přibližně 4 %). (16)

Příkladem vozidla, které může být poháněno HVO, je DMU řady 847, v současné době (duben 2024) ve zkušebním provozu u Českých drah. Jedná se o dvouvozovou DMU s motory Rolls–Royce, schválenými pro provoz na HVO. (17) Dojezd této motorové jednotky je podobný, jako v případě diesellového pohonu. DMU řady 847 má stejnou kapacitu nádrží jako DMU řady 844, tedy 1 260 litrů. Vlivem mírně vyšší spotřeby lze stanovit dojezd na 1 150 km.

1.5.3 Elektřina z trakčního vedení

Mezi hlavní přednosti elektrické trakce patří „neomezený dojezd“, vysoká účinnost trakčních vozidel, ekologická šetrnost a možnost přenášet velké výkony (až 13 MW).

Princip fungování trakčních vozidel poháněných elektrickou energií z troleje je nejjednodušší ze všech představených možností. Trakční elektřina je odebírána z troleje a přes zařízení zajišťující regulaci výkonu (odporníky, pulsní měniče, trakční střídače) napájí trakční motory. V tab. č. 10 je vypracována SWOT analýza elektrického pohonu s trakčním vedením.

Tabulka 10 - SWOT analýza – elektrický pohon s trakčním vedením

STRENGTHS	WEAKNESSES
<ul style="list-style-type: none"> - Náklady na pořízení vozidla - Nulové emise v místě spotřeby - Nízká energetická náročnost vozby - Nízká hlučnost - Možnost rekuperace - Nízké náklady na údržbu 	<ul style="list-style-type: none"> - Závislost na líniovém trakčním vedení - Energetický mix České republiky - Náklady na potřebnou infrastrukturu
OPPORTUNITIES	THREATS
<ul style="list-style-type: none"> - Připravovaná elektrizace 3 096 km současných konvenčních tratí - Konverze tratí na napájecí soustavu 25 kV - Dotační podpora na pořízení vozidel - Využití obnovitelných zdrojů energie 	<ul style="list-style-type: none"> - Poruchy trakčního vedení - Závislost na počasí

Zdroj: autor

Z této analýzy vyplývá, že elektrický pohon z trakčního vedení má spoustu silných stránek a příležitostí. Důvodem je jednoduchá konstrukce trakčních motorů, nízká energetická náročnost elektrického pohonu a fakt, že tento druh pohonu je ekologický. V souladu s tímto je

el. trakce podporována dotačními tituly a je snaha o přizpůsobení infrastruktury pro jízdu elektrických vozidel.

Hlavní nevýhodou je potřeba vybudování liniového trakčního vedení včetně trakčních napájecích stanic. S tím souvisí i potencionální riziko poruch trakčního vedení, kdy může docházet k poruchám napájení, poruchám samotného vedení nebo poruchám v důsledku povětrnostních vlivů (např. pád větví do trakčního vedení).

1.5.4 Baterie

V posledních dvou dekadách je bateriový pohon velmi rozvíjený a perspektivní vzhledem ke snaze dekarbonizace dopravy. (18)

Princip fungování bateriové jednotky, tedy battery electric multiple unit (BEMU), je stejný jako u elektrické jednotky. Rozdíl je pouze v tom, že je doplněn o akumulátor a trakční stejnosměrný měnič. Při jízdě pod trakčním vedením je v činnosti trakční stejnosměrný měnič, přes který se dobíjí trakční akumulátor. Při jízdě mimo trolej energie nastřádaná v akumulátoru pohání trakční motory. Akumulátory lze nabíjet i rekuperačním brzděním, což prodlužuje dojezd a šetří celkovou spotřebu energie.

Výhodou BEMU proti klasické elektrické jednotce je, že může část trasy jet po trati bez trakčního vedení. Naopak nevýhodou je hmotnost akumulátoru, jeho cena a omezená životnost. Účinnost nabíjení akumulátoru je přibližně 95 %. Účinnost jeho vybíjení je přibližně stejná. (19) Pro výpočet účinnosti použití akumulátoru je potřeba použít vzorec (8).

$$\eta = \eta_{nab} \cdot \eta_{vyb} \quad (8)$$

kde:

η [-] = celková účinnost použití akumulátoru,

η_{nab} [-] = účinnost nabíjení akumulátoru,

η_{vyb} [-] = účinnost vybíjení akumulátoru.

Po dosazení vypadá výpočet následovně:

$$\eta = 0,95 \cdot 0,95 = 0,9025 \quad (8)$$

Celková účinnost při použití trakční baterie je po zaokrouhlení 90 % oproti jízdě při napájení přímo z troleje.

V tabulce č. 11 je uvedena SWOT analýza bateriového pohonu.

Tabulka 11 - SWOT analýza – elektrický pohon s baterií

STRENGTHS	WEAKNESSES
<ul style="list-style-type: none"> - Nulové emise v místě spotřeby - Nízká energetická náročnost vozby - Nízká hlučnost - Možnost rekuperace - Nízké náklady na údržbu 	<ul style="list-style-type: none"> - Náklady na pořízení vozidla - Omezená životnost baterií - Ztráty při nabíjení a vybíjení baterie (účinnost cca 90 %)
OPPORTUNITIES	THREATS
<ul style="list-style-type: none"> - Využití obnovitelných zdrojů energie - Dotační podpora na pořízení vozidel 	<ul style="list-style-type: none"> - Zásoby lithia

Zdroj: autor

Z tabulky č. 11 vyplývá, že bateriový pohon má značné množství silných stránek a příležitostí. To je dáno jeho velkým rozvojem v poslední době a masivní podporou ekologické dopravy v Evropě.

1.5.5 Vodík

Výhodou vodíkového pohonu je, že vozidlo produkuje nulové emise, nepotřebuje trakční vedení a zároveň nabízí velký dojezd (okolo 1 000 km). Nevýhodou je hořlavost vodíku a problematická manipulace s ním.

V tabulce č. 12 je uvedena SWOT analýza vodíkového pohonu.

Tabulka 12 – SWOT analýza vodíkového pohonu

STRENGTHS	WEAKNESSES
<ul style="list-style-type: none"> - Nulové emise v místě spotřeby - Vysoká hodnota dojezdu - Nízká hlučnost 	<ul style="list-style-type: none"> - Náklady na palivo - Náklady na pořízení vozidla - Náklady na údržbu - Vysoká energetická náročnost vozby - Bezpečnostní hrozby při plnění - Účinnost výroby vodíku – cca 30 %
OPPORTUNITIES	THREATS
<ul style="list-style-type: none"> - Využití obnovitelných zdrojů energie pro výrobu vodíku 	<ul style="list-style-type: none"> - Neexistence plnicí infrastruktury

Zdroj: autor

Z tabulky č. 12 vyplývá, že vodíkový pohon má řadu výhod souvisejících s bezemisním způsobem pohonu. Oproti ostatním pohonům má ale celou řadu slabých stránek, které vyplývají především z chemických vlastností vodíku (hořlavý a reaktivní) (21, 22)

Vodíková jednotka, tedy hydrogen multiple unit (HMU) funguje tak, že se v palivovém článku přeměňuje vodík na elektrickou energii, která se ukládá do trakční baterie. Baterie je ve vozidle instalována pro zajištění souladu mezi výrobou a spotřebou elektrické energie. Regulace výkonu palivového článku je totiž obtížná. Jeho produkce je téměř konstantní. V případě přebytku elektrické energie se tato ukládá do baterie nebo se naopak v případě nedostatku z baterie čerpá. Baterie v HMU není tak velká jako v případě BEMU. U HMU při jízdě do delšího stoupání může teoreticky nastat situace, že dodávané energie nebude dostatek a rychlost jednotky bude klesat.

1.5.6 Vyčíslení nákladů na jednotlivé druhy pohonu

V tabulce č. 13 je uvedeno porovnání nákladů na provoz vlaků s jednotlivými druhy pohonu, které vychází ze zdroje (14)

Tabulka 13 – Porovnání nákladů na jednotlivé druhy pohonu

	Diesel	Elektřina	Baterie	Vodík
Pořízení [mil. Kč]	124,00	136,00	165,00	177,00
Gradient spotřeby energie [$\text{kW}\cdot\text{km}^{-1}$]	11,60	3,60	4,00	6,60
Cena energie [$\text{Kč}\cdot\text{kWh}^{-1}$]	2,40	2,50	2,50	3,90
Gradient nákladů – údržba [$\text{Kč}\cdot\text{km}^{-1}$]	39,00	18,20	23,40	36,40
Gradient nákladů – pořízení [$\text{Kč}\cdot\text{km}^{-1}$]	20,87	23,04	27,87	29,93
Gradient nákladů – energie [$\text{Kč}\cdot\text{km}^{-1}$]	27,79	8,92	9,99	25,98
Gradient nákladů – emise [$\text{Kč}\cdot\text{km}^{-1}$]	4,31	0,56	0,62	1,97
Gradient nákladů – celkem [$\text{Kč}\cdot\text{km}^{-1}$]	91,96	50,71	61,89	94,27

Zdroj: autor s využitím (2)

V tabulce č. 13 jsou uvedeny gradienty nákladů pro typově shodné jednotky pro 120 cestujících, avšak s rozdílnými druhy pohonu. Z tabulky č. 13 vyplývá, že na pořízení je nejlevnější DMU, avšak na provoz a údržbu je naopak nejdražší. V celkovém výsledku je pro provozovatele, respektive objednatele téměř nejdražší volbou. Dražší je pouze HMU, která má rovněž vysoké náklady na provoz, ale kromě toho i značné náklady na pořízení. Naopak nejlevněji vychází EMU. To je způsobeno jednoduchou konstrukcí a dostupností levné

elektrické energie. Tím, že je zde možnost rekuperace není spotřeba energie taková jako u DMU v přepočtu na kWh. Provoz EMU vychází o 81 % levněji, než DMU.

1.6 Postup při hledání úspor

Každá linka v regionální osobní dopravě má odlišné podmínky, ve kterých je vedena. Tyto podmínky je potřeba při hledání úsporných opatření zohlednit. Zároveň lze určit obecný rámec kroků, které je potřeba při hledání úspor projít. Tyto kroky jsou představeny v následujících bodech.

- Výběr linky,
- Stanovení rozsahu provozu,
- Popis infrastruktury (elektrifikace, stanice),
- Zjištění nákladů na současný provoz,
- Posouzení jízdního řádu a možností jeho úprav s cílem jeho optimalizace do oběhu souprav a vlakových čet,
- Návrh úsporných opatření,
- Posouzení relevantnosti opatření pro danou linku,
- Stanovení nákladových oblastí, ve kterých dojde ke změně,
- Výpočet změny nákladů zavedením úsporného opatření,
- Porovnání nákladů se současným provozem,
- Zvážení kombinace různých úsporných opatření.

1.7 Výběr linky pro modelový výpočet nákladů

Pro modelový příklad by měla být vybrána linka, na které lze ukázat maximální počet různých opatření. Vybraná linka by neměla být zatížena velkým množstvím specifík, aby výstupy z této práce byly aplikovatelné na další linky. V tabulce č. 14 je představen širší výběr linek, které připadají v úvahu pro vytvoření modelového příkladu. Při vytváření výběru byla zohledňována taktovost dopravy na vyjmenovaných linkách, infrastruktura, nasazovaná vozidla a další faktory.

Tabulka 14 – Širší výběr linek pro modelový příklad

Poř. č.	Kat. vlaku	Trasa	Délka [km]
1	Os	Kolín – Česká Třebová	102
2	Os	Chrudim – Moravany	18
3	Sp	Hradec Králové hl.n. – Týniště nad Orlicí – Letohrad	62
4	Os	Častolovice – Rychnov nad Kněžnou	8
5	Sp	Choceň – Týniště nad Orlicí – Náchod	61
6	Sp	Kolín – Trutnov	134
7	Os	Poříčany – Nymburk hl.n.	15
8	Os	Ústí nad Labem západ – Lysá nad Labem	96
9	Os	Čelákovice – Neratovice	24
10	Os	Děčín hl.n. – Rumburk	61
11	Os	Děčín hl.n. – Kadaň předměstí	113
12	Os	Ústí nad Labem hl.n. – Litvínov	35
13	Os	Rokycany – Příkosice	13
14	Sp	Tábor – Strakonice	82
15	Os	Olbramovice – Tábor	35
16	Os	Tábor – Jihlava	99
17	Os	Brno hl.n. – Sřelice – Bohutice	40
18	Os	Zaječí – Kobylí na Moravě	12
19	Os	Suchdol nad Odrou – Nový Jičín město	8
20	Os	Studénka – Bílovec	7
21	Os	Kojetín – Val. Meziříčí – Rožnov p. Radhoštěm	74
22	Os	Opava východ – Hradec nad Moravicí	8
23	Os	Kravaře ve Slezsku – Chuchelná	10

Zdroj: autor

Tabulka č. 14 obsahuje 23 linek regionální osobní dopravy, se kterými lze dále pracovat. Následuje tabulka č. 15, ve které je vyznačeno, která opatření lze na jednotlivé linky aplikovat. Sloupcem pokladny se myslí redukce provozní doby pokladny nebo její zrušení. Sloupcem průvodčí se rozumí nahrazení průvodčích (respektive vlakvedoucích) revizory, kteří nemusejí být na každém vlaku a nemusejí mít dopravní zkoušky.

Tabulka 15 – Možnosti úsporných opatření pro jednotlivé varianty

Poř. č.	Vratná souprava	Kratší souprava	Změna trakce	Pokladny	Průvodčí
1		X		X	X
2			X		
3		X	X	X	X
4			X	X	X
5	X	X	X	X	X
6	X	X	X	X	X
7			X	X	X
8	X	X		X	X
9			X	X	X
10			X	X	X
11				X	X
12		X		X	X
13			X		X
14			X	X	X
15			X		X
16			X	X	X
17		X	X	X	X
18			X		X
19			X	X	
20			X	X	
21			X	X	X
22			X		
23			X	X	

Zdroj: autor

Na základě údajů z tabulek č. 14 a 15 byly pro další výpočet vybrány dvě linky:

- Choceň – Náchod,
- Brno hl.n. – Bohutice.

1.8 Spěšné vlaky Choceň – Náchod

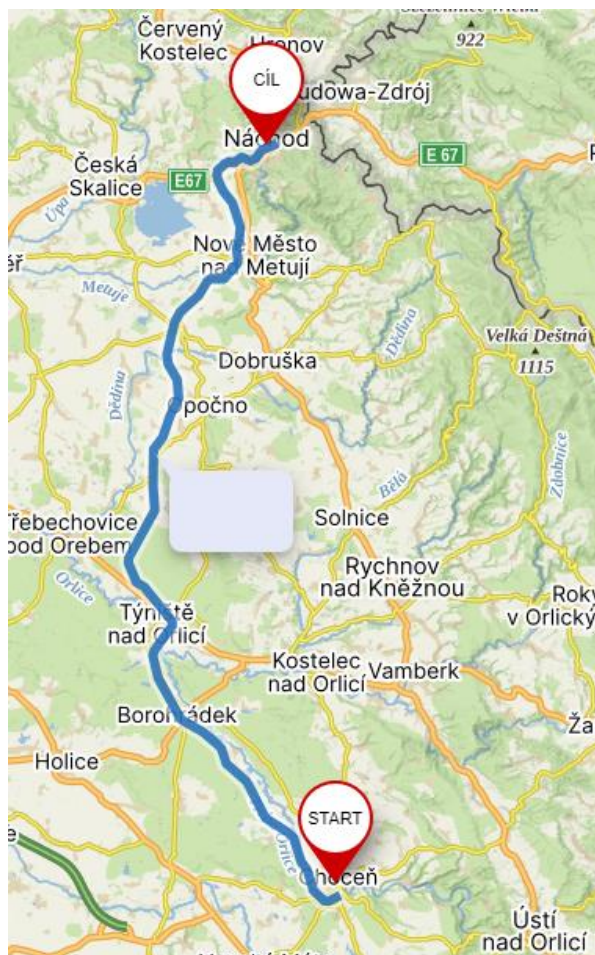
Linka je v Královéhradeckém kraji označena jako V24 a spojuje Choceň s Náchodem spěšnými vlaky ve dvouhodinovém taktu.

1.8.1 Charakteristika infrastruktury

Celková délka linky je 60,1 km. Označení úseků pro účely Správy železnic:

- 505 Choceň – Týniště nad Orlicí,
- 506 Týniště nad Orlicí – Náchod.

Průběh je vyobrazen na obrázku č. 2.

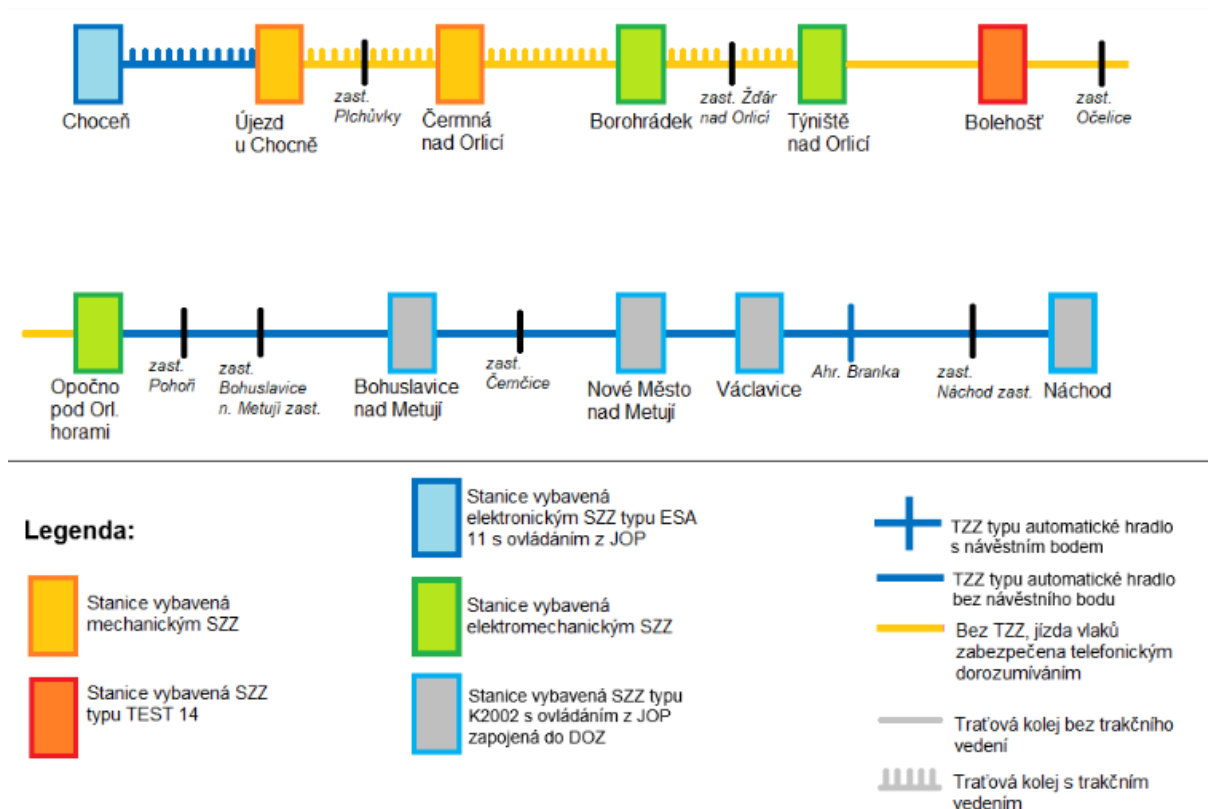


Zdroj: autor s využitím (23)

Obrázek 2 – Vedení tratě v úseku Choceň – Náchod

Trať je v celé délce jednokolejná. V úseku Choceň – Týniště nad Orlicí je elektrifikována stejnosměrnou trakční soustavou 3 kV. V úseku Týniště nad Orlicí – Náchod je trakce nezávislá. Z celkových 60 km je elektrifikováno 24 km (40 %) a 36 km (60 %) nikoliv. Podrobné schéma tratě je uvedeno na obrázku č. 3. Na schématu jsou vyobrazeny všechny zastávky a stanice včetně jejich zabezpečení, počty traťových kolejí, traťová zabezpečovací zařízení a elektrifikace.

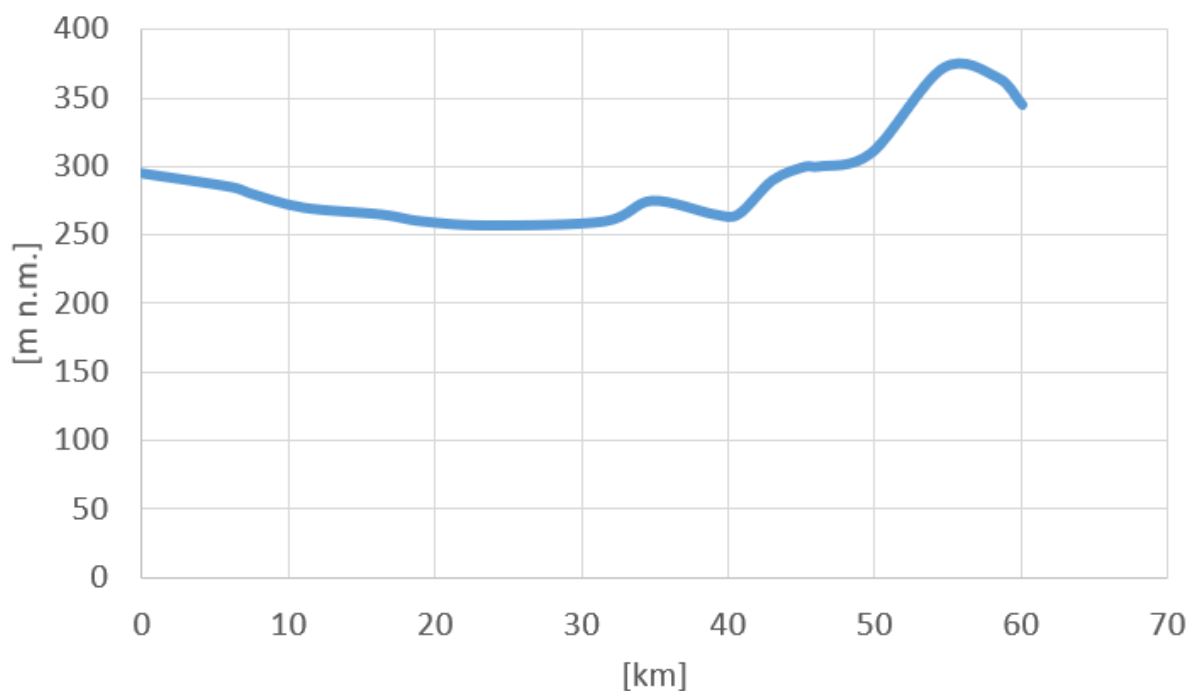
V úseku Choceň – Týniště nad Orlicí trať splňuje traťovou třídu D4: 22,5 t na nápravu a 8 t na metr délky. V úseku Týniště nad Orlicí – Náchod je splněna pouze traťová třída C4: 20 t na nápravu a 8 t na metr délky.



Zdroj: autor s využitím (11)

Obrázek 3 – Schéma tratě Choceň – Náchod

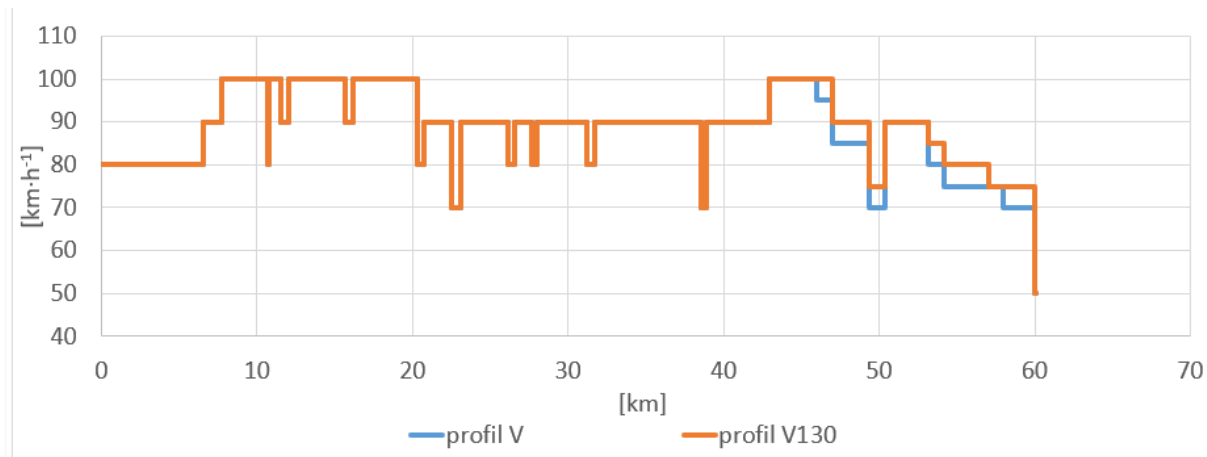
Dále je na obrázku č. 4 vyobrazen výškový profil úseku tratě Choceň – Náchod.



Zdroj: autor s využitím (23)

Obrázek 4 – Výškový průběh tratě Choceň – Náchod

Pro lepší představu o infrastruktuře je doplněn na obrázku č. 5 i rychlostní profil tratě.



Zdroj: autor s využitím (11)

Obrázek 5 – Rychlostní profil tratě Choceň – Náchod

Na většině trati, tedy na 55 km, je traťová rychlost v rozmezí $80\text{--}100\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (91,5 %). Dominantní je pak traťová rychlost $90\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ na 27,3 km (45,3 %). Na obrázku č. 5 je oranžově vyznačen rychlostní profil pro vozidla, která se mohou pohybovat s nedostatkem převýšení 130 mm. Modře je vyznačen rychlostní profil pro klasická vozidla.

Pro výpočet ceny za užití přístupových komunikací je ještě zapotřebí znát kategorie jednotlivých stanic a zastávek, podle nichž se odvíjejí ceny za užití cestujícími daného dopravce. Přehled těchto kategorií a k nim stanovených jednotkových cen za užití vychází z Prohlášení o dráze pro rok 2024 a je uveden v příloze E.

1.8.2 Charakteristika provozu

Na lince V24 jsou spěšné vlaky provozovány ve dvouhodinovém taktu. V každém směru je vedeno 6 vlaků. Detailně provoz vyobrazuje jízdní řád na obrázku č. 6.

1880	1882	1884	1886	1888	1890		1885	1887	1889	1891	1893	1895
8:39	10:39	12:39	14:39	16:39	18:39	Choceň	7:21	9:21	11:21	13:21	15:21	17:21
						Újezd u Chocně						
						Plchůvky						
8:49		12:49			18:49	Čermná nad Orlicí	7:11					17:11
8:54	10:52	12:54	14:52	16:52	18:54	Borohrádek	7:06	9:07	11:07	13:07	15:07	17:06
						Žďár nad Orlicí						
9:01	11:01	13:01	15:01	17:01	19:01	Týniště nad Orlicí	7:00	9:01	11:01	13:01	15:01	17:00
9:08	11:08	13:08	15:08	17:08	19:08	Bolehošť	6:51	8:51	10:51	12:51	14:51	16:51
						Očelice						
9:16	11:16	13:16	15:16	17:16	19:16	Opočno p. Orlickými horami	6:44	8:44	10:44	12:44	14:44	16:44
						Pohoří						
						Bohuslavice n. Met. zast.						
						Bohuslavice nad Meují						
						Černčice						
9:25	11:25	13:25	15:25	17:25	19:25	Nové Město nad Metují	6:35	8:35	10:35	12:35	14:35	16:35
9:31	11:31	13:31	15:31	17:31	19:31	Václavice	6:30	8:30	10:30	12:30	14:30	16:30
9:36	11:36	13:35	15:35	17:36	19:36	Náchod zastávka	6:24	8:24	10:24	12:24	14:24	16:24
9:39	11:39	13:38	15:38	17:39	19:39	Náchod	6:21	8:21	10:21	12:21	14:21	16:21

Zdroj: autor

Obrázek 6 – Jízdní řád vlaků Choceň – Náchod a zpět

Pro účely výpočtů byl jízdní řád zjednodušen zanedbáním některých denních omezení a zanedbáním vedení některých vlaků až do žst. Hronov.

Na vlaky je nasazován motorový vůz řady 843 a přívesný vůz řady Btn⁷⁵³. Souprava je vyobrazena na obrázku č. 7.



Zdroj: autor

Obrázek 7 – Sp 1887 v úseku Václavice – Nové Město nad Metují

Motorový vůz řady 843 je čtyřnápravový, vysokopodlažní, diesellový vůz se dvěma vznětovými spalovacími motory o celkovém výkonu 600 kW a elektrickým přenosem výkonu. Vozidlo je vybaveno elektrodynamickou brzdou, jejíž odporníky pro maření energie jsou umístěny na střeše. (24) Služební hmotnost bez cestujících činí 56 t. Obsaditelnost vozu je 59 cestujících. Při úvaze 80 kg na jednoho cestujícího je hmotnost obsazeného vozu 60,7 t. Maximální rychlost motorového vozu je $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. (25) Přípojný vůz řady Btn⁷⁵³ je čtyřnápravový, vysokopodlažní vůz. Služební hmotnost vozu je 31 t. Obsaditelnost vozu činí 72 cestujících. Hmotnost obsazeného vozu je 36,8 t. Maximální rychlost přípojného vozu je $120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. (26) Celková hmotnost obsazené soupravy tedy představuje 97,5 t.

1.8.3 Náklady na údržbu

Největší nákladovou položkou je údržba vozidel. Pro vyčíslení nákladů na údržbu v tomto příkladě lze uvážit měrné hodnoty uvedené v kap. 1.3.1:

- diesellová trakční vozidla = $25 \text{ Kč}\cdot\text{km}^{-1}$,
- přípojné vozy = $5 \text{ Kč}\cdot\text{km}^{-1}$.

Přehled dopravních výkonů (vlkm) a vyčíslených ročních nákladů zobrazuje tab. č. 13.

Tabulka 16 – Náklady na údržbu vozidel – linka V24

	Vzdálenost [km]	Údržba 843 [Kč]	Údržba Btn ⁷⁵³ [Kč]	Celkem [Kč]
Jízda 1 vlak	60	1 503	301	1 804
Rok	263 238	6 580 950	1 316 190	7 897 140

Zdroj: autor s využitím (2)

1.8.4 Osobní náklady

Dále je nutné počítat s osobními náklady na jízdní personál – strojvedoucí a vlakvedoucí. Jak bylo uvedeno v kapitole č. 1.1.4. měsíční náklady na strojvedoucího činí 67 000 Kč a na vlakvedoucího 53 520 Kč. Denní pracovní norma strojvedoucích i vlakvedoucích je u obou profesí shodně 5,15 hod. Zajištění provozu lze rozdělit do dvou směn. Trvání každé směny je 12,72 hod, což splňuje podmínku maximální délky směny 13 hodin. Strojvedoucí na lince musí denně v obou směnách dohromady odpracovat 25,43 hod. Do této doby je zahrnuta doba administrativní přípravy strojvedoucího, doba přípravy hnacího vozidla, jízda, pobyty, odstavení hnacího vozidla a odhlášení se ze směny.

Z podílu potřebného výkonu a pracovní normy vyjde, že pro zajištění provozu je potřeba 4,95 strojvedoucích. Tento počet je navýšen o 15 %, které mají pokrýt nemocnost, dovolené, zálohy apod. Po tomto navýšení vyjde, že potřebný počet strojvedoucích je 5,69.

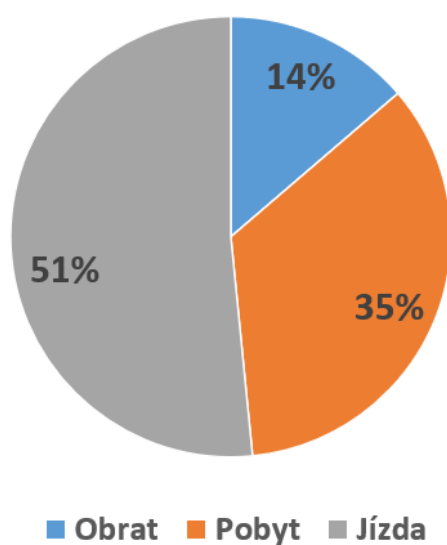
Vlakové čety mají relativně dlouhé prostoje v konečných stanicích. V pobytech je zahrnuto objíždění soupravy. Z tabulky č. 17. vyplývá, že jeden obrat soupravy zabere 16 minut. Měření času bylo proveden přímo v žst. Choceň.

Tabulka 17 – Časová náročnost úkonů při objíždění soupravy

Úkon	Čas [min]
Rozvěšení soupravy	3,83
Jízda na ústecké zhlaví	1,33
Přechod strojvedoucího	1,17
Jízda na újezdské zhlaví	1,67
Přechod strojvedoucího	1,17
Jízda na soupravu	1,42
Svěšení soupravy	3,00
Zkouška brzdy	2,00
Celkem	15,59

Zdroj: autor

Konkrétně mají vlakové čety pobyt 42 minut v Náchodě a 1 hodinu a 18 minut v Choceň. Z celkové délky směny 11 hodin a 40 minut (bez přípravy a odstavení) představuje vlastní jízda 6 hodin a 1 minutu a 5 hodin a 39 minut pobyty, ve kterých je zahrnuto objíždění soupravy – 16 minut. Během směny četa vykoná 6 obrátů, tj. 1 hod a 36 min. Vlastní jízda vlaku představuje pouhých 51,5 % času z celkové délky směny, zbytek času jsou pobyty. Z celkové délky směny tvoří 14 % obraty soupravy a 34,5 % času je bez využití. Do doby pobytů je zahrnuta povinná 30 min přestávka na jídlo a oddech. Konkrétní rozpis směn strojvedoucích i vlakvedoucích je uveden v příloze F. Podíl jízdy a pobytů je vyobrazen na obrázku č. 8.



Zdroj: autor

Obrázek 8 – Podíl vlastní jízdy a pobytů – linka V24

Pro obsazení směn vlakvedoucích v rámci jednoho dne na spěšných vlacích Choceň – Náchod je potřeba odpracovat 23 hodin a 15 minut. Rozdíl oproti strojvedoucím je způsoben tím, že vlakvedoucí nemusejí připravovat hnací vozidlo a tím pádem mají kratší dobu na přípravu. Fond pracovní doby je stejný jako u strojvedoucích, tedy 5,15 hod·den⁻¹. Výpočtem vyjde, že vlakvedoucích je i se zálohami potřeba 5,20.

Tabulka 18 – Osobní náklady – linka V24

Pozice	Roční náklady [Kč]	Náklady [Kč·vlkm ⁻¹]
Strojvedoucí	4 572 489	17,61
Vlakvedoucí	3 324 516	12,80
Celkem	7 897 005	30,41

Zdroj: autor

V tabulce č. 18 jsou uvedeny roční osobní náklady rozdělené podle profesí. Vyšší náklady na strojvedoucích jsou způsobeny jejich vyšším platem a turnusovou potřebou.

1.8.5 Náklady na dopravní cestu

Další nákladovou položkou jsou náklady na dopravní cestu. Výpočet je proveden podle vztahů (4), (5) a (6) z kap. č. 1.3.3. Zastavovací politika vlaků vychází z jízdního řádu (viz obr. č. 6) a je u všech vlaků téměř shodná. Rozdíly jsou v případě žst. Čermná nad Orlicí, kde zastavují pouze některé vlaky. Pro výpočet nákladů na 1 vlak byl vybrán vlak, který v Čermné nad Orlicí projíždí. Předpokladem pro výpočet je, že všechny vlaky jsou uvedeny na jedné žádosti o přidělení kapacity dráhy, která je podána v řádném termínu.

Vypočtené náklady na dopravní cestu v současném stavu (duben 2024) jsou uvedeny v tab. č. 19.

Tabulka 19 – Náklady na dopravní cestu – linka V24

Položka	Vlak [Kč]	Rok [Kč]	Náklady [Kč·vlkm ⁻¹]
Přidělení kapacity	2 191	51 270	0,19
Užití dopravní cesty	428	1 875 136	7,12
Užití přístupových komunikací	44	199 290	0,76
Celkem	2 663	2 125 696	8,07

Zdroj: autor

Z tabulky č. 19 vyplývá, že stěžejní položkou v této oblasti jsou náklady na užití dopravní cesty, které tvoří 88 % z celkové hodnoty platby Správě železnic. Náklady na přidělení kapacity dráhy a konstrukci jízdního řádu jsou v celé částce marginální, tvoří pouze 2,5 % z celkových nákladů na dopravní cestu.

1.8.6 Náklady na trakční energii

Pro výpočet nákladů na trakční energii, v tomto případě na naftu, jsou využity měrné hodnoty z kapitoly 1.1.6. Konkrétní hodnota pro výpočet je stanovena kvalifikovaným odhadem na 14 l·1000 hrtkm⁻¹. Výpočet spotřeby jednoho vlaku vyjadřuje vztah (9):

$$S_{1vlak} = \frac{60,1 \cdot 97,5}{1000} \cdot 14 = 82,04 \text{ l} \quad (9)$$

kde:

S_{1vlak} [l] = spotřeba jízdou jednoho vlaku.

Výpočet nákladů na jízdu jednoho vlaku uvádí vztah (10), kde cena nafty 29,70 Kč·l⁻¹ zahrnuje i cenu za užití zařízení služeb.

$$CS_{1vlak} = 82,04 \cdot 29,70 = 2\,436,59 \text{ Kč} \quad (10)$$

kde:

CS_{1vlak} [Kč] = cena nafty spotřebované jízdou jednoho vlaku.

Výpočet hodnot spotřeby nafty pro delší období (den) uvádí vztah (11), náklady na naftu vztah (12)

$$S_{den} = 82,04 \cdot 6 \cdot 2 = 984 \text{ l} \quad (11)$$

kde:

S_{den} [l] = spotřeba vlaků za jeden den.

$$CS_{den} = 2\,436,59 \cdot 6 \cdot 2 = 29\,239 \text{ Kč} \quad (12)$$

kde:

CS_{den} [Kč] = náklady na naftu za provoz vlaků v rámci jednoho dne.

Náklady na jeden vlak a jeho spotřeba jsou vynásobeny hodnotou 6, protože v každém směru je vedeno 6 vlaků. Pro zjištění celkových ročních nákladů je potřeba denní hodnoty vynásobit počtem dnů v roce tedy 365. Z výpočtů vyplývá, že v současném stavu (duben 2024) spotřebují vlaky ročně 359 320 litrů nafty, což s sebou nese náklady 10 672 255 Kč ročně. To je hodnota pouze za čistou jízdu vlaku. Pro kompletní vyčíslení nákladů na naftu je zapotřebí započítat naftu spálenou při objíždění soupravy.

Vzdálenost, kterou motorový vůz musí ujet v konečné stanici za účelem obratu soupravy vychází ze vztahu (13)

$$L_{obrat} = L_{SK-Z1} + L_{Z1-Z2} + L_{Z2-SK} \quad (13)$$

kde:

L_{obrat} [m] = celková délka obratových jízd na jeden obrat,

L_{SK-Z1} [m] = vzdálenost ze staniční koleje na 1. zhlaví,

L_{Z1-Z2} [m] = vzdálenost z 1. zhlaví na 2. zhlaví,

L_{Z2-SK} [m] = vzdálenost z 2. zhlaví na staniční kolej.

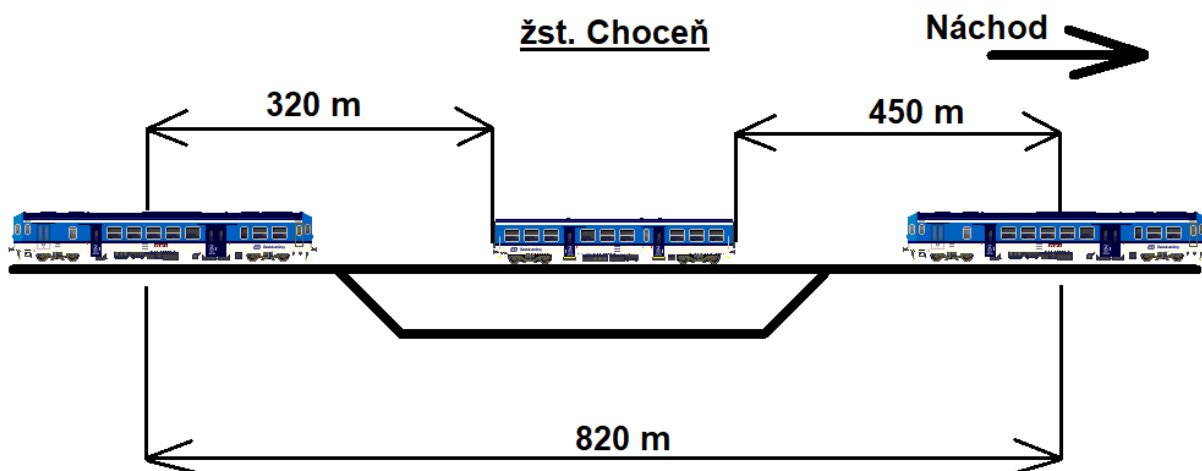
Pro obrat v železniční stanici Choceň je dosazení do vzorce (11) následující:

$$L_{obrat} = 320 + 820 + 450 = 1\,590 \text{ m} \quad (13)$$

Pro obrat v železniční stanici Náchod je dosazení do vzorce (11) následující:

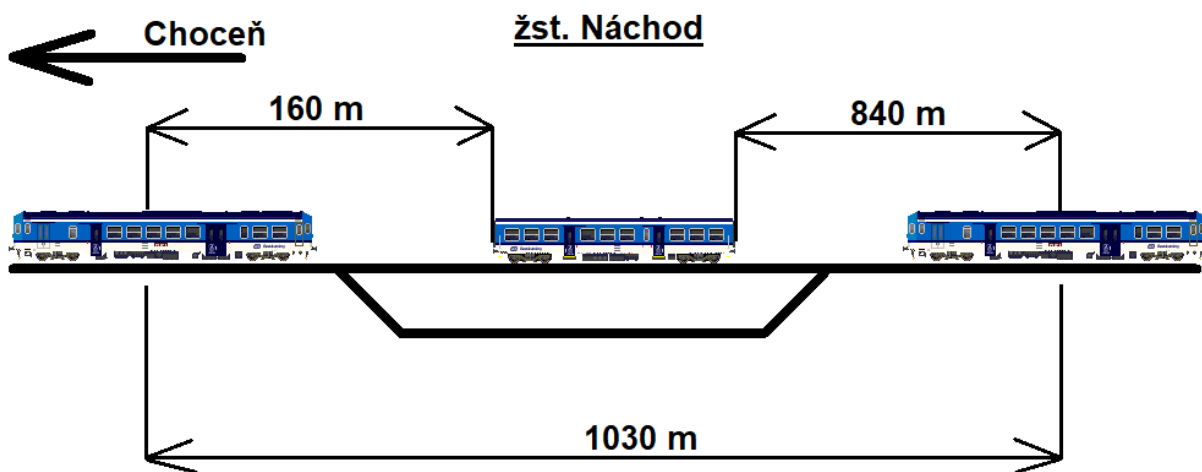
$$L_{obrat} = 840 + 1\,030 + 160 = 2\,030 \text{ m} \quad (13)$$

Na obrázku č. 9 je obrat soupravy v železniční stanici Choceň schematicky znázorněn včetně jednotlivých vzdáleností. Pro žst. Náchod je toto schéma na obrázku č. 10.



Zdroj: autor s využitím (8)

Obrázek 9 – Obrat soupravy Choceň



Zdroj: autor s využitím (8)

Obrázek 10 – Obrat soupravy Náchod

Samotný prázdný motorový vůz váží 56 t. Obratové jízdy tedy znamenají 443 956 hrtkm ročně. Při uvažované spotřebě $14 \text{ l} \cdot 1000 \text{ hrtkm}^{-1}$ se ročně spotřebuje při obratech 6 215 l nafty. Kompletní náklady na naftu jsou uvedeny v tabulce č. 20.

Tabulka 20 – Náklady na naftu – linka V24

Typ provozu	Roční spotřeba [l]	Roční náklady [Kč]	Náklady na vlkm [Kč]
Jízda vlaků	359 320	10 671 800	40,54
Obrat soupravy	6 215	184 597	0,70
Celkem	365 535	10 856 397	41,24

Zdroj: autor

Z tabulky č. 20 vyplývá, že náklady na naftu, která se spotřebuje při objíždění soupravy, představují 1,7 % z celkových nákladů na naftu.

1.8.7 Náklady na provoz pokladen

Na trase spěšných vlaků z Choceň do Náchoda jsou otevřeny pokladny v 5 stanicích, konkrétně v žst. Choceň, Borohrádek, Týniště nad Orlicí, Nové Město nad Metují a Náchod. V tabulce č. 21 jsou uvedeny délky otevíracích dob v jednotlivých pokladnách. Pro výpočet byly použity otevírací doby v pracovní den. V tab. č. 21 jsou také uvedeny počty vlaků, které z dané stanice odjíždějí v rámci linky Choceň – Náchod a počty vlaků, které ze stanice odjíždějí v rámci ostatních linek. Z těchto údajů je vypočten podíl linky V24 na nákladech na konkrétní pokladnu.

Tabulka 21 – Pokladny na trati Choceň – Náchod

Stanice	Doba otevření [hod]	Počet vlaků linky V24	Počet vlaků celkem	Podíl vlaků V24 [%]
Choceň	16,67	6	114	5,26
Borohrádek	8,08	12	37	32,43
Týniště nad Orlicí	16,42	12	96	12,50
Nové Město nad Metují	11,00	12	32	37,50
Náchod	11,42	6	57	10,53

Zdroj: autor

Z tabulky č. 21 lze vypočítat náklady na provoz jednotlivých pokladen, které připadají rozpočtově na linku V24. Z kap. č. 1.3.5. vyplývá, že náklady na provoz jedné pokladny činí 292 Kč·hod⁻¹. Celkové náklady na pokladny jsou vyčísleny v tabulce č. 22.

Tabulka 22 – Náklady na pokladny na trati Choceň – Náchod

Stanice	Roční náklady [Kč]	Koeficient	Podíl nákladů V24 [Kč]
Choceň	1 776 689	0,0526	93 510
Borohrádek	861 166	0,3243	279 297
Týniště nad Orlicí	1 750 044	0,1250	218 755
Nové Město nad Metují	1 172 380	0,3750	439 643
Náchod	1 217 144	0,1053	128 120

Zdroj: autor

Z tabulky č. 22 vyplývá, že celkové náklady na provoz pokladen činí 1 159 325 Kč ročně. Největší náklady jsou na provoz pokladny v Novém Městě nad Metují, což je dáno především velkým podílem vlaků linky V24. Naopak v přepočtu na vlaky vycházejí nejmenší náklady ve stanici Choceň, kde tvoří vlaky linky V24 pouhých 5,26 % odjíždějících vlaků.

1.8.8 Režijní náklady

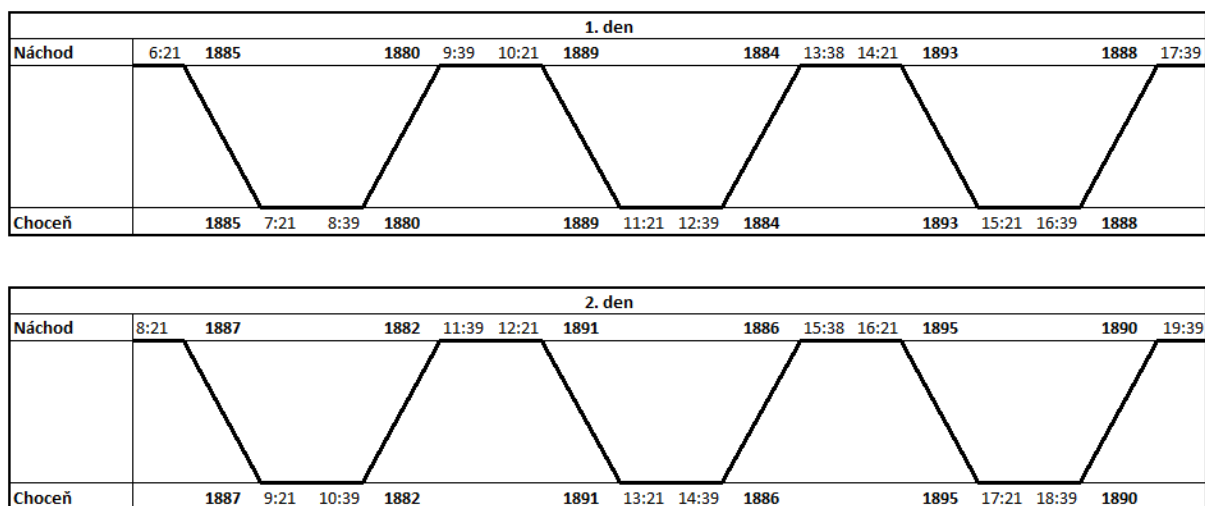
Pro chod firmy je nutné, aby fungovaly i podpůrné činnosti. Ty jsou financovány z režijních nákladů. Pro linku Choceň – Náchod jsou režijní náklady stanoveny na 10 Kč·km⁻¹. (2) Roční dopravní výkon činí 263 238 vlkm. Režijní náklady ročně vycházejí na 2 632 380 Kč.

1.8.9 Náklady na čištění souprav

Obdobným způsobem jako režijní náklady jsou stanoveny i náklady na čištění souprav. Jejich hodnota je vyčíslena na 0,5 Kč·km⁻¹. (2). Při dopravním výkonu 263 238 vlkm ročně představují náklady na čištění 131 619 Kč ročně.

1.8.10 Náklady na odpisy

Důležitým nákladem jsou odpisy, které zohledňují hodnotu pořízení vozidel nebo hodnotu jejich modernizace. V případě motorového vozu řady 843 je zbytková hodnota stanovena na 2 000 000 Kč. V této hodnotě je zahrnuta modernizace potahů sedaček, dosazení Wi-Fi technologie a další drobné úpravy interiéru. Doba odepisování této modernizace je stanovena na 5 let. V případě přípojného vozu Btn⁷⁵³ jsou náklady na menší modernizaci stanoveny na 500 000 Kč. Pro zajištění provozu spěšných vlaků na lince V24 jsou potřeba dvě soupravy, tedy dva motorové vozy řady 843 a dva přípojné vozy řady Btn⁷⁵³. Oběh souprav byl pro linku V24 vytvořen modelově a je vyobrazen na obrázku č. 11. Výše odpisů je vypočtena v tabulce č. 23.



Zdroj: autor

Obrázek 11 – Oběh souprav na lince V24

Tabulka 23 – Odpisy – linka V24

Řada	Zbytková hodnota [Kč]	Roční odpis [Kč]	Počet vozidel [ks]	Roční odpis celkem [Kč]	Odpisy na vlkm [Kč]
843	2 000 000	400 000	2	800 000	3,04
Btn ⁷⁵³	500 000	100 000	2	200 000	0,76
Celkem	2 500 000	500 000	4	1 000 000	3,80

Zdroj: autor

1.8.11 Náklady celkem

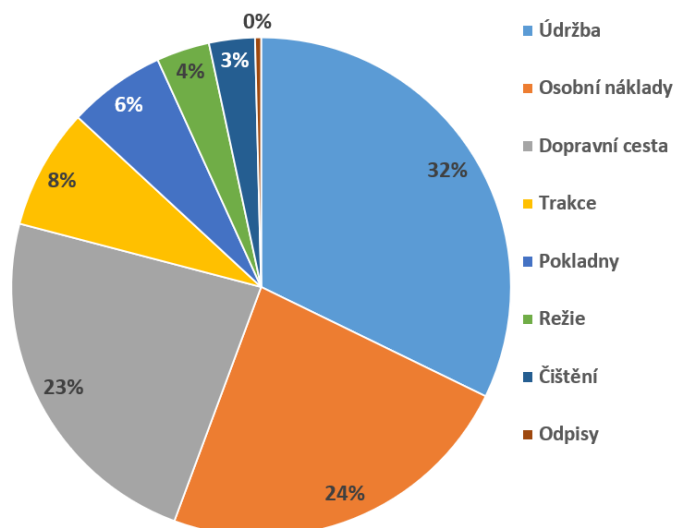
Po zahrnutí všech druhů nákladů, jejichž přehled je v tabulce č. 24, lze vyčíslit celkové náklady na provoz linky spěšných vlaků Choceň – Náchod.

Tabulka 24 – Celkové náklady – linka V24

Náklad	Roční náklad [Kč]	Náklad [Kč·vlkm ⁻¹]
Údržba	7 897 140	30,00
Osobní náklady	7 897 005	30,00
Dopravní cesta	2 125 696	8,08
Trakční nafta	10 856 397	41,24
Provoz pokladen	1 159 325	4,40
Režie	2 632 380	10,00
Čištění	131 619	0,50
Odpisy	1 000 000	3,80
Celkem	33 699 562	128,02

Zdroj: autor

Z tabulky č. 24 vyplývá, že největší náklad představuje trakční nafta, na kterou připadne téměř jedna třetina (32 %) výdajů sloužících k zajištění provozu. Osobní náklady personálu a náklady na údržbu představují shodně okolo 24 % z celkových nákladů. Zmíněné tři nákladové položky dohromady tvoří 80 % celkových nákladů. Ostatní nákladové položky jsou spíše marginální. Nejmenší podíl, pouze 0,39 %, představují náklady na čištění souprav. Celkové náklady na 1 vlkm činí 128,02 Kč. Jedná se o vypočtené náklady za účelem posouzení úspor. Podíl nákladů je vyobrazen na grafu na obrázku č. 12.



Zdroj: autor

Obrázek 12 – Podíl nákladů linky Chocení – Náchod

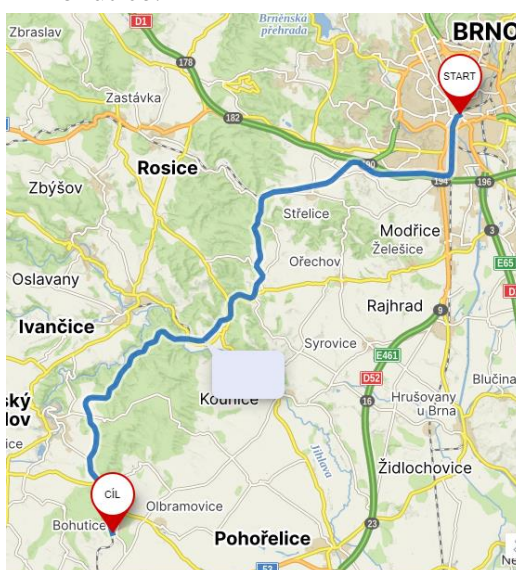
1.9 Osobní vlaky Brno hl.n. – Bohutice

Druhou linkou vybranou pro modelový výpočet je linka označovaná v rámci integrovaného dopravního systému Jihomoravského kraje jako S41. Pro výpočet jsou do úvahy vzaty vlaky, které jezdí v hodinovém taktu v úseku Brno hl.n. – Bohutice.

1.9.1 Charakteristika infrastruktury

Celková délka tratě, po které jezdí spoje linky S41, je 40,8 km. Průběh tratě je vyobrazen na obrázku č. 13. Označení úseků pro účely Správy železnic:

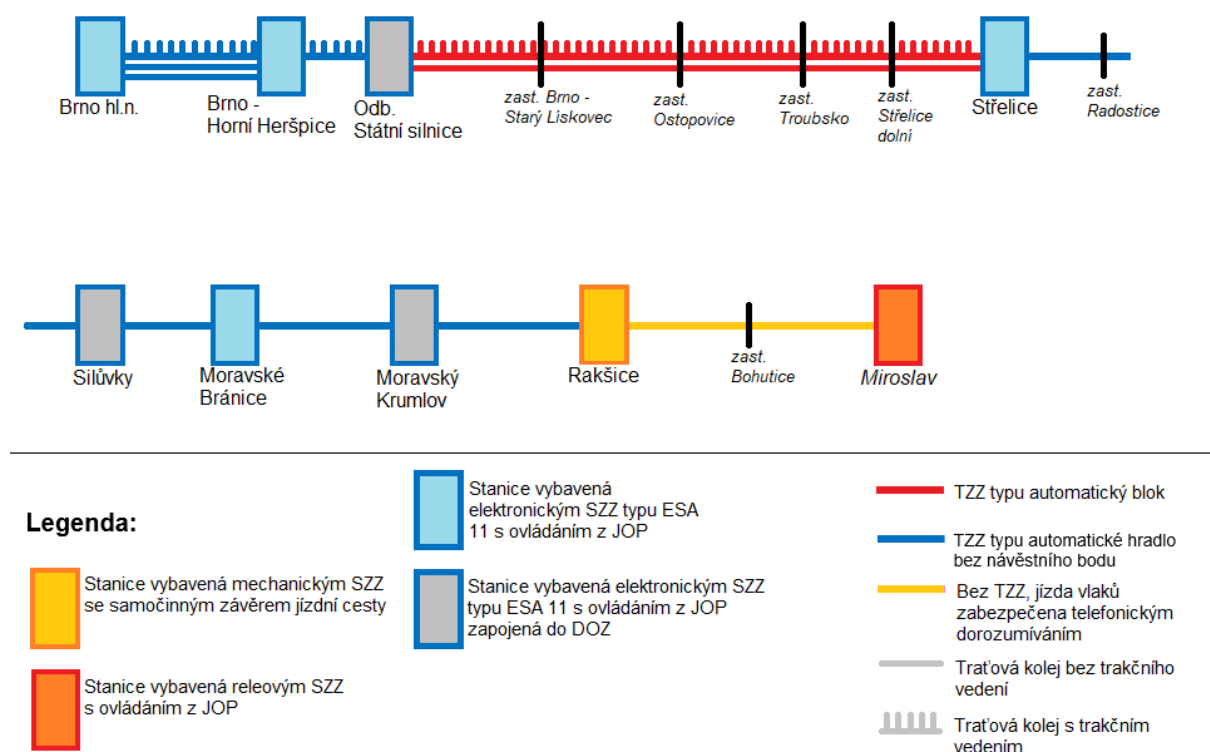
- 322 Brno hl.n. – Střelice,
- 323 Střelice – Bohutice.



Zdroj: autor s využitím (23)

Obrázek 13 – Vedení tratě v úseku Brno hl.n. – Bohutice

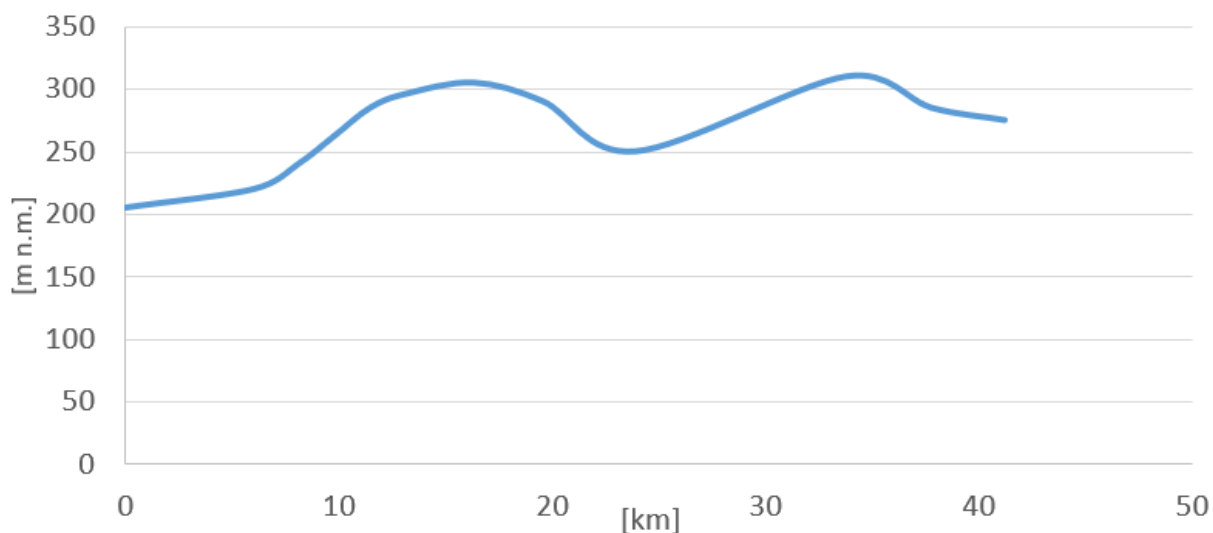
Trat' je v úsecích Brno hl.n. – Brno – Horní Heršpice odbočka Státní silnice a Střelice – Bohutice jednokolejná. V úseku odbočka Státní silnice – Střelice jsou koleje dvě. Trat' je tedy dvoukolejná v délce 9,1 km (22 %). V úseku Brno hl.n. – Brno – Horní Heršpice lze využívat i obě koleje tratě Brno hl.n. – Břeclav. V tomto 2,8 km dlouhém úseku jsou tak k dispozici celkem tři koleje (7 %). Zbývající jednokolejné úseky měří 28,9 km a představují 71 % z celkové délky tratě. V úseku Brno hl.n. – Střelice je trat' elektrifikována střídavou trakční soustavou 25 kV, 50 Hz. V úseku Střelice – Bohutice je trakce nezávislá. Z celkových 40,8 km je elektrifikováno 13 km (32 %) a 27,8 km (68 %) nikoliv. Podrobné schéma tratě je na obrázku č. 14. Na schématu jsou vyobrazeny všechny zastávky a stanice včetně jejich zabezpečení, počty traťových kolejí, traťové zabezpečovací zařízení a elektrifikace. Přestože většina spojů linky S41 končí na zastávce Bohutice, schéma znázorňuje i žst. Miroslav. Důvodem je úplnost mezistaničního úseku. Trat' dále pokračuje do žst. Hrušovany nad Jevišovkou – Šanov.



Zdroj: autor s využitím (11)

Obrázek 14 – schéma tratě Brno hl.n. – Bohutice

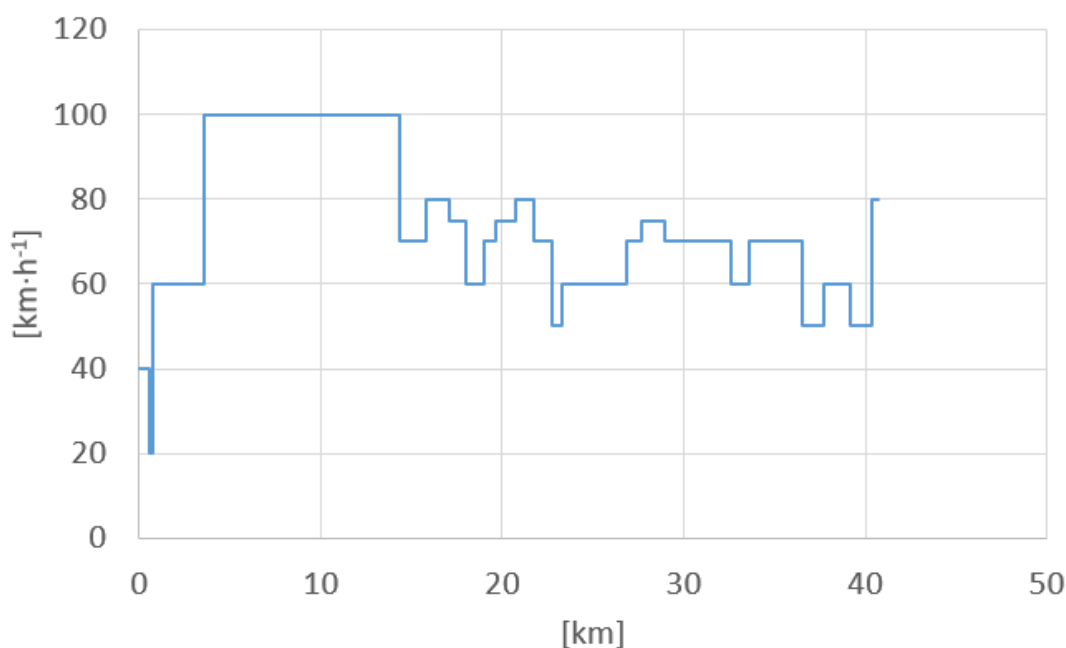
Trat' v celé délce splňuje traťovou třídu C3, tedy maximální zatížení 20 t na nápravu nebo 7,2 t na běžný metr délky. Výškový profil předmětného úseku je vyobrazen na obr. č. 15. Maximální stoupání / klesání dosahuje 13 ‰ a nachází se na více místech mezi Moravskými Bránicemi a Bohuticemi. Nejvýše položený bod na trati se nachází v žst. Moravský Krumlov.



Zdroj: autor s využitím (23)

Obrázek 15 – Výškový profil tratě Brno hl.n. – Bohutice

Pro lepší představu o stavebních poměrech je na obrázku č. 16 doplněn i rychlostní profil trati. Maximální traťová rychlost v úseku Brno hl.n. – Bohutice je $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Touto rychlostí jezdí vlaky na modernizovaném úseku odbočka Státní silnice – Střelice. Délka tohoto úseku činí téměř 11 km (26 %). Na zbytku tratě převažuje rychlost $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, kterou se jezdí téměř na 14 km tratě (34 %) v různých úsecích. Celkem lze říct, že traťová rychlost $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a vyšší je celkem na 27 km (67 %). Na zbytku tratě je rychlost v rozmezí $50 - 60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Výjimkou je pouze zhlaví stanice Brno hl.n., kde je traťová rychlost $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ s omezením na $20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ přes most přes řeku Svratku.



Zdroj: autor s využitím (11)

Obrázek 16 – Rychlostní profil Brno hl.n. – Bohutice

Stejně jako v kapitole č. 1.8 je pro výpočet ceny za užití přístupových komunikací potřeba znát kategorie jednotlivých stanic a zastávek, podle nichž se odvíjejí ceny za užití cestujícími daného dopravce. Přehled těchto kategorií a k nim stanovených jednotkových cen za užití je uveden v příloze G.

1.9.2 Charakteristika provozu

Osobní vlaky linky S41 jsou provozovány v hodinovém taktu. Jízdní řád je uveden v příloze H.

Ve směru Brno hl.n. – Bohutice je vedeno 19 vlaků. V opačném směru, je vedeno 18 vlaků. Důvodem je, že kromě linky S41 jezdí po trati ještě spěšné vlaky z Brna hl.n. do Hrušovan nad Jevišovkou–Šanova. Cestující tak mohou využít tyto spěšné vlaky. Také oběhy vozidel jsou s těmito spěšnými vlaky provázány. Dále jsou oběhy provázány s osobními vlaky Moravské Bránice – Ivančice a osobními vlaky Brno hl.n. – Uherské Hradiště. Z jízdních řádů lze dále vyčíst, že vlaky linky S41 neobsluhují zastávky Ostopovice a Troubsko. Důvodem je, že v úseku Brno hl.n. – Střelice je souběžně s linkou S41 vedena ještě linka S4 Brno hl.n. – Náměšť nad Oslavou, která tyto zastávky obsluhuje. Pro účely výpočtů byl jízdní řád zjednodušen zanedbáním některých denních omezení a zanedbáním vedení některých vlaků až do žst. Miroslav nebo naopak pouze do žst. Rakšice.

Na vlaky jsou nasazovány motorové vozy řady 842 a řídicí vozy řady Bfbrdtn⁷⁹⁴. Spolu tvoří vratnou soupravu. Celá souprava je vyobrazena na obrázku č. 17.



Zdroj: autor

Obrázek 17 – 842 014–3 + Bfbrdtn794 před depem Horní Heršpice

Motorový vůz řady 842 je čtyřnápravový, vysokopodlažní, diesellový vůz se dvěma vznětovými spalovacími motory o celkovém výkonu 484 kW. Přenos výkonu zabezpečují dvě hydromechanické převodovky ZF ECOMAT 5HP 602 R, které jsou vybavené retardéry pro brzdění. (27) Služební hmotnost bez cestujících činí 47 t. Obsaditelnost vozu je 64 cestujících. Pokud stanovíme, že jeden cestující váží 80 kg, hmotnost obsazeného vozu bude 52,1 t. Maximální rychlost vozu je 100 km·h⁻¹. (28) Řídicí vůz řady Bfbrdtn⁷⁹⁴ je čtyřnápravový, vysokopodlažní vůz vybavený zvedací plošinou. Služební hmotnost vozu je 41 t. Obsaditelnost vozu činí 63 cestujících. Hmotnost obsazeného vozu je 46 t. Maximální rychlost řídicího vozu je 120 km·h⁻¹. (29) Celkem obsazená souprava váží 98,1 t, pro další výpočty zaokrouhlo na 98 t. Motorové i řídicí vozy v současné době (duben 2024) podstupují instalaci mobilní části vlakového zabezpečovače ETCS. (30)

Stanovení reálného počtu potřebných vozidel je problematické, jelikož oběhy jsou provázány s jinými linkami. V příloze I je vytvořen třídní oběh vozidel pro pokrytí linky S41, na jehož základě lze stanovit, že pro zajištění provozu jsou potřeba 3 soupravy.

Za ideálních podmínek by všechny soupravy nocovaly v Bohuticích. Vzhledem k tomu, že se jedná o zastávku na širé trati, musí souprava odjet do stanice. V tomto modelovém příkladu soupravy odjíždějí jako soupravové vlaky do žst. Rakšice, ráno zase najíždějí jako soupravové vlaky do Bohutic. Vzhledem k tomu, že ve směru Bohutice – Brno hl.n. je vedeno 18 vlaků, zatímco v opačném směru je vedeno 19 vlaků, musí se jedna souprava přesunout z Bohutic do Brna. To je realizováno vlakem 4421, na kterém jede souprava jako postrk.

1.9.3 Náklady na údržbu

Náklady na údržbu vozidel pro linku S41 jsou uvedeny v tabulce č. 25. Výpočet je stejný jako v kapitole č. 1.8.3.

Tabulka 25 – Náklady na údržbu – linka S41

	Vzdálenost [km]	Údržba 842 [Kč]	Údržba Btn ⁷⁵³ [Kč]	Celkem [Kč]
Jízda 1 vlak	41	1 020	204	1 224
Rok	551 004	13 775 100	2 755 020	16 530 120
Jízda 1 Sv	3	87	17	104
Rok Sv	7 665	191 625	38 325	229 950
Rok postrk	14 892	372 300	74 460	446 760
Celkem	573 561	14 339 025	2 867 805	17 206 830

Zdroj: autor

Řádky v tab. č. 25 s označením Sv vyčísľují jízdy soupravových vlaků. Řádek s označením postrk vyjadřuje, že na jednom osobním vlaku jedou dvě soupravy a je potřeba vyjádřit náklady i na jízdu druhé soupravy. Dopravní výkon tvořený jízdou osobních vlaků činí 551 004 vlkm·rok⁻¹. Přepočtem nákladů na dopravní výkon vyjde údržba na 31,23 Kč·vlkm⁻¹.

1.9.4 Osobní náklady

Osobní náklady jsou náklady na personál – strojvedoucí a vlakvedoucí. Pro obě profese byly sestaveny rozpisy směn, ze kterých lze stanovit počet hodin potřebných denně odpracovat. Pro zajištění provozu každý den je stanoveno 6 směn. Směny strojvedoucích jsou v příloze J, směny vlakvedoucích v příloze K. Výpočet osobních nákladů je dále stejný jako v kapitole č. 1.8.4. Počet potřebných strojvedoucích vychází i se zálohami na 14,05 osob, respektive 13,33 osob vlakvedoucích. Přehled osobních nákladů je v tabulce č. 26.

Tabulka 26 – Osobní náklady – linka S41

Pozice	Roční nákl. [Kč]	Náklady [Kč·vlkm ⁻¹]
Strojvedoucí	11 299 382	20,79
Vlakvedoucí	8 516 095	15,67
Celkem	19 815 477	36,46

Zdroj: autor

1.9.5 Náklady na dopravní cestu

Dalšími náklady jsou poplatky za dopravní cestu. Jejich výpočet se řídí vzorci (4), (5), (6) a je obdobný jako v kap. č. 1.8.5. Celkové hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 27.

Tabulka 27 – Náklady na dopravní cestu – linka S41

Položka	Vlak [Kč]	Rok [Kč]
Přidělení kapacity	2 036	167 217
Užití dopravní cesty	263	3 650 294
Užití přístupových komunikací	71	939 205
Celkem	2 370	4 756 716

Zdroj: autor

V přepočtu na dopravní výkon jde o náklady 8,63 Kč·vlkm⁻¹. U linky S41 je navíc potřeba zohlednit jízdy soupravových vlaků mezi stanicí Rakšice a zastávkou Bohutice. Dále je při výpočtu ceny za užití přístupových komunikací potřeba uvážit zastavovací politiky vlaků linky S41. Ta vychází z jízdního řádu v příloze H a je u všech vlaků velmi podobná. Rozdíly jsou u vlaků v okrajových částech dne, které projíždějí kromě zastávek Ostopovice a Troubsko

ještě navíc zastávky Radostice a Střelice dolní, avšak ne všechny vlaky stejně. Odlišnosti jsou také u zastávky Brno–Starý Lískovec, kde vlaky zastavují ve dvouhodinovém taktu, tedy každý druhý vlak.

1.9.6 Náklady na trakční energii

V případě linky S41 se energie získává z nafty. Výpočet je stejný jako v kap. č. 1.8.6. Výsledky výpočtu jsou uvedeny v tab. č. 28.

Tabulka 28 – Náklady na trakční energii – linka S41

Typ provozu	Roční spotřeba [l]	Roční náklady [Kč]	Náklady [Kč·vlkm ⁻¹]
Jízda vlaků	777 202	23 082 886	41,89
Sv. jízdy	10 527	294 759	0,53
Celkem	787 729	23 377 645	42,42

Zdroj: autor

1.9.7 Náklady na provoz pokladen

Dále je potřeba započítat náklady na provoz pokladen. Na trase linky S41 jsou v provozu pokladny ve dvou žst. – Brno hl.n. a Moravský Krumlov. Zatímco podíl vlaků linky S41 v žst. Brno hl.n. je malý (5 %), v žst. Moravský Krumlov je značný (82 %). Otevírací doby pokladen a počty vlaků v jednotlivých žst. jsou v tabulce č. 29.

Tabulka 29 – Pokladny na trati Brno hl.n. – Bohutice – linka S41

Stanice	Doba otevření [hod]	Počet vlaků linky V24	Počet vlaků celkem	Podíl vlaků V24 [%]
Brno hl.n.	24	19	345	5,51
Moravský Krumlov	11,42	37	45	82,22

Zdroj: autor

Dále jsou v tabulce č. 30 vyčísleny celkové roční náklady na provoz pokladen a podíl linky S41 na jejich provozu. Výpočet je stejný jako v kap. č. 1.8.7.

Tabulka 30 – Náklady na provoz pokladen – linka S41

Stanice	Roční náklady [Kč]	Koeficient	Podíl nákladů S41 [Kč]
Brno hl.n.	2 557 920	0,0551	140 871
Moravský Krumlov	1 216 788	0,8222	1 000 470

Zdroj: autor

1.9.8 Režijní náklady

Pro zajištění funkce podpůrných činností dopravce je potřeba zakalkulovat režijní náklady. Ty jsou stanoveny na $10 \text{ Kč} \cdot \text{vlkm}^{-1}$. (2) Při dopravním výkonu 551 004 vlkm ročně představují režijní náklady 5 510 040 Kč.

1.9.9 Náklady na čištění

Obdobným způsobem jako režijní náklady jsou stanoveny i náklady na čištění souprav. Jejich hodnota je vyčíslena na $0,5 \text{ Kč} \cdot \text{km}^{-1}$. (2). Roční náklady na čištění činí 275 502 Kč.

1.9.10 Náklady na odpisy

Poslední počítané náklady jsou odpisy. Jejich přehled je uveden v tabulce č. 30. Zbytková hodnota vozidel vyjadřuje modernizaci motorového vozu řady 842 a instalaci systému ETCS do obou vozidel soupravy. Doba odepisování je stanovena na 15 let.

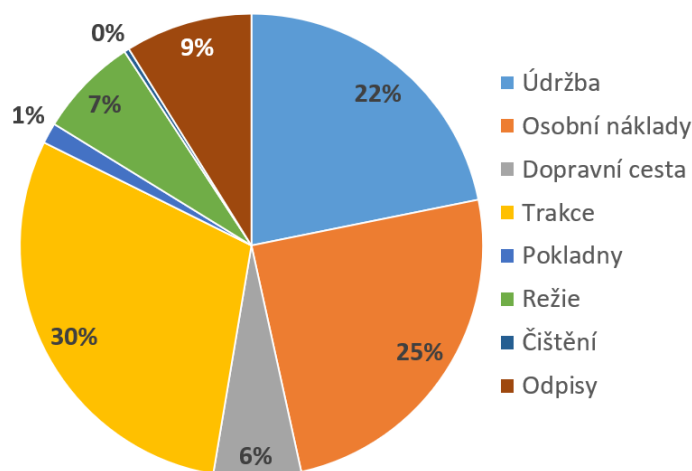
Tabulka 31 – Odpisy – linka S41

Řada	Zbytková hodnota [Kč]	Roční odpis [Kč]	Počet vozidel [ks]	Roční odpis celkem [Kč]	Odpisy [Kč·vlkm ⁻¹]
842	24 000 000	1 600 000	3	4 800 000	8,71
Btn ⁷⁵³	11 000 000	733 333	3	2 200 000	3,99
Celkem	35 000 000	2 333 333	6	7 000 000	12,70

Zdroj: autor

1.9.11 Náklady celkem

Po uvážení všech vyjmenovaných nákladů lze udělat kompletní přehled nákladů pro linku S41. Jejich podíl zobrazuje graf na obrázku č. 18.



Zdroj: autor

Obrázek 18 – Procentuální podíl nákladů – linka S41

Celkové náklady linky S41 shrnuje tabulka č. 32. Jak vyplývá z obr. č. 18 a tabulky č. 32, největšími náklady jsou náklady na trakční energii (30 %) a osobní náklady (25 %).

Tabulka 32 – Celkové náklady – linka S41

Náklad	Roční náklad [Kč]	Náklad [Kč·vkm ⁻¹]
Údržba	17 206 830	31,23
Osobní náklady	19 815 477	35,96
Dopravní cesta	4 806 158	8,72
Trakční nafta	23 395 542	42,46
Provoz pokladen	1 141 341	2,07
Režie	5 510 040	10,00
Čištění	275 502	0,50
Odpisy	7 000 000	12,70
Celkem	79 150 890	143,64

Zdroj: autor

1.10 Shrnutí analýzy

Výsledkem analýzy je charakteristika prostředí, ve kterém se železniční dopravci v regionální dopravě v současné době (duben 2024) pohybují. Charakteristika se problematikou zabývá jednak z pohledu infrastruktury, která je k dispozici, ale i z pohledu právního okolí a dalších aspektů (emisní povolenky, dostupné druhy pohonu).

V analýze je dále stanoven způsob výpočtu nákladů v jednotlivých oblastech včetně zdrojů, ze kterých výpočty vycházejí. Důležitým bodem analýzy je navolení metodiky výběru linky, která bude vzorovým příkladem pro představení konkrétních úsporných opatření a výpočet dopadů těchto opatření do provozních nákladů. Hlavním cílem je, aby bylo možné na vybrané lince ukázat co nejvíce možných úsporných opatření. V kap. č. 1.6. je sumarizován postup použitý při hledání úsporných opatření a jejich aplikace. Z výběru linek pro vzorový příklad vyplynula jako nejvýhodnější linka spěšných vlaků Choceň – Náchod a linka osobních vlaků Brno hl.n. – Bohutice.

Tyto dvě linky jsou podrobněji analyzovány. Analýza linek se zabývá infrastrukturou, po které jsou vedeny, provozním konceptem, nasazovanými vozidly a nejdůležitější částí je výpočet celkových nákladů na provoz obou linek, které slouží jako výchozí hodnoty pro vyhodnocení úspor, jež jsou navrženy a propočteny v kap. č. 2. Lze konkrétně říct, jaký procentuální dopad mají opatření do nákladů na danou linku.

2 NÁVRH ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ

Cílem této kapitoly je navrhnout úsporná opatření pro modelové linky Choceň – Náchod a Brno hl.n. – Bohutice a vypočítat jejich dopad do nákladů vycházejících z kapitol č. 1.8 a 1.9.

2.1 Úsporná opatření na lince Choceň – Náchod

Níže jsou uvedena úsporná opatření, která jsou adekvátní vzhledem k provozním podmínkám linky V4, tedy druhu trakce, typu nasazených vozidel apod. Prvním úsporným opatřením je nasazení vratné soupravy.

2.1.1 Nasazení vratné soupravy

Pro výpočet je uvažováno s motorovou jednotkou řady 847. DMU řady 847 je dvoučlánková diesellová nízkopodlažní jednotka určená pro regionální dopravu. Je vybavena dvěma motory Rolls–Royce, které jsou schopné spalovat naftu nebo HVO. Přenos výkonu je realizován pomocí hydromechanických převodovek. Výrobcem jednotek je polská společnost PESA Bydgoszcz. Hmotnost prázdné jednotky činí 82 t a obsaditelnost je 115 sedících cestujících. Při započítání 80 kg na jednoho cestujícího vyjde, že hmotnost obsazené jednotky je 92,2 t. Jednotka je z výroby vybavena palubní částí evropského zabezpečovače ETCS. (31)

Nasazení vratné jednotky řady 847 se promítne do nákladů na údržbu, dopravní cestu, trakční energii a do odpisů.

Náklady na údržbu nasazením ucelené jednotky klesnou, jelikož místo dvou vozidel v soupravě bude nasazena jedna ucelená jednotka. Náklady na údržbu jednoho trakčního motorového vozidla jsou stanoveny na 25 Kč·km⁻¹. Nasazením jednotky dopravní výkon zůstává beze změny (263 238 vlkm) a celkové roční náklady na údržbu činí 6 580 950 Kč, což je o 1 316 190 Kč méně, oproti současnému stavu. Úspora vychází 16,67 %, přepočtem na vlakové kilometry je úspora 5 Kč·km⁻¹.

V případě nákladů na dopravní cestu dojde k úspoře vlivem nasazení lehčí soupravy a soupravy s vozidlovou částí ETCS. Výpočet nákladů za užití dopravní cesty vychází ze vzorců (4), (5) a (6) a je stejný jako v kap. č. 1.8.5. Z výpočtu vyplývá, že dojde k úspoře 290 084 Kč ročně, tedy 1,11 Kč·vlkm⁻¹. Náklady na dopravní cestu se dopravci sníží o 13,5 %. Zásadní podíl na poklesu mají náklady na užití dopravní cesty (96 % z celkové úspory nákladů na dopravní cestu). V oblasti přidělení kapacity dráhy je úspora nulová. To je dáno způsobem výpočtu poplatku za přidělení kapacity, při němž je uvažován pouze počet jízd vlaků a délka linky. Nasazením vratných souprav se ani jeden z těchto parametrů nemění. Přehled úspor v oblasti dopravní cesty vlivem nasazení vratných souprav je uveden v tabulce č. 33.

Tabulka 33 – Porovnání nákladů na dopr. cestu – nasazení vratných souprav – linka V24

	843 + Btn⁷⁵³ [Kč]	847 [Kč]	Δ [Kč]
Přidělení kapacity	51 270	51 270	0
Užití dopravní cesty	1 875 136	1 595 855	- 279 281
Užití přístupových komunikací	199 290	188 457	- 10 833
Náklady na dopravní cestu celkem	2 125 696	1 835 582	- 290 114
Náklady [Kč·vlkm ⁻¹]	8,08	6,97	- 1,11

Zdroj: autor

Nasazení vratné soupravy má vliv na spotřebu trakční nafty. Obsazená DMU řady 847 je lehčí než souprava motorového a přípojného vozu. Protože není nutné soupravu objíždět, vznikne úspora 7 928 km ročně. Cena nafty pro výpočet zůstává stejná, jako v současné době (duben 2024), tedy 29,70 Kč·l⁻¹ včetně ceny za užití zařízení služeb (1,70 Kč·l⁻¹). Výsledkem výpočtu je celková roční úspora 754 139 Kč, tedy 6,94 %. V přepočtu na dopravní výkon dojde ke zlevnění 1 vlkm o 2,86 Kč.

Poslední nákladovou položkou, kde se náhrada vozidel projeví, jsou odpisy. Pořizovací cena DMU řady 847 vychází z kontraktů mezi společnostmi PESA Bydgoszcz s. a. a České dráhy a. s. na 85 000 000 Kč za jednu motorovou jednotku. Pro zajištění provozu jsou zapotřebí jednotky 2. Životnost vozidel je stanovena na 30 let. Náklady na odpisy jsou vypočteny v tabulce č. 34.

Tabulka 34 – Odpisy – nasazení vratných souprav – linka V24

Položka	Hodnota [Kč]
Zůstatková hodnota vozidla	85 000 000
Roční odpis	2 833 333
Počet vozidel	2
Celkový roční odpis	5 666 667
Náklady [Kč·vlkm ⁻¹]	21,53

Zdroj: autor

Z tabulky č. 34 vyplývá, že celkový roční odpis je 5 666 667 Kč, to znamená při dopravním výkonu 263 238 vlkm náklady 21,53 Kč·vlkm⁻¹. Proti variantě se soupravou motorového a přívěsného vozu tak došlo k nárůstu nákladů o více než 460 %. Důvodem je nasazení nových vozidel místo téměř odepsaných vozidel.

V tabulce č. 35 je uveden přehled nákladových oblastí, ve kterých se projeví nasazení vratných souprav.

Tabulka 35 – Úspory dosažené nasazením vratných souprav – linka V24

Náklad	Náklady 843 + Btn ⁷⁵³ [Kč·vlkm ⁻¹]	Náklady 847 [Kč·vlkm ⁻¹]	Δ [%]
Údržba	30,00	25,00	- 17
Dopravní cesta	8,08	6,97	- 14
Trakční nafta	41,24	38,38	- 7
Odpisy	3,80	21,53	+ 467
Celkem	128,02	136,79	+ 7

Zdroj: autor

Z tabulky č. 35 vyplývá, že při nasazení vratných souprav k úspoře nákladů nedojde, naopak nastane jejich navýšení o 8,77 Kč·vlkm⁻¹. Důvodem takového výsledku je fakt, že se nahrazují téměř odepsaná vozidla s nízkou zbytkovou hodnotou vozidly novými. Zvýšení nákladů způsobuje zvýšení odpisů hnacích vozidel. Zde je nutno podotknout, že dojde k nahrazení starších vozidel úplně novými, takže cestující získají vyšší komfort včetně nízkopodlažnosti, vakuového WC, Wi-Fi připojení atd. Pokud by se vliv odpisů zanedbal a byly by posouzeny pouze náklady na provoz, výsledkem by byla úspora 8,97 Kč·vlkm⁻¹, respektive 2 357 413 Kč ročně (7 %). Dále je potřeba si uvědomit, že nasazení vratných souprav s sebou nese úsporu kapacity v obratových stanicích, neboť nedochází k obsazování zhlaví a staničních kolejí objíždějícím motorovým vozem. Teoreticky by mohlo odstranění objíždění v cílových stanicích znamenat úsporu soupravy nebo možnost zahuštění taktu a navýšení dopravního výkonu s totožným počtem souprav. V případě linky spěšných vlaků Choceň – Náchod toto možné není, jelikož jízdní doba jednoho vlaku je přesně 60 minut. Nelze tak se dvěma soupravami zavést hodinový takt, protože čas na obrat soupravy by byl nulový. Ze stejného důvodu nelze všechny vlaky pokrýt jednou soupravou. Při nasazení vratných souprav by došlo k drobnému snížení kapacity souprav. Kapacita by se snížila ze 131 míst k sezení na 115 míst k sezení, tedy o 12,2 %.

2.1.2 Zkrácení o vůz

Druhou variantou úsporného opatření je zkrácení soupravy o přípojný vůz řady Btn⁷⁵³. Na lince Choceň – Náchod by tak jezdil samotný motorový vůz řady 843. Toto řešení má dopady do nákladů na údržbu, užití infrastruktury, trakční naftu a nákladů na odpisy. Zároveň vznikne benefit v podobě vratných souprav.

Náklady na údržbu jsou sníženy o údržbu přípojného vozu. Cena za údržbu trakčního motorového vozu zůstává na 25 Kč·km⁻¹. Roční dopravní výkon rovněž zůstává na hodnotě

263 238 vlkm, jelikož počty vlaků se nemění. Náklady na údržbu samotného motorového vozu činí 6 580 950 Kč ročně.

Náklady na dopravní cestu jsou nižší vzhledem k menší hmotnosti soupravy, samotný obsazený motorový vůz řady 843 má hmotnost 60,7 t. Nižší náklady na dopravní cestu jsou výsledkem snížení nákladů na užití dopravní cesty a na užití přístupových komunikací. Přehled nákladů na dopravní cestu pro původní a navrženou variantu soupravy je uveden v tab. č. 36.

Tabulka 36 – Náklady na dopravní cestu – sólo 843 – linka V24

	843 + Btn⁷⁵³ [Kč]	843 [Kč]	Δ [Kč]
Přidělení kapacity	51 270	51 270	0
Užití dopravní cesty	1 875 136	1 167 393	- 707 743
Užití přístupových komunikací	199 290	124 071	- 75 219
Náklady na dopravní cestu celkem	2 125 696	1 342 734	- 782 963
Náklady [Kč·vlkm ⁻¹]	8,08	5,10	- 2,98

Zdroj: autor

Z tabulky č. 36 vyplývá úspora na nákladech za dopravní cestu téměř 37 %.

Zkrácení soupravy se promítne rovněž do nákladů na trakční energii, jejíž spotřeba klesá se snižující se hmotností soupravy. Hmotnost soupravy poklesla z 97,5 t na 60,7 t. Náklady na trakční naftu včetně porovnání s původní variantou jsou uvedeny v tabulce č. 37.

Tabulka 37 – Náklady na trakční naftu – sólo 843 – linka V24

	843 + Btn⁷⁵³ [Kč]	843 [Kč]	Δ [%]
Roční náklady na jízdu vlaků	10 060 956	6 236 590	- 38
Roční náklady na obraty	174 031	0	- 100
Roční náklady na zařízení služeb	621 410	380 289	- 38
Celkové roční náklady	10 856 397	6 643 879	- 39
Náklady [Kč·vlkm⁻¹]	41,24	25,24	- 39

Zdroj: autor

Z tabulky č. 37 vyplývá, že dopravce ušetří 16 Kč·vlkm⁻¹, tedy 39 % z nákladů na naftu.

Změna řazení soupravy se projeví také v odpisech, jelikož není potřeba odepisovat přípojný vůz. Zůstatková hodnota motorového vozu řady 843 je 2 000 000 Kč. Doba odepisování je stanovena na 5 let. Při potřebě dvou vozidel činí roční hodnota odpisu 800 000 Kč. To je o 200 000 Kč méně než u původní soupravy. Při přepočtu na dopravní výkon vyjdou náklady 3,04 Kč·vlkm⁻¹, což je o 0,76 Kč méně než při provozu s přípojným vozem.

V tabulce č. 38 jsou uvedeny nákladové oblasti, v nichž dochází ke změně, která je vyjádřena procentuálním rozdílem.

Tabulka 38 – Porovnání nákladů na 1 vlkm – zkrácení o vůz – linka V24

Náklad	843 + Btn ⁷⁵³ [Kč]	843 [Kč]	Δ [%]
Údržba	30,00	25,00	- 17
Dopravní cesta	8,08	5,10	- 37
Trakční nafta	41,24	25,24	- 39
Odpisy	3,80	3,04	- 20
Celkem	128,02	103,28	- 19

Zdroj: autor

Z tabulky č. 38 vyplývá, že dopravce ušetří téměř 25 Kč·vlkm⁻¹. To je úspora o 19 %. Důvodem dosažení takové úspory je fakt, že není potřeba vynaložit žádné prostředky na investice do tohoto opatření. Nevýhodou je snížení kapacity souprav. Kapacita klesá ze 131 míst na 59 míst k sezení, tedy nastane pokles kapacity o 55 %. Je tedy na uvážení, zda by zavedení takového úsporného opatření nemělo velký dopad do komfortu přepravy. Před zavedením takového opatření je nezbytné provést analýzu frekvence cestujících.

Další možností je zavést tento model v částečném provedení, tzn. zkrátit o vůz pouze některé vlaky v sedlech s ohledem na obraty souprav. V oblasti odpisů se úspora neprojeví, jelikož je stále potřeba vlastnit 2 přípojné vozy, případně bude poloviční, pokud se podaří opatření nastavit takovým způsobem, aby stačil jeden přípojný vůz. V ostatních oblastech se úspora projeví v menší míře než v návrhu úplného zrušení přípojných vozů. Přínosem oproti úplnému zrušení přípojných vozů je lepší pokrytí poptávky po přepravě s ohledem na přepravní špičky.

2.1.3 Dosazení ETCS

Dosazením ETCS do vozidel dojde ke zvýšení bezpečnosti cestujících (pokud je na trati instalována traťová část) a zároveň dopravce dosáhne na 10% slevu za užití dopravní cesty poskytovanou v současné době (duben 2024) Správou železnic. Výpočet ceny za užití dopravní cesty vychází ze vzorce (4) a je stejný jako v kapitole 1.8.5. Pouze koeficient k_{etcs} je nastaven na hodnotu 0,9. Celkové náklady na užití dopravní cesty včetně porovnání s variantou bez vybavení ETCS jsou uvedeny v tabulce č. 39. Z tab. č. 39 vyplývají roční úspory v oblasti dopravní cesty při zavedení ETCS v motorových vozech řady 843. Při dopravním výkonu 263 238 vlkm ročně vznikne úspora 0,72 Kč·km⁻¹, tedy 9%.

Tabulka 39 – Porovnání nákladů na dopravní cestu – nasazení ETCS – linka V24

	$k_{etcs} = 1$ [Kč]	$k_{etcs} = 0,9$ [Kč]	Δ [Kč]	Δ [%]
Roční užití dopravní cesty	1 875 136	1 687 622	- 187 514	- 10
Celkové roční náklady placené SŽ	2 125 696	1 938 182	- 187 514	- 9
Náklady [Kč·vlkm ⁻¹]	8,08	7,36	- 0,72	- 9

Zdroj: autor

Instalace ETCS vyžaduje investiční náklady a je důvodem navýšení odpisů za vozidla. Na základě ceny instalace ETCS do vozů řady 842, ze kterých jsou motorové vozy řady 843 odvozeny, lze uvažovat cenu instalace do jednoho vozu 11 000 000 Kč. (30) Doba odepisování této investice je stanovena na 15 let. Do úvahy jsou vzaty i zbytkové hodnoty vozidel z kap. 1.8.10 (motorový vůz řady 843 = 2 000 000 Kč, přípojný vůz Btn⁷⁵³ = 500 000 Kč). Zbytkové hodnoty vozidel s instalovaným systémem ETCS a náklady na odpisy jsou v tabulce č. 40.

Tabulka 40 – Odpisy – zavedení ETCS – linka V24

Řada	Zbytková hodnota [Kč]	Roční odpis [Kč]	Počet vozidel [ks]	Roční odpis celkem [Kč]	Odpisy [Kč·vlkm ⁻¹]
843	13 000 000	866 667	2	1 733 333	6,58
Btn ⁷⁵³	500 000	100 000	2	200 000	0,76
Celkem	13 500 000	966 667	4	1 933 333	7,34

Zdroj: autor

Z tabulky č. 40 vyplývá, že celkový roční odpis činí 1 933 333 Kč. Z původních 1 000 000 Kč jde o nárůst o 933 333 Kč. V přepočtu na vlakové kilometry jde o nárůst z původních 3,80 Kč na 7,34 Kč, tedy o 3,54 Kč, což představuje 93% nárůst nákladů na odpisy. Změny nákladových položek, do kterých se zavedení ETCS promítne, jsou vyobrazeny v tabulce č. 41.

Tabulka 41 – Porovnání nákladů linky V24 na 1 vlkm při nasazení ETCS

Náklad	Bez ETCS [Kč]	S ETCS [Kč]	Δ [%]
Dopravní cesta	8,08	7,36	- 9
Odpisy	3,80	7,34	+ 93
Celkem	128,02	130,85	+ 2

Zdroj: autor

Z tabulky č. 41 vyplývá nárůst ceny za jeden vlakový kilometr o necelé 3 Kč. Z důvodu vysokých investičních nákladů (11 000 000 Kč na jedno vozidlo) a doby odepisování 15 let

nedochází k úspoře. Pokud by se náklady na instalaci ETCS rozepsaly do 27 let, úspora na nákladech za dopravní cestu by téměř přesně pokryla zvýšené náklady na odpisy.

Se začátkem platnosti jízdního řádu pro rok 2025 bude sleva na ETCS zrušena. (6)

2.1.4 Změna trakce

Při změně způsobu pohonu vozidel připadají v úvahu varianty, které vycházejí z kapitoly č. 1.5. V současné době (duben 2024) jsou spěšné vlaky linky V24 provozovány v diesellové trakci. První variantou je náhrada klasické nafty syntetickým palivem HVO.

HVO

Pro účely výpočtů byla zvolena jednotka řady 847, jejíž motory jsou certifikovány pro provoz na HVO. Parametry jednotky řady 847 jsou popsány v kapitole 2.1.1. Jejich rekapitulace je zobrazena v tabulce č. 42.

Tabulka 42 – Parametry jednotky řady 847

Parametr	Hodnota
Maximální rychlost [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	120
Prázdná hmotnost [t]	83
Obsaditelnost [osob]	115
Hmotnost obsazené jednotky [t]	92,2
Pořizovací cena [Kč]	85 000 000

Zdroj: autor s využitím (17, 31)

Vzhledem k tomu, že změna vozidel je stejná jako v kapitole 2.1.1., změna nákladů se promítne do stejných nákladových oblastí – údržba, dopravní cesta, trakční energie a odpisy. Při srovnání s kapitolou 2.1.1. nasazení HVO změní pouze náklady na trakční energii. Důvodem je, že HVO je dražší než motorová nafta a zároveň vlivem nízké hustoty HVO má vozidlo o cca 4 % vyšší spotřebu. Nasazením DMU řady 847 na linku V24 při provozu na HVO místo nafty by spotřeba vzrostla o 13 591 l ročně (4 %). Při srovnání se současným stavem dochází k poklesu roční spotřeby o 12 156 l (3 %). Důvodem je, že DMU řady 847 je lehčí než současná souprava a odpadá nutnost objíždění v koncových stanicích. Cena HVO je $37 \text{ Kč}\cdot\text{l}^{-1}$ bez DPH. Přestože je spotřeba HVO jednotkou řady 847 nižší než spotřeba nafty motorovým vozem řady 843, náklady na trakční energii jsou při použití HVO vyšší. Jde o nárůst o $10,71 \text{ Kč}\cdot\text{vlkm}^{-1}$, tj. o 26 %. Porovnání nákladových položek, u kterých dochází ke změně, se současným stavem je uvedeno v tabulce č. 43.

Tabulka 43 – Porovnání nákladů 843 + Btn⁷⁵³ X 847 na HVO na lince V24

Náklad	Náklady 843 + Btn ⁷⁵³ [Kč·vlkm ⁻¹]	Náklady 847 na HVO [Kč·vlkm ⁻¹]	Δ [%]
Údržba	30,00	25,00	- 17
Dopravní cesta	8,08	6,97	- 14
Trakční nafta	41,24	51,95	+ 26
Odpisy	3,80	21,53	+ 466
Celkem	128,02	150,01	+ 17

Zdroj: autor

Z tabulky č. 43 vyplývá, že nasazením motorových jednotek řady 847 poháněných HVO dojde k nárůstu nákladů o 17 %. Hlavními příčinami jsou výše odpisů nových vozidel a cena HVO, která je o 32 % vyšší ve srovnání s cenou motorové nafty.

Je potřeba zdůraznit, že toto řešení přináší výhody v podobě vratných souprav a vyššího komfortu cestujících. (Wi-Fi, nízkopodlažnost, vakuové toalety, atd.). Dále provoz na HVO přináší úsporu emisí CO₂ o 90 %. V souvislosti se zavedením emisních povolenek pro benzin a naftu od roku 2027 se finanční nevýhodnost HVO bude do budoucna snižovat.

EMU

Druhou možností náhrady dieselové trakce je zavedení trakce elektrické. Z kap. č. 1.8.1 vyplývá, že 36 km linky z celkových 60 km není elektrifikováno. Pro zavedení elektrické trakce je nutná investice správce infrastruktury do trakčního vedení.

Cena trakčního vedení se pohybuje okolo 10 000 000 Kč·km⁻¹. Cena trakční napájecí stanice (TNS) je přibližně 230 000 000 Kč v závislosti na její konfiguraci a trakčním výkonu. (32) V dnešní době, kdy je schválena koncepce přechodu na střídavou trakční soustavu o napětí 25 kV, pozbývá smysl elektrifikace stejnosměrnou trakční soustavou. Přínos stejnosměrné trakční soustavy by nastal pouze v případě, kdy by nebyla potřeba budovat TNS. Pro napájení úseku Týniště nad Orlicí – Náchod stejnosměrnou trakční soustavou by bylo vybudování jedné TNS potřebné. V případě užití střídavé napájecí soustavy stačí k napájení trakčního vedení TNS Týniště nad Orlicí. V roce 2022 byla dokončena modernizace TNS Týniště nad Orlicí, která zahrnovala přípravu pro napájení okolních tratí střídavým napětím. (33) Při výše uvedených cenách a délce elektrifikace 36 km by náklady na vybudování trakčního vedení činily 360 000 000 Kč.

Pro dopravce by se přechod na elektrickou trakci propal do nákladů na údržbu, dopravní cestu, trakční energii a odpisy. Pro výpočet nákladů při vedení spěšných vlaků

v elektrické trakci je vybrána elektrická jednotka řady 650.2. Jde o dvousystémovou, nízkopodlažní, dvouvozovou jednotku s maximální rychlostí 160 km·h⁻¹. Hmotnost prázdné jednotky je 102 t. Obsaditelnost jednotky je 140 sedících cestujících. Ve výpočtech se předpokládá, že jeden cestující váží 80 kg. Hmotnost obsazené jednotky činí 113,2 t. Elektrické jednotky řady 650.2 jsou již z výroby osazeny vlakovou částí zabezpečovače ETCS. Pořizovací cena jedné jednotky je 118 000 000 Kč.

Do nákladů na údržbu se nasazení elektrických jednotek promítne tím, že místo dvou vozidel (motorový vůz + přípojný vůz) lze udržovat jen jednu ucelenou jednotku. Navíc údržba elektrických trakčních vozidel je 15 Kč·km⁻¹, tedy o 10 Kč·km⁻¹ méně než u diesellových trakčních vozidel. Při dopravním výkonu 263 238 vlkm vycházejí náklady na údržbu na 3 948 570 Kč ročně. To představuje snížení nákladů na údržbu o 50 %, oproti soupravám motorových vozů 843 s přívěsnými vozy řady Btn⁷⁵³.

Druhou položkou, do které se zavedení elektrických vlaků promítne, jsou náklady na dopravní cestu. Vyšší hmotnost soupravy je faktor, který navyšuje poplatek za užití dopravní cesty a přístupových komunikací. Naopak výbava vozidel systémem ETCS tento poplatek zlevňuje. Porovnání nákladů s původní variantou je uvedeno v tabulce č. 44. Poplatek za přidělení kapacity dráhy se nemění, proto není v tab. č. 44 uveden.

Tabulka 44 – Zavedení elektrické trakce – náklady na dopravní cestu – linka V24

	843+Bt ⁷⁵³ [Kč]	650.2 [Kč]	Δ [Kč]	Δ [%]
Roční užití přístup. komunikací	199 290	231 381	32 091	+ 16
Roční užití dopravní cesty	1 875 136	1 959 373	84 236	+ 4,5
Celkové roční náklady placené SŽ	2 125 696	2 242 024	116 328	+ 5,5
Náklady [Kč·vlkm⁻¹]	8,08	8,52	0,44	+ 5,5

Zdroj: autor

Z tabulky č. 44 vyplývá, že v oblasti dopravní cesty dojde k nárůstu nákladů o 5,5 %. Jak již bylo zmíněno, je to dáno vyšší hmotností elektrických souprav o 15,7 t.

Dále dochází ke změně nákladů v oblasti trakční energie. Podrobný výpočet je uveden v kap. 1.3.4. Z této kapitoly vyplývá, že je pro spěšné vlaky stanovena měrná spotřeba, která je opravena třemi koeficienty. (5) Koeficient ročního období se vztahuje k ročním obdobím a koeficient technologických ztrát se vztahuje k typu trakce. Tento příklad počítá s nasazením střídavé trakce v úseku Týniště nad Orlicí – Náchod, zatímco v úseku Choceň – Týniště nad Orlicí zůstává trakce stejnosměrná. Pro výpočet je tedy nezbytné rozdělit hrubý dopravní

výkon hnacích vozidel podle trakce, pod kterou je realizován, a podle ročního období, do kterého spadá. Rozdělení hrubého dopravního výkonu je uvedeno v tabulce č. 45.

Tabulka 45 – Rozdělení hrubého výkonu – linka V24

Roční období	Počet dnů	= trakce [hrtkm]	ss trakce [hrtkm]
Březen – srpen	184	5 998 649	8 998 042
Září – listopad	91	2 966 746	4 450 118
Prosinec – únor	90	2 934 144	4 401 216
Celkem	365	11 899 584	17 849 376

Zdroj: autor

Celkový hrubý dopravní výkon je 29 748 960 hrtkm. Z tabulky č. 45 vyplývá, že pod střídavou trakcí je hrubý dopravní výkon o 33,3 % větší. Po vynásobení hodnot měrnou spotřebou a příslušnými koeficienty vyjdou konkrétní spotřeby pro jednotlivá období a trakce. Tento přehled je uveden v tabulce č. 46.

Tabulka 46 – Spotřeba trakční elektrické energie – linka V24

Roční období	= trakce [kWh]	ss trakce [kWh]
Březen – srpen	183 776	273 267
Září – listopad	95 434	141 906
Prosinec – únor	103 374	153 713
Celkem	382 584	568 886

Zdroj: autor

Celková spotřeba elektrické energie činí 951 470 kWh ročně. Z tabulky č. 46 vyplývá, že spotřeba stejnosměrného proudu je o 32,8 % menší než u střídavého. Zde se projevuje výhodnost střídavé trakce. Přestože hrubý dopravní výkon je u stejnosměrné trakce menší o 33,3 %, spotřeba energie je menší pouze o 32,8 %. Zbývajících 0,5 % připadne na ztráty stejnosměrné trakce. Po vynásobení cenou 4,13 Kč·kWh⁻¹ vyjde, že roční náklady na elektrickou energii představují 3 929 567 Kč. Při přepočtu na dopravní výkon, který je 263 238 vlkm ročně vyjde, že náklady na 1 vlkm jsou 14,93 Kč. Oproti dieselovému pohonu dochází ke zlevnění o 6 926 830 Kč ročně, v přepočtu na dopravní výkon o 26,31 Kč·vlkm⁻¹. To znamená úsporu 63,8 % nákladů na trakční energii.

Poslední nákladovou položkou, do které se promítne náhrada dieselové trakce elektrickou, jsou odpisy vozidel. Jak bylo zmíněno, pořizovací cena EMU řady 650.2 je 118 000 000 Kč. Doba odepisování je nastavena standardně na 30 let. Výpočet odpisů je uveden v tabulce č. 47.

Tabulka 47 – Odpisy elektrické jednotky – linka V24

Položka	Hodnota [Kč]
Zůstatková hodnota vozidla	118 000 000
Roční odpis	3 933 333
Počet vozidel	2
Celkový roční odpis	7 866 667
Náklady na 1 vlkm	29,88

Zdroj: autor

Z tabulky č. 47 vyplývá, že roční odpis činí 7 866 667 Kč. To je o 6 866 667 Kč více než v případě původního řazení. To znamená téměř 7–násobný nárůst. Je potřeba zdůraznit, že dojde k nahrazení téměř 30 let starých a odepsaných vozidel vozidly novými.

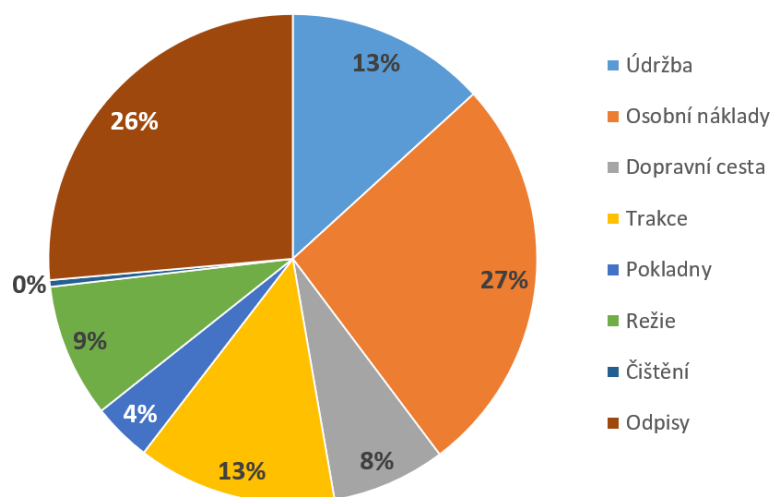
Porovnání nákladových položek, u kterých dochází ke změně zavedením elektrické trakce, je uvedeno v tab. č. 48.

Tabulka 48 – Přehled změn nákladů 843 + Btn⁷⁵³ X 650.2 – linka V24

Náklad	Náklady 843 + Btn ⁷⁵³ [Kč·vlkm ⁻¹]	Náklady 650.2 [Kč·vlkm ⁻¹]	Δ [Kč]	Δ [%]
Údržba	30,00	15,00	- 15,00	- 50
Dopravní cesta	8,08	8,52	+ 0,44	+ 5
Trakční energie	41,24	14,93	- 26,31	- 64
Odpisy	3,80	29,88	+ 26,08	+ 686
Celkem	128,02	113,23	- 14,81	- 11,5

Zdroj: autor

Z tabulky č. 48 vyplývá, že nasazením elektrických jednotek řady 650.2 dojde k poklesu nákladů o 11,5 %. Nahrazením dieselové trakce elektrickou dojde k poklesu nákladů na trakční energii o dvě třetiny. K dalšímu zlevnění dojde vlivem polovičních nákladů na údržbu nové jednotky. Naopak vzrostou náklady na odpisy, což je důsledkem nasazení nových vozidel. Pro představu o tom, jak se významně změní procentuální zastoupení jednotlivých druhů nákladů (trakce, údržba = pokles, odpisy = nárůst), je na obrázku č. 19 graf procentuálního zastoupení nákladů. Porovnáním s obrázkem č. 12 v kap. č. 1.8.11. lze shledat značný rozdíl v zastoupení jednotlivých druhů nákladů.



Zdroj: autor

Obrázek 19 – Zastoupení nákladů – zavedení elektrické trakce – linka V24

BEMU

Další možností náhrady trakce je nasazení BEMU. Pro výpočet nákladů na provoz BEMU na lince V24 je zvolena jednotka řady 650.2 doplněna o lithium–titanové baterie. Parametry jednotky zůstávají obdobné jako ve výpočtu nákladů na elektrickou trakci. Dochází pouze ke změně hmotnosti jednotky. Hmotnost baterií je 5 t a jsou umístěny na střeše. Celková hmotnost obsazené jednotky je tedy $113,2 + 5 = 118,2$ t. Maximální rychlost jednotky je $160 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ v režimu pod trolejí, respektive $120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ v režimu na baterie. Dojezd jednotky na baterie je výrobcem (Škoda Transportation a.s.) stanoven na 80 km. (34) Udávaný dojezd bude dostačující vzhledem k tomu, že délka úseku bez troleje je 36 km a jeden obrat tedy znamená jízdu bez trakčního vedení na vzdálenost 72 km. Pořizovací cena jedné jednotky BEMU je 152 000 000 Kč. (35)

Pro stabilní provoz je nutné vybudovat napájecí bod v žst. Náchod. Důvodem je pobyt v žst. Náchod trvající 42 minut, během kterých bude muset být zajištěno temperování. Navíc při zachování konceptu tak, jak je uveden v kap. č. 1.8.2., obě jednotky nocují v žst. Náchod a je nutné, aby ráno byly schopné dojet až do Týniště nad Orlicí, což by bez napájecího bodu mohl být zejména v zimě problém.

Nasazení BEMU na linku V24 má dopad do nákladů na údržbu, trakční energii, dopravní cestu a na odpisy. Náklady na údržbu jsou stejné jako v případě zavedení el. trakce.

Náklady na užití dopravní cesty a užití přístupových komunikací včetně porovnání s původní soupravou jsou uvedeny v tabulce č. 49. Jelikož náklady na přidělení kapacity dráhy zůstávají stejné, nejsou v tabulce uvedeny.

Tabulka 49 – Náklady na dopravní cestu – BEMU – linka V24

	843+Btn⁷⁵³ [Kč]	BEMU [Kč]	Δ [Kč]	Δ [%]
Roční užití příst. komunikací	199 209	241 601	42 392	+ 21
Roční užití dopravní cesty	1 875 136	2 045 918	170 782	+ 9
Celkové roční náklady placené SŽ	2 125 696	2 338 788	213 092	+ 10
Náklady [Kč·vlkm⁻¹]	8,08	8,88	0,80	+ 10

Zdroj: autor

Z tabulky č. 49 vyplývá, že nasazením BEMU na linku V24 dojde k navýšení nákladů na dopravní cestu o 0,80 Kč·vlkm⁻¹. Celkové roční náklady na dopravní cestu se navýší o 213 092 Kč. Důvodem je vyšší hmotnost vozidla oproti původní soupravě, DMU řady 847 i EMU řady 650.2 bez baterií. Navýšení představuje 10 %.

Další nákladovou položkou, do které se nasazení BEMU promítne, je trakční energie. Při výpočtu spotřeby trakční energie je potřeba vzít v úvahu, že provoz akumulátoru má účinnost 90 % (dle vztahu (8) v kap. č. 1.5.4.) a proto je při výpočtu spotřeba v úsecích bez trakčního vedení navýšena koeficientem 1,1. V rámci celé linky je počítáno s koeficienty pro stejnosměrnou trakci, protože nabíjení i jízda probíhají právě na ni. Vlivem vyšší hmotnosti vozidel je mírně navýšen hrubý dopravní výkon hnacích vozidel oproti provozu EMU. Jeho rozdělení je uvedeno v tabulce č. 50.

Tabulka 50 – Rozdělení hrubého dopravního výkonu – BEMU – linka V24

Roční období	Počet dnů	EMU mód [hrtkm]	BEMU mód [hrtkm]
Březen – srpen	184	6 263 654	9 395 482
Září – listopad	91	3 097 786	4 646 678
Prosinec – únor	90	3 063 744	4 595 616
Celkem	365	12 425 184	18 637 776

Zdroj: autor

Celkový hrubý dopravní výkon činí 31 062 960 hrtkm. To je o 1 314 000 hrtkm (4,5 %) ročně více než v případě použití EMU. Se zohledněním příslušných koeficientů jsou v tabulce č. 51 vypočteny spotřeby trakční energie pro jednotlivá období a příslušný režim provozu.

Celková spotřeba činí 1 058 628 kWh ročně. To je o 107 159 kWh (11 %) více než v případě provozu EMU. Nárůst spotřeby je způsoben vyšší hmotností jednotek o trakční baterii a provozem výhradně na stejnosměrné trakční soustavě, která má vyšší ztráty, a účinností trakční baterie.

Tabulka 51 – Spotřeba trakční energie – BEMU – linka V24

Roční období	EMU režim [kWh]	BEMU režim [kWh]
Březen – srpen	191 893	316 624
Září – listopad	99 649	164 421
Prosinec – únor	107 940	178 101
Celkem	399 482	659 146

Zdroj: autor

Při ceně $4,13 \text{ Kč} \cdot \text{kWh}^{-1}$ jsou roční náklady na trakční energii $4\,372\,134 \text{ Kč}$. Přepočtem na dopravní výkon jde o náklady $16,61 \text{ Kč} \cdot \text{vlkm}^{-1}$. Oproti provozu EMU jde o nárůst o $442\,567 \text{ Kč}$ ročně (11 %), tedy o $1,68 \text{ Kč} \cdot \text{vlkm}^{-1}$. Proti původní dieselové trakci jsou náklady na trakční energii nižší o $6\,484\,264 \text{ Kč}$ ročně (60 %), tedy o $24,6 \text{ Kč} \cdot \text{vlkm}^{-1}$.

Poslední nákladovou položkou, do které se promítne náhrada dieselové trakce BEMU jsou odpisy vozidel. Jak bylo zmíněno, pořizovací cena jednotky řady 650.2 modifikované jako BEMU je $152\,000\,000 \text{ Kč}$. Životnost vozidel a tedy i doba odepisování je stanovena na 30 let. Výpočet odpisů je uveden v tabulce č. 52.

Tabulka 52 – Odpisy elektrické jednotky – linka V24

Položka	Hodnota [Kč]
Zůstatková hodnota vozidla	152 000 000
Roční odpis	5 066 666
Počet vozidel	2
Celkový roční odpis	10 133 333
Náklady [$\text{Kč} \cdot \text{vlkm}^{-1}$]	38,49

Zdroj: autor

Z tabulky č. 52 je vidět, že roční odpis vyjde $10\,133\,333 \text{ Kč}$. Nárůst je $9\,133\,333 \text{ Kč}$ ročně oproti původnímu řazení. Stejně jako ve všech výpočtech, ve kterých je uvažováno nasazení vozidel s jiným pohonem než dieselovým, dojde k nasazení nových vozidel namísto původních téměř 30 let starých a odepsaných.

Přehled nákladů, u kterých dojde nasazením BEMU ke změně, a jejich porovnání s jejich původní výší, je uvedeno v tab. č. 53. Z této tabulky vyplývá, že celkově se provoz zlevní o 3 %. Významný podíl na tomto zlevnění mají náklady na trakční energii, u kterých dochází ke snížení o 60 %.

Tabulka 53 – Porovnání celkových nákladů – BEMU – linka V24

Náklad	Náklady 843 + Btu ⁷⁵³ [Kč·vlkm ⁻¹]	Náklady BEMU [Kč·vlkm ⁻¹]	Δ [Kč]	Δ [%]
Údržba	30,00	15,00	- 15,00	- 50 %
Dopravní cesta	8,08	8,88	+ 0,80	+ 10 %
Trakční energie	41,24	16,61	- 24,63	- 60 %
Odpisy	3,80	38,49	+ 34,69	+ 913 %
Celkem	128,02	123,89	- 4,13	- 3 %

Zdroj: autor

2.1.5 Úspory v oblasti pokladen

U pokladen lze redukovat jejich pracovní dobu nebo je úplně zavřít. Úsporné opatření v oblasti pokladen bude mít dopad pouze do nákladů na provoz pokladen, ostatní nákladové položky neovlivní. Jak vyplývá z kap. č. 1.8.7., pokladny jsou provozovány v pěti stanicích po trase linky V24. Pouze ve stanicích Borohrádek a Nové Město nad Metují se vlaky linky V24 podílejí na provozu pokladen více než 30 %. Zároveň na ně připadají největší náklady z pohledu linky V24. Je proto vhodné hledat úsporná opatření v těchto dvou stanicích.

Borohrádek

V železniční stanici Borohrádek je pokladní přepážka otevřena od 5:10 do 13:15 hodin. V této otevírací době jsou zahrnuty tři přestávky, které má pokladník na jídlo a oddech. Tyto přestávky náklady nešetří, protože i během nich zaměstnancům náleží mzda. Náklady na hodinu práce pokladníka vycházejí z kap. č. 1.3.5 a činí 292 Kč. Linka V24 má ve stanici Borohrádek podíl odbavených vlaků 32,43 %. Roční podíl nákladů, připadající lince V24, na provoz pokladny v Borohrádku činí 279 297 Kč.

Zkrácení otevírací doby o 2 hodiny by znamenalo pracovní dobu od 5:10 do 10:50. Záměrně je otevírací doba zkrácena kolem poledne, aby zůstala obsluhou pokladny pokryta ranní přepravní špička. Důvodem většího zkrácení než dvě hodiny je zkrácení také o přestávku na oběd. Celková pracovní doba je tedy 5 hodin a 40 minut. Při nákladech na pokladníka 292 Kč·hod⁻¹ a podílu 32,43 % vychází náklady na pokladnu v Borohrádku ročně na 195 877 Kč. Úspora tedy je 83 420 Kč ročně, neboli téměř 30 % z pohledu nákladů na pokladnu v Borohrádku. Z pohledu celkových nákladů na provoz pokladen jde o úsporu 7 %. Z pohledu celkových nákladů na provoz linky V24 představuje úspora 0,25 %. Zavedením tohoto opatření se dopravní výkon zlevní o 0,32 Kč·vlkm⁻¹. Je zapotřebí uvažovat i to,

že pro tuto pokladnu může být obtížné sehnat zaměstnance, protože bude pracovat na zkrácený pracovní úvazek nebo bude obsluhovat i jiné pokladny.

Druhou možností úpravy otevírací doby je úplné uzavření pokladny ve stanici Borohrádek. To by znamenalo vyšší nároky na vlakvedoucí ve vlacích. Finanční úspora dosahuje v tomto řešení 279 297 Kč ročně, tedy veškeré náklady na provoz pokladny ve stanici Borohrádek. Tato částka představuje 24 % z celkových nákladů na pokladny. Z celkových nákladů na provoz linky to znamená úsporu 0,83 %. Toto opatření ušetří 1,06 Kč·vlkm⁻¹.

Nové Město nad Metují

Také ve stanici Nové Město nad Metují, kde má linka V24 podíl 37,5 %, lze udělat podobné úpravy otevírací doby. Otevírací doba v této stanici je od 5:40 do 16:40, tedy rovných 11 hodin včetně přestávek na jídlo a oddech pro pokladníka. Jak je uvedeno v kap. č. 1.8.7, podíl ročních nákladů připadajících na linku V24 činí 439 642 Kč. I pro tuto stanici je uveden příklad zkrácení otevírací doby o 2 hodiny nebo úplné zrušení.

Zkrácení otevírací doby je opět provedeno od konce, aby zůstala pokryta ranní špička. Nová otevírací doba je stanovena od 5:40 do 14:40, tedy rovných 9 hodin. Při hodinových nákladech 292 Kč·hod⁻¹ a započtení podílu 37,5 % odbavených vlaků linky V24 jsou náklady 359 708 Kč ročně. Úspora nákladů plynoucí z tohoto opatření je 79 935 Kč ročně, což odpovídá 18,18 % z nákladů na pokladnu ve stanici Nové Město nad Metují, 7 % z celkových nákladů na pokladny a 0,24 % z celkových nákladů na provoz linky V24. V přepočtu na dopravní výkon by zkrácení otevírací doby ve stanici Nové Město nad Metují znamenalo zlevnění o 0,30 Kč·vlkm⁻¹.

Při variantě úplného uzavření pokladny ve stanici Nové Město nad Metují by finanční úspora dosáhla 439 643 Kč ročně, tedy veškeré náklady na provoz pokladny v této stanici. To představuje 38 % z celkových nákladů na pokladny. Z celkových nákladů na provoz linky to znamená úsporu 1,3 %. Toto opatření ušetří 1,67 Kč·vlkm⁻¹.

Pro lepší přehled o výši úspor jednotlivých opatření v oblasti pokladen jsou všechna porovnána v tabulce č. 54. Z této tabulky vyplývá, že největší dopad do nákladů má uzavření pokladny v Novém Městě nad Metují. Z nákladů na poklady toto opatření ušetří 38 %. Zároveň tabulka ukazuje, že dopad do celkových nákladů je marginální. To je dáno velmi malým podílem pokladen na celkových nákladech linky V24 (4 %). Pokud by byly uzavřeny všechny pokladny v trase linky, bylo by dosaženo maximální úspory v této nákladové oblasti, ale v kontextu celkových nákladů na linku V24 pouze 4%.

Tabulka 54 – Porovnání úsporných opatření v oblasti pokladen – linka V24

Vyjádření úspory	Borohrádek		Nové Město nad Metují	
	Zkrácení otevírací doby	Zrušení	Zkrácení otevírací doby	Zrušení
Roční [Kč]	83 420	279 297	79 935	439 643
Na 1 vlkm [Kč]	0,32	1,06	0,30	1,67
% z provozu dané pokladny	30	100	18	100
% z provozu pokladen	7	24	7	38
% z provozu linky	0,25	0,83	0,24	1,30

Zdroj: autor

2.1.6 Redukce vlakvedoucích

Redukce vlakvedoucích má dopad výhradně do osobních nákladů. Za účelem úspor lze ve vlacích zavést systém revizorů namísto vlakvedoucích. Revizoři nemusejí mít dopravní zkoušky a nemusejí jezdit na všech vlacích v celé trase. Tím, že revizoři nemusejí pracovat v noci a nemusejí mít dopravní zkoušky, mohou mít nižší plat než vlakvedoucí. Zároveň není potřeba vykrýt všechny spoje v celé délce, a proto stačí odpracovat méně pracovních hodin.

Náklady na jednoho revizora jsou stanoveny autorem na 48 000 Kč měsíčně. Týdenní pracovní doba pro revizory je stanovena autorem na 37,5 hod týdně. Hodinové náklady na revizora vycházejí ze vztahu (2).

$$N_{HX} = \frac{48\,000}{\frac{37,5}{7} \cdot 30} \doteq 300 \text{ Kč} \quad (2)$$

Každý den má službu jeden revizor v osmihodinové směně. Za měsíc je tedy potřeba odpracovat 240 hodin. Pro zohlednění pracovních neschopností, dovolených apod. je hodnota navýšena o 15 %. Celkový počet hodin je 276. Roční náklady na revizory činí 993 600 Kč, v přepočtu na dopravní výkon 3,77 Kč·vlkm⁻¹.

Při obsazení vlakvedoucími jsou roční náklady na ně 3 324 516 Kč. V přepočtu na dopravní výkon náklady na vlakvedoucí vycházejí na 12,80 Kč·vlkm⁻¹. Nasazením revizorů lze dosáhnout úspory 9,03 Kč·vlkm⁻¹. Ročně se jedná o úsporu 2 330 916 Kč, tedy 30 % osobních nákladů. Z pohledu celkových nákladů na provoz linky se jedná o 7 %.

Při zavedení tohoto opatření je zapotřebí vzít v úvahu potřebu alternativního prodeje jízdenek. Ve všech nácestných stanicích nejsou v provozu pokladny. Řešením by mohly být automaty na jízdenky ve vlacích nebo ve stanicích.

2.2 Úsporná opatření na lince Brno hl.n. – Bohutice

Obdobně jako v kap. č. 2.1 je v této kapitole cílem kalkulace úsporných opatření, avšak takových, která jsou aplikovatelná na modelový příklad linky S41 Brno hl.n. – Bohutice. Prvním z nich je úprava jízdního řádu.

2.2.1 Úprava jízdního řádu

Úprava jízdního řádu znamená posun časové polohy spojů tak, aby došlo ke zkrácení prostojů v obratových stanicích. V současném stavu (duben 2024) jsou tyto prostoje zejména ve stanici Brno hl.n. relativně dlouhé (okolo 50 minut). V navrženém jízdním řádu je zachován koncept hodinového taktu. Křižování vlaků je přesunuto z žst. Moravské Bránice do žst. Silůvky. Autorem navržený jízdní řád je uveden v příloze L.

Časy, u kterých dochází k posunu, jsou zvýrazněny červeně. V rámci úpravy jízdního řádu byl navíc doplněn jeden večerní vlak z Bohutic do Brna hl.n, aby se vyrovnal počet vlaků jedoucích oběma směry. Již není potřeba přesouvat jednu soupravu do Brna hl.n. jako postrk na jiném vlaku. Doplnění večerního vlaku do jízdního řádu navýší dopravní výkon o 14 892 vlkm ročně (3 %). Navýšením dopravního výkonu se změní všechny nákladové položky, které s provozem souvisejí.

Navržená úprava jízdního řádu znamená **snížení potřebného počtu souprav ze 3 na 2**. Jejich oběh je uveden v příloze M. Zároveň to znamená úsporu dvou soupravových jízd v úseku Rakšice – Bohutice denně. Vlivem úspory těchto dvou jízd a zároveň rozpočtení nákladů na údržbu na větší dopravní výkon lze dosáhnout zlevnění údržby o $0,95 \text{ Kč} \cdot \text{vlkm}^{-1}$ (3 %).

Počet směn, které jsou v rámci jednoho dne, se nemění (zůstává 6), ale dochází ke zkrácení délky jejich trvání. Konkrétní rozpis směn pro strojvedoucí je uveden v příloze N, pro vlakvedoucí v příloze O. Přehled toho, o kolik se zkrátí čas, který je potřeba každý den odpracovat v jednotlivých profesích, je uveden v tabulce č. 55.

Tabulka 55 – Úspora práce úpravou jízdního řádu – linka S41

Profese	Původní JŘ [hod]	Návrh [hod]	Δ [hod]	Δ [%]
Strojvedoucí	62,85	53,57	- 9,28	- 15
Vlakvedoucí	59,60	50,65	- 8,95	- 15

Zdroj: autor

Z tabulky č. 55 vyplývá, že u každé profese dojde k úspoře 15 % času, který je potřeba odpracovat. Při tvorbě rozpisů směn byla zohledněna veškerá zákonná omezení (přestávky na jídlo a oddech, minimální délka směny). Do osobních nákladů se tato změna promítne úsporou $6,14 \text{ Kč} \cdot \text{vlkm}^{-1}$ (16 % z osobních nákladů).

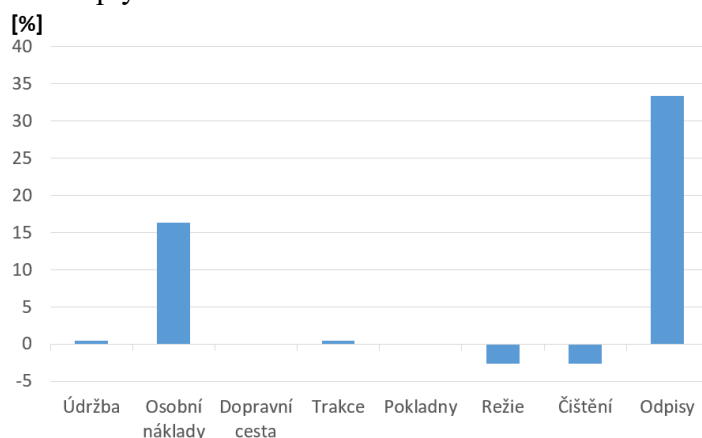
Do ostatních oblastí se promítne především zrušení dvou soupravových vlaků a zároveň navýšení dopravního výkonu. Podstatným způsobem se změna jízdního řádu promítne do odpisů, protože dopravci stačí 2 soupravy místo 3. Změna velikosti odpisů je v tab. č. 56.

Tabulka 56 – Změna odpisů – úprava jízdního řádu – linka S41

	Původní JŘ [Kč]	Návrh [Kč]	Δ [Kč]	Δ [%]
Celkový roční odpis	7 000 000	4 666 667	- 2 333 333	- 33
Odpis na 1 vlkm	12,70	8,47	- 4,23	- 33

Zdroj: autor

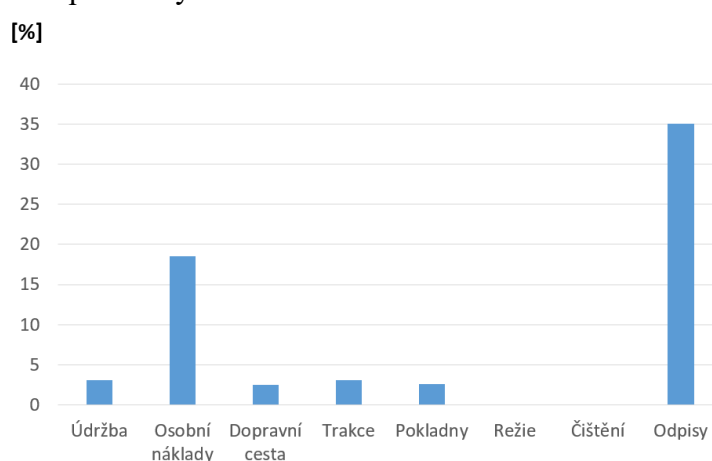
V grafu na obrázku č. 20 jsou vyobrazeny celkové výše úspor nákladů, které ze zavedení upraveného jízdního řádu plynou.



Zdroj: autor

Obrázek 20 – Absolutní změny nákladů – změna jízdního řádu – linka S41

Na obrázku č. 21 jsou graficky vyjádřeny velikosti úspor jednotlivých nákladových oblastí v přepočtu na dopravní výkon.



Zdroj: autor

Obrázek 21 – Velikost úspor v přepočtu na dopravní výkon – linka S41

Z grafů na obrázcích č. 20 a 21 vyplývá, že dominantně vznikají úspory v nákladech na odpisy a osobních nákladech. To potvrzuje, že změnou jízdního řádu dochází k efektivnějšímu využití vozidel a personálu. Celková úspora činí 7 % v absolutních nákladech, respektive 10 % v přepočtu na dopravní výkon.

2.2.2 Zkrácení o vůz

Druhým úsporným opatřením je zkrácení souprav o řídicí vůz. Na vlcích by jezdil samotný motorový vůz řady 842. Toto opatření by mělo dopad do nákladů na údržbu, dopravní cestu, trakci a do odpisů. V tabulce č. 57 je uvedeno, jakým způsobem toto opatření ovlivní zmíněné nákladové oblasti.

Tabulka 57 – Rozdíl nákladů – zkrácení o vůz – linka S41

Náklad	Δ roční náklad [Kč]	Δ [%]
Údržba	- 2 867 805	- 16,5
Dopravní cesta	- 2 175 242	- 45,0
Trakce	- 10 970 386	- 47,0
Odpisy	- 2 200 000	- 31,5
Celkem	- 18 213 434	- 23,0

Zdroj: autor

Zavedení tohoto opatření znamená snížení kapacity o 63 míst, tedy o 50 %.

2.2.3 Změna trakce

Na trati jsou vlaky provozovány v diesellové trakci. Pro hledání úspor byla zvolena náhrada pohonem na HVO, elektrickým pohonem a bateriovým pohonem. Ve všech třech případech je toto opatření spojeno s nákupem nového vozidla. S tím souvisí fakt, že se úspory promítnou do nákladů na údržbu, dopravní cestu, trakci a odpisy.

HVO

Stejně jako v kap. č. 2.1.4. je pro nasazení vozidel s pohonem na HVO vybrána DMU řady 847, která je schopna jezdit na HVO. Pro zavedení této trakce nejsou potřeba žádné infrastrukturní investice. Jak se promítne provoz na HVO do nákladů dopravce je uvedeno v tab. č. 58. Z výsledků výpočtu vyplývá, že dochází k navýšení celkových nákladů o 15 %. Důvodem je především vyšší cena HVO oproti klasické naftě (37 vs. 28 Kč·litr⁻¹) a náklady na odpisy vzniklé pořízením nových vozidel. V celkovém měřítku se nejedná o úsporu.

Tabulka 58 – Rozdíl nákladů – nasazení HVO – linka S41

Náklad	Δ roční náklad [Kč]	Δ [%]
Údržba	- 2 867 805	- 16,5
Dopravní cesta	- 278 999	- 6,0
Trakce	+ 5 256 102	+ 22,5
Odpisy	+ 1 500 000	+ 21
Celkem	+ 3 609 298	+ 4,5

Zdroj: autor

HVO je ekologičtější než motorová nafta a jeho nasazení má příznivý dopad na životní prostředí. Jedná o syntetické palivo a provoz linky S41 je tedy oproštěn od fosilních paliv, což ho činí udržitelnějším.

EMU

Pro zavedení provozu EMU je potřeba elektrizovat trať v úseku Střelice – Bohutice. Jde o 27,8 km dlouhý úsek. Při ceně 10 000 000 Kč·km⁻¹ znamená elektrizace tohoto úseku náklady na straně infrastruktury v objemu 278 000 000 Kč. Trakční vedení lze napájet z trakční transformovny Modřice, proto není potřeba stavět transformovnu novou. (36) Vzhledem k tomu, že se trať nachází v jižní části České republiky, v oblasti, kde jsou tratě elektrifikovány střídavou trakční soustavou, připadá v úvahu výhradně elektrizace střídavou trakční soustavou 25 kV, 50 Hz.

U dopravce se nasazení elektrických jednotek promítne do nákladů na údržbu, dopravní cestu, trakci a odpisy. Výpočty jsou stejné jako v kap. č. 2.1.4. U položky trakční energie se pro výpočet uvažuje pouze napájení střídavým proudem. Výpočet vychází ze vzorce (7). Spotřeba trakční energie jízdou vlaků a soupravovými vlaky je vyčíslena v tabulce č. 59.

Tabulka 59 – Spotřeba trakční elektrické energie – linka S41

Roční období	Jízda vlaků [kWh]	Vlaky Sv [kWh]
Březen – srpen	980 725	13 284
Září – listopad	509 284	6 898
Prosinec – únor	551 658	7 472
Celkem	2 041 667	27 654

Zdroj: autor

Z tabulky č. 59 vyplývá, že celková roční spotřeba elektrické energie vlaky linky S41 činí 2 069 321 kWh. Z této hodnoty připadne 1,5 % na soupravové vlaky. Při ceně 4,13 Kč·kWh⁻¹ činí celkové náklady na trakční energii 8 546 293 Kč. V porovnání s provozem na naftu jsou náklady na trakční energii nižší o 63,5 %. Změny výše uvedených nákladových položek jsou vyčísleny v tabulce č. 60.

Tabulka 60 – Rozdíl nákladů – nasazení EMU – linka S41

Náklad	Δ roční náklad [Kč]	Δ [%]
Údržba	- 8 603 415	- 50,0
Dopravní cesta	+ 714 047	+ 15,0
Trakce	- 14 849 249	- 63,5
Odpisy	+ 4 800 000	+ 68,5
Celkem	- 17 938 617	- 22,5

Zdroj: autor

Významnou roli v úsporách při zavedení této trakce hraje údržba, která je u elektrických vozidel jednodušší, a trakce, která vychází o 63,5 % levněji než provoz na naftu. EMU jsou ale těžší než diesellové soupravy a oproti současnému stavu se jedná o nová vozidla. To se projevuje v nákladech na dopravní cestu a odpisy. Toto opatření kromě finanční úspory má ještě benefity v podobě ekologizace provozu linky, jelikož elektrická trakce má prakticky nulové emise CO₂ v místě spotřeby. Dalším přínosem je nasazení nových souprav a tím potencionální zvýšení poptávky po přepravě linkou S41. Zároveň dojde k navýšení kapacity spojů na lince S41 ze 127 na 140 míst (9 %).

BEMU

Další alternativou pro změnu trakce je nasazení BEMU. Stejně jako v příkladu linky V24 je zvolena jednotka řady 650.2 doplněna o lithium–titanové baterie (více charakterizována v kap. č. 2.1.4). Bateriové jednotky by jely 13 km pod trakčním vedením a 27,8 km na baterii. Celkem tak musí v rámci jednoho obratu ujet na baterie 55,6 km. Udávaný dojezd 80 km je dostačující.

Vzhledem k tomu, že přes noc budou jednotky odstaveny v žst. Rakšice, je nutné zde vybudovat napájecí bod pro připojení jednotek k elektrické síti, aby bylo zajištěno jejich temperování a ostatní činnosti při odstavení.

U dopravce se nasazení BEMU promítne do nákladů na údržbu, dopravní cestu, trakční energii a odpisy. Náklady na údržbu vycházejí ze zdroje (2) a jsou stejné jako v případě EMU. Výpočet nákladů na dopravní cestu vychází ze vzorců (4) až (6). Výpočet ceny za trakční

energii je stejný jako v kap. č. 2.1.4. Rovněž je potřeba uvažovat s účinností 90 % při jízdě v režimu na baterie. Spotřeba trakční energie je uvedena v tabulce č. 61.

Tabulka 61 – spotřeba trakční energie – BEMU – linka S41

Roční období	Režim EMU [kWh]	Režim BEMU [kWh]	Vlaky Sv [kWh]
Březen – srpen	312 486	735 063	14 612
Září – listopad	162 272	381 713	7 588
Prosinec – únor	175 773	413 473	8 219
Celkem	650 531	1 530 549	30 419

Zdroj: autor

Soupravové vlaky, uvedené v posledním sloupci tabulky č. 61, jsou vedeny v režimu BEMU. Z tabulky č. 61 vyplývá, že celková spotřeba vlaků linky S41 je 2 180 780 kWh ročně. Při ceně 4,13 Kč·kWh⁻¹ jde o roční náklady 9 132 253 Kč. To je o 61 % méně než v případě diesellové trakce, avšak o 7 % více než v případě nasazení čistě EMU. Celkové změny nákladů při nasazení BEMU jsou uvedeny v tabulce č. 62.

Tabulka 62 – Změna celkových nákladů – nasazení BEMU – linka S41

Náklad	Δ roční náklad [Kč]	Δ [%]
Údržba	- 8 603 415	- 50,0
Dopravní cesta	+ 950 486	+ 20,0
Trakce	- 14 263 289	- 61,0
Odpisy	+ 8 200 000	+ 117,0
Celkem	- 13 716 218	- 17,0

Zdroj: autor

Změny v nákladech jsou velmi podobné jako v případě zavedení elektrické trakce. Vyšší jsou náklady na dopravní cestu a odpisy, což je způsobeno nasazením nových těžších vozidel. Oproti EMU jsou jednotky těžší o trakční akumulátor

2.2.4 Úspory v oblasti pokladen

Jak bylo zmíněno v kap. č. 1.9.7, na trase linky S41 jsou v provozu pouze dvě pokladny (Brno hl.n., Moravský Krumlov). Vzhledem k tomu, že ve stanici Brno hl.n. má linka S41 podíl pouhých 5 % a zároveň by omezování pokladny ve druhém největším městě České republiky nedávalo smysl, jsou úsporná opatření zaměřena na pokladnu ve stanici Moravský Krumlov. Podíl vlaků linky S41 ve stanici Moravský Krumlov činí 82 %. Toto opatření se projeví pouze

v oblasti nákladů na pokladny. Stejně jako v kap. č. 2.1.5. jsou sledovány dvě varianty – zkrácení otevírací doby o dvě hodiny nebo úplné zrušení pokladny.

Zkrácení otevírací doby

Pokladna ve stanici Moravský Krumlov je otevřena od 6:00 do 17:25. Zkrácením o dvě hodiny bude otevírací doba nastavena na čas 6:00 – 15:25. K uzavření pokladny dojde v odpoledních hodinách, kdy je předpoklad nižšího počtu cestujících, kteří opouštějí Moravský Krumlov. Předpoklady pro výpočet úspory vycházejí z kap. č. 2.1.5. Zavedením tohoto opatření se roční náklady sníží o 175 265 Kč, to znamená úsporu o velikosti 15 % v oblasti pokladen, respektive 0,2 % z celkových nákladů na provoz linky S41. Při přepočtu na dopravní výkon bude úspora 0,32 Kč·vlkm⁻¹.

Zrušení pokladny v žst. Moravský Krumlov

Druhou variantou je zrušení pokladny v žst. Moravský Krumlov. Pokles ročních nákladů činí 1 000 470 Kč, neboli 88 % z nákladů na pokladny. V kontextu celkových nákladů na linku S41 jde o pokles o 1 %. V přepočtu na dopravní výkon se jedná o úsporu 1,50 Kč·vlkm⁻¹.

2.2.5 Redukce vlakvedoucích

Princip je stejný jako v příkladu linky V24, tedy nahrazení vlakvedoucích revizory, kteří nemusejí mít dopravní zkoušky a nemusejí každý vlak doprovázet v celé trase. Toto opatření má dopad výhradně do osobních nákladů.

Hodinové náklady na revizora vycházejí na 300 Kč (viz. kap. č. 2.1.6), tedy o 45 Kč (13 %) méně než v případě vlakvedoucích. Každý den má službu jeden revizor v osmihodinové směně. To je pokles o 51,6 odpracovaných hodin (87 %) denně. Úspora, která vznikne tímto opatřením, je vyčíslena na 7 417 719 Kč ročně, což znamená snížení osobních nákladů o 37,5 % v celkovém měřítku pak jde o snížení nákladů o 9 %. Při přepočtu na dopravní výkon dojde k poklesu ceny o 13,15 Kč·vlkm⁻¹.

Při zavedení tohoto opatření je potřeba zajistit alternativní prodej jízdních dokladů pro cestující. Za takovou alternativu lze zvolit prodejní automaty ve stanicích a na zastávkách, mobilní aplikaci nebo rozšíření sítě pokladen, což ale není v souladu s opatřením v kap. č. 2.2.4. Důležité je, aby se pořízení jízdního dokladu nestalo pro cestující příliš komplikované a odrazující od cestování železniční dopravou. Vlivem tohoto opatření nebude pro cestující k dispozici vlakový doprovod, což může působit problémy např. při nakládce osob s omezenou schopností pohybu nebo orientace (OOSPO). Vozidla na této lince nejsou nízkopodlažní, ale jsou vybavena zdvihací plošinou. Pomoc pro OOSPO by zbyla pouze na strojvedoucím, což může mít dopad do dodržení jízdního řádu.

3 ZHODNOCENÍ ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ

Závěrem je potřeba navržená opatření sumarizovat a porovnat mezi sebou. To je cílem této kapitoly, která má vyjádřit míru úspor konkrétních opatření.

3.1 Linka Choceň – Náchod

Přehled všech opatření včetně porovnání velikosti jejich dopadu je uveden v tab. č. 63.

Tabulka 63 – Celkové zhodnocení úsporných opatření – linka V24

Opatření	Náklady [Kč·vlkm ⁻¹]	Δ nákladů [Kč·vlkm ⁻¹]	Δ [%]
Základní varianta	128,02	0,00	0
Vratná souprava	136,79	+ 8,77	+ 7
Zkrácení o vůz	103,28	- 24,74	- 19
ETCS	130,85	+ 2,83	+ 2
HVO	150,36	+ 22,34	+ 17
EMU	113,23	- 14,79	- 12
BEMU	123,89	- 4,13	- 3
Zkrácení Borohrádek	127,70	- 0,32	- 0,2
Zrušení Borohrádek	126,96	- 1,06	- 0,8
Zkrácení Nové Město	127,72	- 0,30	- 0,2
Zrušení Nové Město	126,35	- 1,67	- 1,3
Revizoři	118,82	- 9,20	- 7

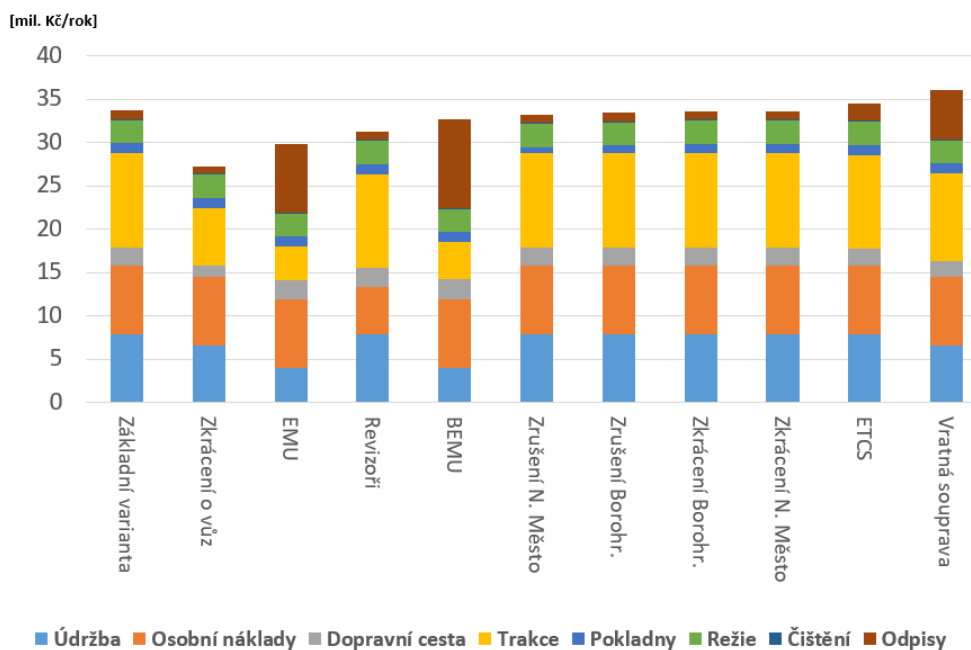
Zdroj: autor

Z tabulky č. 63 vyplývá, že největší úsporou je zkrácení souprav o jeden vůz. Tím lze ušetřit 24,74 Kč·vlkm⁻¹ (19 %). Zároveň není potřeba soupravu v koncových stanicích objíždět. Nevýhodou tohoto opatření je snížení kapacity souprav.

Druhým nejúspornějším opatřením je elektrizace tratě, a nasazení elektrických souprav. Elektrizace s sebou nese úsporu trakční energie a zároveň úsporu emisí CO₂. Dopravce nabídne nová vozidla s nižšími náklady na provoz, což je jednoznačným přínosem. Nutnou podmínkou je elektrizace tratě v úseku Týniště nad Orlicí – Náchod. Tuto podmínku není zapotřebí splnit v případě nasazení BEMU. U vozidel BEMU je však úspora nižší než v případě čistě elektrických jednotek. Benefity zůstávají stejné. Úsporu lze uvažovat 4,13 Kč·vlkm⁻¹ (3 %).

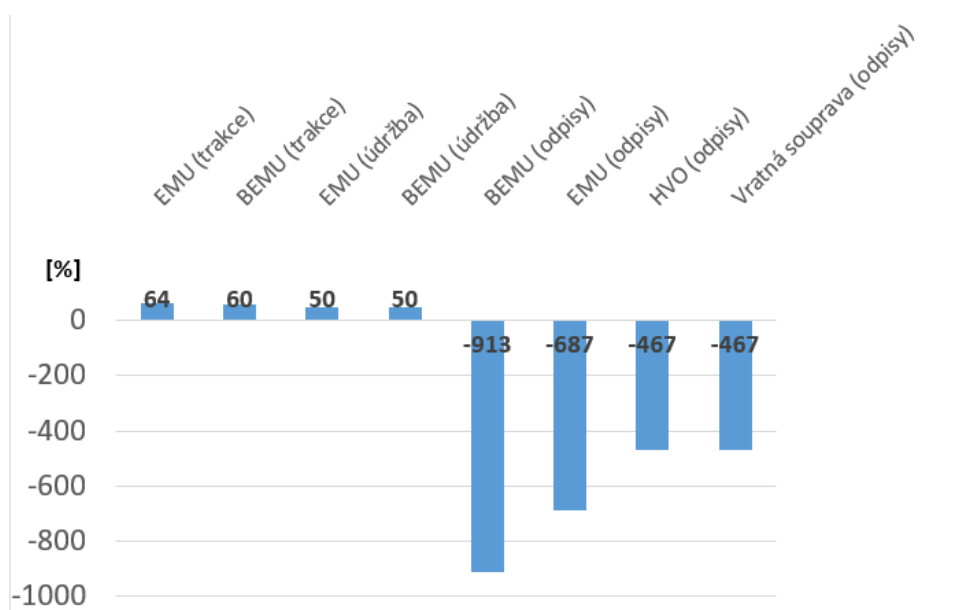
Naopak nasazení vratných souprav a provoz na HVO úsporami nejsou a tato opatření s sebou nesou nejvyšší nárůst nákladů. V obou případech je to způsobeno nasazením nových

vozidel, jejichž pohonem je nafta, případně HVO. Cena HVO je vyšší než cena nafty. Úspora v oblasti trakční energie nenastává a naopak dochází k nárůstu nákladů na odpisy. Navíc od roku 2027 vejde v platnost úprava systému emisních povolenek, které se nově budou vztahovat na benzín, naftu, plyn a topný olej. Cena litru nafty se zvýší cca o 3 Kč·l⁻¹. Tím se prohloubí ekonomická nevýhodnost vozidel s diesellovým pohonem. Graficky jsou náklady na jednotlivé varianty úspor vyobrazeny v grafu na obrázku č. 22.



Zdroj: autor

Obrázek 22 – Porovnání nákladů na provoz – linka V24



Zdroj: autor

Obrázek 23 – Přehled nejvýznamnějších procentuálních rozdílů – linka V24

V grafu na obr. č. 23 jsou vyobrazeny nejvýznamnější procentuální změny nákladů při zavedení konkrétních opatření. Z tohoto grafu vyplývá, že nejvyšší zápornou úsporou, tedy navýšením nákladů, je pořízení nového vozidla. Naopak největších úspor se dosahuje nasazením EMU a BEMU v oblasti údržby a trakce.

V tabulce č. 63 a grafech na obrázcích č. 22 a 23 jsou úpravy provozních dob pokladen v Borohrádku a v Novém Městě nad Metují vyjádřeny slovy “zkrácení” a “zrušení”. Zrušení znamená úplné zrušení pokladny v dané žst., zkrácení představuje zkrácení otevírací doby pokladny o 2 hodiny, jak bylo vypočteno v kap. č. 2.1.5. Úsporná opatření dosažená změnou trakce jsou označena pouze zkratkou daného typu pohonu.

3.2 Linka Brno hl.n. – Bohutice

Přehled opatření a jejich porovnání mezi sebou a vůči základní (současné) variantě je uvedeno v tabulce č. 64.

Tabulka 64 – Porovnání nákladů v rámci úsporných opatření – linka S41

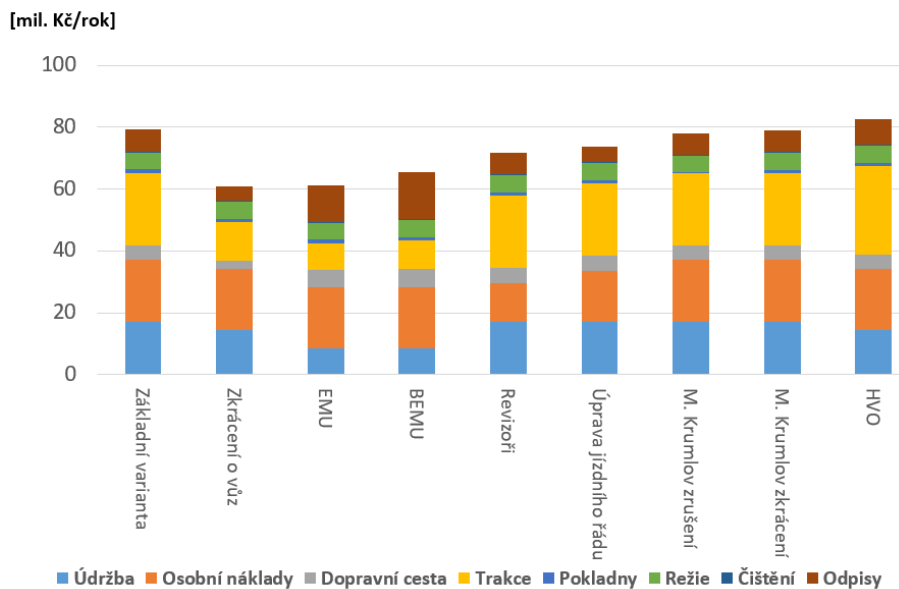
Opatření	Náklady [Kč·vlkm ⁻¹]	Δ nákladů [Kč·vlkm ⁻¹]	Δ [%]
Základní varianta	143,65	0,00	0
Úprava jízdního řádu	129,99	- 13,66	- 10
Zkrácení o vůz	110,59	- 33,05	- 23
HVO	150,20	+ 6,55	+ 4
EMU	111,09	- 32,56	- 23
BEMU	118,76	- 24,89	- 17
Zkrácení M. Krumlov	143,33	- 0,32	- 0,2
Zrušení M. Krumlov	141,83	- 1,82	- 1
Revizoři	130,18	- 13,46	- 9

Zdroj: autor

Z tabulky č. 64 vyplývá, že nejúspornějším opatřením je zkrácení soupravy o vůz. Toto opatření představuje úsporu 23 %. Zároveň toto opatření s sebou nese snížení kapacity souprav o 50 %, které může zejména ve špičkách pracovních dní představovat diskomfort pro cestující. Důsledkem může být pokles počtu cestujících. Tím by došlo k poklesu tržeb a úsporné opatření by bylo kontraproduktivní. Druhým nejúspornějším opatřením je elektrizace tratě a nasazení elektrických souprav. Dopad do nákladů je velmi podobný jako v případě zkrácení o vůz – úspora 23 %. Elektrizace s sebou nese úsporu emisí CO₂. To znamená ekologizaci linky

a bezemisní provoz v místě spotřeby. Tu samou výhodu s sebou nese nasazení BEMU. U těchto vozidel je však úspora nižší – 17 %. Naopak nasazení souprav na HVO provoz o 4 % prodraží. Důvodem je, že je potřeba koupit nové vozidlo, a navíc je HVO dražší než nafta.

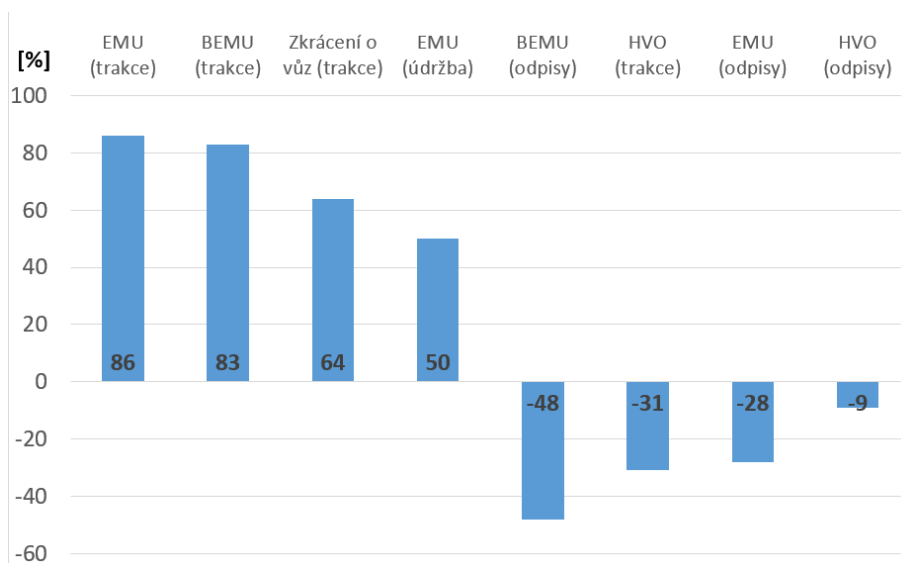
Na obr. č. 24 je graf celkových nákladů s rozdělením jednotlivých položek podle barev.



Zdroj: autor

Obrázek 24 – Celkové náklady – linka S41

V grafu na obrázku č. 25 jsou znázorněny nejvýznamnější rozdíly v nákladech v jednotlivých nákladových oblastech při zavedení určitého opatření. Tři ze čtyř úspor se týkají trakce. To je dáno přechodem na levnější elektrickou trakci v případě EMU či BEMU, resp. úspory nafty v případě zkrácení souprav o vůz.



Zdroj: autor

Obrázek 25 – Nejvýznamnější rozdíly v nákladových oblastech – linka S41

ZÁVĚR

Z výpočtů vyplynulo, že největší dopad do nákladů formou úspory má zkrácení souprav o vůz. Výsledkem je úspora cca 20 % z celkových nákladů. (19 % – V24, 23 % – S41). Toto opatření nevyžaduje žádné investiční výdaje. Při aplikaci je potřeba uvážit, zda nedojde ke snížení komfortu vlivem nedostatečné kapacity, k jejíž snížení toto opatření vede.

Dále z výsledků vyplývá, že druhým nejúspěšnějším opatřením je nasazení EMU. Úspora je 12 % (V24), resp. 23 % (S41). Z výpočtů vyplývá, že úspora nasazením EMU roste s rostoucím dopravním výkonem (263 238 vlkm V24, 551 004 vlkm S41). Je to dáno vyšším rozdílem nákladů na trakční energii a zároveň faktem, že nová vozidla se více využijí. Nevýhodou je nutnost elektrizovat tratě, po kterých jsou linky vedeny v celé délce. Náklady na elektrizaci tratí ale nenese dopravce. Nasazení EMU znamená až 3x levnější provoz vůči nezávislé trakci. Podobné benefity má i nasazení BEMU. Zde je úspora menší než v případě nasazení EMU (3 % V24, 17% S41). I zde se projevuje nárůst úspory s rostoucím dopravním výkonem. Pro zavedení tohoto pohonu jsou potřebné menší investice než v případě nasazení EMU. Konkrétní investicí je vybudování napájecích bodů v místech, kde jsou potřeba. Využití pro nákladní dopravu je sporné, jelikož žádná akumulátorová lokomotiva, která by disponovala větším výkonem, neexistuje. Naopak nasazení vozidel s palivem HVO finanční úsporu nepřináší. Tímto opatřením dojde k ekologizaci dopravy.

Na příkladu linky S41 je vidět, že i pouhou úpravou jízdního řádu (posunutí časů odjezdů) lze dosáhnout úspory až 10 %. Dochází k efektivnějšímu využití vozidel a pracovní síly a tím k šetření finančních prostředků. Toto opatření nelze zavést vždy ať už vlivem dlouhých jízdních dob nebo vazbou na přípojné vlaky. U linky V24 by zkrácení dob obrátů znamenalo zrušení taktu na lince a rozvázání přípojných vazeb po trase. Navíc jízdní doba 60 minut v jednom směru je z hlediska systému krajně nevhodná. Zde by musely úpravu jízdního řádu provázet infrastrukturní změny.

Úspory lze dosáhnout i kombinací dalších opatření, například úpravou jízdního řádu a zároveň nasazením EMU. Tato kombinace zajistí další snížení nákladů na provoz až o 33 %.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] JOHANIDES M., KŘÍŽAN L., ŠPRINGL T., VOHNOUT J., ZITKO J., *Nabídka přepravních služeb na lince osobní železniční dopravy R12*. Semestrální projekt. Univerzita Pardubice. Dopravní fakulta Jana Pernera. 2022.
- [2] POHL Jiří, Ing., *Náklady a výnosy v osobní železniční dopravě*. Siemens mobility s.r.o., 2021.
- [3] SDRUŽENÍ PRO INTEGRACI A MIGRACI, *Povinnosti zaměstnavatele a odvody*. [online]. Sdružení pro integraci a migraci. Havlíčkovo náměstí 2, 130 00, Praha 3. 2024. [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://www.migrace.com/cs/poradna/informace-pro-cizince/cizinci-ze-zemi-mimo-eu/pracovni-pomer/zamestnani-mimo-eu-odvody>.
- [4] ČESKÉ DRÁHY, *Podniková kolektivní smlouva Českých drah, a.s.* [online]. Praha, 2024. [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://www.osz.org/index.php/pks-cd-a-s>.
- [5] SPRÁVA ŽELEZNIC, *Prohlášení o dráze celostátní a drahách regionálních. Platné pro přípravu jízdního řádu 2024 a pro jízdní řád 2024, účinné od 9.12.2022. Č.j. 81352/2022–SŽ–GŘ–O05* [online], 2022, [cit. 2023-09-07], Dostupné z: https://www.spravazeleznic.cz/documents/50004227/152830399/cj081352_Prohlášení+2024_CaR_2+změna_web.pdf/be0930cc-7987-452f-85fa-68458cd08a03.
- [6] SPRÁVA ŽELEZNIC, *Prohlášení o dráze celostátní a drahách regionálních. Platné pro přípravu jízdního řádu 2025 a pro jízdní řád 2025, účinné od 14.12.2023. Č.j. 79749/2023–SŽ–GŘ–NŘP*. [online], 2023, [cit. 2024-04-22], Dostupné z: https://www.spravazeleznic.cz/documents/50004227/163491491/cj079749_Prohlášení+2025_CaR_1+změna_web.pdf/f6ceaddc-b6b9-43c5-94ca-db040cf6505d.
- [7] ČESKÉ DRÁHY, *Cena prodeje motorové nafty*. [online]. 2023. [cit. 2024-04-22]. Dostupné z: <https://www.ceskedrahy.cz/pro-partnery/pristup-k-zarizeni-sluzeb>.
- [8] SPRÁVA ŽELEZNIC, *Smlouva o dodávkách trakční elektrické energie*. [online]. Praha, 2021. [cit. 2024-03-16]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/documents/50004227/50172200/Smlouva+dodávky+TEE+2021/772d1ae3-99a8-4ff1-89c4-02f87eea7ce2>.
- [9] PROTIVÍNSKÝ Tomáš, KOLOUCHOVÁ Kateřina. *Jak fungují emisní povolenky?* [online]. 1.8.2023. Brno: Fakta o klimatu. [cit. 2024-04-23]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/explainery/emisni-povolenky-ets#která-odvětví-jsou-do-systému-zahrnuta>.

- [10] ŠIDLÁK, Martin. *Na rok 2027 chystá EU novou daň z CO₂. Zdražení benzínu vykryje dostací.* [online]. 19.1.2023. Praha: Mafra, a.s.: iDNES.cz. [cit. 2024–04–23]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/oxid-uhlicity-dan-eu-ets2-povolenky-cerpaci-stanice-vytapeni.A230114_194845_automoto_dohr.
- [11] SPRÁVA ŽELEZNIC. Interní materiály.
- [12] MINISTERSTVO DOPRAVY, *Koncepce rozvoje elektrické trakce v České republice.* [online]. Praha. 2023. [cit. 2024–04–23]. Dostupné z: <https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Drazni-doprava/Zeleznicni-infrastruktura/Koncepce-rozvoje-elektricke-trakce-2023.pdf.aspx?lang=cs-CZ>.
- [13] PAIDAR Pavel, Ing. *Projekty prosté elektrizace.* [online]. Praha, 2023 [cit. 2023-08-28]. Dostupné z: https://zdopravy.cz/wp-content/uploads/2023/04/364-8_pavel-paidar-projekty-proste-elektrizace.pdf.
- [14] POHL Jiří, Ing. *Liniová a bodová elektrifikace, technická zpráva pro Správu železnic.* Siemens mobility s.r.o., 2021.
- [15] DAF, *Hydrogenovaný rostlinný olej.* [online]. Říčany: DAF Trucks CZ, s.r.o., 2024. [cit. 2024-04-02]. Dostupné z: <https://www.daftrucks.cz/cs-cz/trucks/alternativni-paliva-a-hnaci-soustavy/clean-diesel-technology/hvo>.
- [16] VACULÍK, Martin. *Svět motorů: Biopalivo lepší než nafta sama.* [online]. Praha: Česká asociace petrolejářského průmyslu a obchodu. 25.5.2021. [cit. 2023-04-04]. Dostupné z: <https://www.cappo.cz/aktuality-a-media/ostatni-media/precetli-jsme-za-vas/svet-motoru-biopalivo-lepsi-nez-nafta-sama>.
- [17] PAVLOVOVÁ, Jana. *Nové jednotky 847 společnosti PESA zahájily zkušební provoz.* [online]. Praha: Expert Publishing Group: Railtarget, 16.8.2023. [cit. 2024-04-04]. Dostupné z: <https://www.railtarget.cz/byznys/nove-jednotky-847-spolecnosti-pesa-zahajily-zkusebni-provoz-6322.html>.
- [18] NAVRÁTIL Martin, *Dvouzdrojová vozidla s baterií postupně překonávají nedůvěru dopravců.* [online]. České dráhy a.s: Železničář. 15.1.2015. [cit. 2024–04-09]. Dostupné z: <https://seznam.cd.cz/zeleznicar/provoz-a-technika/dvouzdrojova-vozidla-s-baterii-postupne-prekonavaji-neduveru-dopravcu/-6288/21,0,,/>.
- [19] POHL Jiří, *Technické prostředky elektrické vozby.* [online]. 10.10.2019. Žďár nad Sázavou: Siemens Mobility. [cit. 2023–11–18]. Dostupné z: <https://kulatystul.upce.cz/Prispevky/00.pdf>.

- [20] JANÍK, Luděk, Ing. Jak se vyrábí palivo budoucnosti. Vodík pro auta i elektroniku. [online]. MAFRA a. s.: iDNES.cz: Technet. 28.1.2008. [cit. 2024-04-09]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/technet/technika/jak-se-vyrabi-palivo-budoucnosti-vodik-pro-auta-i-elektroniku.A080127_234744_tec_technika_vse.
- [21] FREI Martin, *Vodíkový pohon automobilů: Nechceme lithium, chceme vodík*. [online]. Czech News Center: Auto.cz: Technika. Praha. 21.4.2018. [cit. 2024-04-09]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/vodikovy-pohon-automobilu-nehceme-lithium-chceme-vodik-121182>.
- [22] ČESKÁ VODÍKOVÁ TECHNOLOGICKÁ PLATFORMA, *Základní informace k vodíku*. [online]. Česká vodíková technologická platforma. Praha. 2024. [cit. 2024-04-09]. Dostupné z: <https://www.hytep.cz/o-vodiku/ve-zkratce>.
- [23] MAPY.CZ. *Mapy.cz*. [online]. Praha, 2024 [cit. 2024-02-19]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?l=0&x=15.7659000&y=49.9853000&z=11>.
- [24] DAVID ŠVESTKA, SPOLEK ZELPAGE, Atlaslokomotiv.net: 843 [online], 2024, [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://www.atlaslokomotiv.net/loko-843.html>.
- [25] SPOLEK ZELPAGE, Atlas vozů: *Vůz CZ-ČD 843*. [online]. [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://www.atlasvozu.cz/rada/cd/164-843.html>.
- [26] SPOLEK ZELPAGE, Atlas vozů: *Vůz CZ-ČD Btn⁷⁵³*. [online]. [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://www.atlasvozu.cz/rada/cd/35-Btn753.html>.
- [27] DAVID ŠVESTKA, SPOLEK ZELPAGE, Atlaslokomotiv.net: 842 / M 273.2 [online]. 2024, [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://www.atlaslokomotiv.net/loko-842.html>.
- [28] SPOLEK ZELPAGE, Atlas vozů: *Vůz CZ-ČD 842*. [online]. [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://www.atlasvozu.cz/rada/cd/218-842.html>.
- [29] SPOLEK ZELPAGE, Atlas vozů: *Vůz CZ-ČD Bfbrdtn⁷⁹⁴*. [online]. [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://www.atlasvozu.cz/rada/cd/46-Bfbrdtn794.html>.
- [30] SŮRA, Jan. *Překvapení: ETCS do motoráků 842 a řídicích vozů vyjde České dráhy výrazně levněji, než čekaly*. [online]. Praha: Avizer Z s.r.o.: Zdopravy.cz, 2021. [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/prekvapeni-etcs-do-motoraku-842-a-ridicich-vozu-vyjde-ceske-drahy-vyrazne-levneji-nez-cekaly-98713/>.
- [31] SPOLEK ZELPAGE, Atlas vozů: *Vůz CZ-ČD 847*. [online]. [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://www.atlasvozu.cz/rada/cd/472-847.html>.
- [32] POHL, Jiří. *Emailová korespondence*.

- [33] PASTUCHA, Marek. *Specifikace ke změnovému schvalovacímu protokolu č.j. 12/2019–430–PPR/7*. [online]. Ministerstvo dopravy: Státní fond dopravní infrastruktury. 2019. [cit. 2024–04–29]. Dostupné z: <https://kz.sfdi.cz/application/download2.asp?TypSml=1&FileID=23852&FileType=PDF>.
- [34] ŠRÁMEK Milan, *BEMUs ŠKODA & NÍZKOEMISNÍ ZÍTRĚK*. [online]. Plzeň: Škoda Transportation a.s. 4.11.2022. [cit. 2024–04–09]. Dostupné z: https://ys-common.s3.eu-central-1.amazonaws.com/Skoda_bemus_7f45911ba3.pdf.
- [35] SŮRA, Jan. *Úřad pokutoval České dráhy za nákup bateriových jednotek bez soutěže, dopravce pochybení odmítá*. [online]. Praha: Avizer Z s.r.o.: Zdopravy.cz, 2021. [cit. 2024-04-09]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/urad-pokutoval-ceske-drahy-za-nakup-bateriovych-jednotek-bez-souteze-dopravce-pochybeni-odmita-192954/>.
- [36] PEROUTKA, Jaroslav. *Systém trakčních proudových soustav*. [online]. Sudop Praha, Sudop Brno. 2016. [cit. 2024–04–29]. Dostupné z: https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Drazni-doprava/Zeleznicni-infrastruktura/Koncepce-prechodu-na-jednotnou-napajeci-soustavu-n/mapa_system.pdf.aspx.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Plán elektrizace tratí v rámci jejich celkové modernizace.....	88
Příloha B – Význam modernizovaných tratí pro druhy dopravy	89
Příloha C – Tratě s plánovanou prostou elektrizací	90
Příloha D – Význam tratí s prostou elektrizací pro druhy dopravy	91
Příloha E – Kategorie míst zastavení na trati Choceň – Náchod.....	92
Příloha F – Turnus strojvedoucích a vlakvedoucích – linka V24.....	93
Příloha G – Kategorie míst zastavení na trati Brno hl.n. – Bohutice.....	94
Příloha H – Jízdní řád Brno hl.n. – Bohutice	95
Příloha I – Stanovené oběhy vozidel – linka S41	96
Příloha J – Rozpis směn strojvedoucích – linka S41	97
Příloha K – Rozpis směn vlakvedoucích – linka S41	98
Příloha L – Návrh jízdního řádu – linka S41	99
Příloha M – Návrh jízdního řádu – oběhy vozidel – linka S41	100
Příloha N – Navržený rozpis směn strojvedoucích – linka S41	101
Příloha O – Navržený rozpis směn vlakvedoucích – linka S41	102

Příloha A – Plán elektrizace tratí v rámci jejich celkové modernizace

Traťový úsek	Délka úseku [km]
Plzeň hl.n. – Česká Kubice st. hranice	70
Nýřany – Heřmanova Huť	10
Veselí nad Lužnicí – České Velenice	55
Praha-Bubny – Kladno	29
Kralupy nad Vltavou – Neratovice	17
Nymburk hl.n. – Mladá Boleslav hl.n.	30
Mladá Boleslav hl.n. – Turnov – Liberec	68
Týniště nad Orlicí – Častolovice – Solnice	23
Novosedly – Znojmo	35
Otrokovice – Vizovice	25
Blažovice – Veselí nad Moravou – Kunovice	86
Staré Město u Uh. Hrad. – Kunovice – Bojkovice	35
Újezdec u Luhačovic – Luhačovice	10
Moravský Písek – Bzenec	4
Sedlnice – Štramberk	15
Ostrava-Kunčice – Frýdek-Místek – Frenštát pod Radhoštěm	39
Frýdlant nad Ostravicí – Ostravice	7
Opava východ – Krnov	29
Skalice nad Svitavou – Boskovice	5
Tišnov – Nové Město na Moravě – Žďár nad Sázavou	62
Pardubice–Rosice nad Labem – Hlinsko v Čechách	52
Odb. Skály – Všetaty	29
Praha–Smíchov – Rudná u Prahy – Beroun	34
Praha–Smíchov – Hostivice	19
Σ	788

Zdroj: autor s využitím (12)

Příloha B – Význam modernizovaných tratí pro druhy dopravy

Trať	Význam pro:			
	Reg.	Dávk.	Mezist.	Nákl.
Plzeň hl.n. – Česká Kubice st. hranice			X	X
Nýřany – Heřmanova Huť	X			
Veselí nad Lužnicí – České Velenice	X		X	X
Praha-Bubny – Kladno	X			
Kralupy nad Vltavou – Neratovice	X			X
Nymburk hl.n. – Mladá Boleslav hl.n.	X	X		X
Mladá Boleslav hl.n. – Turnov – Liberec	X	X		X
Týniště nad Orlicí – Častolovice – Solnice	X			X
Novosedly – Znojmo	X			X
Otrokovice – Vizovice	X			X
Blažovice – Veselí nad Moravou – Kunovice	X			
Staré Město u Uh. Hrad. – Kunovice – Bojkovice	X	X		
Újezdec u Luhačovic – Luhačovice	X	X		
Moravský Písek – Bzenec	X			
Sedlnice – Štramberk	X			X
Ostrava-Kunčice – Frenštát pod Radhoštěm	X			
Frýdlant nad Ostravicí – Ostravice	X			
Opava východ – Krnov	X			X
Skalice nad Svitavou – Boskovice	X			
Tišnov – Nové Město n. Mor. – Žďár n. Sázavou	X			
Pardubice–Rosice nad Lab. – Hlinsko v Čechách	X			
Odb. Skály – Všetaty	X			X
Praha–Smíchov – Rudná u Prahy – Beroun	X			
Praha–Smíchov – Hostivice	X			

Zdroj: autor

Příloha C – Trati s plánovanou prostou elektrizací

Trat'ový úsek	Délka úseku [km]
Zdice – Písek	90
Tábor – Písek	60
Středokluky – Hostivice – Rudná u Prahy	18
Kladno – Kralupy nad Vltavou	25
Kralupy nad Vltavou – Slaný / Velvary	27
Beroun–Závodí – Rakovník – Kladno	84
Havlíčkův Brod – Hlinsko v Čechách	40
Kostelec u Jihlavy – Slavonice	53
Střelice – Moravský Krumlov/Ivančice	26
Břeclav – Novosedly	34
Hulín – Valašské Meziříčí – Rožnov pod Radhoštěm	57
Vsetín – Huslenky	7
Olomouc hl.n. – Moravský Beroun	36
Bludov / Postřelmov – Jeseník	59
Lichkov – Králíky	8
Rudoltice v Čechách – Lanškroun	4
Choceň – Vysoké Mýto město	9
Jaroměř – Turnov	84
Bakov nad Jizerou – Rumburk	90
Děčín východ – Liberec	87
Benešov nad Ploučnicí – Jedlová	30
Liberec – Hrádek nad Nisou st. hr.	22
Postoloprty – Louny – Lovosice – Litoměřice h.n. – Ústěk	72
Liberec – Černousy st.hr./Nové Město p. S. / Bílý Potok p. S.	60
Obrnice – Louny	22
Chomutov – Březno u Chomutova	11
Žatec západ – Plzeň hl.n.	105
Cheb – Cheb st. hr.	5
Františkovy Lázně – Aš město	23
Planá u Mariánských Lázní – Tachov	12
Rokycany – Příkosice	13
Domažlice – Poběžovice	22
Klatovy – Železná Ruda–Alžbětín	49
Horažďovice předměstí – Sušice	19
Strakonice – Vimperk	32
Číčenice – Prachatice	27
České Budějovice – Kájov	36
Σ	1 458

Zdroj: autor s využitím (12)

Příloha D – Význam tratí s prostou elektrizací pro druhy dopravy

Trat'	Význam pro:			
	Reg.	Dávk.	Mezist.	Nákl.
Zdice – Písek	X	X		X
Tábor – Písek	X			
Středokluky – Hostivice – Rudná u Prahy	X			X
Kladno – Kralupy nad Vltavou				X
Kralupy nad Vltavou – Slaný / Velvary	X			
Beroun–Závodí – Rakovník – Kladno	X			
Havlíčkův Brod – Hlinsko v Čechách	X			X
Kostelec u Jihlavy – Slavonice	X			
Střelice – Moravský Krumlov/Ivančice	X			X
Břeclav – Novosedly	X			X
Hulín – Valašské Meziříčí – Rožnov pod Radhoštěm	X			
Vsetín – Huslenky	X			
Olomouc hl.n. – Moravský Beroun	X	X		
Bludov / Postřelmov – Jeseník	X	X		X
Lichkov – Králíky	X			
Rudoltice v Čechách – Lanškroun	X			
Choceň – Vysoké Mýto město	X			
Jaroměř – Turnov	X	X		
Bakov nad Jizerou – Rumburk	X	X		X
Děčín východ – Liberec	X	X		
Benešov nad Ploučnicí – Jedlová	X			
Liberec – Hrádek nad Nisou st. hr.	X			
Postoloprty – Louny – Lovosice – Ústěk	X			
Liberec – Černousy st.hr./N. Město / B. Potok p. S.	X			
Obrnice – Louny	X			
Chomutov – Březno u Chomutova				X
Žatec západ – Plzeň hl.n.	X	X		X
Cheb – Cheb st. hr.			X	X
Františkovy Lázně – Aš město	X			
Planá u Mariánských Lázní – Tachov	X			
Rokycany – Příkosice	X			
Domažlice – Poběžovice	X			
Klatovy – Železná Ruda–Alžbětín	X	X		
Horažďovice předměstí – Sušice	X			
Strakonice – Vimperk	X			
Číčenice – Prachatice	X			
České Budějovice – Kájov	X	X		

Zdroj: autor

Příloha E – Kategorie míst zastavení na trati Choceň – Náchod

Stanice / zastávka	Kategorie	Jednotková cena [Kč]
Choceň	11	0,07
Újezd u Chocně	13	0,04
Plchůvky	15	0,07
Čermná nad Orlicí	13	0,04
Borohrádek	13	0,04
Žďár nad Orlicí	15	0,07
Týniště nad Orlicí	11	0,07
Bolehošť	13	0,04
Očelice	15	0,07
Opočno p. Orł. horami	13	0,04
Pohoří	15	0,07
Bohuslavice n. Met. zast.	15	0,07
Bohuslavice nad Metují	13	0,04
Černčice	15	0,07
Nové Město nad Metují	13	0,04
Václavice	13	0,04
Náchod zastávka	15	0,07
Náchod	13	0,04

Zdroj: autor s využitím (5)

Příloha F – Turnus strojvedoucích a vlakvedoucích – linka V24

Strojvedoucí										
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
1.										
	1885	5:14	Náchod	6:21	7:21	Choceň			7:40 - 8:10	843
	1880		Choceň	8:39	9:39	Náchod				843
	1889		Náchod	10:21	11:21	Choceň			11:40 - 12:10	843
	1884		Choceň	12:39	13:38	Náchod				843
	1893		Náchod	14:21	15:21	Choceň			15:40 - 16:10	843
	1888		Choceň	16:39	17:39	Náchod	17:59	12:45		843
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
2.										
	1887	7:14	Náchod	8:21	9:21	Choceň			9:40 - 10:10	843
	1882		Choceň	10:39	11:39	Náchod				843
	1891		Náchod	12:21	13:21	Choceň			13:40 - 14:10	843
	1886		Choceň	14:39	15:38	Náchod				843
	1895		Náchod	16:21	17:21	Choceň			17:40 - 18:10	843
	1890		Choceň	18:39	19:39	Náchod	19:59	12:45		843
Vlakvedoucí										
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
1.										
	1885	6:06	Náchod	6:21	7:21	Choceň			7:40 - 8:10	843
	1880		Choceň	8:39	9:39	Náchod				843
	1889		Náchod	10:21	11:21	Choceň			11:40 - 12:10	843
	1884		Choceň	12:39	13:38	Náchod				843
	1893		Náchod	14:21	15:21	Choceň			15:40 - 16:10	843
	1888		Choceň	16:39	17:39	Náchod	17:44	11:38		843
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
2.										
	1887	8:06	Náchod	8:21	9:21	Choceň			9:40 - 10:10	843
	1882		Choceň	10:39	11:39	Náchod				843
	1891		Náchod	12:21	13:21	Choceň			13:40 - 14:10	843
	1886		Choceň	14:39	15:38	Náchod				843
	1895		Náchod	16:21	17:21	Choceň			17:40 - 18:10	843
	1890		Choceň	18:39	19:39	Náchod	19:44	11:38		843

Zdroj: autor

Příloha G – Kategorie míst zastavení na trati Brno hl.n. – Bohutice

Stanice / zastávka	Kategorie	Jednotková cena [Kč]
Brno hl.n.	12	0,20
Brno – Horní Heršpice	13	0,04
Brno – Starý Lískovec	14	0,05
Ostopovice	15	0,07
Troubsko	15	0,07
Střelice dolní	15	0,07
Střelice	11	0,07
Radostice	15	0,07
Silůvky	13	0,04
Moravské Bránice	13	0,04
Moravský Krumlov	13	0,04
Rakšice	13	0,04
Bohutice	15	0,07

Zdroj: autor s využitím (5)

Příloha H – Jízdní řád Brno hl.n. – Bohutice

Brno hl.n.	4424	4426	4428	4430	4406	4432	4434	4436	4408	4440	4442	4444	4446	4448	4450	4416	4454	4456	4458
Brno - Horní Heršpice	5:02	5:49	6:48	7:49	8:50	9:56	10:54	11:56	12:54	13:56	14:54	15:56	16:54	17:56	18:55	19:56	20:54	21:53	22:54
Brno - Stary Liskovec	5:07	6:01	6:56	8:01	8:58	10:01	10:59	12:01	12:59	14:01	14:59	16:01	16:59	18:01	19:00	20:01	20:59	21:58	22:59
Ostopovice		6:05	7:00		9:03		11:03		13:03		15:03		17:03		19:04		21:03		23:03
Troubsko																			
Střelice dolní		6:11	7:06	8:09	9:08	10:09	11:09	12:09	13:09	14:09	15:09	16:09	17:09	18:09	19:09	20:10	21:09	22:06	23:09
Střelice	5:16	6:16	7:13	8:12	9:12	10:12	11:12	12:12	13:12	14:12	15:12	16:12	17:12	18:12	19:12	20:12	21:12	22:12	23:12
Radostice			7:17	8:16	9:16	10:16	11:16	12:16	13:16	14:16	15:16	16:16	17:16	18:16	19:16	20:16	21:16	22:16	23:16
Silůvky	5:23	6:23	7:22	8:21	9:21	10:21	11:21	12:21	13:21	14:21	15:21	16:21	17:21	18:21	19:21	20:21	21:21	22:21	23:21
Moravské Bránice	5:29	6:30	7:29	8:29	9:29	10:29	11:29	12:29	13:29	14:29	15:29	16:29	17:29	18:29	19:29	20:29	21:29	22:29	23:29
Moravský Krumlov	5:48	6:48	7:48	8:40	9:40	10:40	11:40	12:40	13:40	14:40	15:40	16:40	17:40	18:40	19:40	20:40	21:40	22:40	23:40
Rakšice	5:53	6:53	7:53	8:45	9:45	10:45	11:45	12:45	13:45	14:45	15:45	16:45	17:45	18:45	19:45	20:45	21:45	22:45	23:45
Bohutice	5:58	6:58	7:58	8:50	9:50	10:50	11:50	12:50	13:50	14:50	15:50	16:50	17:50	18:50	19:50	20:50	21:50	22:50	23:50
Bohutice	4421	4423	4425	4427	4429	4431	4409	4433	4435	4437	4411	4441	4443	4445	4447	4449	4451	4453	
Rakšice	4:06	5:12	6:11	7:12	8:12	9:12	10:12	11:12	12:12	13:12	14:12	15:12	16:04	17:12	18:04	19:12	20:12	21:12	
Moravský Krumlov	4:12	5:17	6:17	7:17	8:17	9:17	10:17	11:17	12:17	13:17	14:17	15:17	16:17	17:17	18:17	19:17	20:17	21:17	
Moravské Bránice	4:24	5:31	6:31	7:31	8:31	9:31	10:31	11:31	12:31	13:31	14:31	15:31	16:31	17:31	18:31	19:31	20:31	21:31	
Silůvky	4:30	5:36	6:36	7:36	8:36	9:36	10:36	11:36	12:36	13:36	14:36	15:36	16:36	17:36	18:36	19:36	20:36	21:36	
Radostice		5:41		7:41	8:41	9:41	10:41	11:41	12:41	13:41	14:41	15:41	16:41	17:41	18:41	19:41	20:41	21:41	
Střelice	4:38	5:45	6:45	7:46	8:46	9:48	10:45	11:48	12:45	13:48	14:45	15:48	16:45	17:48	18:45	19:48	20:45	21:46	
Střelice dolní	4:40	5:47	6:47	7:49	8:48	9:51	10:47	11:51	12:47	13:51	14:47	15:51	16:47	17:51	18:47	19:51	20:47		
Troubsko																			
Ostopovice																			
Brno - Stary Liskovec	4:45	5:52			8:53		10:52		12:52		14:52		16:52		18:52		20:52		
Brno - Horní Heršpice	4:49	5:56	6:55	7:56	8:57	9:58	10:56	11:58	12:56	13:58	14:56	15:58	16:56	17:58	18:56	19:58	20:56	21:55	
Brno hl.n.	4:54	6:01	7:00	8:01	9:02	10:06	11:04	12:06	13:04	14:06	15:04	16:06	17:04	18:06	19:05	20:06	21:04	22:03	

Zdroj: autor

Příloha I – Stanovené oběhy vozidel – linka S41

		1. den													
Bohutice	Sv pk	4421	4426	4427	4406	4409	4436	4437	4442	4443	4448	4449	4454	Sv	
Rakšice															
Brno hl.n.	Sv pk	4421	4426	4427	4406	4409	4436	4437	4442	4443	4448	4449	4454	Sv	

		2. den													
Bohutice	Sv	4423	4428	4429	4432	4433	4408	4411	4444	4445	4450	4451	4456	Sv	
Rakšice															
Brno hl.n.	Sv	4423	4428	4429	4432	4433	4408	4411	4444	4445	4450	4451	4456	Sv	

		3. den														
Bohutice	Sv	4421 pk	4424	4425	4430	4431	4434	4435	4440	4441	4446	4447	4416	4453	4458	Sv
Rakšice																
Brno hl.n.	Sv	4421 pk	4424	4425	4430	4431	4434	4435	4440	4441	4446	4447	4416	4453	4458	Sv

Zdroj: autor

Příloha J – Rozpis směn strojvedoucích – linka S41

Strojvedoucí										
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
1.										
	Sv pk	2:47	Rakšice	3:52	3:57	Bohutice				842
	4421		Bohutice	4:01	4:54	Brno hl.n.				842
	4426		Brno hl.n.	5:49	6:58	Bohutice				842
	4427		Bohutice	7:07	8:01	Brno hl.n.			8:10 - 8:40	842
	4406		Brno hl.n.	8:50	9:50	Bohutice				842
	4409		Bohutice	10:07	11:04	Brno hl.n.			11:15 - 11:45	842
	4436		Brno hl.n.	11:56	12:50	Bohutice				842
	4432	Rg	Bohutice	13:07	13:12	Rakšice	13:17	10:30		
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
2.										
	Sv	3:53	Rakšice	4:58	5:03	Bohutice				842
	4423		Bohutice	5:07	6:01	Brno hl.n.				842
	4428		Brno hl.n.	6:48	7:58	Bohutice				842
	4429		Bohutice	8:07	9:02	Brno hl.n.			9:15 - 9:45	842
	4432		Brno hl.n.	9:56	10:50	Bohutice				842
	4433		Bohutice	11:07	12:06	Brno hl.n.			12:15 - 12:45	842
	4408		Brno hl.n.	12:54	13:50	Bohutice				842
	4411	Rg	Bohutice	14:07	14:12	Rakšice	14:17	10:24		
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
3.										
	Sv	2:47	Rakšice	3:52	3:57	Bohutice				842
	4421 pk		Bohutice	4:01	4:54	Brno hl.n.				842
	4424		Brno hl.n.	5:02	5:58	Bohutice				842
	4425		Bohutice	6:05	7:00	Brno hl.n.			7:10 - 7:40	842
	4430		Brno hl.n.	7:49	8:50	Bohutice				842
	4431		Bohutice	9:07	10:06	Brno hl.n.			10:15 - 10:45	842
	4434		Brno hl.n.	10:54	11:50	Bohutice				842
	4435	Rg	Bohutice	12:07	12:12	Rakšice	12:17	9:30		
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
4.										
	4436	12:30	Rakšice	12:45	12:50	Bohutice	Rg			
	4437		Bohutice	13:07	14:06	Brno hl.n.			14:15 - 14:45	842
	4442		Brno hl.n.	14:54	15:50	Bohutice				842
	4443		Bohutice	15:59	17:04	Brno hl.n.			17:15 - 17:45	842
	4448		Brno hl.n.	17:56	18:50	Bohutice				842
	4449		Bohutice	19:07	20:06	Brno hl.n.			20:15 - 20:45	842
	4454		Brno hl.n.	20:54	21:50	Bohutice				842
	Sv		Bohutice	21:54	21:59	Brno hl.n.	22:19	9:49		842
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
5.										
	4408	13:30	Rakšice	13:45	13:50	Bohutice	Rg			
	4411		Bohutice	14:07	15:04	Brno hl.n.			15:15 - 15:45	842
	4444		Brno hl.n.	15:56	16:50	Bohutice				842
	4445		Bohutice	17:07	18:06	Brno hl.n.			18:15 - 18:45	842
	4450		Brno hl.n.	18:55	19:50	Bohutice				842
	4451		Bohutice	20:07	21:04	Brno hl.n.			21:15 - 21:45	842
	4456		Brno hl.n.	21:53	22:50	Bohutice				842
	Sv		Bohutice	22:54	22:59	Rakšice	23:19	9:49		842
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
6.										
	4434	11:30	Rakšice	11:45	11:50	Bohutice	Rg			
	4435		Bohutice	12:07	13:04	Brno hl.n.			13:15 - 13:45	842
	4440		Brno hl.n.	13:56	14:50	Bohutice				842
	4441		Bohutice	15:07	16:06	Brno hl.n.			16:15 - 16:45	842
	4446		Brno hl.n.	16:54	17:50	Bohutice				842
	4447		Bohutice	17:59	19:05	Brno hl.n.			19:15 - 19:45	842
	4416		Brno hl.n.	19:56	20:50	Bohutice				842
	4453		Bohutice	21:07	22:03	Brno hl.n.			22:15 - 22:45	842
	4458		Brno hl.n.	22:54	23:50	Bohutice				842
	Sv		Bohutice	23:54	23:59	Rakšice	0:19	12:49		842

Zdroj: autor

Příloha K – Rozpis směn vlakvedoucích – linka S41

Vlakvedoucí										
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
1.										
	<i>Sv pk</i>	3:37	<i>Rakšice</i>	3:52	3:57	<i>Bohutice</i>	<i>Rg</i>			842
	4421		<i>Bohutice</i>	4:01	4:54	<i>Brno hl.n.</i>				842
	4426		<i>Brno hl.n.</i>	5:49	6:58	<i>Bohutice</i>				842
	4427		<i>Bohutice</i>	7:07	8:01	<i>Brno hl.n.</i>			8:10 - 8:40	842
	4406		<i>Brno hl.n.</i>	8:50	9:50	<i>Bohutice</i>				842
	4409		<i>Bohutice</i>	10:07	11:04	<i>Brno hl.n.</i>			11:15 - 11:45	842
	4436		<i>Brno hl.n.</i>	11:56	12:50	<i>Bohutice</i>				842
	4432	<i>Rg</i>	<i>Bohutice</i>	13:07	13:12	<i>Rakšice</i>	13:17	9:40		
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
2.										
	<i>Sv</i>	4:43	<i>Rakšice</i>	4:58	5:03	<i>Bohutice</i>	<i>Rg</i>			842
	4423		<i>Bohutice</i>	5:07	6:01	<i>Brno hl.n.</i>				842
	4428		<i>Brno hl.n.</i>	6:48	7:58	<i>Bohutice</i>				842
	4429		<i>Bohutice</i>	8:07	9:02	<i>Brno hl.n.</i>			9:15 - 9:45	842
	4432		<i>Brno hl.n.</i>	9:56	10:50	<i>Bohutice</i>				842
	4433		<i>Bohutice</i>	11:07	12:06	<i>Brno hl.n.</i>			12:15 - 12:45	842
	4408		<i>Brno hl.n.</i>	12:54	13:50	<i>Bohutice</i>				842
	4411	<i>Rg</i>	<i>Bohutice</i>	14:07	14:12	<i>Rakšice</i>	14:17	9:34		
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
3.										
	<i>Sv</i>	3:37	<i>Rakšice</i>	3:52	3:57	<i>Bohutice</i>	<i>Rg</i>			842
	4421 pk		<i>Bohutice</i>	4:01	4:54	<i>Brno hl.n.</i>				842
	4424		<i>Brno hl.n.</i>	5:02	5:58	<i>Bohutice</i>				842
	4425		<i>Bohutice</i>	6:05	7:00	<i>Brno hl.n.</i>			7:10 - 7:40	842
	4430		<i>Brno hl.n.</i>	7:49	8:50	<i>Bohutice</i>				842
	4431		<i>Bohutice</i>	9:07	10:06	<i>Brno hl.n.</i>			10:15 - 10:45	842
	4434		<i>Brno hl.n.</i>	10:54	11:50	<i>Bohutice</i>				842
	4435	<i>Rg</i>	<i>Bohutice</i>	12:07	12:12	<i>Rakšice</i>	12:17	8:40		
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
4.										
	4436	12:30	<i>Rakšice</i>	12:45	12:50	<i>Bohutice</i>	<i>Rg</i>			842
	4437		<i>Bohutice</i>	13:07	14:06	<i>Brno hl.n.</i>			14:15 - 14:45	842
	4442		<i>Brno hl.n.</i>	14:54	15:50	<i>Bohutice</i>				842
	4443		<i>Bohutice</i>	15:59	17:04	<i>Brno hl.n.</i>			17:15 - 17:45	842
	4448		<i>Brno hl.n.</i>	17:56	18:50	<i>Bohutice</i>				842
	4449		<i>Bohutice</i>	19:07	20:06	<i>Brno hl.n.</i>			20:15 - 20:45	842
	4454		<i>Brno hl.n.</i>	20:54	21:50	<i>Bohutice</i>				842
	<i>Sv</i>	<i>Rg</i>	<i>Bohutice</i>	21:54	21:59	<i>Brno hl.n.</i>	22:04	9:34		842
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
5.										
	4408	13:30	<i>Rakšice</i>	13:45	13:50	<i>Bohutice</i>	<i>Rg</i>			842
	4411		<i>Bohutice</i>	14:07	15:04	<i>Brno hl.n.</i>			15:15 - 15:45	842
	4444		<i>Brno hl.n.</i>	15:56	16:50	<i>Bohutice</i>				842
	4445		<i>Bohutice</i>	17:07	18:06	<i>Brno hl.n.</i>			18:15 - 18:45	842
	4450		<i>Brno hl.n.</i>	18:55	19:50	<i>Bohutice</i>				842
	4451		<i>Bohutice</i>	20:07	21:04	<i>Brno hl.n.</i>			21:15 - 21:45	842
	4456		<i>Brno hl.n.</i>	21:53	22:50	<i>Bohutice</i>				842
	<i>Sv</i>	<i>Rg</i>	<i>Bohutice</i>	22:54	22:59	<i>Rakšice</i>	23:04	9:34		842
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
6.										
	4434	11:30	<i>Rakšice</i>	11:45	11:50	<i>Bohutice</i>	<i>Rg</i>			842
	4435		<i>Bohutice</i>	12:07	13:04	<i>Brno hl.n.</i>			13:15 - 13:45	842
	4440		<i>Brno hl.n.</i>	13:56	14:50	<i>Bohutice</i>				842
	4441		<i>Bohutice</i>	15:07	16:06	<i>Brno hl.n.</i>			16:15 - 16:45	842
	4446		<i>Brno hl.n.</i>	16:54	17:50	<i>Bohutice</i>				842
	4447		<i>Bohutice</i>	17:59	19:05	<i>Brno hl.n.</i>			19:15 - 19:45	842
	4416		<i>Brno hl.n.</i>	19:56	20:50	<i>Bohutice</i>				842
	4453		<i>Bohutice</i>	21:07	22:03	<i>Brno hl.n.</i>			22:15 - 22:45	842
	4458		<i>Brno hl.n.</i>	22:54	23:50	<i>Bohutice</i>				842
	<i>Sv</i>	<i>Rg</i>	<i>Bohutice</i>	23:54	23:59	<i>Rakšice</i>	0:04	12:34		842

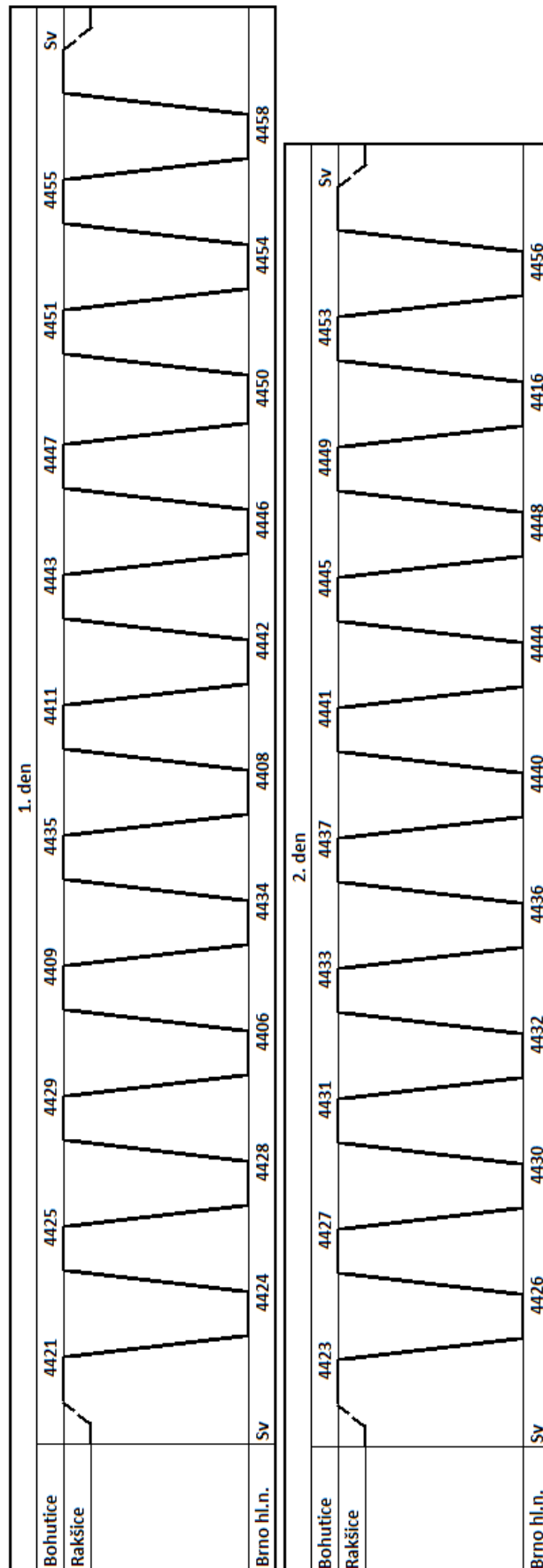
Zdroj: autor

Příloha L – Návrh jízdního řádu – linka S41

	4424	4426	4428	4430	4406	4432	4434	4436	4408	4440	4442	4444	4446	4448	4450	4449	4451	4453	4455
Brno hl.n.	5:00	5:54	6:54	7:56	8:54	9:56	10:54	11:56	12:54	13:56	14:54	15:56	16:54	17:56	18:55	19:56	20:54	21:53	22:54
Brno - Horní Heršpice	5:05	5:59	6:59	8:01	8:59	10:01	10:59	12:01	12:59	14:01	14:59	16:01	16:59	18:01	19:00	20:01	20:59	21:58	22:59
Brno - Starý Lískovec		6:03	7:03		9:03		11:03		13:03		15:03		17:03		19:04		21:03		23:03
Ostopovice																			
Troubsko																			
Střelice dolní		6:09	7:09	8:09	9:08	10:09	11:09	12:09	13:09	14:09	15:09	16:09	17:09	18:09	19:09	20:10	21:09	22:06	23:09
Střelice	5:14	6:12	7:12	8:12	9:12	10:12	11:12	12:12	13:12	14:12	15:12	16:12	17:12	18:12	19:12	20:12	21:12	22:12	23:12
Radostice			7:16	8:16	9:16	10:16	11:16	12:16	13:16	14:16	15:16	16:16	17:16	18:16	19:16	20:16	21:16	22:16	23:16
Silůvky	5:21	6:21	7:21	8:21	9:21	10:21	11:21	12:21	13:21	14:21	15:21	16:21	17:21	18:21	19:21	20:21	21:21	22:21	23:21
Moravské Bránice	5:27	6:27	7:27	8:27	9:27	10:27	11:27	12:27	13:27	14:27	15:27	16:27	17:27	18:27	19:27	20:27	21:27	22:27	23:27
Moravský Krumlov	5:38	6:38	7:38	8:38	9:38	10:38	11:38	12:38	13:38	14:38	15:38	16:38	17:38	18:38	19:38	20:38	21:38	22:38	23:38
Rakšice	5:43	6:43	7:43	8:43	9:43	10:43	11:43	12:43	13:43	14:43	15:43	16:43	17:43	18:43	19:43	20:43	21:43	22:43	23:43
Bohultice	5:48	6:48	7:48	8:48	9:48	10:48	11:48	12:48	13:48	14:48	15:48	16:48	17:48	18:48	19:48	20:48	21:48	22:48	23:48
	4421	4423	4425	4427	4429	4431	4409	4433	4435	4437	4411	4441	4443	4445	4447	4449	4451	4453	4455
Bohultice	4:01	4:53	5:53	6:53	7:53	8:53	9:53	10:53	11:53	12:53	13:53	14:53	15:53	16:53	17:53	18:53	19:53	20:53	21:53
Rakšice	4:06	4:58	5:58	6:58	7:58	8:58	9:58	10:58	11:58	12:58	13:58	14:58	15:58	16:58	17:58	18:58	19:58	20:58	21:58
Moravský Krumlov	4:12	5:03	6:03	7:03	8:03	9:03	10:03	11:03	12:03	13:03	14:03	15:03	16:03	17:03	18:03	19:03	20:03	21:03	22:03
Moravské Bránice	4:24	5:15	6:15	7:15	8:15	9:15	10:15	11:15	12:15	13:15	14:15	15:15	16:15	17:15	18:15	19:15	20:15	21:15	22:15
Silůvky	4:30	5:21	6:21	7:21	8:21	9:21	10:21	11:21	12:21	13:21	14:21	15:21	16:21	17:21	18:21	19:21	20:21	21:21	22:21
Radostice		5:26		7:26	8:26	9:26	10:26	11:26	12:26	13:26	14:26	15:26	16:26	17:26	18:26	19:26	20:26	21:26	22:26
Střelice	4:38	5:30	6:30	7:30	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30	18:30	19:30	20:30	21:30	22:30
Střelice dolní	4:40	5:32	6:32	7:32	8:32	9:32	10:32	11:32	12:32	13:32	14:32	15:32	16:32	17:32	18:32	19:32	20:32		
Troubsko																			
Ostopovice																			
Brno - Starý Lískovec	4:45	5:37			8:37		10:37		12:37		14:37		16:37		18:37		20:37		
Brno - Horní Heršpice	4:49	5:41	6:39	7:39	8:41	9:39	10:41	11:39	12:41	13:39	14:41	15:39	16:41	17:39	18:41	19:39	20:41	21:39	22:39
Brno hl.n.	4:54	5:46	6:44	7:44	8:46	9:44	10:46	11:44	12:46	13:44	14:46	15:44	16:46	17:44	18:46	19:44	20:46	21:44	22:44

Zdroj: autor

Příloha M – Návrh jízdního řádu – oběhy vozidel – linka S41



Zdroj: autor

Příloha N – Navržený rozpis směn strojvedoucích – linka S41

Strojvedoucí										
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
1.										
	Sv	2:47	Rakšice	3:52	3:57	Bohutice				842
	4421		Bohutice	4:01	4:54	Brno hl.n.				842
	4424		Brno hl.n.	5:00	5:48	Bohutice				842
	4425		Bohutice	5:53	6:44	Brno hl.n.				842
	4428		Brno hl.n.	6:54	7:48	Bohutice				842
	4429		Bohutice	7:53	8:46	Brno hl.n.			8:47 - 9:17	842
	4432	Rg	Brno hl.n.	9:56	10:43	Rakšice	10:48	8:01		
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
2.										
	Sv	3:39	Rakšice	4:44	4:49	Bohutice				842
	4423		Bohutice	4:53	5:46	Brno hl.n.				842
	4426		Brno hl.n.	5:54	6:48	Bohutice				842
	4427		Bohutice	6:53	7:44	Brno hl.n.			8:00 - 8:30	842
	4406		Brno hl.n.	8:54	9:48	Bohutice				842
	4409		Bohutice	9:53	10:46	Brno hl.n.				842
	4434		Brno hl.n.	10:54	11:48	Bohutice				842
	4435		Bohutice	11:53	12:46	Brno hl.n.			13:00 - 13:30	842
	4440	Rg	Brno hl.n.	13:56	14:43	Rakšice	14:48	11:09		
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
3.										
	4430	7:41	Brno hl.n.	7:56	8:48	Bohutice				842
	4431		Bohutice	8:53	9:44	Brno hl.n.				842
	4432		Brno hl.n.	9:56	10:48	Bohutice				842
	4433		Bohutice	10:53	11:44	Brno hl.n.			12:00 - 12:30	842
	4408		Brno hl.n.	12:54	13:48	Bohutice				842
	4411		Bohutice	13:53	14:46	Brno hl.n.				842
	4442		Brno hl.n.	14:54	15:48	Bohutice				842
	4443		Bohutice	15:53	16:46	Brno hl.n.	16:51	9:10		842
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
4.										
	4436	11:41	Brno hl.n.	11:56	12:48	Bohutice				842
	4437		Bohutice	12:53	13:44	Brno hl.n.				842
	4440		Brno hl.n.	13:56	14:48	Bohutice				842
	4441		Bohutice	14:53	15:44	Brno hl.n.			16:00 - 16:30	842
	4446		Brno hl.n.	16:54	17:48	Bohutice				842
	4447		Bohutice	17:53	18:46	Brno hl.n.				842
	4450		Brno hl.n.	18:55	19:48	Bohutice				842
	4451		Bohutice	19:53	20:46	Brno hl.n.	20:51	9:10		842
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
5.										
	4441	14:43	Rakšice	14:58	15:44	Brno hl.n.	Rg			
	4444		Brno hl.n.	15:56	16:48	Bohutice				842
	4445		Bohutice	16:53	17:44	Brno hl.n.				842
	4448		Brno hl.n.	17:56	18:48	Bohutice				842
	4449		Bohutice	18:53	19:44	Brno hl.n.			20:00 - 20:30	842
	4454		Brno hl.n.	20:54	21:48	Bohutice				842
	4455		Bohutice	21:53	22:44	Brno hl.n.				842
	4458		Brno hl.n.	22:54	23:48	Bohutice				842
	Sv		Bohutice	23:52	23:57	Rakšice	0:17	9:34		842
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Přij	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
6.										
	4449	16:47	Rakšice	18:58	19:44	Brno hl.n.	Rg			
	4416		Brno hl.n.	19:56	20:48	Bohutice				842
	4453		Bohutice	20:53	21:44	Brno hl.n.				842
	4456		Brno hl.n.	21:53	22:48	Bohutice				842
	Sv		Bohutice	22:52	22:57	Rakšice	23:17	6:30		842

Zdroj: autor

Příloha O – Navržený rozpis směn vlakvedoucích – linka S41

Vlakvedoucí										
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Příj	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
1.										
	Sv	3:37	Rakšice	3:52	3:57	Bohutice	Rg			842
	4421		Bohutice	4:01	4:54	Brno hl.n.				842
	4424		Brno hl.n.	5:00	5:48	Bohutice				842
	4425		Bohutice	5:53	6:44	Brno hl.n.				842
	4428		Brno hl.n.	6:54	7:48	Bohutice				842
	4429		Bohutice	7:53	8:46	Brno hl.n.			8:47 - 9:17	842
	4432	Rg	Brno hl.n.	9:56	10:43	Rakšice	10:48	7:11		
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Příj	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
2.										
	Sv	4:29	Rakšice	4:44	4:49	Bohutice	Rg			842
	4423		Bohutice	4:53	5:46	Brno hl.n.				842
	4426		Brno hl.n.	5:54	6:48	Bohutice				842
	4427		Bohutice	6:53	7:44	Brno hl.n.			8:00 - 8:30	842
	4406		Brno hl.n.	8:54	9:48	Bohutice				842
	4409		Bohutice	9:53	10:46	Brno hl.n.				842
	4434		Brno hl.n.	10:54	11:48	Bohutice				842
	4435		Bohutice	11:53	12:46	Brno hl.n.			13:00 - 13:30	842
	4440	Rg	Brno hl.n.	13:56	14:43	Rakšice	14:48	10:19		
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Příj	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
3.										
	4430	7:41	Brno hl.n.	7:56	8:48	Bohutice				842
	4431		Bohutice	8:53	9:44	Brno hl.n.				842
	4432		Brno hl.n.	9:56	10:48	Bohutice				842
	4433		Bohutice	10:53	11:44	Brno hl.n.			12:00 - 12:30	842
	4408		Brno hl.n.	12:54	13:48	Bohutice				842
	4411		Bohutice	13:53	14:46	Brno hl.n.				842
	4442		Brno hl.n.	14:54	15:48	Bohutice				842
	4443		Bohutice	15:53	16:46	Brno hl.n.	16:51	9:10		842
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Příj	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
4.										
	4436	11:41	Brno hl.n.	11:56	12:48	Bohutice				842
	4437		Bohutice	12:53	13:44	Brno hl.n.				842
	4440		Brno hl.n.	13:56	14:48	Bohutice				842
	4441		Bohutice	14:53	15:44	Brno hl.n.			16:00 - 16:30	842
	4446		Brno hl.n.	16:54	17:48	Bohutice				842
	4447		Bohutice	17:53	18:46	Brno hl.n.				842
	4450		Brno hl.n.	18:55	19:48	Bohutice				842
	4451		Bohutice	19:53	20:46	Brno hl.n.	20:51	9:10		842
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Příj	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
5.										
	4441	14:43	Rakšice	14:58	15:44	Brno hl.n.	Rg			
	4444		Brno hl.n.	15:56	16:48	Bohutice				842
	4445		Bohutice	16:53	17:44	Brno hl.n.				842
	4448		Brno hl.n.	17:56	18:48	Bohutice				842
	4449		Bohutice	18:53	19:44	Brno hl.n.			20:00 - 20:30	842
	4454		Brno hl.n.	20:54	21:48	Bohutice				842
	4455		Bohutice	21:53	22:44	Brno hl.n.				842
	4458		Brno hl.n.	22:54	23:48	Bohutice				842
	Sv	Rg	Bohutice	23:52	23:57	Rakšice	0:02	9:19		842
TD	Vlak	Nástup	ŽST	Odj	Příj	ŽST	Konec	Výkon	PDOJ před - po	HV
6.										
	4449	16:47	Rakšice	18:58	19:44	Brno hl.n.	Rg			
	4416		Brno hl.n.	19:56	20:48	Bohutice				842
	4453		Bohutice	20:53	21:44	Brno hl.n.				842
	4456		Brno hl.n.	21:53	22:48	Bohutice				842
	Sv	Rg	Bohutice	22:52	22:57	Rakšice	23:17	6:30		842

Zdroj: autor