

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Návrhy na zvýšení kapacity tratě 244 v úseku Brno hl. n. – Moravský Krumlov
Jan Bernát

Diplomová práce
2017

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan Bernát**
Osobní číslo: **D15519**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy**
Název tématu: **Návrhy na zvýšení kapacity tratě 244 v úseku Brno hl. n. -
Moravský Krumlov**
Zadávací katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Úvod

1. Analýza současného stavu
2. Návrhy na zvýšení kapacity
3. Návrhy organizace vlakové dopravy
4. Zhodnocení návrhů

Závěr

Rozsah grafických prací: 4 - 5

Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

1. MOLKOVÁ, T. MOJŽÍŠ, V. DRDLA, P. a kol. Kapacita železničních tratí. Pardubice: Tiskárny Havlíčkův Brod, a.s. 2010. 150s. ISBN 978-80-7395-317-1.
2. VONKA, J. MOLKOVÁ, T. ŠIROKÝ, J. Technologie a řízení dopravy II. GVD. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2000. ISBN 80-7194-28-3.
3. BULÍČEK, J. Propustnost železniční dopravy. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2011. 48s.
4. MOLKOVÁ, T. Optimalizace technologických procesů železniční doprava. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2011. 91s.
5. SŽDC D24 Předpis pro zjišťování kapacity železničních tratí. SŽD s. o., 37s, účinnost 1. 7. 2004

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D.
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: 1. února 2017

Termín odevzdání diplomové práce: 26. května 2017


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

L.S.


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

V Pardubicích dne 3. února 2017

Prohlašuji:

Tuto práci 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., autorský zákon, 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. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 25. května 2017



Bc. Jan Bernát

Rád bych poděkoval své rodině za podporu a čas, který mi věnovala a který jsem strávil při psaní mé diplomové práce.

Děkuji vedoucímu práce doc. Ing. Jaromírovi Širokému, Ph.D. za zodpovědné vedení práce.

ANOTACE

Tato práce je věnována organizaci vlakové dopravy na traťovém úseku Brno hlavní nádraží – Moravský Krumlov. Práce se zabývá výpočty a návrhy nově vzniklé kapacity traťových kolejí vyvolané změnami provozně organizačními, v oblasti vozového parku, stavebně rekonstrukčními a změnami zabezpečovacího zařízení. Výsledkem práce je návrh pro zkapacitnění tratě v souladu s požadovaným výhledovým dopravním provozem a s přihlédnutím na efektivnost investic.

KLÍČOVÁ SLOVA

železniční doprava, kapacita traťových kolejí, provozní intervaly, dopravní organizace, zabezpečovací zařízení

TITLE

Suggestions to increasing of capacity of the railway track 244 in the section between Brno hl. n. and Moravský Krumlov

ANNOTATION

The work is dedicated to the organization of railway traffic in open line section between Brno hlavní nádraží and Moravský Krumlov. The work deals with the calculations and suggestions of newly created capacity of line tracks caused by the changes of operational and organizational, in the section of the rolling stock, building renovations and signalling systems. The result of the work is a suggestion of capacitating of railway track in accordance with required prospective traffic taking into account the efficiency of investment.

KEYWORDS

railway traffic, capacity of line tracks, operating intervals, traffic organization, signalling systems

Obsah

Seznam obrázků	8
Seznam tabulek	9
Seznam zkratk	10
Úvod	12
1 Analýza současného stavu	13
1.1 Charakteristika a poloha tratě	13
1.2 Charakteristika stanic a mezistaničních úseků	16
1.3 Železniční uzel Brno	18
1.4 Začlenění tratě do IDS JMK	20
1.5 Organizace vlakové dopravy	22
1.6 Jízdní doby	32
1.7 Organizace jízdy vlaků	33
1.8 Skladba a řazení vlaků	34
1.9 Kapacita traťového úseku	35
1.10 Probíhající projekty a jejich souvislost	39
1.11 Dílčí závěr	40
2 Návrhy na zvýšení kapacity	42
2.1 Provozně organizační návrhy	43
2.2 Návrhy změn v oblasti vozového parku	45
2.3 Stavebně rekonstrukční návrhy	48
2.4 Změny v oblasti zabezpečovacího zařízení	58
3 Návrhy organizace vlakové dopravy	60
3.1 Organizace vlakové dopravy spojená se stavebně rekonstrukční činností	60
3.2 Organizace vlakové dopravy spojené se změnou zabezpečovacího zařízení	61
4 Zhodnocení návrhů	62
4.1 Technické zhodnocení	62
4.2 Ekonomické zhodnocení	65
Závěr	69
Seznam použitých informačních zdrojů	70
Seznam příloh	72

Seznam obrázků

Obr. 1	Řešený úsek tratě	13
Obr. 2	Poloha tratě v rámci Jihomoravského kraje vůči silničním komunikacím	14
Obr. 3	Výškový profil tratě	15
Obr. 4	Grafické schéma řešeného úseku	18
Obr. 5	Pentlogram IDS JMK Jihozápad.....	20
Obr. 6	Objízdná trasa nákladního průtahu ŽUB Brno	23
Obr. 7	Vzájemná poloha nádraží Brno hl. n. a Brno dolní nádraží.....	44
Obr. 8	Motorová jednotka řady 841 Regio Spider	46
Obr. 9	Motorová jednotka řady 844 Regio Shark	46
Obr. 10	Elektrická jednotka řady 640 Regio Panter	46
Obr. 11	Nejkratší časy obsazení obousměrně pojižděné traťové koleje	52
Obr. 12	Nejkratší časy obsazení dle jednotlivých kvadrantů	53
Obr. 13	Uspořádání výpočetní tabulky	54

Seznam tabulek

Tab. 1	Délka traťových úseků a jejich traťová rychlost.....	15
Tab. 2	Standarty četnosti spojů a frekvence cestujících na daných úsecích	21
Tab. 3	Odjezdy a příjezdy Sp vlaků ze/do stanice Brno hlavní nádraží.....	24
Tab. 4	Skladba dopravy v úseku Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice (všechny vlaky)	27
Tab. 5	Skladba dopravy v úseku Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice (vlaky řešeného úseku).....	27
Tab. 6	Skladba dopravy v úseku Brno-Horní Heršpice – Střelice	29
Tab. 7	Skladba dopravy na úseku Střelice – Silůvky – Moravské Bránice	30
Tab. 8	Skladba dopravy na úseku Moravské Bránice – Moravský Krumlov	31
Tab. 9	Sumarizační porovnání skladby dopravy v rámci jednotlivých mezistaničních úseků	31
Tab. 10	Jízdní doby v mezistaničních úsecích – sudý směr.....	32
Tab. 11	Jízdní doby v mezistaničních úsecích – lichý směr	32
Tab. 12	Kapacitní ukazatelé traťových kolejí omezujícího úseku	37
Tab. 13	Vlivy jednotlivých skupin opatření na zvýšení kapacity	42
Tab. 14	Kapacitní ukazatelé traťové koleje Moravské Bránice – Moravský Krumlov	44
Tab. 15	Technické parametry jednotlivých souprav	47
Tab. 16	Počty míst k sezení v rámci kombinací vozů vlakových souprav	47
Tab. 17	Parametry vzorového vlaku	49
Tab. 18	Dynamika jízdy vlaku s návrhovou traťovou rychlostí $80\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	49
Tab. 19	Kapacitní ukazatelé pro traťovou rychlost $80\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	54
Tab. 20	Parametry limitujících objektů ke zdvoukolejnění	55
Tab. 21	Peronizační opatření v jednotlivých stanicích a zastávkách	57
Tab. 22	Současné a nově navrhované SZZ	58
Tab. 23	Současné a nově navrhované TZZ	59
Tab. 24	Přínosy a náklady plynoucí z navýšení traťové rychlosti	62
Tab. 25	Vytvoření nových vlakových spojení a zvýšení komfortu cestování.....	63
Tab. 26	Zvýšení bezpečnosti v dopravě.....	64
Tab. 27	Celkové náklady a roční úspora.....	67
Tab. 28	Ekonomicky nejvíce přijatelná a efektivní opatření	68

Seznam zkratek

AB	Automatický blok
AWT	Advanced World Transport a.s.
AH	Automatické hradlo
AŽD	Automatizace železniční dopravy
CDP	Centrální dispečerské stanoviště
ČD a.s.	České dráhy, a.s.
ČD CARGO	České dráhy Cargo, a.s.
DK	Dopravní kancelář
DKV	Depo kolejových vozidel
DOZZ	Dálkové ovládání zabezpečovacího zařízení
EU	Evropská unie
ESA	Elektronické stavědlo
GVD	Grafikon vlakové dopravy
GTN	Graficko-technologická nástavba
IDS JMK	Integrovaný dopravní systém Jihomoravského kraje
ITZZ	Integrované traťové zabezpečovací zařízení
JOP	Jednotné obslužné pracoviště
JŘ	Jízdní řád
KJŘ	Knižní jízdní řád
MHD	Městská hromadná doprava
MN	Manipulační vlak
NAD	Náhradní autobusová doprava
NEX	Nákladní expres
ODB	Odbočka
OOSPO	Osoby se sníženou schopností pohybu a orientace
OS	Osobní vlak
PEÚ	Předelektrizační úpravy
PIK	Provozní interval křižování
PINJ	Provozní interval následné jízdy
PN	Průběžný nákladní vlak
PST	Pomocné stavědlo
PZS	Přejezdové zabezpečovací zařízení světelné
R	Rychlík

RPB	Reléový poloautomatický blok
SFDI	Státní fond dopravní infrastruktury
SJŘ	Sešitový jízdní řád
SP	Spěšný vlak
SSZT	Správa sdělovací a zabezpečovací techniky
ST	Stavědlo
ST. HR.	Státní hranice
SV	Soupravový vlak
SZZ	Staniční zabezpečovací zařízení
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty, s. o.
TK	Traťová kolej
TNŽ	Technická norma železnic
TTP	Tabulky traťových poměrů
TZZ	Traťové zabezpečovací zařízení
ÚAN	Ústřední autobusové nádraží
VZZ	Vlakové zabezpečovací zařízení
ZAST	Zastávka
ŽKV	Železniční kolejové vozidlo
ŽST	Železniční stanice

Úvod

Řešený traťový úsek Brno hlavní nádraží – Moravský Krumlov se nachází na území Jihomoravského kraje. Je součástí jak celostátní tak regionální tratě. Celostátní trať představuje společný úsek Brno hlavní nádraží – Střelice. Tento úsek je v knižním jízdním řádu k nalezení pod číslem 240 a pokračuje dále až do Jihlavy. (1) Regionální trať je dle KJŘ k nalezení pod číslem 244 a pokračuje dále až do Hrušovan nad Jevišovkou. (1) Obě tratě jsou začleněné do integrovaného dopravního systému Jihomoravského kraje. Provozovatelem dráhy je SŽDC, s. o. Z pohledu nákladní dopravy je regionální trať využívána spíše sporadicky, ovšem z pohledu osobní dopravy je zde důležitým prvkem začlenění do IDS JMK. Ten klade na trať specifické požadavky v rámci zachování standardů integrovaných dopravních systémů.

Pro udržení a rozvoj pozice železnice v příměstské dopravě na tratích radiálně směřujících do Brna s velmi silnými přepravními proudy je nutný špičkový interval osobních vlaků 15 minut. Ten je v současné době zaveden na dvoukolejných elektrizovaných tratích Hrušovany u Brna – Brno, Brno – Tišnov a Brno – Blansko. Potenciál všech směrů zaústěných do Brna je obdobný, plnohodnotně jej lze však využít pouze tam, kde jsou dvoukolejné elektrizované tratě. Interval menší než 20 minut již představují hustotu spojů, která je cestujícími vnímána jako dostatečná pro to, aby cestu nemuseli plánovat „na čas“. Podobně jako v případě MHD vnímá cestující dopravní systém jako kontinuální nabídku spojů. (2)

Při současném traťovém a staničním zabezpečovacím zařízení na daném úseku tratě není zcela možné navyšovat kapacitu spojů. Dochází rovněž ke značnému narušení GVD vlivem jednokolejné tratě na vybraných úsecích. Při výluce koleje je nutno zavádět náhradní autobusovou dopravu, což představuje další negativum. Systém je velmi citlivý na jakékoli prodloužení jízdní doby, a to především v době dopravní špičky, zejména ve stanici Brno hlavní nádraží

Cílem práce je vytvořit návrhy na zkapacitnění tratě 244 v úseku Brno hl. n. – Moravský Krumlov v souladu s požadovaným výhledovým dopravním provozem a posouzení jejich přínosů vzhledem k nákladům vynaložených na jejich realizaci.

Tato práce poskytuje srovnání dopravního provozu před a po aplikování navrhovaných možností zkapacitnění tratě v souvislosti se zvolenou dopravní technologií a organizací vlakové dopravy vzhledem k neustále rostoucímu počtu vlaků.

1 Analýza současného stavu

Obsahem této kapitoly je seznámení s místními poměry na daném úseku tratě a v přilehlých stanicích. Jedná se především o popis traťového úseku z hlediska organizace a řízení vlakové dopravy, dopravní infrastruktury a traťových poměrů. Obdobným způsobem je zde rozebrán i popis stanic. Nedílnou součástí této kapitoly je rovněž skladba provozované vlakové dopravy v souladu s požadavky dopravců osobní či nákladní dopravy.

1.1 Charakteristika a poloha tratě

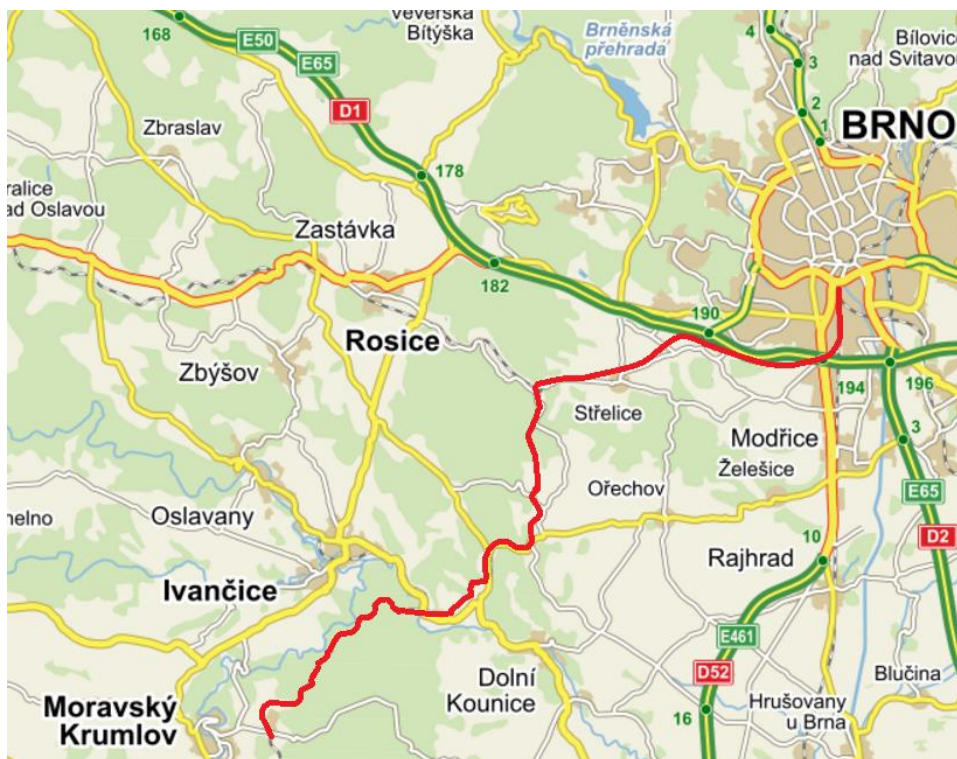
Řešený úsek tratě Brno hlavní nádraží – Moravský Krumlov je součástí dvou tratí, celostátní tratě Brno hlavní nádraží – Jihlava, jež je označena v KJŘ číslem 240 (1) a regionální tratě Střelice – Hrušovany nad Jevišovkou, která je označena v KJŘ číslem 244. (1) K této trati náleží i 9km úsek tratě Moravské Bránice – Oslavany. Ve služebních pomůckách a sešitových jízdních rádech jsou tratě označovány čísla 322C Brno – Jihlava a 323A Střelice – Hrušovany nad Jevišovkou. (3) Dotčený úsek znázorněn dle KJŘ je vyznačen na obrázku 1.



Obr. 1 Řešený úsek tratě

Zdroj: autor na podkladě (4)

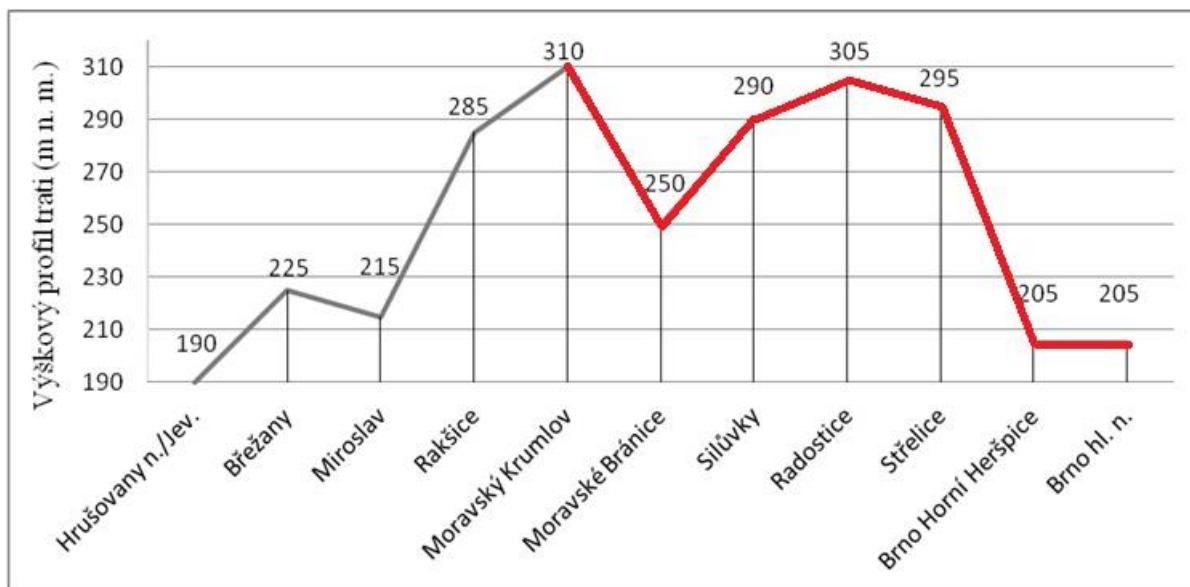
Poloha tratě v rámci Jihomoravského kraje je určena jihozápadním směrem od Brna. Leží mezi dvěma dálničními spoji D1 a D2. Důležitou silniční komunikací je také silnice D52, která je využívána konkurenční autobusovou dopravou pro přímé spojení mezi městy Brno a Znojmo. Rychlost železniční dopravy je limitována traťovou rychlostí, která je v rozmezí mezi $50 - 90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Autobusová a individuální automobilová doprava je v tomto směru rychlejší a to jí dává konkurenční výhodu před dopravou železniční. Poloha železniční tratě je znázorněna na obrázku 2.



Obr. 2 Poloha tratě v rámci Jihomoravského kraje vůči silničním komunikacím

Zdroj: autor na podkladě (5)

Celková délka trati Brno hlavní nádraží – Hrušovany nad Jevišovkou je 63 km. Řešený úsek tratě Brno hlavní nádraží – Moravský Krumlov představuje délku 33 km. Trať má nezávislou trakční soustavu, vyjma úseku Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice. Provoz na trati v úseku Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice je tříkolejný. Jízda vlaků relací Brno – Jihlava a Brno – Hrušovany nad Jevišovkou je však převážně organizována po 3. traťové koleji. V odpolední dopravní špičce pak i po 1. traťové koleji. Úsek Brno-Horní Heršpice, zhlaví státní silnice – Střelice je pravostranný a banalizovaný. V navazujícím úseku Střelice – Hrušovany nad Jevišovkou je pak jednokolejný. Tomu odpovídá i kategorie dráhy, která je v úseku Brno – Střelice celostátní, dále pak pouze regionální. Výškový profil tratě s vyznačením řešeného úseku je znázorněn na obrázku 3.



Obr. 3 Výškový profil tratě

Zdroj: autor na podkladě (6)

Traťová rychlost je v rozmezí $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} - 90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Délka jednotlivých mezistaničních úseků, včetně jejich kilometrických poloh a stanic nacházejících se na této trati, je znázorněna v tabulce 1. Tučně je znázorněn nejdelší úsek traťové rychlosti.

Tab. 1 Délka traťových úseků a jejich traťová rychlost

Úsek	Délka úseku (v km)	Začátek úseku (km)	Konec úseku (km)	Traťová rychlost ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)
Brno-hl. n. – Brno-Horní Heršpice	2,835	155,770	152,935	60
Brno-Horní Heršpice – Střelice	10,298	152,935	142,637	90
Střelice – Silůvky	6,434	142,637	136,203	80/70/80/75/60
Silůvky – Moravské Bránice	4,341	136,203	131,862	70/75/80/70/50/60
Moravské Bránice – Moravský Krumlov	9,891	131,862	121,971	60/70/60
Moravský Krumlov – Rakšice	3,961	121,971	118,010	70/50
Rakšice – Miroslav	10,286	118,010	107,724	60/50/ 80
Miroslav – Hrušovany nad Jevišovkou	15,178	107,724	92,546	70/ 80 /70/40

Zdroj: autor na podkladě (6)

1.2 Charakteristika stanic a mezistaničních úseků

Kapitola popisuje dotčené stanice, zastávky a jednotlivé mezistaniční úseky. Především je zde zmíněno zabezpečovací zařízení, ať už traťové či staniční, mající vliv na výpočty kapacity a návrhy organizace vlakové dopravy uvedené v následujících kapitolách. Pro zpřehlednění řešeného úseku je rovněž přiložen situační náčrt jednotlivých mezistaničních úseků, který znázorňuje obrázek 4.

ŽST Brno hlavní nádraží

ŽST Brno hlavní nádraží leží v km 155,770 celostátní dráhy jednokolejné trati Brno hlavní nádraží – Jihlava, která je v úseku Brno-Horní Heršpice – Střelice dvoukolejná. Stanice je vybavena staničním zabezpečovacím zařízením 2. kategorie – elektromechanické zabezpečovací zařízení se světelnými závislými hlavními návěstidly, elektrickými přestavníky a kolejovými obvody. V traťovém úseku Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice je traťové zabezpečovací zařízení 2. kategorie – reléový poloautomatický blok s traťovými souhlasy. RPB zjišťuje ve směru Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice volnost traťového úseku. Do stanice jsou zaústěny železniční tratě celkově ze sedmi směrů. K odjezdům a příjezdům vlaků směr Brno-Horní Heršpice se využívají 5. a 6. nástupiště s kolejemi 5k, 9k, 11k a 13k, která jsou přístupná úrovnovým přechodem. (6)

ŽST Brno-Horní Heršpice

ŽST Brno-Horní Heršpice leží v km 140,736 celostátní dráhy dvoukolejné trati Břeclav – Brno hlavní nádraží a rovněž také v km 152,935 jednokolejné tratě Brno hlavní nádraží – Jihlava. Ve stanici je SZZ 3. kategorie ESA 11 s jednotným obslužným pracovištěm. V mezistaničním úseku Brno-Horní Heršpice – Střelice je zabezpečovací zařízení 3. kategorie. Jedná se o automatické hradlo s traťovými souhlasy a oddílovým návěstidlem. Ve stanici jsou čtyři vyvýšená nástupiště, přístup na nástupiště je úrovnovým přechodem u DK. Mezi ŽST Brno-Horní Heršpice a ŽST Střelice leží 2 zastávky: v km 146,013 zast. Troubsko, v km 144,371 zast. Střelice dolní. Zastávku Troubsko obsluhují převážně vlaky relace Jihlava – Brno a to v tomto směru. Zastávku Střelice dolní obsluhují pro změnu vlaky relace Moravské Bránice – Brno a to rovněž v tomto směru z důvodu vyčerpání kapacity dráhy. (6)

ŽST Střelice

ŽST Střelice leží v km 142,637 jednokolejné trati celostátní dráhy Brno hlavní nádraží – Jihlava, úsek trati Brno-Horní Heršpice – Střelice je dvojkolejný. Je odbočnou stanicí pro trať Střelice – Hrušovany nad Jevišovkou. SZZ je 2. kategorie – elektromechanické se dvěma závislými stavědlovými přístroji s vazbou na AH v mezistaničním úseku Brno-Horní Heršpice – Střelice. V mezistaničním úseku Střelice – Silůvky je zřízeno TZZ 3. kategorie AHP 03 na úrovni AH. Ke zjišťování volnosti úseku koleje slouží počítače náprav. Ve stanici jsou tři zvýšená nástupiště, přístup na nástupiště je úroňovými přechody. Je zde 7 dopravních kolejí. Mezi ŽST Střelice a ŽST Silůvky leží v km 139,456 zast. Radostice (6)

ŽST Silůvky

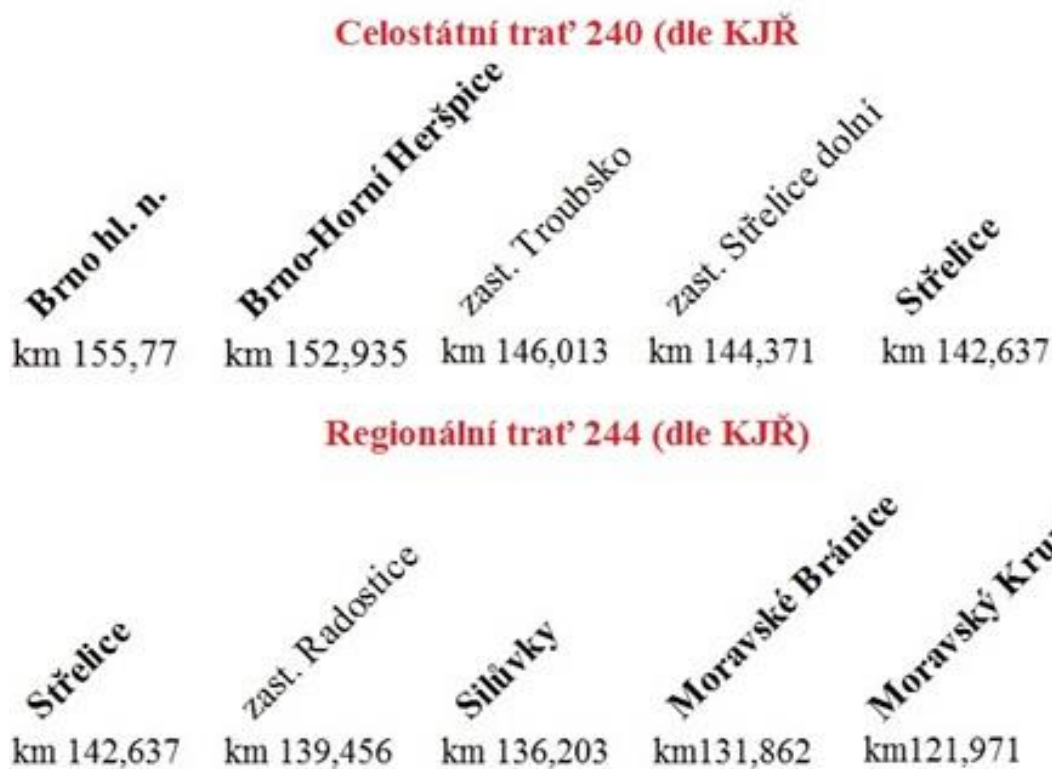
ŽST Silůvky leží v km 136,203 regionální dráhy jednokolejné trati Střelice – Hrušovany nad Jevišovkou. Je vybavena SZZ 3. kategorie – elektronické stavědlo typu ESA 11 s dálkovým ovládním ze stanice Moravské Bránice. Zabezpečovací zařízení je doplněno o graficko-technologickou nadstavbu (GTN) pro automatické vedení dopravní dokumentace. V mezistaničním úseku Silůvky – Moravské Bránice je elektrické integrované traťové zabezpečovací zařízení (ITZZ) 3. kategorie typu AH-ESA-04 bez oddílových návěstidel. V ŽST jsou 2 nástupiště s úroňovým přístupem a 2 dopravní koleje. (6)

ŽST Moravské Bránice

ŽST Moravské Bránice leží v km 131,862 regionální dráhy jednokolejné trati Střelice – Hrušovany nad Jevišovkou. Je odbočnou stanicí pro trať Moravské Bránice – Oslavany. Zabezpečovací zařízení je 3. kategorie – ESA 11. V mezistaničním úseku Moravské Bránice – Moravský Krumlov je TZZ 3. kategorie – na úrovni AH. V ŽST je pět úroňových nástupišť a 4 dopravní koleje. (6)

ŽST Moravský Krumlov

ŽST Moravský Krumlov leží v km 121,971 regionální dráhy jednokolejné trati Střelice – Hrušovany nad Jevišovkou. SZZ je 3. kategorie – ESA 11 s dálkovým ovládním z Moravských Bránic. V mezistaničním úseku Moravský Krumlov – Rakšice je zřízeno TZZ 3. kategorie – na úrovni AH. Ve stanici jsou dvě úroňová nástupiště a 3 dopravní koleje. (6)



Obr. 4 Grafické schéma řešeného úseku

Zdroj: autor na podkladě (6)

1.3 Železniční uzel Brno

Kapitola popisuje současný stav železničního uzlu Brno (ŽUB), především jeho část mající vliv na návaznost tratě 240 a 244. Jsou zde stručně popsány 3 možné varianty celkového budoucího řešení.

ŽUB je dlouze diskutované téma. V době zpracování této diplomové práce není zcela jasné výsledné řešení realizace projektu. Existují 3 varianty. První, nazvaná „Nádraží u řeky,“ představuje odsun současného nádraží 800 m jižně. Druhá varianta, nazvaná „Nádraží pod Petrovem,“ představuje odsun současného nádraží asi 300 m západně. Třetí varianta, nazvaná „Nulová varianta,“ znamená zachování současného stavu nádraží jen s nejnútnejšími zásahy pro udržování provozuschopnosti a odstraňování havarijního stavu.

ŽUB pro potřeby této práce představuje začlenění dvoukolejného traťového úseku Střelice – Brno-Horní Heršpice, zhlaví státní silnice do úseků jednokolejných. Jsou to úseky Brno-Horní Heršpice, zhlaví státní silnice – Brno-Horní Heršpice a Brno-Horní Heršpice – Brno hlavní nádraží. Představují omezující prvky kapacity dráhy, především pak mezistaniční úsek Brno-Horní Heršpice – Brno hlavní nádraží kvůli jeho délce. Ta činí

2,164 km (od odjezdového návěstidla L5 v ŽST Brno-Horní Heršpice po cestové návěstidlo Sc13k v ŽST Brno hlavní nádraží). K jízdám vlaků relací Brno – Jihlava, Brno – Hrušovany nad Jevišovkou a opačně je využívána 3. traťová kolej. V určitých případech lze využít i 1., či 2. traťovou kolej, pokud není využívána vlaky relace Brno – Břeclav. Celkově je provoz mezi ŽST Brno hlavní nádraží a ŽST Brno-Horní Heršpice tříkolejný. Zjednodušená schémata mezistaničního úseku Brno-Horní Heršpice – Brno hlavní nádraží a jižního zhlaví ŽST Brno hlavní nádraží je zobrazeno v příloze A, B.

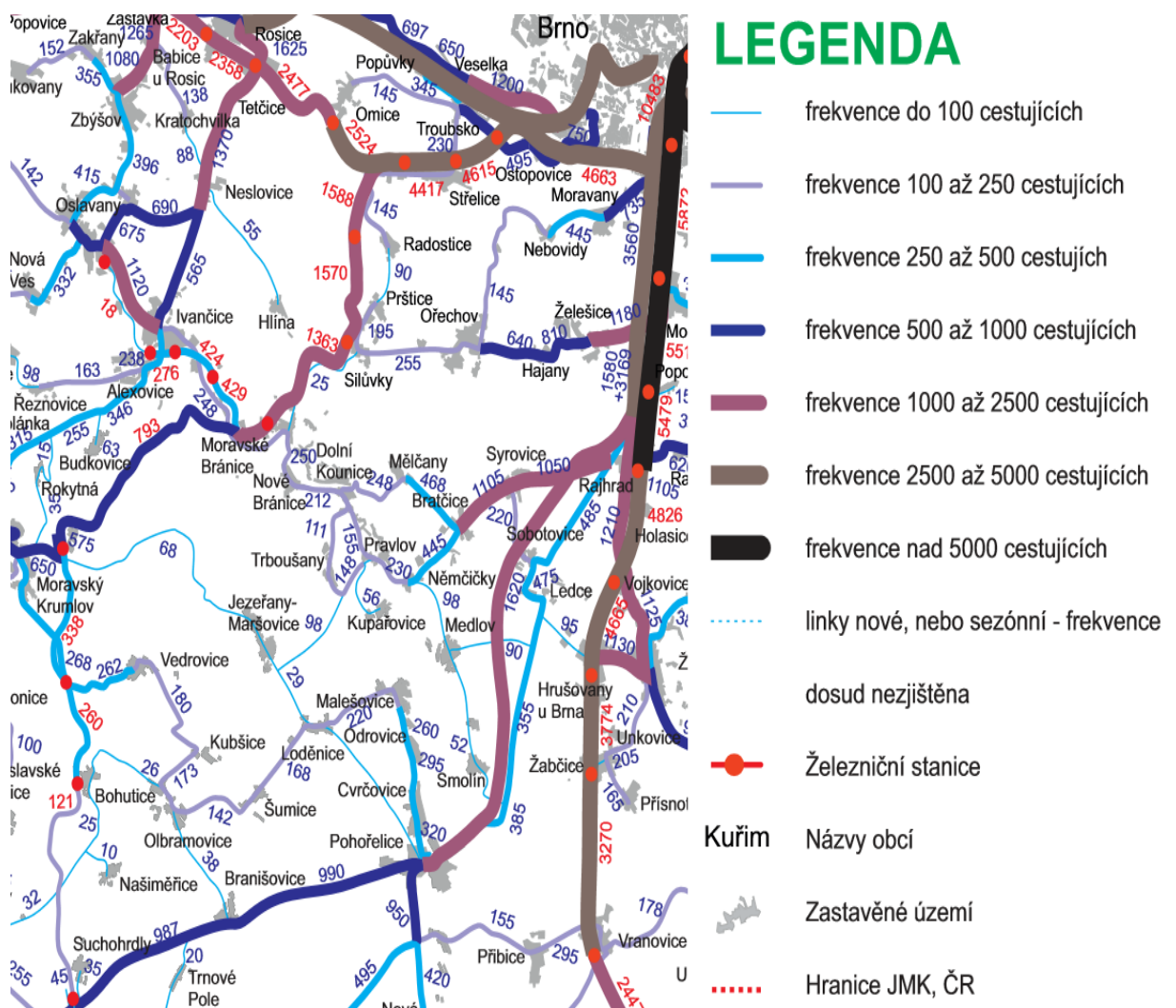
Úsek v ŽST Brno-Horní Heršpice je představován spojovací kolejí 603, jejíž délka (od odjezdového návěstidla S5 po vjezdové návěstidlo 2JL) činí 1,220 km. Délka je počítána od těchto návěstidel z důvodu výpočtu kapacity traťových kolejí a následných uvolnění jednokolejných úseků tak, jak je ovlivňováno zabezpečovacího zařízení. Schéma omezujícího úseku v ŽST Brno-Horní Heršpice je zobrazeno v příloze C.

1.4 Začlenění tratě do IDS JMK

Veřejné služby v přepravě cestujících zajišťuje na území Jihomoravského kraje převážně společnost Kordis JMK, a.s., která je organizátorem Integrovaného dopravního systému Jihomoravského kraje.

Páteří celého dopravního systému je železniční doprava využívající principy integrovaného taktového jízdního řádu. V rámci přepravních proudů cestujících v Jihomoravském kraji je nejsilnější přepravní relace do Brna. Ta čítá kolem 60 000 cestujících přepravených v jeden pracovní den. (8)

Přepravní proudy sledované oblasti Jihozápad v rámci IDS JMK za jeden den v jednom směru jsou znázorněny pentlogramem, který je znázorněn na obrázku 5.



Obr. 5 Pentlogram IDS JMK Jihozápad

Zdroj: autor na podkladě (8)

Na základě uvedených rozpětí přepravních proudů v pentlogramu jsou stanoveny četnosti spojů na určitých úsecích. Jsou rozděleny celkem do třech tříd:

- I. pokud je přepravní proud vyšší než 500 cestujících za celý pracovní den v jednom směru, interval by neměl být delší než 60' v přepravní špičce a 120' v přepravním sedle,
- II. pokud je přepravní proud vyšší než 1 000 cestujících za celý pracovní den v jednom směru, interval by neměl být delší než 30' v přepravní špičce a 60' v přepravním sedle,
- III. pokud je přepravní proud vyšší než 3 000 cestujících za celý pracovní den v jednom směru, interval by neměl být delší než 15' v přepravní špičce a 30' v přepravním sedle. (8)

Přehled úseků, jejich frekvence cestujících a z toho požadovaná četnost spojů v rámci vyšších standardů IDS JMK jsou zpracovány v tabulce 2. Tučně zvýrazněné úseky představují sledovanou oblast.

Tab. 2 Standardy četnosti spojů a frekvence cestujících na daných úsecích

Úsek	Frekvence cestujících za den v jednom směru	Třída standardu IDS JMK	Poznámka
Brno-hl. n. – Střelice	4 417	III	
Střelice – Radostice zast.	1 588	II	
Radostice zast. – Silůvky	1 570	II	
Silůvky – Moravské Bránice	1 363	II	
Moravské Bránice – Moravský Krumlov	793	I	
Moravský Krumlov - Rakšice	338	—	
Rakšice – Bohutice zast.	260	—	1
Bohutice zast. - Miroslav	121	—	
Miroslav – Hrušovany nad Jevišovkou	87	—	2

1 – v současné době cílová stanice vybraných vlakových spojů

2 – v daném úseku se nacházejí 3 zastávky (Dolenice, Břežany, Pravice); rozdíl frekvence cestujících činí 13 osob

Zdroj: autor na podkladě (8)

Autor se domnívá, že díky zatraktivnění železniční dopravy a navýšení četnosti vlakových spojů dojde i ke zvýšení poptávky po přepravních službách na úsecích Moravské Bránice – Moravský Krumlov. V případě realizace vlakových spojení relací Brno – Znojmo je pravděpodobné navýšení frekvence cestujících mezi těmito okresními městy. To je ovšem podmíněno dosažením srovnatelných jízdních dob s autobusovou dopravou.

1.5 Organizace vlakové dopravy

Následující kapitola se zabývá organizací vlakové dopravy za běžného stavu s přihlédnutím k traťovým technologiím. V rámci jednotlivých mezistaničních úseků se jedná o rozdílné charakteristiky provozu. Jedná se převážně o jednokolejný provoz vyjma úseku ŽST Brno-Horní Heršpice, zhlaví státní silnice – ŽST Střelice. Zde je provoz dvoukolejný. Úsek ŽST Brno hlavní nádraží – ŽST Brno-Horní Heršpice je tříkolejný. Zde je dle rozboru GVD jízda vlaků organizována v drtivé převaze po 3. traťové koleji. V ostatních případech je využívána 1. traťová kolej, převážně pro osobní vlaky relace Brno – Jihlava během odpolední dopravní špičky. 2. traťová kolej je využívána spíše sporadicky, je využívána převážně pro organizaci jízd vlaků relace Břeclav – Brno. Kapitola je zaměřena na provázení vlaků řešeným úsekem v rámci jednotlivých mezistaničních úseků. Je zde rozebráno vytížení traťových úseků jednotlivými druhy vlaků. Samotné vyjádření vlakové dopravy v rámci 24 hodin (1440 minut) by poskytovalo v rámci výpočtu kapacity traťových úseků zkreslující informace. Proto je zde zmíněno taktéž vytížení traťových úseků v rámci dopravní špičky. Rozebráno je zde složení jednotlivých souprav vlaků osobní dopravy mající vliv na rychlost a tedy i na kapacitu traťových úseků. V neposlední řadě hraje významnou roli začlenění tratí do IDS JMK.

Skladba dopravy

V rámci regionální tratě 244 Střelice – Hrušovany nad Jevišovkou je provozována pouze osobní doprava. Ta je provozována dopravcem ČD, a.s. Stejná skladba dopravy je rovněž v mezistaničním úseku Brno-Horní Heršpice – Brno hlavní nádraží. Při mimořádnostech lze však tento mezistaniční úsek využít i pro nákladní dopravu v rámci objízdnych tras a to včetně spojovací koleje 603 v ŽST Brno-Horní Heršpice, zhlaví státní silnice. Schéma objízdny trasy nákladního průtahu je zobrazeno na obrázku 6. Na úseku celostátní tratě 240 Brno-Horní Heršpice, zhlaví státní silnice – Střelice je kromě osobní dopravy provozována i v malé míře doprava nákladní. Ta je pravidelně zajišťována dopravcem ČD Cargo a to jedním párem Mn vlaků relace ŽST Brno-Maloměřice – Náměšť nad Oslavou. Na trať vstupuje i soukromý dopravce AWT a to vlaky podle potřeby do ŽST Střelice. Tyto však nejsou pro výpočty kapacity traťových kolejí uvažovány. Osobní doprava je na řešeném úseku tratě začleněna do IDS JMK linkami R4, S4 a S41.



Obr. 6 Objízdňá trasa nákladního průtahu ŽUB Brno

Zdroj: autor na podkladě (6)

Rychlíkové spoje

Rychlíkové spoje relace Brno hlavní nádraží – Jihlava (Plzeň) jsou vedeny ve společném jízdním úseku celostátní tratě 240 Brno hlavní nádraží – Střelice ve 2hodinovém taktu. Tento takt je neměnný v rámci celého týdne a platí pro oba směry. V sudém směru, který představuje úsek Brno hlavní nádraží – Střelice vyjíždějí vlaky pravidelně z Brna hlavního nádraží v období od 7:20 do 19:20. Ve směru lichém pak přijíždějí do Brna hlavního nádraží v období od 8:36 do 20:36. V rámci IDS JMK jsou tyto vlaky vedeny jako linka R4. Regionální trať Střelice – Hrušovany nad Jevišovkou nemá žádná rychlíková spojení.

Spěšné vlaky

V rámci této kategorie vlaků je na řešeném úseku trasován jeden vlak lichého směru relace Jihlava – Brno s příjezdem do Brna v 7:37. V rámci řešeného úseku představuje jeho trasa společnou jízdní cestu Střelice – Brno-Horní Heršpice – Brno hlavní nádraží. Spěšné vlaky relace Brno – Moravský Krumlov tvoří doplňkovou obsluhu přepravní poptávky v pracovní dny během ranní a odpolední dopravní špičky. Vlaky lichého směru Moravský Krumlov – Brno představují 3 spoje, z nichž 2 jsou časovány v ranní dopravní špičce s příjezdem do Brna v 7:29 a v 8:25. Poslední ze spojů je časován v odpolední dopravní špičce s příjezdem do Brna v 16:22. Ve směru sudém, tedy Brno – Moravský Krumlov, představují tyto vlaky 4 spoje v rámci odpolední dopravní špičky. Je zde snaha vytvořit hodinový takt, avšak s drobnými odlišnostmi. Vlaky odjíždí ze ŽST Brno hlavní nádraží v 14:24, 15:30, 16:24 a 17:28. Lepší přehlednost jízd Sp vlaků znázorňuje tabulka 3.

Tab. 3 Odjezdy a příjezdy Sp vlaků ze/do stanice Brno hlavní nádraží

Relace	Vlak	Příjezd / Odjezd do / z Brna hl. n.
Jihlava – Brno-hl. n.	Sp 1869	7:37
Hrušovany nad Jevišovkou – Brno hlavní nádraží	Sp 1921*	7:29
Rakšice – Brno hlavní nádraží	Sp 1923*	8:25
Moravský Krumlov – Brno hlavní nádraží	Sp 1925	16:22
Brno hlavní nádraží – Moravský Krumlov	Sp 1920*	14:24
Brno hlavní nádraží – Hrušovany nad Jevišovkou	Sp 1922*	15:30
Brno hlavní nádraží – Moravský Krumlov	Sp 1924*	16:24
Brno hlavní nádraží – Hrušovany nad Jevišovkou	Sp 1926*	17:28

* vlak obsluhuje zastávku Střelice dolní

Zdroj: autor na podkladě (6)

Osobní vlaky

Osobní vlaky se v rámci řešeného úseku dají rozdělit do 2 relací: Brno – Zastávka u Brna a Brno – Moravský Krumlov.

Vlaky relace Brno – Zastávka u Brna jsou vedeny z Brna v období od 5:39 do 22:41 v 60' základním intervalu. Vlaky vyjíždějí z Brna vždy ve 39. minutu, kromě posledního spoje ve 22:41. V odpolední dopravní špičce pracovního dne jsou vlaky posíleny o 6 spojů vyjíždějících vždy v 6. minutu v období od 14:06 do 18:06. Výjimku tvoří spoj odjíždějící z Brna v 17:02. Až na drobné odchylky se dá hovořit o 30' intervalu. Vybrané vlaky této

relace pokračující do cílových stanic Rapotice, Náměšť nad Oslavou, Třebíč, Okříšky a Jihlava. V rámci řešeného úseku projíždějí vlaky 2 mezistaniční úseky a to celostátní tratě 240 Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice – Střelice. Obsluhují zastávku Troubsko. V opačném, tedy lichém směru, jsou vlaky vedeny s příjezdem do Brna od 5:12 do 22:11 rovněž v základním 60' intervalu, až na drobné odchylky. Odchylkami je myšlen spoj 4849, který přijíždí do Brna ve 21:11 pouze v pracovní dny a tím je narušen základní 60' interval, stejně tak jako odchylky od základního intervalu dosahující maximálně 4 minut. V rámci pracovního dne jsou vlaky posíleny v ranní dopravní špičce o 2 spoje s příjezdem do Brna v 5:37 a 6:37, a v odpolední dopravní špičce o 3 spoje s příjezdy do Brna v 16:49, 17:37 a 18:28. Je zde snaha o vytvoření 30' intervalu, leč z důvodu vytížení kapacity a křížování vlaků jej nelze optimálně dosáhnout. Vlaky této relace tvoří v rámci IDS JMK linku S4.

Vlaky relace Brno – Moravský Krumlov jsou vedeny z Brna v období od 6:49 do 22:54 v základním 60' intervalu s tím, že v 10:54 se interval upravuje na odjezdy vždy v 54. minutu. V pracovní dny jsou v ranní dopravní špičce přidány 2 spoje s odjezdy z Brna v 5:02 a v 5:49. Posilové spoje v rámci odpolední dopravní špičky představují spěšné vlaky. Vybrané vlaky této relace pokračují do cílových stanic Ivančice, Rakšice, Bohutice a Hrušovany nad Jevišovkou. V rámci řešeného úseku projíždějí vlaky 5 mezistaničních úseků a to celostátní tratě 240 a regionální tratě 244 Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice – Střelice – Silůvky – Moravské Bránice – Moravský Krumlov. Obsluhují zastávku Střelice dolní. V opačném, tedy lichém směru, jsou vlaky vedeny s příjezdem do Brna od 5:31, 6:31 a od 7:01 do 21:04 jsou vedeny v 60' intervalu s tím, že v 10:04 se interval upravuje na odjezdy vždy ve 4. minutu. V pracovní dny jsou v ranní dopravní špičce přidány 2 spoje a to s příjezdem do Brna již ve 4:55 a v 6:01. Posílení v ranní dopravní špičce dále představují 2 spěšné vlaky s příjezdem do Brna v 7:29 a v 8:25, odpoledne pak v 16:22. Vlaky této relace tvoří v rámci IDS JMK linku S41.

Nákladní vlaky

Nákladní doprava je provozována pouze v rámci celostátní tratě 240 a to na řešeném úseku Brno-Horní Heršpice, zhlaví státní silnice – Střelice. Tu provozuje dopravce ČD CARGO, a.s. jedním párem Mn vlaků relace Brno-Maloměřice – Náměšť nad Oslavou. Dále na tento úsek vstupuje i soukromý dopravce AWT a to pouze vlaky podle potřeby relace Děčín st. hr. – Střelice.

Soupravové vlaky

Mezi ŽST Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice je zavedeno 8 soupravových vlaků lichého směru, tedy směru Brno-Horní Heršpice – Brno hlavní nádraží a jeden soupravový vlak sudého směru. Vlaky slouží převážně pro návoz osobních vlaků relací Brno – Bohutice, či Brno – Jihlava. Tyto vlaky jedou po 3. traťové koleji. Dále jsou zde pravidelně trasovány 2 soupravové vlaky sudého a 2 lichého směru jedoucích po 1., či 2. traťové koleji. Mezi ŽST Brno-Horní Heršpice – Střelice – Silůvky – Moravské Bránice je pravidelně trasován jeden soupravový vlak pro relaci Moravské Bránice – Ivančice.

V rámci řešeného úseku Brno hlavní nádraží – Moravský Krumlov je zjišťováno vytížení jednotlivých mezistaničních úseků. Vytížení mezistaničních úseků je zpracováno do tabulek v rámci 4hodinových časových rozpětí, ze kterých vychází i časová nerovnoměrnost. Tu představuje vytížení tratí v rámci ranní či odpolední dopravní špičky, dopravního sedla, či nočního klidu. Pro účely této práce je vytížení traťových úseků uvažováno pouze v pracovní dny, neboť zde dosahuje největších hodnot. V době dopravní špičky (ranní i odpolední) jezdí osobní vlaky v 30' intervalu. Za toto období je všeobecně považováno hodinové rozpětí od 5:00 do 9:00. V dopravním sedle pak pravidelně v 60' intervalu. Tímto sedlem je všeobecně míněno hodinové rozpětí od 9:00 do 14:00 a od 18:00 do 22:00. Hlavním důvodem je silné zatížení tratí regionální dopravou v rámci IDS JMK. Ta tvoří drtivou převahu využívající kapacitu řešeného úseku. Nejzatíženějšími mezistaničními úseky jsou Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice a Brno-Horní Heršpice – Střelice z důvodu společné jízdy vlaků dvou relací (Brno – Jihlava, Brno – Hrušovany nad Jevišovkou). Nákladní doprava zde nemá v porovnání s dopravou osobní příliš velké zastoupení. V období od 0:00 do 4:00 v pracovní dny nejede na řešeném úseku žádný vlak mimo dvou soupravových. Ty jsou trasovány mezi ŽST Brno-Horní Heršpice a Brno hlavní nádraží. Skladba vlakové dopravy je zpracována do tabulek podle jednotlivých mezistaničních úseků v rámci 4hodinových časových rozpětí.

Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice

V rámci mezistaničního úseku Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice je třeba brát v úvahu začlenění dvou tratí. Je to část tratě 250 Brno – Lanžhot st. hr. a 244 Brno – Jihlava. Tento mezistaniční úsek má svá specifika v tom, že trať 244 je zde sice jednokolejná (3. TK), avšak z kapacitních důvodů zde vlaky využívají i část tratě 250. Ve služebních pomůckách jsou tratě označovány jako 320A a 322C. Provoz v mezistaničním úseku je tříkolejný. Na tomto úseku není provozována nákladní doprava. V případě mimořádností však slouží jako objízdná trasa. Skladba dopravy je zpracována do dvou tabulek. Tabulka 4 představuje všechny vlaky jedoucí v mezistaničním úseku v rámci začlenění dvou tratí. Tabulka 5 pak představuje pouze vlaky jedoucí v rámci řešeného úseku Brno hlavní nádraží – Moravský Krumlov.

Tab. 4 Skladba dopravy v úseku Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice (všechny vlaky)

Traťový úsek Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice (všechny vlaky)													
	*Sudý směr						Lichý směr						Celkem
Hodina	Ex	R	Sp	Os	Sv	□	Ex	R	Sp	Os	Sv	□	
0 – 4	1	0	0	1	0	2	1	0	0	0	2	3	5
4 – 8	1	2	0	18	0	21	2	1	3	24	0	30	51
8 – 12	4	4	0	16	3	27	4	4	2	17	4	31	58
12 – 16	4	4	4	20	0	32	4	4	0	17	2	27	59
16 – 20	5	4	4	21	0	34	4	4	3	21	1	33	67
20 – 24	2	1	0	10	0	13	2	2	0	8	1	13	26
Celkem	17	15	8	86	3	129	17	15	8	87	10	137	266

* Sudý směr je vztažen k číslování tratě 244, nikoli 250. Představuje tedy směr Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice

Zdroj: autor na podkladě (6)

Tab. 5 Skladba dopravy v úseku Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice (vlaky řešeného úseku)

Traťový úsek Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice (vlaky řešeného úseku)													
	Sudý směr						Lichý směr						Celkem
Hodina	Ex	R	Sp	Os	Sv	□	Ex	R	Sp	Os	Sv	□	
0 – 4	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	2	3
4 – 8	0	1	0	7	0	8	0	0	2	11	0	13	21
8 – 12	0	2	0	8	3	13	0	2	1	8	4	15	28
12 – 16	0	2	2	10	0	14	0	2	0	8	2	12	26
16 – 20	0	2	2	11	0	15	0	2	1	11	1	15	30
20 – 24	0	0	0	6	0	6	0	1	0	6	1	8	14
Celkem	0	7	4	43	3	57	0	7	4	44	10	65	122

Zdroj: autor na podkladě (6)

Z tabulky 4 je zřejmé, že největšího vytížení dosahuje vlaková doprava sudého směru v období odpolední dopravní špičky. Rozborem GVD bylo zjištěno, že v rámci odpolední dopravní špičky (od 14 do 18 hodin) dosahuje vlaková doprava počtu až 38 vlaků. V období od 4 do 8 hodin je doprava slabší než v období dopoledního sedla. To je způsobeno navýšením vlaků dálkových spojů (Ex, R) a také počtem soupravových vlaků. V období ranní dopravní špičky od 5 do 9 hodin je dle rozboru GVD počet vlaků 26. Ani v tomto případě by nepředčil počet vlaků v dopoledním sedle. V opačném, tedy lichém směru, je však počet vlaků v období ranní dopravní špičky od 5 do 9 hodin vyšší. Dle rozboru GVD bylo zjištěno pro toto období 36 vlaků. V odpolední dopravní špičce, představující období od 14 do 18 hodin pak 30 vlaků.

Z tabulky 5 vyplývá, že největšího vytížení dosahuje vlaková doprava sudého směru opět v odpolední dopravní špičce. V období od 16 do 20 hodin dosahuje počtu 15 vlaků. Dle rozboru GVD bylo zjištěno, že v období od 14 do 18 hodin je pak počet vlaků nejvyšší a to 18. Dopolední sedlo představuje opět silnější dopravu než ranní dopravní špička. Počet vlaků je dle rozboru GVD 10. V lichém směru je nejsilnější období ranní dopravní špičky. Dle analýzy GVD představuje 16 vlaků. Odpolední dopravní špička je pak druhé nejsilnější období od 16 do 20 hodin. Počet vlaků je 15. Dle analýzy GVD by v uvažování odpolední dopravní špičky od 14 do 18 hodin byl počet vlaků 13.

Z porovnání tabulek 4 a 5 vyplývá, že celkový počet vlaků jedoucích v mezistaničním úseku je v sudém směru 129 a v lichém 137. Vyšší počet je odůvodněn jízdami soupravových vlaků. V uvažování pouze vlaků řešeného úseku je počet těchto vlaků v sudém směru 57 a v lichém pak 65. Opět je rozdíl odůvodněn díky jízdám soupravových vlaků. Celkový počet vlaků za 24 hodin v obou směrech je v mezistaničním úseku Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice 266. V rámci rozboru GVD bylo zjištěno, že v 1. TK je rozsah dopravy za 24 hodin 79 vlaků, ve 2. TK 76 vlaků. Tyto koleje jsou pravidelně pojížděny jednosměrně, až na mimořádnosti a výjimky. 3. TK představuje rozsah dopravy 111 vlaků a je pojížděna obousměrně.

Brno-Horní Heršpice – Střelice

Mezistaniční úsek Brno-Horní Heršpice – Střelice je specifický tím, že v rámci úseku Brno-Horní Heršpice – Brno-Horní Heršpice, zhlaví státní silnice je jednokolejný. Tento omezující úsek představuje spojovací kolej 603. Na zhlaví státní silnice se dále napojuje spojovací kolej 600, která vede do ŽST Brno dolní nádraží. Je využívána vlaky nákladní dopravy. Osobní doprava zde není vedena. Schéma zobrazuje příloha C. V rámci tohoto mezistaničního úseku jsou, na rozdíl od úseku Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice, plánovány pouze vlaky řešeného úseku, které představuje tabulka 5. Sv z tabulky 5 jsou nahrazeny jedním novým Sv jedoucím do ŽST Moravské Bránice. Na úseku je navíc pravidelně veden jeden pár Mn vlaků relace ŽST Brno-Maloměřice – Náměšť nad Oslavou. Skladbu dopravy znázorňuje tabulka 6.

Tab. 6 Skladba dopravy v úseku Brno-Horní Heršpice – Střelice

Traťový úsek Brno-Horní Heršpice – Střelice													
	Sudý směr						Lichý směr						Celkem
Hodina	R	Sp	Os	Sv	Mn	□	R	Sp	Os	Sv	Mn	□	
0 – 4	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
4 – 8	1	0	7	1	0	9	0	2	12	0	0	14	23
8 – 12	2	0	8	0	1	11	2	1	8	0	0	11	22
12 – 16	2	2	10	0	0	14	2	0	8	0	1	11	25
16 – 20	2	2	11	0	0	15	2	1	11	0	0	14	29
20 – 24	0	0	6	0	0	6	1	0	5	0	0	6	12
Celkem	7	4	43	1	1	56	7	4	44	0	1	56	112

Zdroj: autor na podkladě (6)

Z tabulky 6 je zřejmé, že skladba a rozložení dopravy je velmi podobné jako v případě tabulky 5. V sudém směru představuje vytíženější období dopolední dopravní sedlo než ranní dopravní špička. V lichém směru je tomu naopak především z důvodu jízd 12 Os vlaků. V obou směrech pak představuje nejvytíženější období odpolední dopravní špička. Celkem jede v úseku 56 vlaků sudým směrem a 56 vlaků lichým směrem. Dohromady je to 112 vlaků. Na rozdíl od mezistaničního úseku Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice v rámci vlaků řešeného úseku zde dochází k poklesu o 10 vlaků. Důvodem jsou především jízdy Sv vlaků. V porovnání s celkovým provozem v mezistaničním úseku Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice zde dochází k poklesu o 154 vlaků. Důvodem je silná osobní doprava v rámci tratě 250 na úseku Brno hlavní nádraží – Břeclav, jenž je součástí prvního tranzitního železničního koridoru.

Střelice – Silůvky – Moravské Bránice

Traťový úsek Střelice – Silůvky – Moravské Bránice představuje 2 mezistaniční úseky. Vzhledem k neměnné povaze dopravního provozu je dostačující uvažovat tento úsek jako jeden ucelený. V ŽST Střelice se odděluje celostátní trať 240 od regionální tratě 244. Dvukolejný úsek se mění na 2 jednokolejné a v rámci řešeného úseku Brno hlavní nádraží – Moravský Krumlov dochází k oddělení vlaků relace Brno – Jihlava. Na tomto úseku je zastoupena pouze osobní doprava, ve které chybí vlaky kategorie Ex a R. Skladba dopravy je uvedena v tabulce 7.

Tab. 7 Skladba dopravy na úseku Střelice – Silůvky – Moravské Bránice

Traťový úsek Střelice – Silůvky – Moravské Bránice									
	Sudý směr				Lichý směr				Celkem
Hodina	Sp	Os	Sv	□	Sp	Os	Sv	□	
0 – 4	0	1	0	1	0	1	0	1	2
4 – 8	0	3	1	4	1	6	0	7	11
8 – 12	0	4	0	4	1	4	0	5	9
12 – 16	2	4	0	6	0	4	0	4	10
16 – 20	2	4	0	6	1	4	0	5	11
20 – 24	0	4	0	4	0	2	0	2	6
Celkem	4	20	1	25	3	21	0	24	49

Zdroj: autor na podkladě (6)

Z tabulky 7 je zřejmé, že v sudém směru je největší dopravní vytížení v období odpolední dopravní špičky, což představuje 6 vlaků. V období ranní dopravní špičky je totožné s vytížením v období dopoledního sedla. To představuje 4 vlaky. V lichém směru je nejvytíženější doprava v období ranní dopravní špičky, která představuje 7 vlaků.

Moravské Bránice – Moravský Krumlov

Na traťovém úseku Moravské Bránice – Moravský Krumlov jezdí pouze vlaky kategorie Sp a Os. V některých případech se v ŽST Moravské Bránice vlaky kategorie Os v sudém směru rozvěšují a pak dále pokračují ve směru Moravský Krumlov či Ivančice. Děje se tak z důvodu vytížené kapacity na úseku Brno hlavní nádraží – Střelice. V lichém směru se naopak svěšují. Skladba dopravy na úseku Moravské Bránice – Moravský Krumlov je uvedena v tabulce 8.

Tab. 8 Skladba dopravy na úseku Moravské Bránice – Moravský Krumlov

Traťový úsek Moravské Bránice – Moravský Krumlov							
	Sudý směr			Lichý směr			Celkem
Hodina	Sp	Os	□	Sp	Os	□	
0 – 4	0	0	0	0	0	0	0
4 – 8	0	3	3	2	6	8	11
8 – 12	0	4	4	0	4	4	8
12 – 16	2	4	5	1	4	5	10
16 – 20	2	4	7	0	5	5	12
20 – 24	0	4	4	0	2	2	6
Celkem	4	19	23	3	21	24	47

Zdroj: autor na podkladě (6)

Z tabulky 8 vyplývá, že v sudém směru je největšího dopravního vytížení dosahováno v období odpolední dopravní špičky, což představuje 7 vlaků. Dopoludní dopravní sedlo představuje opět větší dopravní vytížení nežli ranní dopravní špička. V lichém směru je největšího dopravního vytížení dosahováno v období ranní dopravní špičky představující 8 vlaků. To je způsobeno silnou přepravní poptávkou do Brna. Druhé největší dopravní vytížení je období odpolední dopravní špičky, což představuje 5 vlaků. Největšího vytížení traťového úseku představuje časové rozmezí mezi 15 – 19 hodinou v počtu 14 vlaků.

Sumarizační pohled a porovnání celkových počtů vlaků v rámci jednotlivých mezistaničních úseků zobrazuje tabulka 9.

Tab. 9 Sumarizační porovnání skladby dopravy v rámci jednotlivých mezistaničních úseků

Mezistaniční úsek	Sudý směr	Lichý směr	Celkem
Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice (celkem)	129	137	266
Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice (vlaky řešeného úseku)	57	65	122
Brno-Horní Heršpice – Střelice	56	56	112
Střelice – Silůvky – Moravské Bránice	25	24	49
Moravské Bránice – Moravský Krumlov	23	24	47

Zdroj: autor na podkladě (6)

1.6 Jízdní doby

Jízdní doby jsou v tabulkách uvedeny v minutách. Přehled jednotlivých jízdních dob vlaků sudého směru je uveden v tabulce 10, lichého směru pak v tabulce 11.

Tab. 10 Jízdní doby v mezistaničních úsecích – sudý směr

	Ex	R	Sp	Os	Sv	Mn
Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice (relace Brno – Břeclav)	4	4	4	4	-	-
Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice	-	4,5	4,5	4,5	4 ^{*1}	-
Brno-Horní Heršpice – Brno-Horní Heršpice, zhlaví st. silnice	-	1	1	1,5	1,5	-
Brno-Horní Heršpice, zhlaví st. silnice – Střelice	-	7,5	8 ^{*2}	8,5 ^{*3}	7	23
Střelice – Silůvky	-	-	7	8	6,5	-
Silůvky – Moravské Bránice	-	-	5	5	5	-
Moravské Bránice – Moravský Krumlov	-	-	10,5	10,5	-	-

*1 - jízdní doby soupravových vlaků se liší v závislosti na sunutí či tažení vlaku. Rozmezí je 3 – 5 min

*2 – jízdní doby se liší v závislosti na zastavování vlaků na zastávkách Troubsko, Střelice dolní. Rozmezí je 8 – 11 min

*3 – jízdní doby se liší v závislosti na zastavování vlaků na zastávkách Troubsko, Střelice dolní. Rozmezí je 8,5 – 10,5 min

Zdroj: autor na podkladě (6)

Tab. 11 Jízdní doby v mezistaničních úsecích – lichý směr

	Ex	R	Sp	Os	Sv	Mn
Moravský Krumlov – Moravské Bránice	-	-	11	11	-	-
Moravské Bránice - Silůvky	-	-	5	5	-	-
Silůvky – Střelice	-	-	7	8	-	-
Střelice – Brno-Horní Heršpice, zhlaví st. silnice	-	6	6 ^{*1}	7,5 ^{*2}	-	10
Brno-Horní Heršpice, zhlaví st. silnice – Brno-Horní Heršpice	-	1	1 ^{*2}	1,5	-	-
Brno-Horní Heršpice – Brno hlavní nádraží	-	4,5	4,5	4,5	3 ^{*4}	-
Brno-Horní Heršpice – Brno hlavní nádraží (relace Brno – Břeclav)	4	4	4	4	-	-

*1 – jízdní doby se liší v závislosti na zastavování vlaků na zastávkách Střelice dolní, Troubsko. Rozmezí je 6 – 8 min

*2 – jízdní doby se liší v závislosti na zastavování na zastávkách Střelice dolní, Troubsko. Rozmezí je 6 – 9 min

*3 – jízdní doby se liší v závislosti na zastavování v ŽST Brno-Horní Heršpice. Rozmezí je 1 – 1,5 min

*4 - jízdní doby soupravových vlaků se liší v závislosti na sunutí či tažení vlaku. Rozmezí je 3 – 5 min

Zdroj: autor na podkladě (6)

1.7 Organizace jízdy vlaků

Kapitola se zabývá provozem a organizací dopravy v jednotlivých mezistaničních úsecích. Je zde popisováno především traťové zabezpečovací zařízení, počet traťových kolejí a další prvky infrastruktury a její obsluhy mající vliv na výpočet kapacity traťových kolejí.

Traťový úsek Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice

Jedná se o tříkolejný traťový úsek. Provoz v 1. a 2. TK je představován především vlaky relace Brno – Břeclav. 3. TK je využívána vlaky relace Brno – Jihlava či Brno – Hrušovany nad Jevišovkou. TZZ je RPB s traťovým souhlasem a s kontrolou volnosti mezistaničního úseku.

Traťový úsek Brno-Horní Heršpice – Střelice

V obvodu ŽST Brno-Horní Heršpice – Brno-Horní Heršpice, zhlaví státní silnice je provoz jednokolejný. Tento úsek představuje spojovací kolej 603 v délce 1. 220 m (od návěstidla S5 po návěstidlo 2JL). Dále je úsek dvoukolejný, pravostranný. TZZ je automatické hradlo s oddílovým návěstidlem. Oddílová návěstidla AH jsou umístěna ve směru Střelice v km 146,258 (2So) a v km 146, 272 (1So). V opačném směru pak v km 146,272 (1Lo) a v km 146, 061 (2Lo). Na trati jsou umístěny 2 zastávky: v km 146,013 zastávka Troubsko, v km 144,371 zastávka Střelice dolní.

Traťový úsek Střelice – Silůvky

Tento úsek je jednokolejný, řízený dálkově ze stanice Moravské Bránice. TZZ je 3. kategorie AHP 03 – na úrovni AH. Ke zjišťování volnosti úseku koleje slouží počítače náprav. V km 139,456 leží zastávka Radostice.

Traťový úsek Silůvky – Moravské Bránice

Tento úsek je jednokolejný, TZZ je elektrické integrované traťové zabezpečovací zařízení (ITZZ) 3. kategorie typu AH-ESA-04 bez oddílových návěstidel. Traťový úsek je řízen ze stanice Moravské Bránice.

Traťový úsek Moravské Bránice – Moravský Krumlov

Traťový úsek je jednokolejný s TZZ 3. kategorie – na úrovni AH bez oddílových návěstidel. Je řízen ze stanice Moravské Bránice.

1.8 Skladba a řazení vlaků

Tato kapitola se zabývá skladbou a řazením vlaků vyskytujících se na řešeném úseku tratě 240 a 244. Její náplní není řazení vlaků relace Brno – Břeclav. Skladba vlaku má vliv na rychlost provázení vlaků a tím na kapacitu traťových kolejí. Kapitola čerpá ze zdrojů (9), (10) a (11).

Řazení rychlíkových spojů

Rychlíkové soupravy sestávají z hnacího vozidla řady 750.7 a 4 vozů. Nejčastější složení soupravy je 1x AB³⁴⁹, 1x Bbdgmee²³⁶, 2x Bd²⁶⁴ a 1x B²⁴⁹. Vozy Bbdgmee²³⁶ mají maximální rychlost 160 km·h⁻¹, ostatní pak 140 km·h⁻¹.

Řazení spěšných vlaků

Řazení spěšných vlaků je nejčastěji kombinací motorových vozů s řídicími. Maximální rychlost vozů řady 842 je 100 km·h⁻¹, ostatních vozů, které jsou jmenovány níže pak 120 km·h⁻¹. Nejčastější skladby spěšných vlaků jsou následující:

- 854, 2x Bdt⁷⁵⁶,
- 854, Bdt⁷⁵⁶, ABfbrdt⁷⁹⁵,
- Bfbrdt⁷⁹⁴, 842,
- 842, 842, Bfbrdt⁷⁹⁴,
- 842, Bdt⁷⁵⁶, Bdt⁷⁵⁶,

Řazení osobních vlaků

Řazení osobních vlaků je stejné jako řazení spěšných vlaků s dalšími možnými kombinacemi uvedenými níže. Důvody zařazování těchto dalších kombinací jsou např. přepravní poptávka nebo také využití kapacity dopravní cesty a následné rozvětvení vozidel v ŽST Moravské Bránice. Další kombinace řazení Os vlaků jsou následující:

- 842,
- 842, Bfbrdt⁷⁹⁴, 842, Bfbrdt⁷⁹⁴,
- HV 750.7 + Bdmtee²⁷⁵, 3x Bdmtee²⁸¹

Maximální rychlost hnacího vozidla 750 je 100 km·h⁻¹, vozů Bdmtee²⁷⁵ a Bdmtee²⁸¹ pak 160 km·h⁻¹.

Nákladní vlaky

Do nákladních vlaků tvořených jedním párem Mn vlaků jsou pravidelně zařazovány hnací vozidla řady 731 s maximální rychlostí 80 km·h⁻¹.

1.9 Kapacita traťového úseku

Tato kapitola se zabývá výpočtem a zhodnocením kapacity řešeného traťového úseku Brno hlavní nádraží – Moravský Krumlov při současném stavu zabezpečovacího zařízení. Nezbytné vstupní parametry pro výpočty vycházejí z GVD 2015/2016 bez vlaků rušících a jsou uvažovány následovně:

- mezistaniční úsek Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice je uvažován 3. TK, která je pojížděna obousměrně v rámci tratě 240,
- mezistaniční úsek Brno-Horní Heršpice – Střelice je dvoukolejný, pojížděný jednosměrně ve dvou traťových oddílech (oddílové návěstidlo AH), přičemž úsek spojovací koleje 603 v ŽST Brno-Horní Heršpice, zhlaví státní silnice je jednokolejný,
- mezistaniční úseky Střelice – Silůvky, Silůvky – Moravské Bránice, Moravské Bránice – Moravský Krumlov jsou jednokolejné, pojížděné v mezistaničním oddíle,
- za celkovou kapacitu řešeného úseku je pro tuto práci uvažován omezující a nejvytíženější mezistaniční úsek Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice. (12)

Kapacita traťových kolejí závisí na provozních podmínkách a uvažovat výpočetní čas pouze $T = 1440$ min by přineslo zkreslené výsledky. Ty by mohly mít negativní vliv na pozdější zpracování následného návrhu organizace provázení vlaků. Proto jsou výpočty analýzy provedeny v uvažovaném čase jak $T = 1440$ min, tak $T = 240$ min, tedy v době dopravní špičky. Tyto výpočty umožňují srovnání vytíženosti tratě např. pro případné vložení tras vlaků podle potřeby. Kapacita traťového úseku je v této práci vypočtena pomocí graficko-analytické metody a způsobem uvedeným v předpise SŽDC D24. Pojem praktická kapacita traťového úseku je chápán jako maximální možný počet vlaků, který je možno daným úsekem trati provézt s přihlédnutím na zachování určité kvality dopravního provozu. (13) Je vypočítána dle vzorce (1):

$$n = \frac{T - (T_{vyl} + T_{st})}{t_{obs} + t_{mez}} \quad [\text{vlaký/výpočetní čas}] \quad (1)$$

kde: T výpočetní čas [min],

T_{vyl} celkový čas, po který je dané zařízení nebo prvek v čase T vyloučen z provozu pro předepsané prohlídky, opravy a údržbu, popř. i předvídané rekonstrukce [min] (stanovena tabulkou předpisu SŽDC D24 v příloze D),

T_{st} celkový čas stálých manipulací, po který jsou daná zařízení nebo prvek obsazeny v čase T jinými úkony, než ve kterých je zjišťována kapacita [min],

t_{obs} časová norma (technologický čas) obsazení daného zařízení nebo prvku jedním vlakem s průměrným časem obsazení, v nichž je počítána kapacita [min],

t_{mez} průměrná časová mezera – záloha připadající na jeden průměrný vlak, nezbytná k odstranění eventuálních nepravidelností [min].

Kromě kapacity traťových kolejí jsou zde ještě další 2 důležité ukazatele poskytující důležité a nezbytné informace pro vytvoření návrhu organizace vlakové dopravy. Mezi tyto ukazatele patří stupeň obsazení S_O a koeficient využití praktické propustnosti $K_{(prakt)}$.

Stupeň obsazení S_O představuje časové vytížení traťové koleje. Jedná se o míru obsaditelnosti, která určuje spolu s kapacitou druh GVD. Mohou nastat tyto tři případy:

- $S_O < 0,5$ – GVD se považuje za slabě obsazený s nevyužitou kapacitou,
- $S_O = 0,5$ až $0,67$ – GVD se považuje za dostatečně obsazený s využitou normativní kapacitou,
- $S_O > 0,67$ – GVD se považuje za přetížený

Stupeň obsazení S_O je vypočítán dle vzorce (2) jako poměr celkového času obsazení T_{obs} k celkovému výpočetnímu času T .

$$S_O = \frac{T_{obs}}{T - (T_{výl} - T_{stál})} \quad [-] \quad (2)$$

kde: T_{obs} celková doba obsazení mezistaničního úseku vlaky vypočítaná jako součet všech jízdnicích dob [min].

Koeficient využití praktické propustnosti K_{prakt} představuje počet vlaků uváděných v procentech a vyjadřuje se poměrem mezi celkovým počtem pravidelných vlaků N a praktické propustnosti n . Výpočet znázorňuje vzorec (3).

$$K_{prakt} = \frac{N}{n} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3)$$

kde: N celkový počet vlaků jedoucích za uvažované výpočetní období T .

Vyhodnocení analýzy kapacity traťových kolejí na sledovaném traťovém úseku je zpracováno do tabulky 12. Tato tabulka obsahuje jednotlivé výše zmíněné ukazatele mající vliv na praktickou kapacitu řešeného traťového úseku. Hodnoty stupňů obsazení však v některých případech plně nerepresentují provozní využití. Je třeba brát v úvahu, že dopravní vytížení tratě se liší v závislosti na denní době a nejvyšších hodnot dosahuje v ranní či odpolední dopravní špičce. Ve zbývajícím dopravním sedle a noční době je provozní využití nižší. Z tohoto důvodu výpočetní doba $T = 1440$ min sice vykazuje nízké provozní využití S_o , avšak v dopravní špičce není tak jednoduché zvyšovat kapacitu traťového úseku. Zde je stupeň obsazení podstatně vyšší. Proto je pro přehlednost v tabulce 13 také výpočetní období $T = 240$ min, což představuje čtyřhodinovou dopravní špičku. Je všeobecně doporučeno, aby dopravní špička netrvala déle než 4 hodiny. Po tuto dobu je možné stupeň obsazení S_o i mírně překročit nad hodnoty 0,67.

Tab. 12 Kapacitní ukazatelé traťových kolejí omezujícího úseku

Traťový úsek Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice 3.TK		
	T = 1440	T = 240
N [vlak/čas]	111	27
Tobs [min]	488	121
tobs [min]	4,396	4,481
Tmez [min]	952	119
tmez [min]	8,577	4,407
n [vlak/čas]	210	34
So [-]	0,34	0,50
Kprakt [%]	53	79

Zdroj: autor

Rozborem GVD bylo zjištěno, že omezujícím výpočetním úsekem projíždí během pracovního dne 111 vlaků za 24 hodin. Během odpolední 4 hodinové dopravní špičky je pak počet vlaků 27. Tomu odpovídají i hodnoty stupně obsazení a koeficientu praktického využití.

Podmínka stanovená předpisem SŽDC D24 o nutnosti vztahu t_{mez} požadovaná $<$ t_{mez} skutečná je splněna, neboť dle sloupce B, je požadovaná průměrná mezera vyčíslena hodnotou 2,46 min (12). Stupeň obsazení S_o se jeví jako slabě obsazený s nevyužitou kapacitou. V porovnání se sledovaným obdobím v rámci dopravní špičky už je patrný markantní nárůst stupně obsazení S_o a je možno hovořit o GVD dostatečně obsazeném

s využitou kapacitou. Vzhledem k zachování integrovaného taktového jízdního řádu, jež vyžaduje IDS, není jednoduché zařadit v období dopravní špičky další trasy vlaků.

Dalším faktorem vyjadřujícím kapacitu traťového úseku je koeficient praktického využití K_{prakt} , který v souladu se stupněm obsazení S_o vyčísluje v procentech využití tratě příčným počtem vlaků. Na rozdíl od stupně obsazení, který se opírá o časové využití, je koeficient praktického využití K_{prakt} vypočítán jako podíl počtu vlaků N a kapacity n . V době dopravní špičky dochází k 26% nárůstu koeficientu a tedy i počtu vlaků. To čítá zhruba 79% využití praktické propustnosti vzhledem k celkovému počtu vlaků.

Z uvedených výpočtů vyplývá, že kapacita traťových kolejí na daném úseku tratě je vyhovující a poskytuje dostatečné rezervy pro případné vložení dodatečných tras vlaků. Toto tvrzení ovšem neplatí pro časové rozmezí během dopravní špičky. Rozbor dokázal, že během této denní doby dochází k dostatečně využití kapacity traťových kolejí.

Ačkoli hodnoty stupně obsazení S_o nedosahují maximální výše, je téměř nemožné navyšovat četnost tras vedených po 3. traťové koleji v úseku Brno hl. n. – Brno-Horní Heršpice. Důvodem je často realizovaný posun po této koleji v rámci odstavného nádraží A, B a následné vytížení jižního zhlaví posunujícími díly. Na základě této skutečnosti jsou již posilové vlaky relace Brno – Jihlava během odpolední dopravní špičky vedeny po 1. traťové koleji. Dle zdroje (14) je kapacita dopravních kolejí v ŽST Brno hl. n. nedostačující. *Dopravní koleje jsou přetížené. Využitá kapacita dosahuje hodnoty 98 %. Vlaky běžně vjíždí na obsazenou kolej. Stupeň obsazení nabývá hodnoty 0,67 za 24 hodin, tedy horní hranice přípustného spektra optimálního využití.*

1.10 Probíhající projekty a jejich souvislost

V době zpracování diplomové práce jsou řešeny 2 zásadní projekty, které se navzájem ovlivňují. První je elektrizace včetně předelektrizačních úprav Brno – Zastávka u Brna a druhý je přestavba železničního uzlu Brno (ŽUB).

Na základě studie proveditelnosti elektrizace trati včetně PEÚ Brno – Zastávka u Brna bylo navrženo několik variant modernizace infrastruktury tratě 240 Brno – Jihlava. V rámci řešeného společného úseku se jedná především o tyto činnosti:

- navýšení traťové rychlosti až na $120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,
- rekonstrukce obou traťových kolejí v úseku Brno – Střelice,
- peronizace ŽST Střelice s mimoúrovňovým a bezbariérovým přístupem,
- vybudování nových zastávek Brno-Starý Lískovec a Ostopovice,
- rekonstrukce stávajících zastávek,
- instalace nového zabezpečovacího zařízení 3. kategorie,
- elektrizace traťového úseku střídavým systémem 25kV 50Hz.

Přestavba ŽUB

V rámci tohoto projektu jsou navrženy 3 základní varianty. (7), (15)

Varianta 1 – Nádraží u řeky:

Tato varianta navrhuje přemístění hlavního nádraží k jihu na trasu současného nákladního průtahu. Nevýhodou je vedení vlakových cest vlaků nákladní dopravy úrovně se křížící s cestami všech osobních vlaků, nedostatečný počet nástupištních hran pro vlaky rychlých spojení a nutnost úvratových jízd rychlých spojení směřů Vídeň – Praha.

Varianta 2 – Nádraží pod Petrovem

Tato varianta znamená přesun současného nádraží 300 m západně. Ve studiu proveditelnosti jsou zkoumány 2 návrhy zaústění tratí rychlých spojení. V prvním návrhu není uvažováno řešení zapojení těchto tratí s podzemními kolejemi. Ve druhém návrhu již toto uvažováno je. Je navrženo 5 nadzemních a 4 podzemní nástupiště. Nevýhodou je nutnost ražby tunelů, což představuje velké finanční investice.

Varianta 3 – Nulová varianta

Tato varianta představuje zanechání podoby současného nádraží s udržováním infrastruktury v provozuschopném stavu. Neřeší zapojení tratí rychlého spojení. Ve výhledových scénářích dopravy představuje nejhorší možné řešení, neboť nebude schopna pojmout rozsah požadované vlakové dopravy.

1.11 Dílčí závěr

V rámci analýzy současného stavu tratě 244 byly popsány jednotlivé dílčí faktory ovlivňující způsob organizování vlakové dopravy na řešeném úseku Brno hlavní nádraží – Moravský Krumlov. Mezi nejdůležitější faktory ovlivňující kvalitu železniční dopravy patří zejména traťová rychlost, vozový park, typ zabezpečovacího zařízení, bezpečnost cestujících ve stanicích, organizace vlakové dopravy a možnost zavedení integrovaného taktového jízdního řádu plynoucího z kapacitních ukazatelů řešeného úseku tratě.

Traťová rychlost na zkoumaném úseku se pohybuje v rozmezí 50 – 90 km·h⁻¹. Nejvyšší hodnoty dosahuje v traťovém úseku Brno Horní-Heršpice – Střelice. Nejnižší hodnotou 50 km·h⁻¹ je pojížděna část úseku tratě Silůvky – Moravské Bránice. V největší míře se však traťová rychlost pohybuje v rozmezí 60 – 80 km·h⁻¹. Důvodem jsou omezující prvky infrastruktury jako nevyhovující stav železničního svršku, nevyhovující poloměr oblouku či nedostatečné rozhledové poměry na přejezdu. Z důvodu zachování konkurenceschopnosti železniční dopravy je vhodné zvýšit traťovou rychlost na 80 – 100 km·h⁻¹. Dalším limitním faktorem ovlivňujícím traťovou rychlost je typ trakce. Ta umožňuje na řešeném úseku provozovat drážní dopravu pouze vozidly nezávislé trakce, které mají díky svým technickým vlastnostem delší jízdní doby. V případě provedení elektrizace řešeného úseku střídavým systémem 25 kV, 50 Hz se umožní provozování vozidel závislé trakce.

Vozový park provozující drážní dopravu je tvořen převážně z motorových vozů řady 842 a hnacími vozidly řady 750 s maximální možnou rychlostí 100 km·h⁻¹. V případě realizace zvýšení traťové rychlosti na určitých úsecích tratě na 100 km·h⁻¹ dosahují tato vozidla své maximální provozní rychlosti. Zkvalitnění dopravy by představovalo nasazení nových motorových jednotek 844 s maximální provozní rychlostí 120 km·h⁻¹. V případě elektrizace tratě pak elektrických jednotek řady 640, 650 a 660 umožňující zkrátit jízdní doby a poskytující lepší komfort cestování.

Zabezpečovací zařízení na řešeném úseku tratě představuje ve většině případů SZZ, TZZ a PZZ 3. kategorie. Výjimku tvoří TZZ na úseku Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice. Zde je TZZ 2. kategorie – reléový poloautomatický blok. V rámci SZZ tvoří tuto výjimku ŽST Brno hlavní nádraží a ŽST Střelice, kde je také zařízení 2. kategorie – elektromechanické SZZ. V rámci zabezpečovacího zařízení je navrhováno nahradit SZZ a TZZ 2. kategorie za SZZ a TZZ 3. kategorie elektronického typu ESA

ovládaného z JOP. Cílem těchto opatření je příprava na realizaci dispečerského řízení celé tratě 244 a umožnit také lepší vlakové spojení mezi městy Brno a Znojmo.

Bezpečnost cestujících ve stanicích ovlivňuje především přístup k vlakům a pohyb v kolejišti. Vyvýšená nástupiště s úrovnovými přechody jsou negativem, které je doporučeno eliminovat. Navrhováno je provedení peronizace vybraných stanic s mimoúrovňovým a bezbariérovým přístupem cestujících na zřízená nástupiště.

V rámci zhodnocení a výpočtů kapacity řešeného traťového úseku byl vyhodnocen jako omezující mezistaniční úsek Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice (16). Na základě této skutečnosti byly vypočteny jednotlivé kapacitní ukazatelé. Tyto ukazatelé vypovídají o tom, že kapacita traťových kolejí na daném úseku tratě je vyhovující a poskytuje dostatečné rezervy pro případné vložení dodatečných tras vlaků. Toto tvrzení ovšem neplatí pro časové rozmezí během dopravní špičky. Vzhledem ke skutečnosti, že železniční doprava tvoří páteř IDS JMK, jsou zde předpoklady nárůstu vlakové dopravy. Z toho plyne i požadavek na zachování pravidelného integrovaného taktového jízdního řádu, který není z důvodu nutnosti křižování vlaků nyní dodržen. Je tedy navrhováno zkapacitnění tratě umožňující dodržet ITJŘ. Důležitou skutečností mající vliv na zkapacitnění tratě je výběr a realizace jedné z navrhovaných variant přestavby ŽUB, který tak nadále zůstává největším kapacitním omezením. Z hlediska komplexnosti řešení navýšování kapacity je třeba vypočítat i propustnost jižního zhlaví ŽST Brno hl. n. Vzhledem k rozpracovanosti jednotlivých variant přestavby ŽUB a rozsahu diplomové práce však toto není předmětem řešení diplomové práce.

2 Návrhy na zvýšení kapacity

Obsahem této kapitoly je seznámení s navrženými řešeními pro zvýšení kapacity traťového úseku Brno – Moravský Krumlov. Řešení jsou navrhována tak, aby odpovídala jejich teoretické realizaci od nejméně invazivních a finančně nejméně nákladných. Jsou zde zmíněna i řešení, která jsou přípustná, avšak jejich realizace je dle autorova názoru méně reálná ze strany případného investora vzhledem k povaze regionální tratě. Důležitou součástí řešení je taktéž hodnocení jejich přínosů. Struktura řešení je rozdělena na jednotlivé skupiny opatření pro zvýšení kapacity. Mezi ně patří návrhy provozně organizační, stavebně rekonstrukční, změny v oblasti zabezpečovacího zařízení či vozového parku. Cílem této kapitoly je navrhnout a vybrat taková řešení pro zvýšení kapacity, která by byla přijatelná jak po finanční stránce, tak po stránce využití a společenského užitku.

Základní požadavek pro zvýšení kapacity vyplývá z výsledků zjištěných ze studia proveditelnosti elektrizace trati Brno – Zastávka u Brna (2). Pro udržení a rozvoj pozice železnice v části řešeného úseku je nutný pravidelný špičkový interval osobních vlaků 15 minut.

Ve všeobecném pojetí umožňují jednotlivé skupiny opatření zvýšit kapacitu o hodnoty uvedené v tabulce 13. (17)

Tab. 13 Vlivy jednotlivých skupin opatření na zvýšení kapacity

Provozně organizační opatření	5 – 10 %
Vybudování RPB	5 %
Vybudování AH	6 – 14 %
Vybudování AB	15 – 25 %
Vybudování výhybny	35 – 50 %
Vybudování výhybny + AB	50 – 70 %
Vybudování kolejové vložky	60 – 80 %
Vybudování 2. traťové koleje	80 – 110 %
Změny v oblasti vozového parku	5 – 10 %

Zdroj: (17)

2.1 Provozně organizační návrhy

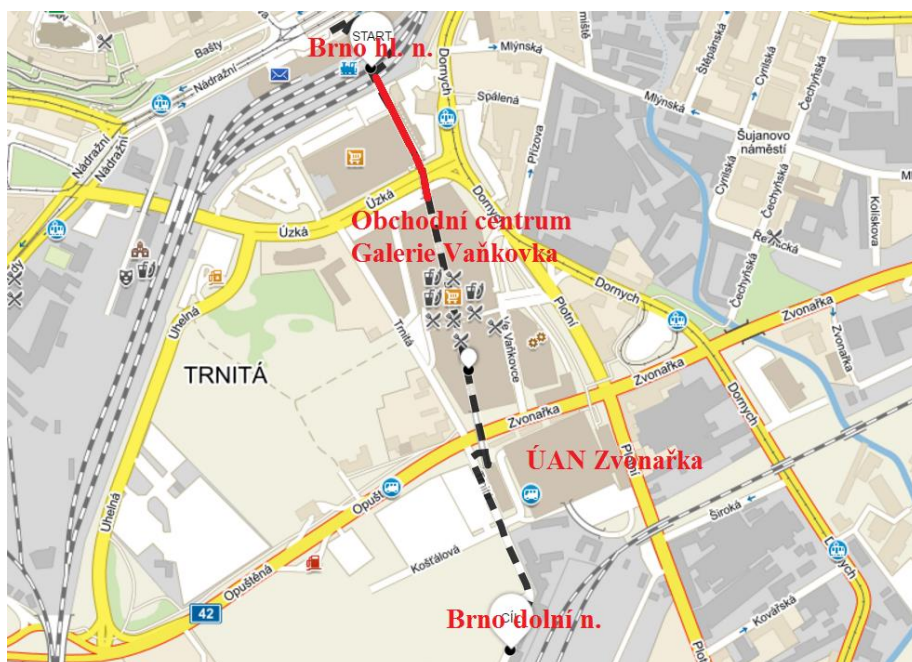
Provozně organizační návrhy patří mezi nejméně invazivní a finančně i časově náročná opatření. Nevyžadují žádný stavební zásah do stávající infrastruktury dopravní cesty. V rámci těchto opatření jsou uvažovány následující možnosti:

- změna časových poloh jízd vlaků,
- možnost změny konečné (výchozí) stanice.

Změna časových poloh vlaků je reprezentována pouhými úpravami časových poloh jízd vlaků s původním zachováním trasování. Z výsledků analýzy kapacity traťových úseků vyplývá, že omezujícím úsekem je mezistaniční úsek Brno hl. n. – Brno-Horní Heršpice. Ačkoli tento úsek umožňuje dle výsledku propustnosti traťových kolejí provést v rámci dopravní špičky ještě dalších 7 vlaků (viz. tabulka 12), není doporučeno navyšovat počet vlaků v tomto úseku při stávajícím stavu ŽUB. Důvodem je množství prováděného posunu v rámci odstavného nádraží v tomto úseku a propustnost jižního zhlaví ŽST Brno hl. n. Tyto skutečnosti výrazně snižují kapacitní využití a s přihlédnutím k nim zůstává kapacita téměř vyčerpána. Z tohoto důvodu se nedoporučuje měnit pouhé časové polohy, jelikož by nebylo dosaženo požadovaného efektu. Ten představuje zajištění 15minutového intervalu v rámci relace Brno – Zastávka u Brna a 30minutového intervalu v rámci relace Brno – Moravský Krumlov.

Možnost změny konečné (výchozí stanice) představuje využití ŽST Brno dolní nádraží pro spoje relace Brno – Moravský Krumlov v rámci vytvoření 30minutového intervalu dopravní špičky. To disponuje úrovnovým nástupištěm u koleje č. 1 v délce 200 metrů s výškou 550 mm nad temenem kolejnice. Přístup na nástupiště je úrovnovým přechodem před dopravní kanceláří (6). Nutno podotknout, že Brno dolní nádraží je součástí nákladního průtahu a nemá tak vytvořené zázemí pro poskytování komerčních služeb pro cestující. Dalším nedostatkem je omezení z hlediska přestupových vazeb na MHD. V případě pravidelného využívání osobní dopravou by bylo potřeba tento stav změnit. Doposud byla ŽST Brno dolní nádraží využívána pro cestující veřejnost jen v případě mimořádností, které vznikly důsledkem výluky provozu ŽST Brno hl. n. Vzájemnou polohu obou nádraží představuje obrázek 6. Jejich vzdálenost je cca 1 km s dobou pěší chůze asi 15 min. Brno dolní nádraží je vzdáleno pouze 5 min. chůze od ústředního autobusového nádraží (ÚAN) Zvonařka. Jisté výhody poskytuje i průchod obchodním centrem Galerie Vaňkovka.

Schéma vzájemných dispozic je znázorněn na obrázku 7. Červeně vyznačená část pěší trasy představuje pěší nadchod bez omezení pohybu automobilovou dopravou.



Obr. 7 Vzájemná poloha nádraží Brno hl. n. a Brno dolní nádraží

Zdroj: autor na podkladě (5)

V případě uvažování možnosti využití ŽST Brno dolní nádraží je však třeba vypočítat nově limitující kapacitní traťový úsek. Ten v rámci nově vzniklého řešeného úseku Brno dolní nádraží – Moravský Krumlov představuje mezistaniční úsek Moravské Bránice – Moravský Krumlov. Tento úsek byl zjištěn opět graficko-analytickou metodou výpočtu kapacity traťového úseku. Analogicky dle vztahů (1), (2) a (3) byly vypočteny následující hodnoty ukazatelů kapacity traťových kolejí nově vzniklého omezujícího mezistaničního úseku. Tyto hodnoty byly zaneseny do tabulky 14.

Tab. 14 Kapacitní ukazatelé traťové koleje Moravské Bránice – Moravský Krumlov

Traťový úsek Moravské Bránice – Moravský Krumlov		
	T = 1440	T = 240
N [vlak/čas]	47	14
Tobs [min]	506	150,5
tobs [min]	10,77	10,75
Tmez [min]	934	89,5
tmez [min]	19,87	6,39
n [vlak/čas]	88	15
So [-]	0,35	0,63
Kprakt [%]	53	93

Zdroj: autor

Výsledky vyplývající z kapacitních ukazatelů uvedených v tabulce 14 poukazují na nemožnost zavedení integrovaného taktového jízdního řádu v rámci dopravní špičky, který by představoval pravidelný 30minutový interval. Daným úsekem lze provést pouze 1 další vlak. Aby byl zachován pravidelný ITJŘ s 30minutovým intervalem v období dopravní špičky, je třeba zavést další 2 vlaky. Požadovaného stavu by se dalo dosáhnout pouze s negativním vlivem přenosu zpoždění na následné vlaky. Tento jev je však značně nežádoucí z důvodu zachování kvality standardů IDS JMK. V uvažování zavedení dálkového spojení mezi Brnem a Znojmem by bylo vhodné zavést tyto spoje v hodinovém taktu. Podmínkou je však rekonstrukce trati od Moravského Krumlova dále směrem na Hrušovany nad Jevišovkou.

Lze tedy konstatovat, že pouhé provozně organizační opatření nezaručí požadovaný výsledek a jeho samotná realizace je spíše nereálná.

2.2 Návrhy změn v oblasti vozového parku

V současné době jsou na řešeném úseku tratě provozovány vlaky ve složení, o kterém pojednává kapitola 1.8. Navrhované změny v oblasti vozového parku jsou podmíněny především typem trakce provozované na daném úseku tratě. Ve všeobecném pojetí dokáží tyto změny navýšit kapacitu o 5 – 10 %. (17) Důležitou podmínkou pro výběr daného vozového parku je konstrukční rychlost drážního vozidla. Ta by měla být vyšší než je nejvyšší dovolená rychlost na traťovém úseku. V opačném případě dochází k nežádoucímu jevu vedoucímu ke snížení propustnosti traťových kolejí.

Volba správného vozového parku přispívá rovněž ke snížení nákladů. Mezi tyto náklady patří například náklady na dopravní cestu, kdy je výhodnější použití lehčích ucelených jednotek. Další možností jsou náklady na údržbu a úklid vozidel, které mají podobnou genezi výpočtu, a kde hrají roli především počet sedadel a ujetá vzdálenost. (18)

Skladba vozového parku je důležitým faktorem, který zvyšuje úroveň cestování. Ovlivňuje tedy chování cestujícího při výběru daného druhu dopravy při zohlednění dalších kritérií jako je např. cestovní doba atd. Velká důležitost je přisuzována především subjektivnímu užítku každého cestujícího, neboť ten určuje pořadí rozhodujících faktorů pro výběr daného druhu dopravy.

Velmi důležitým faktorem v této oblasti je bezpečnost. Novější vozový park představuje vyšší bezpečnost a lepší interakci železničního kolejového vozidla s dopravní infrastrukturou. Mezi bezpečnostní prvky může patřit například centrální uzavírání dveří strojvedoucím, vybavení ŽKV vozidlovou radiostanicí umožňující komunikaci s operátorem obsluhy železniční dopravní cesty, vlakovým zabezpečovačem atd.

Dalším důležitým kritériem ovlivňující vhodnost jednotlivých vozů či jednotek vozového parku je jejich využití v rámci navazujících tratí v ŽUB. V případě současného provozování drážní dopravy na řešeném úseku trati se využívají pouze kusé koleje v ŽST Brno hlavní nádraží. Není tedy možnost vést vlak dále na jinou trať a vytvořit tak nový vlakový spoj bez nutnosti přestupu. Využití motorových jednotek se jeví jako neefektivní na elektrizovaných tratích. Skladba vlaku složená z hnacího vozidla a osobních vozů zase snižuje propustnost zhlaví stanic, kde je nutno provádět posun v rámci úvraťových jízd. Toto vše je nutné zohlednit při výběru vhodných nasazovaných vozidel.

Na základě výše uvedeného jsou navrhovány nové motorové či elektrické jednotky znázorněné na obrázcích 8, 9 a 10. Podmínkou pro výběr elektrických jednotek je však elektrizace řešeného traťového úseku. Nově navrhované motorové jednotky jsou:

- řada 840, 841 (obchodní název Regio Spider),
- řada 844 (obchodní název Regio Shark)



Obr. 8 Motorová jednotka řady 841 Regio Spider

Zdroj: (10)



Obr. 9 Motorová jednotka řady 844 Regio Shark

Zdroj: (10)

Nově navrhované elektrické jednotky jsou vozidla řady 640, 650 (obchodní název Regio Panter). Variace jednotek je v provedení dvou či tří vozů. Řada vozidel 640 je znázorněna na obrázku 10.



Obr. 10 Elektrická jednotka řady 640 Regio Panter

Zdroj: (10)

Srovnání jednotlivých technických informací navrhovaných i stávajících jízdních souprav je uvedeno v tabulce 15.

Tab. 15 Technické parametry jednotlivých souprav

	854	842	840,841	844	650	640
Stávající použití	Ano	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne
Délka přes nárazníky [m]	24,5	25,2	25,5	43,7	52,9	79,4
Hmotnost [t]	40,2	46	48,5	84,4	106	160
Trakce*²	N	N	N	N	Z	Z
Výkon [kW]	588	2 x 212	2 x 265	2 x 390	4 x 340	6 x 340
Max. tažná síla [kN]	80	60	29	29	–	–
Max. rychlost [km·h⁻¹]	120	100	120	120	160	160
Počet míst k sezení	71	64	71	120	147	241
Počet míst k stání	60	64	97	120	170	256
Bezbariérovost	Ne	Ne	Ano	Ano	Ano	Ano

Zdroj: (10)

Pro získání patřičných potřebných míst se kombinují jednotlivé vozy a s ním složení vlaku. Srovnání možných různých kombinací současně provozovaných souprav a nově navrhovaných je uvedeno v tabulce 16.

Tab. 16 Počty míst k sezení v rámci kombinací vozů vlakových souprav

Stávající kombinace	Počet míst	Nově navrhované kombinace		Počet míst
		Motorové	Elektrické	
854 + 2xBdtn⁷⁵⁶	224	2x844	640	240/241
854 + Bdtn⁷⁵⁶ + ABfbrdtn⁷⁹⁵	197	2x844	640	240/241
954 + 842	135	2x840	650	142/147
954 + 2x842	199	2x844	640	240/241
842 + 2xBdtn⁷⁵⁶	240	2x844	640	240/241
842	64	840	x	71

Zdroj: (10)

Upřednostňovány jsou nové soupravy nezávislé trakce řady 840 (841), 844, neboť je zde vyšší pravděpodobnost nasazení oproti soupravám závislé trakce z důvodu nutnosti elektrizace traťového úseku. V případě realizace elektrizace je preference opačná. Nasazování elektrických souprav by umožnilo vznik nových přímých vlakových spojení relací Blansko – Brno – Moravský Krumlov (Bohutice).

2.3 Stavebně rekonstrukční návrhy

Obsahem této kapitoly je návržení opatření v oblasti stavebně rekonstrukčních změn. Souhrnným výsledkem navrhovaných změn je zkrácení jízdních dob, zvýšení propustnosti omezujícího mezistaničního úseku, zvýšení bezpečnosti cestujících a zlepšení stability jízdního řádu. V rámci výše popsaného jsou navrhovány tyto 4 základní opatření:

- zvýšení traťové rychlosti,
- zdvoukolejnění,
- elektrizace,
- peronizace stanic.

Zvýšení traťové rychlosti

Zvýšení traťové rychlosti představuje soubor opatření vedoucích především ke zkrácení jízdních dob a zvýšení propustnosti mezistaničních úseků. Jelikož se zvýšení propustnosti projeví především v delších mezistaničních úsecích, byl vybrán nejdelší a tudíž i omezující mezistaniční úsek Moravské Bránice – Moravský Krumlov.

V důsledku zhoršené kvality železničního svršku je třeba provést jeho souvislou rekonstrukci na většině uvažovaného traťového úseku. Je navrhován nový svršek tvaru S49 na betonových pražcích s pružným bezpodkladnicovým upevněním. Při návrhu nové trasy je v rámci stavebních úprav sledováno především stávající těleso železničního spodku, což vede ke snížení investičních nákladů. Po stránce geometrických parametrů je vhodné zvýšit hodnoty převýšení, zvětšit délku přechodnic a vzestupnic. Další úpravy představují změny poloměrů oblouků tak, aby se nová osa koleje přiblížila co nejvíce k ose stávající. Jedním z opatření je také zřízení bezstykových kolejí, čímž se eliminují nárazy na kolejnicových stycích a výsledkem je snížení dynamického namáhání pojezdu i kolejnice. Toto opatření rovněž umožní průjezd vlaků vyšší rychlostí díky využití většího nedostatku převýšení $I = 130$. Dalším přínosem je menší opotřebení železniční infrastruktury i vozidel a zároveň zvýšení cestovního komfortu. (19)

Prvním krokem pro zvyšování traťové rychlosti je především zjištění potřebných jízdních dob vedoucích k dostatečnému kapacitnímu využití. Je třeba nalézt kompromis mezi novou traťovou rychlostí a náklady spojenými s rekonstrukcí tratě. Ty ovlivňuje potřebná kapacita omezujícího traťového úseku ve výhledovém provozním scénáři.

Pro obsluhu linky S41 v úseku Brno – Moravský Krumlov předpokládá KORDIS JMK ve střednědobém výhledu s 30min. intervalem v dopravních špičkách pracovních dnů a s 60min. intervalem v dopravním sedle pracovních dnů a o víkendech. Uvažuje především

s dvouskupinovými vlaky dělenými a svěšovanými v Moravských Bránicích. V úseku Moravský Krumlov – Bohutice nemusí být interval 30 / 60 min. úplný. Obsluha Miroslavi se předpokládá jen účelovými spoji (cca 5 párů vlaků za den). Zastavení vlaků linky S41 předpokládá KORDIS na nové zastávce Brno-Starý Lískovec a dále ve stanicích a zastávkách Střelice dolní, Střelice, Silůvky, Moravské Bránice, Moravský Krumlov, Rakšice a Bohutice. Po vybudování zastávky Brno-Vídeňská také na této zastávce a v sobotu a neděli u vybraných vlaků též Radostice.

Pro převedení většiny přepravního proudu v relaci Brno – Znojmo na železnici by bylo třeba dosáhnout cestovní doby srovnatelné s autobusovou dopravou, tedy max. 75 min. v intervalu 60 min. Dosažení potřebné cestovní doby a intenzity provozu linky Brno – Znojmo při respektování uvedené intenzity provozu a zastavovací politiky linky S41 vyžaduje zásadní investice do infrastruktury. Jejich rozsah by měl být studijně prověřen. (20)

Výpočet jízdních dob je závislý na parametrech trati a vlaku. Vzorové parametry vlaku jsou uvedeny v tabulce 17. Vybrané parametry tratě jsou uvedeny v tabulce 18. Nově navrhovaná rychlost je $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ v celém mezistaničním oddíle mezi Moravskými Bránicemi a Moravským Krumlovem. Schémata těchto stanic jsou uvedena v příloze D a E.

Tab. 17 Parametry vzorového vlaku

Počet vozů	Vozidlo	Hmotnost vozidel + cestujících [t]	Délka vlaku [m]
2	844	94	88

Zdroj: autor na podkladě (10)

Tab. 18 Dynamika jízdy vlaku s návrhovou traťovou rychlostí $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$

Rychlost [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	Od km	Do km	Délka úseku [m]	Čas [s]	Poznámka
0 => 40	131,862	131,683	179	32	1
40	131,683	131,395	288	26	2
40 => 80	131,079	130,860	535	32	3
80	130,860	123,014	7846	353	4
80 => 40	123,014	122,646	368	22	5
40	122,646	122,094	552	50	6
40 => 0	122,094	121,971	123	22	7
Celkem			9 891	537	

Zdroj: autor

- 1 – Kilometrická poloha čela vlaku při jeho rozjezdu v Moravských Bránicích (viz. Příloha D)
- 2 – Jízda vlaku ve stanici, dokud jeho konec nemine obvod výhybek přilehlých k hlavnímu návestidlu
- 3 – Vlak minul obvod výhybek přilehlých k hlavnímu návestidlu a zrychluje na úroveň traťové rychlosti
- 4 – Jízda traťovou rychlostí v mezistaničním úseku
- 5 – Brzdění z traťové rychlosti $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ na vjezdovou rychlost $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$
- 6 – Jízda vlaku v obvodu výhybek přilehlých k hlavnímu návestidlu v ŽST Moravský Krumlov
- 7 – Brzdění k návesti Místo zastavení (viz. Příloha E)

Výpočet jednotlivých ukazatelů dynamiky jízdy vlaku je určen vztahy pro výpočet rovnoměrného pohybu, pohybu rovnoměrně zrychleného a jejich odvozenin dle (4), (5), (6).

Rovnoměrný pohyb:

$$t = \frac{s}{v} \quad [s] \quad (4)$$

kde: t čas [s],

s dráha [m],

v rychlost [$m \cdot s^{-1}$]

Rovnoměrně zrychlený (zpomalený) pohyb:

$$v = a \cdot t \quad [m \cdot s^{-1}] \quad (5)$$

kde: v okamžitá rychlost [$m \cdot s^{-1}$],

a zrychlení [$m \cdot s^{-2}$],

t čas [s]

Délka dráhy pro rozjezd (zrychlení) / brzdění (zpomalení)

$$s = v_0 \cdot t \pm \frac{1}{2} \cdot a (a_b) \cdot t^2 \quad [m] \quad (6)$$

kde: s dráha [m],

v_0 počáteční rychlost [$m \cdot s^{-1}$],

t čas [s],

a zrychlení [$m \cdot s^{-2}$],

a_b zpomalení [$m \cdot s^{-2}$],

Ve výpočtech jsou užity střední hodnoty zrychlení a a zpomalení a_b pro osobní vlaky následovně:

$$a = 0,35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$a_b = 0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Na základě takto vypočítaných údajů dynamiky jízdy vlaku je vypočítána jízdní doba vlaku v omezujícím mezistaničním úseku Moravské Bránice – Moravský Krumlov. Z tabulky 14 je zřejmé, že jízdní doba činí 537 sekund, což je 8 minut a 57 sekund. Po zaokrouhlení je tato hodnota stanovena na 9 minut. Tato hodnota udává základ pro výpočet nové celkové doby obsazení T_{obs} ve výhledovém jízdním řádu.

Nově vypočítaná kapacita omezujícího mezistaničního úseku ve výhledovém grafikonu se vypočítá obdobně dle vzorců (7), (8) a (9). Nejdříve je však nutné získat některé ukazatele nutné k výpočtu kapacity, jelikož není doposud vykonstruován GVD. Je tedy vhodné využít matematické statistiky a pravděpodobnosti.

V prvním kroku je třeba vypočítat pravděpodobnost jízdy jednotlivých druhů vlaků resp. jejich sledů. Pravděpodobnost jízdy určitého druhu vlaku se stanoví podle vzorce (7), přičemž pravděpodobnost sledu dvou vlaků se určí podle vzorce (8):

$$p(R) = \frac{N_R}{N} \quad [-] \quad (7)$$

$$p(R, Pn) = \frac{N_R}{N} \cdot \frac{N_{Pn}}{N} = \frac{N_R \cdot N_{Pn}}{N^2} \quad [-] \quad (8)$$

kde: $p(R)$ *pravděpodobnost jízdy vlaku určitého druhu [-],*
 $p(R, Pn)$ *pravděpodobnost sledu dvou vlaků [-],*
 N_R *počet vlaků určitého druhu [vlaky],*
 N *počet všech vlaků [vlaky].*

Ve druhém kroku je třeba vypočítat četnost výskytu jednotlivých sledů, která se stanoví podle vzorce (9):

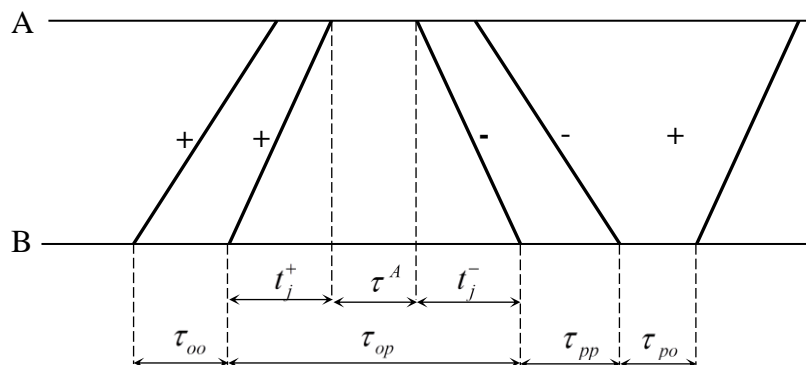
$$h(R, Pn) = p(R, Pn) \cdot N = \frac{N_R \cdot N_{Pn}}{N^2} \cdot N = \frac{N_R \cdot N_{Pn}}{N} \quad [-] \quad (9)$$

kde: $h(R, Pn)$ *četnost sledu dvou vlaků [-],*
 $p(R, Pn)$ *pravděpodobnost sledu dvou vlaků [-],*
 N_R *počet vlaků určitého druhu [vlaky],*
 N *počet všech vlaků [vlaky].*

Veškerá vstupní data pro dílčí výpočty pravděpodobností a četností vypočítaných dle vzorců (7), (8) a (9) jsou uvedena v samostatné příloze F. (13)

Ve třetím kroku je nutno určit nejkratší časy obsazení mezistaničního úseku. Tyto časy se vypočítají na základě jízdních dob, provozních intervalů, následných mezidobí a přírážek na rozjezd a zastavení, pokud tyto přírážky nejsou již obsaženy v jízdních dobách. Pro účely této práce jsou přírážky na rozjezd a zastavení již zapracovány v jízdních dobách.

Nejkratší časy obsazení mezistaničního úseku obousměrně pojížděné traťové koleje schematicky uvedeny na obrázku č. 11.

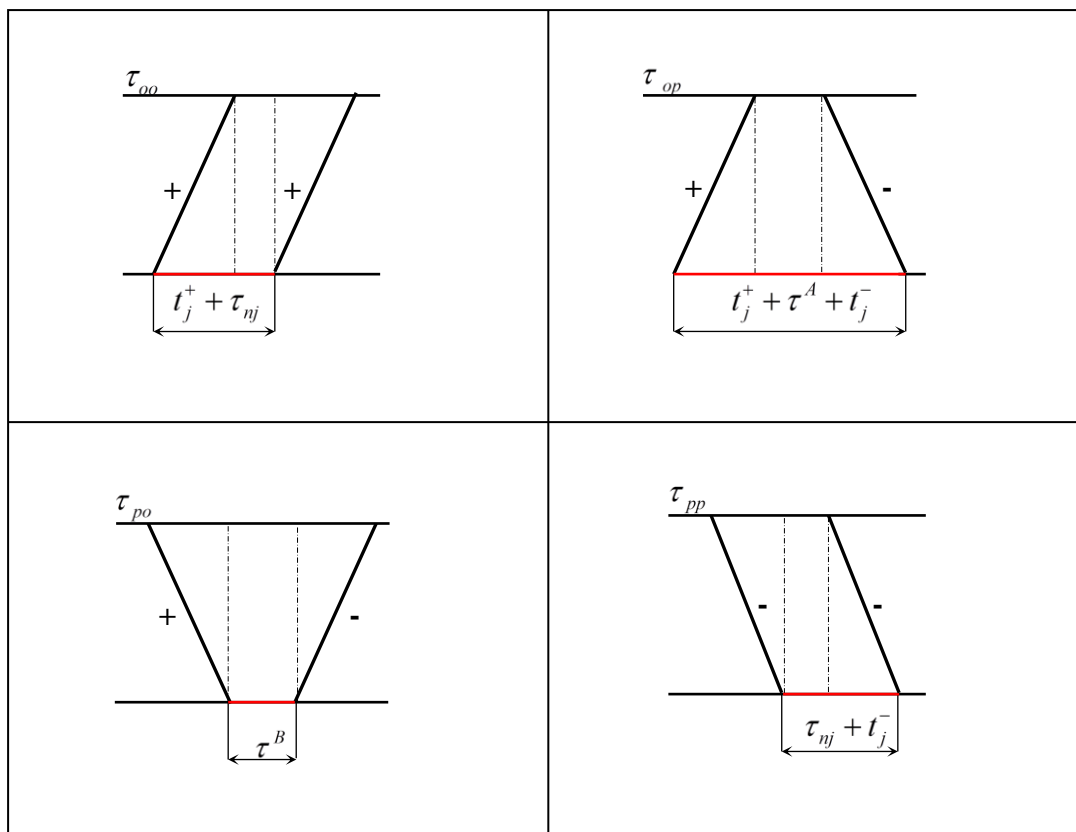


Obr. 11 Nejkratší časy obsazení obousměrně pojížděné traťové koleje

Zdroj: autor

- kde: t_j^+ jízdní doba vlaku ve směru do stanice A,
 t_j^- jízdní doba vlaku ve směru do stanice B,
 τ^A staniční provozní interval ve stanici A,
 τ_{oo} interval sledu vlaků odjezd – odjezd,
 τ_{op} interval sledu vlaků odjezd – příjezd,
 τ_{pp} interval sledu vlaků příjezd – příjezd,
 τ_{po} interval sledu vlaků příjezd – odjezd.

Jednotlivé intervaly τ_{oo} , τ_{op} , τ_{po} a τ_{pp} v podstatě představují možné druhy sledu vlaků v závislosti na směru jízdy každého z nich. Jedná se o tzv. kvadranty, kterými jsou pak určovány dílčí nejkratší doby obsazení mezistaničního úseku. Jednotlivé kvadranty nejkratší doby obsazení se vždy vážou k jedné ze zvolených stanic a tento výběr je libovolný. V průběhu výpočtu se však nesmí měnit. Pro účely této práce se kvadranty vážou k ŽST Moravský Krumlov. Každý z kvadrantů 1 – 4 se skládá z určitých časových složek (provozních intervalů a jízdních dob) vyjádřených v minutách. Jejich výpočet je ovlivněn daným typem SZZ a TZZ. Jsou znázorněny na obrázku 12.



Obr. 12 Nejkratší časy obsazení dle jednotlivých kvadrantů

Zdroj: autor na podkladě (13)

Kvadrant I:

Představuje časové vyjádření sledu dvou vlaků odjíždějících z téže stanice a je tvořen z doby jízdy prvního vlaku t_j^+ a provozního traťového intervalu následné jízdy τ_{nj} .

Kvadrant II:

Znázorňuje časové vyjádření sledu dvou vlaků počínající odjezdem prvního z nich a příjezdem druhého z vlaků do téže stanice. Je tvořen z doby jízdy prvního vlaku t_j^+ , staničního intervalu ve druhé stanici τ_A (PIK) a doby jízdy druhého vlaku t_j^- .

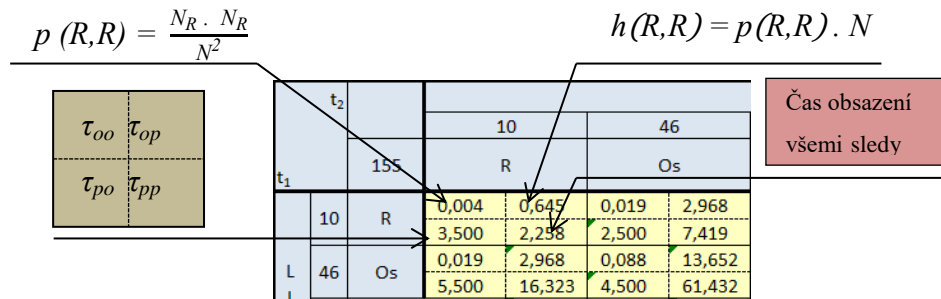
Kvadrant III:

Je vyjádřen pouze provozním staničním intervalem PIK a je označen jako τ_B .

Kvadrant IV:

Představuje časové vyjádření sledu dvou přijíždějících vlaků za sebou do téže stanice. Je tvořen provozním traťovým intervalem následné jízdy τ_{nj} a dobou jízdy druhého vlaku t_j^- .

V předchozích třech krocích byly vypočteny hodnoty pravděpodobnosti sledu vlaků, četnosti jejich výskytu a dílčí časy obsazení mezistaničního úseku. Všechny tyto výpočty jsou zaneseny do výpočetní tabulky, která je uvedena v příloze G. Tato výpočetní tabulka sumarizuje všechny dílčí vypočtené hodnoty, přičemž význam a uspořádání jednotlivých políček je vysvětlen na schématu, který je uveden na obrázku 13.



Obr. 13 Uspořádání výpočetní tabulky

Zdroj: autor na podkladě (22)

V posledním, čtvrtém kroku tedy zbývá vypočítat čas obsazení všemi sledy. Ten se vypočítá jako součin jednotlivých políček pro nejkratší čas obsazení mezistaničního úseku τ_{oo} , τ_{op} , τ_{po} a τ_{pp} s políčkem četnosti. Součet těchto políček pak udává celkový čas obsazení mezistaničního úseku všemi v úvahu přicházejícími vlaky, tedy $\sum t_{obs}$ resp. T_{obs} . Výsledná vypočtená hodnota T_{obs} činí po zaokrouhlení 152 min. Po zjištění této hodnoty je třeba pokračovat ve výpočtech pro stanovení minimálního záložního času a následně vypočítat kapacitu traťové koleje. (22)

Analytický výpočet kapacity a stanovení minimálního záložního času je uveden v příloze H. Hodnoty minimálních mezer dle předpisu SŽDC D 24 jsou uvedeny v příloze CH. Souhrnné ukazatele nově vypočtené kapacity jsou uvedeny v tabulce 19.

Tab. 19 Kapacitní ukazatelé pro traťovou rychlost 80 km·h⁻¹

Traťový úsek Moravské Bránice – Moravský Krumlov	
N [vlak/čas]	17
Tobs [min]	152
tobs [min]	9,5
Tmez [min]	88
tmez [min]	5,5
n [vlak/čas]	17
So [-]	0,63
Kprakt [%]	96

Zdroj: autor

Z výše uvedených výpočtů vyplývá, že při stavebně rekonstrukčních činnostech vedoucích ke zvýšení traťové rychlosti na $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ v omezujícím mezistaničním úseku Moravské Bránice – Moravský Krumlov, dojde k navýšení kapacity na 17 vlaků. Tím je splněna podmínka zavedení 30minutového intervalu na řešeném úseku tratě. Dojde tedy i k větší stabilitě JŘ. Vybrané činnosti nutné pro zvýšení traťové rychlosti ze stávající $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ na $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ jsou uvedeny v příloze I.

Zdvoukolejnění

Zdvoukolejnění tratě je opatření, které přispěje k největší možné míře navýšení kapacity. Pro tyto účely není třeba vypočítávat novou propustnost traťových kolejí v rámci řešeného úseku. Je předpokládáno, že tímto opatřením by se navýšila kapacita řešeného úseku o 80 až 110 %, jak je uvedeno v tabulce 13. V případě realizace zdvoukolejnění pouze omezujícího mezistaničního úseku Moravské Bránice – Moravský Krumlov je třeba nalézt nově kapacitně limitující mezistaniční úsek. Tímto úsekem by se pak stal mezistaniční úsek Střelice – Silůvky s délkou 6 434 m. Stav kolejového tělesa je dimenzován na případné položení druhé traťové koleje (6). Na trati se nacházejí 4 tunely, které spolu s Ivančickým viaduktem představují největší nároky na realizaci zdvoukolejnění. Parametry těchto objektů jsou uvedeny v tabulce 20.

Tab. 20 Parametry limitujících objektů ke zdvoukolejnění

Objekt	Mezistaniční úsek	Poloha	Délka [m]	Poznámka
Malý Prštický tunel	Střelice – Silůvky	139,991 – 140,076	85	úboční, ostrý směrový oblouk
Velký Prštický tunel	Střelice – Silůvky	139,139 – 138,817	322	vrcholový
Ivančický viadukt	Moravské Bránice – Moravský Krumlov	130,187	409	5 pilířů, plnostěnná ocelová rámová konstrukce, Příloha J
tunel Na Réně	Moravské Bránice – Moravský Krumlov	128,136 – 128,283	147	úboční, ve směrovém oblouku
Budkovický tunel	Moravské Bránice – Moravský Krumlov	127,643 – 127,782	139	úboční, ve směrovém oblouku

Zdroj: autor na podkladě (6)

Největší investice pro zdvoukolejnění tedy představují práce spojené s výstavbou portálů tunelů druhé traťové koleje. Další velkou investicí je výstavba a upevnění mostní konstrukce pro překlenutí údolí řeky Jihlavy, které představuje Ivančický viadukt. Autor se domnívá, že investice spojené s výstavbou portálů tunelů a konstrukcí viaduktu se vzhledem k povaze regionální tratě nejeví jako nutnost. Vzhledem k výhledovému rozsahu dopravy by náklady byly příliš vysoké, ačkoli by zdvoukolejnění znamenalo největší zkapacitnění řešeného úseku tratě.

Elektrizace

Elektrizace tratě představuje investice, které umožní provoz nově navrhovaných elektrických jednotek řady 640 a 650. Díky této možnosti mohou vzniknout nová přímá spojení jako je např. relace Blansko – Bohutice, či Tišnov – Bohutice. Dle (19) činí náklady na kilometr elektrizace cca 8 000 000 Kč. Vzhledem k probíhajícímu projektu elektrizace tratě 240 Brno – Jihlava je uvažována elektrizace od ŽST Střelice. V případě realizace elektrizace je uvažován úsek Střelice – Hrušovany nad Jevišovkou. Tento úsek je dlouhý 50 km. Náklady by tedy činily cca 400 000 000 Kč. Provoz elektrických jednotek představuje krok, který šetří životní prostředí. Tato skutečnost by se mohla projevit jako konkurenční výhoda před automobilovou dopravou.

Peronizace stanic

Peronizace stanic je především opatření, které zvyšuje bezpečnost cestujících při nástupu a výstupu do vlaku. V rámci kapacitních ukazatelů nemá příliš velký efekt. Z tohoto pohledu umožní zkrátit nástupištní intervaly a je doporučována především v přípojných stanicích jako ŽST Střelice a ŽST Moravské Bránice, kde dochází k častému křížování vlaků a přestupům mezi jednotlivými relacemi. Z pohledu možného budoucího dálkového řízení celé tratě v úseku Moravské Bránice – Hrušovany nad Jevišovkou je peronizace stanic přínosem pro řízení vlakové dopravy.

Je navrhována:

- rekonstrukce stávajících zastávek a ŽST s úpravou výšky nástupištní hrany na 550 mm nad temenem kolejnice, umožňující přístup pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace,
- peronizace stanic s poloostrovním nástupištěm a centrálním přechodem,
- peronizace stanic s mimoúrovňovým a bezbariérovým přístupem cestujících na zřízená nástupiště.

Opatření v jednotlivých stanicích a zastávkách jsou uvedena v tabulce 21.

Tab. 21 Peronizační opatření v jednotlivých stanicích a zastávkách

Traťový bod	Staničení	Stručný popis
Troubsko zast.	146, 013	Rekonstrukce zastávky ve stávající poloze; délka nástupiště 170 m typu SUDOP s výškou 550 mm nad temenem kolejnice
Střelice dolní zast.	144, 371	Rekonstrukce zastávky ve stávající poloze; délka nástupiště 170 m typu SUDOP s výškou 550 mm nad temenem kolejnice
Střelice	142, 637	Peronizace stanice s mimoúrovňovým a bezbariérovým přístupem; délka nástupiště 170 m s výškou 550 mm nad temenem kolejnice; 3 nástupní hrany (jedno ostrovní a jedno vnější u výpravní budovy)
Radostice zast.	139, 456	Rekonstrukce zastávky ve stávající poloze; délka nástupiště 170 m typu SUDOP s výškou 550 mm nad temenem kolejnice
Moravské Bránice	131, 862	Peronizace stanice s mimoúrovňovým a bezbariérovým přístupem; délka nástupiště 220 m typu SUDOP s výškou 550 mm nad temenem kolejnice; 3 nástupní hrany (jedno ostrovní a jedno vnější u výpravní budovy)
Moravský Krumlov	121, 971	Rekonstrukce nástupišť (vnější typu SUDOP s výškou 550 mm nad temenem kolejnice s bezbariérovým přístupem, poloostrovní nástupiště s centrálním úrovňovým přechodem

Zdroj: autor

Navrhované rekonstrukce zastávek Troubsko, Střelice dolní a peronizace ŽST Střelice vyplývají ze studie proveditelnosti Elektrizace trati vč. PEÚ Brno – Zastávka u Brna. ŽST Brno-Horní Heršpice se vzhledem k současnému stavu ŽUB neuvažuje rekonstruovat. Výsledek vyplyne až z rozhodnutí patřičné varianty řešení ŽUB. Autor se však přiklání k plné peronizace stanice. V ŽST Silůvky není nutno provádět rekonstrukci nástupišť vzhledem k již uspokojivému současnému stavu.

Grafické schémata navrhovaných opatření oproti stávajícímu stavu jsou znázorněna v příloze K.

2.4 Změny v oblasti zabezpečovacího zařízení

Kapitola se zabývá návrhy změn v oblasti SZZ a TZZ v rámci jednotlivých mezistaničních oddílů řešeného úseku. PZZ je v rámci řešeného úseku vyhodnoceno jako vyhovující. Obdobně je uvažováno i SZZ a TZZ, kde ve sloupcích tabulek 21 a 22 není uvedeno v navrhované části žádné řešení.

Návrhy změn SZZ

Současné SZZ stanic řešeného úseku a nově navrhované SZZ zobrazuje tabulka 22. Podrobnější údaje o možné realizaci jsou uvedeny v komentářích ke konkrétním stanicím.

Tab. 22 Současné a nově navrhované SZZ

ŽST	Současné SZZ	Navrhované SZZ
Brno hlavní nádraží	2. kategorie – elektromechanické; 6 stavědel; světelné závislé hlavní návěstidla; elektrické přestavníky; kolejové obvody	3. kategorie – ESA
Brno-Horní Heršpice	3. kategorie – ESA 11 s JOP	—
Střelice	2. kategorie – elektromechanické; 2 závislé stavědlové přístroje; elektromotorické přestavníky; světelná závislá hlavní návěstidla	3. kategorie – ESA
Silůvky	3. kategorie – ESA 11 s DOZZ z ŽST Moravské Bránice	—
Moravské Bránice	3. kategorie – ESA 11 s JOP	—
Moravský Krumlov	3. kategorie – ESA 11 s DOZZ z ŽST Moravské Bránice	—

Zdroj: autor na podkladě (6)

ŽST Brno hlavní nádraží

Řešení je uvažováno při realizaci Varianty 3 – Nulové varianty, která je popsána v kapitole 1.10. Stávající SZZ je vyhodnoceno jako nevyhovující s procházejícím průkazem způsobilosti. Je navrhováno vybudování SZZ 3. kategorie dle TNŽ 34 2620 elektronického typu. SZZ bude umožňovat všechny jízdní cesty, které konfigurace kolejiště umožňuje, posun bude zabezpečený. Vzhledem k nedostatečnému počtu dopravních kolejí bude SZZ umožňovat jízdu na obsazené staniční koleje na návěst „Jízda podle rozhledových poměrů.“ Ovládání bude z JOP i pro odstavná nádraží A, B, F, N, S. Ovládání ze stávajících stavědel 1 až 6 se zruší. SZZ bude připraveno na výhledové řízení z CDP Přerov (2).

ŽST Střelice

Je navrhováno vybudování SZZ 3. kategorie dle TNŽ 34 2620 elektronického typu. Současný řídicí přístroj RANK a 2 závislá stavědla budou nahrazena novým typem zabezpečovacího zařízení s ovládáním z JOP.

Návrhy změn TZZ

Současné TZZ mezistaničních úseků a nově navrhované TZZ zobrazuje tabulka 23. Podrobnější údaje o možné realizaci jsou uvedeny v komentářích ke konkrétním mezistaničním úsekům.

Tab. 23 Současné a nově navrhované TZZ

Mezistaniční úsek	Současné TZZ	Navrhované TZZ
Brno hlavní nádraží — Brno-Horní Heršpice	2. kategorie – RPB s traťovými souhlasy	3. kategorie elektronický AB
Brno-Horní Heršpice — Střelice	3. kategorie – AH -83 s hradlem Troubsko	3. kategorie elektronický AB
Střelice — Silůvky	3. kategorie – AH (AHP 03) bez oddílových návěstidel	—
Silůvky — Moravské Bránice	3. kategorie – ITZZ AH-ESA-04 bez oddílových návěstidel	—
Moravské Bránice — Moravský Krumlov	3. kategorie – ITZZ AH-ESA-04 bez oddílových návěstidel	—

Zdroj: autor na podkladě (6)

Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice

V mezistaničním úseku se na všech třech traťových kolejích vybuduje nové elektronické TZZ 3. kategorie – centralizovaný AB bez oddílových návěstidel na trati s interoperabilními kolejovými obvody 75 Hz s přenosem kódu VZZ. Trať bude tvořena v každé traťové koleji a v každém směru pouze jedním oddílem tak jako ve stávajícím stavu. (2)

Brno-Horní Heršpice – Střelice

Je uvažováno TZZ 3. kategorie - AB s kolejovými obvody 75 Hz. V rámci nově zřízeného TZZ je uvažováno i zrychlení traťové rychlosti na 120 km·h⁻¹. (2)

3 Návrhy organizace vlakové dopravy

Obsahem této kapitoly je popis možného organizování drážní dopravy v souvislosti s návrhy uvedených v kapitole 2 Návrhy na zvýšení kapacity. Nedílnou součástí jsou i dopady realizací jednotlivých skupin návrhů (stavebně rekonstrukční, zabezpečovací zařízení) na provozování drážní dopravy v rámci řešeného úseku tratě.

3.1 Organizace vlakové dopravy spojená se stavebně rekonstrukční činností

V rámci stavebně rekonstrukčních změn byly navrženy tyto možnosti:

- zvýšení traťové rychlosti,
- zdvoukolejnění,
- elektrizace,
- peronizace.

Zvýšení traťové rychlosti

Zvýšení traťové rychlosti je opatření, které přinese především zvýšení propustnosti traťových kolejí a snížení jízdních dob v jednotlivých mezistaničních úsecích. Hodnoty snížení jízdních dob nejsou markantní. Jsou spíše vedlejším efektem, který přinese zrychlení traťové rychlosti na hodnotu, která poskytne požadovanou propustnost traťových kolejí. Ta se řídí omezujícím mezistaničním úsekem Moravské Bránice – Moravský Krumlov. Nově navrhovaná rychlost $80\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ se zde projeví zkrácením jízdní doby o 1,5 min. Umožní tak nově provést až 17 vlaků v rámci 4hodinové dopravní špičky a zajistí tak požadovanou vlakovou frekvenci organizátorem dopravy Jihomoravského kraje. Ta je požadována jako 30minutový interval na úseku Brno – Bohutice v pracovní dny. Rovněž bude zajištěna větší stabilita jízdního řádu. Realizace zvýšení traťové rychlosti se vzhledem k povaze jednokolejné trati neobejde bez nutnosti zavedení náhradní autobusové dopravy (NAD) v dotčených mezistaničních úsecích. V mezistaničním úseku Brno-Honí Heršpice – Střelice, který je dvoukolejný by pak realizace zvýšení traťové rychlosti představovala pouze omezení propustnosti infrastruktury a odřeknutí některých vlakových spojení.

Zdvoukolejnění

Zdvoukolejnění tratě bylo vyhodnoceno jako ekonomicky náročné řešení s nedostatečným využitím kapacity vlakovou dopravou. Pokud by se však i přes to všechno

toto opatření realizovalo, představoval by tak stále největší kapacitní problém ŽUB, jehož přestavba by musela být realizována tak, aby případnou možnou propustnost umožňoval. Realizace zdvoukolejnění se však vzhledem k povaze jednokolejné trati neobejde bez nutnosti zavedení NAD v dotčených mezistaničních úsecích.

Elektrizace

Elektrizace je opatření, které je rovněž ekonomicky nákladné a vzhledem k povaze regionální trati spíše nereálné. Umožní však, společně se změnami ve vozovém parku, nová přímá vlaková spojení relací jako např. Blansko – Bohutice nebo Tišnov – Bohutice. Vybrané vlakové spoje by tak nemusely svou jízdu ukončit v ŽST Brno hlavní nádraží. Využit je možné vlakových souprav řady 640, či 650. Toto opatření by si rovněž vyžadovalo zavedení NAD.

Peronizace

Díky tomuto opatření se zvýší především bezpečnost cestujících při nastupování (či vystupování) do vlaku (z vlaku). Druhým kladným efektem je možnost nástupu a výstupu osob se sníženou schopností pohybu a orientace. V neposlední řadě dojde k eliminaci nástupištních intervalů a lepší organizaci vlakové dopravy při určení staniční koleje. Toto opatření si žádá částečné vyloučení staničních kolejí a omezení provozu.

3.2 Organizace vlakové dopravy spojené se změnou zabezpečovacího zařízení

V rámci těchto návrhů bylo navrženo:

- nové SZZ v ŽST Brno hlavní nádraží a Střelice,
- nové TZZ v mezistaničních úsecích Brno hlavní nádraží – Brno-Horní Heršpice a Brno-Horní Heršpice – Střelice.

Realizace těchto opatření přinese především zvýšení propustnosti mezistaničního úseku Brno-Horní Heršpice – Střelice vzhledem k jeho délce, která činí 10 km. Dle zdroje (2) umožní toto opatření zavedení 15minutového intervalu v pracovní dny relace Brno – Zastávka u Brna. Využití pro relace Brno – Bohutice je především ve zvýšení stability JŘ. Realizace těchto opatření si vyžaduje patřičné omezení infrastruktury ve formě postupných výluk staničních kolejí v ŽST Brno hlavní nádraží, Brno-Horní Heršpice a Střelice.

4 Zhodnocení návrhů

Obsahem této kapitoly je zhodnocení navržených opatření pro zvýšení kapacity a bezpečnosti ve sledovaném úseku tratě 244. Hodnoceny jsou přínosy navržených opatření po stránce technické, technologické a ekonomické. Důležitou součástí je rovněž autorem předpokládaná pravděpodobnost navrhovaných opatření vzhledem k povaze regionální tratě a jejího budoucího využití výhledovým rozsahem vlakové dopravy.

4.1 Technické a technologické zhodnocení

Obsahem této podkapitoly je zhodnocení přínosů plynoucích z realizací navrhovaných opatření. Jsou zde popsány i jednotlivé modifikace návrhů a míra jejich přínosů ze širšího hlediska. Je zde zmíněna i míra pravděpodobnosti jednotlivých navrhovaných opatření.

Navýšení propustnosti traťové koleje, stabilita JŘ a zkrácení jízdních dob

Navýšení propustnosti a především zlepšení stability JŘ je považováno za prioritu této práce. Tohoto přínosu lze dosáhnout zvýšením traťové rychlosti v omezujícím mezistaničním úseku Moravské Bránice – Moravský Krumlov. Ta se jeví jako nejpravděpodobnější řešení. Organizátor IDS JMK společnost KORDIS, a.s. požaduje na řešeném úseku tratě zachovat 30minutový interval v dopravních špičkách pracovních dnů. Pro tyto účely je dostačující navýšit traťovou rychlost pouze v omezujícím mezistaničním úseku na rychlost 80 km·h⁻¹. Realizace zvýšení traťové rychlosti ve všech mezistaničních úsecích přispěje ke zkrácení jízdních dob na hodnotu, jež vytvoří předpoklady pro vznik nových přímých vlakových spojení relace Brno – Znojmo. Podmínkou je však zkrácení cestovní doby na hodnotu stejnou či nižší, než je doposud realizována autobusovou dopravou. Souhrnný stav výše uvedeného je uveden v tabulce 24.

Tab. 24 Přínosy a náklady plynoucí z navýšení traťové rychlosti

Opatření	Přínosy	Náklady [tis. Kč]
Zvýšení traťové rychlosti v úseku Moravské Bránice – Moravský Krumlov	– navýšení kapacity o 21%, – splnění požadavků IDS JMK, – zajištění větší stability JŘ, – zkrácení jízdní doby o 1,5 min	215 000

Zdroj: autor na podkladě (19)

Vytvoření nových vlakových spojení a zvýšení komfortu cestování

Tento přínos je reprezentován návrhy v oblasti změn vozového parku a rovněž zvýšením traťové rychlosti. Předpoklady pro vznik nových vlakových spojení relace Brno – Znojmo jsou podmíněny především zvýšením traťové rychlosti v mezistaničních úsecích Rakšice – Miroslav a Miroslav – Hrušovany nad Jevišovkou. Tyto úseky společně představují délku cca 25 km. Podrobnosti však nejsou předmětem této diplomové práce. Ze širšího hlediska jsou zde však zmíněny a uvažovány. Vytvoření nových relací Blansko – Bohutice či Tišnov – Bohutice jsou podmíněny elektrizací tratě v úseku Brno – Bohutice. Doposud jsou vlaky tvořící doplňkový takt relací Tišnov – Brno a Blansko – Brno ukončovány v ŽST Brno hlavní nádraží. Elektrizaci tratě však autor považuje za investici, která se z hlediska realizace jeví jako méně pravděpodobná. Více reálné je však nasazování nových motorových jednotek řady 840, 841 či 844. Nasazování nových motorových jednotek přispěje ke zvýšení komfortu cestování. Autor se domnívá, že následkem toho dojde ke zvýšení poptávky po přepravních službách v daném úseku tratě. Souhrnný stav výše uvedeného je uveden v tabulce 25.

Tab. 25 Vytvoření nových vlakových spojení a zvýšení komfortu cestování

Opatření	Přínosy	Náklady [tis. Kč]
Zvýšení traťové rychlosti v úseku Brno hl. n. – Moravský Krumlov	<ul style="list-style-type: none">– navýšení kapacity o 21%,– splnění požadavků IDS JMK,– zajištění větší stability JŘ,– zkrácení jízdní doby o 6 min,– vytvoření základu pro vybudování přímých relací Brno – Znojmo	722 260
Elektrizace úseku Brno-Horní Heršpice – Moravský Krumlov	<ul style="list-style-type: none">– umožnění jízd elektrických jednotek,– vytvoření nových relací Blansko – Bohutice, Tišnov – Bohutice	240 000

Zdroj: autor na podkladě (19)

Zvýšení bezpečnosti v dopravě, umožnění přepravy OOSPO a úspora lidských zdrojů

Ve všeobecném pojetí je tento faktor nejdůležitější ze všech. Tímto přínosem jsou myšleny změny v oblasti zabezpečovacího zařízení, především však staničního zabezpečovacího zařízení v ŽST Brno hl. n. a v ŽST Střelice. Stávající výměna nynějšího SZZ 2. kategorie – elektromechanického za 3. kategorii – ESA ovládaného z JOP přinese především úsporu zaměstnanců. V ŽST Střelice budou signalisté St1 a St2 nahrazeni jedním dozorcem výhybek. V ŽST Brno hlavní nádraží je pak tento přínos limitující konečným vyjádřením realizace patřičné varianty přestavby ŽUB. Důsledkem toho dojde ke snížení vlivu lidského činitele na provozování drážní dopravy a tím ke zvýšení bezpečnosti v dopravě. Obdobně je uvažována i změna TZZ úseku Brno hl. n. – Brno-Horní Heršpice, kde bude stávající TZZ 2. kategorie – reléový poloautomatický blok nahrazen za TZZ 3. kategorie – elektronický automatický blok.

Obdobně důležitá opatření jsou peronizace stanic a zastávek na řešeném úseku tratě. Za důležité a nejvíce reálné považuje autor především rekonstrukci stávajících zastávek a stanic s úpravou výšky nástupištní hrany na 550 mm nad temenem kolejnice umožňující přepravu OOSPO. Obdobně je uvažována i plná peronizace v ŽST Střelice. V ŽST Moravské Bránice může být plná peronizace nahrazena za nástupiště úrovně s centrálním přechodem. Tato alternativa řešení představuje podstatně nižší vynaložení nákladů na realizaci. Možnost přepravy OOSPO je navíc podmíněna provozem nových nízkopodlažních souprav. Souhrnný stav výše uvedeného je uveden v tabulce 26.

Tab. 26 Zvýšení bezpečnosti v dopravě

Opatření	Přínosy	Náklady [tis. Kč]
Výstavba nového SZZ a TZZ včetně peronizace ŽST a zastávek	– zvýšení bezpečnosti při provozování drážní dopravy, – umožnění přepravy OOSPO, – úspora ročních mzdových nákladů ve výši 5,5 mil. Kč, – roční úspora nákladů vynaložených na bezpečnost dle metodiky SŽDC částkou 52,9 mil. Kč.	1 040 000

Zdroj: autor na podkladě (19)

4.2 Ekonomické zhodnocení

Všeobecná metodika hodnocení ekonomické efektivity u projektů železniční infrastruktury vychází z prováděcích pokynů ministerstva dopravy. (25)

Princip spočívá v metodě porovnání přírůstkových finančních toků. Jsou tak porovnávány toky v jednotlivých letech posuzování pro stav s projektem na straně jedné a stav bez projektu na straně druhé. Výčet nákladů a přínosů z nich plynoucích jsou následující:

1. Náklady na řízení vlakové dopravy,
2. Náklady na infrastrukturu,
3. Náklady provozovatele drážní dopravy.

Náklady na řízení vlakové dopravy

Náklady na řízení provozu jsou stanoveny na základě skutečného počtu zaměstnanců.

Realizaci navrhovaných opatření nevzniknou požadavky na nové zaměstnance, z hlediska hodnocení jsou proto tyto náklady ve všech variantách nulové. To je současně také přínosem.

Náklady na infrastrukturu

Na základě (19) jsou přibližné investiční náklady uvažovány následovně:

- a) zvýšení traťové rychlosti ze stávajících $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ na $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ jsou vyčísleny na 18 – 20 000 Kč za metr realizované tratě. V případě zásahu do železničního spodku jsou náklady vyjádřeny částkou 30 000 Kč za metr realizované tratě. Tyto však nejsou potřeba na celém úseku řešené tratě, ale pouze na její části. Pro získání podrobnějšího řešení je však třeba podrobnějšího studia proveditelnosti, což však není obsahem diplomové práce.,
- b) elektrizace tratě představuje náklady 8 000 Kč za metr realizovaného úseku,
- c) peronizace stanic a zastávek dle navrhovaných opatření je vyčíslena na 890 – 990 000 000 Kč. Peronizace v ŽST v sobě zahrnuje i úpravu staničního zabezpečovacího zařízení z důvodu ekonomičtějšího a efektivnějšího způsobu provedení realizace.,
- d) SZZ a jeho úpravy jsou uvažovány pouze v ŽST Střelice, kde jsou již započítány do nákladů na provedení peronizace. V ŽST Brno hl. n. nejsou vyčísleny z důvodu doposud nerozhodnuté varianty řešení přestavby ŽUB.,
- e) TZZ a jeho úpravy jsou vyčísleny na 50 000 000 v mezistaničním úseku Brno-Horní Heršpice – Střelice. V tomto úseku je navrhován elektronický AB se 4 traťovými oddíly. Traťový úsek Brno hl. n. – Brno-Horní Heršpice není opět vyčíslen z důvodu doposud nerozhodnuté varianty řešení přestavby ŽUB.

Přínosy plynoucí z vynaložených nákladů na infrastrukturu:

- ušetření mzdových nákladů za zaměstnance,
- zvýšení bezpečnosti v dopravě,
- zvýšení příjmů z poplatků za použití dopravní cesty.

Ušetření mzdových nákladů na zaměstnance

Úspora je vyčíslena na základě nákladů na pracovníka, které zahrnují nejen mzdové náklady, ale veškeré náklady z toho vyplývající. Ve výpočtech je nutné zohlednit rovněž náklady na odstupné těchto zaměstnanců. Tyto náklady byly vyčísleny ve výši 3 měsíčních platů. V rámci realizace nového SZZ v ŽST Střelice činí tato roční úspora částku 5 499 000 Kč. Úspora představuje nahrazení 2 signalistů jedním dozorcem výhybek. Úspora v rámci nového SZZ v ŽST Brno hl. n. není v rámci ekonomického hodnocení zmiňována z důvodu dosud nezvolené varianty přestavby ŽUB.

Zvýšení bezpečnosti v dopravě

Dle Metodiky pro výpočet efektivnosti investic SŽDC, s. o. v platném znění lze roční ekonomický přínos ze zvýšení bezpečnosti vyjádřit jako 3 % z „investic do zabezpečovacího zařízení, na mimoúrovňová a ostrovní nástupiště, podchody, bezbariérové přístupy a investic s přínosem pro zvýšení bezpečnosti železniční dopravy“. V případě posuzovaných opatření tyto investice zahrnují:

- SZZ v ŽST Střelice,
- TZZ v úseku Brno-Horní Heršpice – Střelice,
- peronizační opatření dle přílohy K.

Ekonomické přínosy z těchto investičních opatření jsou zejména:

- modernizace SZZ a TZZ sníží závislost provozované drážní dopravy na lidském faktoru, což výrazně přispěje k celkovému zvýšení bezpečnosti provozu,
- nová nástupiště umožní eliminovat potenciální kolizní místa a zejména OOSPO umožní snadnější pohyb v rámci stanic a zastávek.

Výše uvedené lze charakterizovat roční přínosovou částkou 52 867 800 Kč.

Zvýšení příjmů z poplatků za použití dopravní cesty

Příjmy z poplatků za dopravní cestu jsou stanoveny podle „Přílohy k výměru MF č. 01/2015 ze dne 26. listopadu 2014, která stanovuje maximální ceny a určené podmínky za použití vnitrostátní železniční dopravní cesty celostátních a regionálních drah při provozování drážní dopravy“ a odráží skutečné náklady na provozování a udržování dopravní cesty. V rámci řešeného úseku jsou zohledněny úseky 2 relací a to Brno – Střelice a Střelice – Moravský Krumlov a jim odpovídající dopravní výkony. Výše příjmů je závislá na počtu navýšených vlaků, jež bude požadovat organizátor IDS JMK společnost KORDIS, a. s. Nákladní doprava nedosahuje v řešeném úseku relevantních hodnot.

Celkové náklady a finanční úspora plynoucí z realizací veškerých navrhovaných opatření v rámci modernizace infrastruktury vyjadřuje tabulka 27.

Tab. 27 Celkové náklady a roční úspora

Celkové náklady [tis. Kč]	Roční úspora
1 966 000	58 400

Zdroj: autor na podkladě (19)

Náklady provozovatele drážní dopravy

Náklady provozovatele drážní dopravy plynou především z možností nasazení a pořízení nových souprav zmíněných v kapitole 2.2 a dále pak z realizace zkapacitnění řešeného úseku tratě, které přinese možnost navýšení počtu vlakových spojů o 3 vlaky v rámci 240 minut. Všeobecně lze za tyto náklady považovat:

- náklady na pořízení nových souprav,
- náklady na provoz vlaků,
- náklady na zaměstnance vlakových čt.

Přínosy pro provozovatele drážní dopravy vyplývají ze zvýšené poptávky po přepravních službách. Nejsou však předmětem diplomové práce.

Možnosti financování

Náklady na navrhovaná opatření představují částky, které se v takovémto rozsahu zpravidla financují ze zdrojů EU v rámci operačního programu Doprava. Další zdroj představuje SFDI či rozpočet kraje. V neposlední řadě zůstává financování v kompetenci investora stavby, což je SŽDC, s. o.

4.3 Souhrnné zhodnocení

Z hlediska nákladů na infrastrukturu je třeba určit nejpravděpodobnější a nejnutnější zásahy do infrastruktury vedoucí k požadovanému výsledku zkapacitnění řešeného úseku. Ty vychází především z požadavků organizátora IDS. Opatření nad rámec těchto požadavků by sice přinesly z dlouhodobého pohledu přínosy pro využívání železniční dopravy, představovaly by však navýšení nákladů nad stanovený nezbytný rozsah. Zkapacitnění tratě a s ním související náklady jsou uvažovány pro tyto účely jako:

- požadované zkapacitnění řešeného úseku přispívající ke stabilitě JŘ pro stávající stav linek S41 IDS JMK,
- požadované zkapacitnění úseku Brno-Horní Heršpice – Střelice vycházející ze (4) pro linky S4 IDS JMK relací Brno – Zastávka u Brna,
- výhledová možnost zavedení přímých vlakových spojů relace Brno – Znojmo,
- zvýšení bezpečnosti.

Na základě výše uvedených účelových kritérií jsou navrhována řešení uvedené v tabulce 28, která jsou vyhodnocena jako jedna z nejvíce efektivních a přijatelných. Doba návratnosti těchto investic je vyhodnocena na 30 let.

Tab. 28 Ekonomicky nejvíce přijatelná a efektivní opatření

Opatření	Náklady [tis. Kč]	Roční úspora [tis. Kč]
Zvýšení traťové rychlosti v úseku Brno-Horní Heršpice – Moravský Krumlov	722 260	58 400
Peronizace ŽST a zastávek dle přílohy K	990 000	
SZZ ŽST Střelice	v ceně peronizace	
TZZ v úseku Brno-Horní Heršpice - Střelice	50 000	
Náklady celkem	1 762 260	

Zdroj: autor na podkladě (19)

Závěr

Cílem práce bylo vytvořit návrhy na zkapacitnění tratě 244 v úseku Brno hl. n. – Moravský Krumlov v souladu s požadovaným výhledovým dopravním provozem a posouzení jejich přínosů vzhledem k nákladům vynaložených na jejich realizaci.

V první části práce byla provedena analýza současného stavu řešeného traťového úseku jak po stránce členění tratě a její charakteristiky, tak po stránce organizace vlakové dopravy. Největší pozornost byla věnována výpočtu kapacity traťových kolejí v rámci řešeného úseku, ze kterého vyplynuly požadavky pro návrhy jednotlivých opatření zajišťujících patřičné zkapacitnění. Nedílnou součástí bylo rovněž představení již probíhajících projektů majících vliv na jednotlivá navrhovaná opatření. Rovněž byla nastíněna problematika současného stavu ŽUB a byla popsána jednotlivá případná řešení včetně jejich vlivu na budoucí rozsah výhledové vlakové dopravy.

Ve druhé části byly popsány jednotlivé návrhy na zvýšení kapacity traťových kolejí a bezpečnosti železničního provozu. Řešení byla navrhována tak, aby odpovídala jejich teoretické realizaci od nejméně invazivních a finančně nejméně nákladných. Byla zde zmíněna i řešení, která jsou přípustná, avšak jejich realizace je dle autorova názoru méně reálná ze strany případného investora. Důraz byl především kladen na respektování požadavků organizátora IDS JMK.

Ve třetí části bylo rozebráno možné organizování drážní dopravy v souvislosti s návrhy uvedenými ve druhé části práce. Nedílnou součástí byly i dopady realizací jednotlivých skupin návrhů (stavebně rekonstrukční, zabezpečovací zařízení) na provozování drážní dopravy v rámci řešeného úseku tratě.

Ve čtvrté části bylo provedeno hodnocení jednotlivých návrhů jak po stránce technické, technologické, tak po stránce ekonomické. Součástí bylo rovněž hodnocení pravděpodobnosti realizací jednotlivých navržených opatření, ze kterých vzešlo výsledné řešení.

Dle autorova názoru byl cíl práce splněn. Z výsledného ekonomicky přijatelného řešení vyplývají přínosy pro budoucí rozsah vlakové dopravy na zkoumaném úseku. Jedním z nich je možnost vytvoření nových vlakových spojení relace Brno – Znojmo, jejichž realizace si však žádá podrobnější studii. Největším problémem však zůstává doposud nerealizovaná přestavba ŽUB, který i přes možná navrhovaná opatření představuje stále limitní prvek železniční infrastruktury na Jižní Moravě.

Seznam použitých informačních zdrojů

- (1) *Knižní jízdní řád 2016*, SŽDC s. o., 800s. platný od 13. 12. 2015 do 10. 12. 2016
- (2) *Interní materiály společnosti SUDOP*
- (3) *Sešitové jízdní řády osobní dopravy*. [online]. c2016 [cit. 2016-10-03].
Dostupné z <<http://provoz.szdc.cz/Portal/ViewArticle.aspx?oid=1187355>>
- (4) *Železniční mapy ČR* [online]. c2016 [cit. 2016-10-03].
Dostupné z <<http://www.szdc.cz/o-nas/zeleznicni-mapy-cr.html>>
- (5) *Mapy.cz* [online]. c2016 [cit. 2016-10-03].
Dostupné z <<https://mapy.cz/zakladni?x=16.4715960&y=49.0815231&z=11> >
- (6) *Portál provozování dráhy* [online]. c2016 [cit. 2016-10-04].
Dostupné z <http://provoz.szdc.cz/portal>
- (7) *Europoint Brno | projekt přestavby železničního uzlu* [online]. c2016 [cit. 2016-10-07].
Dostupné z <https://europointbrno.cz>
- (8) *Portál Jihomoravského kraje - plán dopravní obslužnosti Jihomoravského kraje pro období 2012 – 2016* [online]. c2016 [cit. 2016-10-11].
Dostupné z <http://www.kr-jihomoravsky.cz/Default.aspx?ID=5364&TypeID=1>
- (9) *Řazení vlaků – ŽelPage* [online]. c2016 [cit. 2016-10-26].
Dostupné z: <http://www.zelpage.cz/razeni/16/>
- (10) *Atlas vozů* [online]. c2016 [cit. 2016-10-27]. Dostupné z: <http://www.atlasvozu.cz>
- (11) *Atlas lokomotiv* [online]. c2016 [cit. 2016-10-27].
Dostupné z: <http://www.atlaslokomotiv.net>
- (12) *SŽDC D24 Předpis pro zjišťování kapacity železničních tratí*. SŽD s. o., 37s, účinnost 1. 7. 2004
- (13) MOLKOVÁ, T. – MOJŽÍŠ, V. – DRDLA, P. a kol. *Kapacita železničních tratí*. Pardubice: Tiskárny Havlíčkův Brod, a.s. 2010. 150s. ISBN 978-80-7395-317-1.
- (14) ROLNÍK, Tomáš. *Kvalita dopravního provozu severního zhlaví a jeho přilehlých úseků ŽUB v odsunuté poloze*. Pardubice, 2014. 64 s. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. Vedoucí práce Ing. Ivo Hruban, Ph.D.

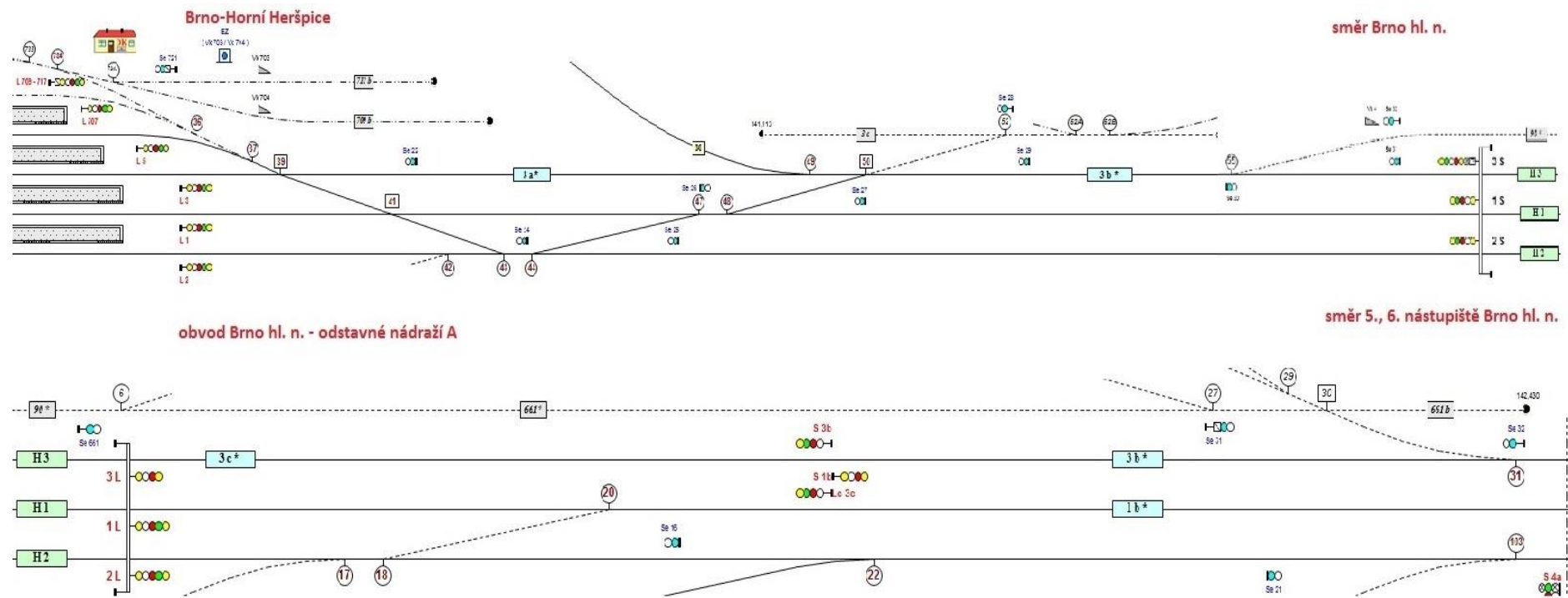
- (15) *Dopracování variant řešení ŽU Brno*, IKP Consulting Engineers, s.r.o., červen 2014
- (16) VONKA, J. – MOLKOVÁ, T. – ŠIROKÝ, J. *Technologie a řízení dopravy II. – GVD*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2000. ISBN 80-7194-28-3.
- (17) HRUBAN, I. *Optimalizace technologických procesů – železniční doprava*. (přednáška) Praha: UNIVERZITA PARDUBICE, 27. 11. 2015
- (18) ŠKÁREK, M. – NACHTIGALL, P. *Skladba nákladů v železniční osobní dopravě a jejich výpočet*. Perner's Contacts, č. I., roč. osmý. [online]. c2013 [cit. 2017-02-19]. Dostupné z: http://pernerscontacts.upce.cz/29_2013/Skarek.pdf
- (19) HANDL, J. *Osobní konzultace ve společnosti SŽDC, s. o. ke stavebně rekonstrukční činnosti*, Brno, 15. 2. 2017
- (20) NOVÁK, K. *Osobní konzultace ve společnosti Kordis, a. s. k současnému a výhledovému provozu na trati 244*, Brno, 14. 2. 2017
- (21) ČD SR3 *Podnikové normy a normativy spotřeby času práce*. České dráhy a. s., 64s, účinnost 1. 8. 1999
- (22) MOLKOVÁ, T. *Optimalizace technologických procesů – železniční doprava*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2011. 91s.
- (23) BULÍČEK, J. *Propustnost železniční dopravy*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2011. 48s.
- (24) *Encyklopedie mostů* [online]. c2017 [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: <http://libri.cz/databaze/mosty/heslo.php?id=359>
- (25) MINISTERSTVO DOPRAVY ČR. „*Prováděcí pokyny pro hodnocení efektivnosti investic projektů železniční infrastruktury*“, [online] c2013 [cit 2017-02-25] Dostupné z <<http://www.szdc.cz/soubory/ekonomicke-hodnoceni/hodnoceni-efektivnosti-investic-projektu-zeleznicni-infrastruktury-vestnik-dopravy.pdf>>

Seznam příloh

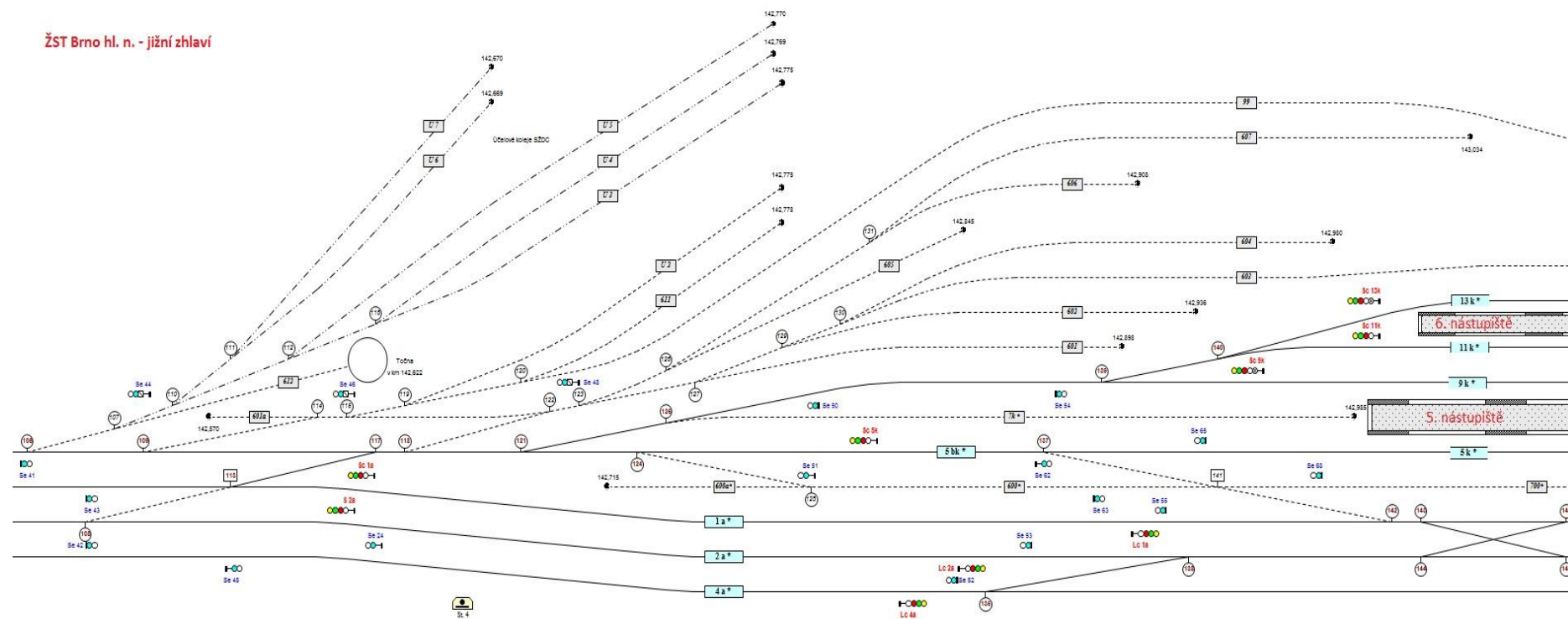
- Příloha A Zjednodušené schéma mezistančního úseku Brno-Horní Heršpice – Brno hlavní nádraží
- Příloha B Jižní zhlaví ŽST Brno hlavní nádraží
- Příloha C Omezující úsek v ŽST Brno-Horní Heršpice
- Příloha D Odjezd vlaku z Moravských Bránic směr Moravský Krumlov
- Příloha E Příjezd vlaku do Moravského Krumlova z Moravských Bránic
- Příloha F Vstupní data pro výpočet kapacity traťových kolejí ve výhledovém GVD
- Příloha G Výpočetní tabulka nejkratších dob obsazení ve výhledovém GVD
- Příloha H Analytický výpočet kapacity a stanovení minimálního záložního času
- Příloha CH Tabulka potřebných mezer t_{mez} dle předpisu SŽDC 24
- Příloha I Vybraná opatření pro zvýšení traťové rychlosti
- Příloha J Ivančický viadukt
- Příloha K Peronizační opatření v jednotlivých stanicích a zastávkách

PŘÍLOHY

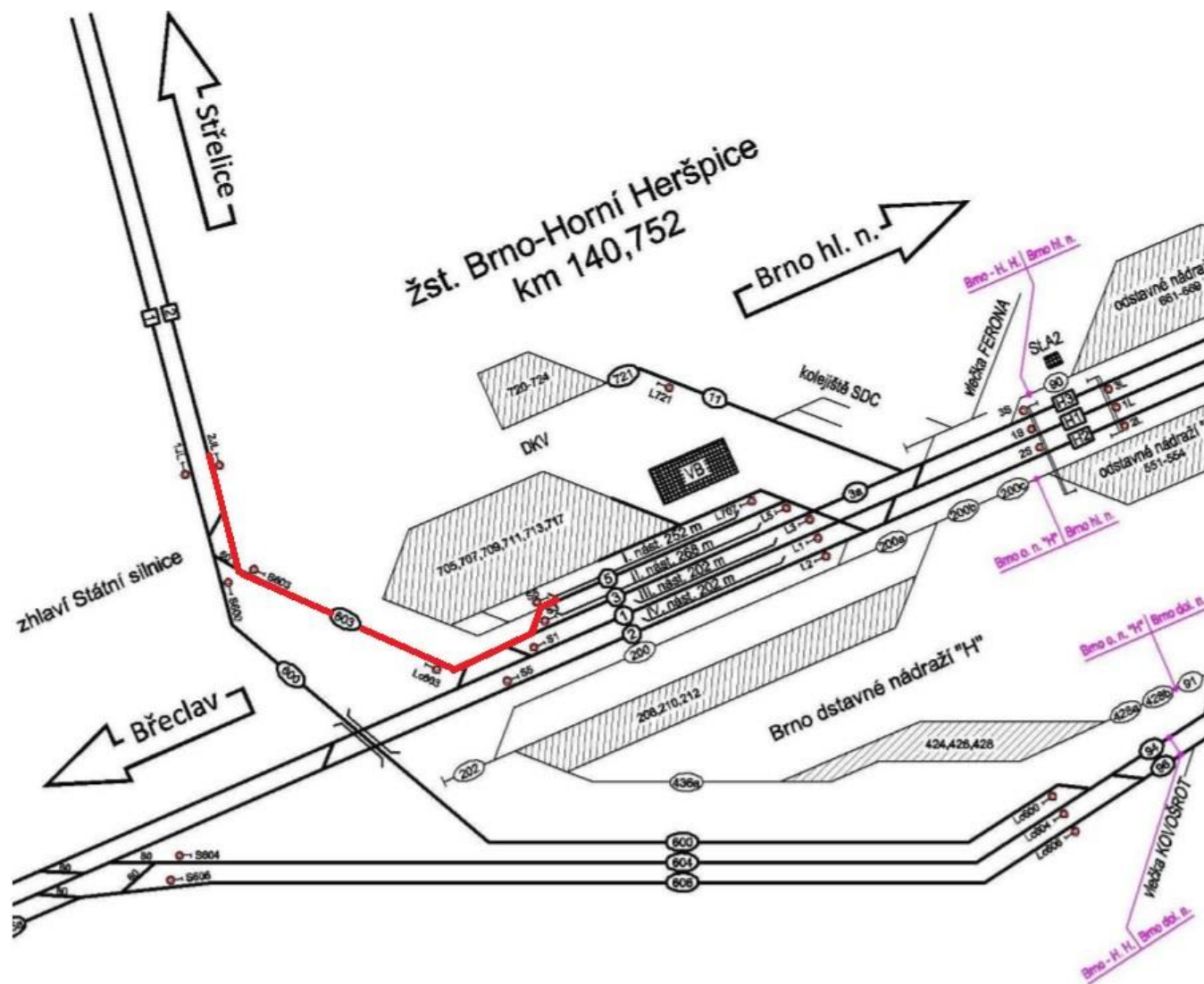
Příloha A – Zjednodušené schéma mezistančního úseku Brno-Horní Heršpice – Brno hlavní nádraží (6)



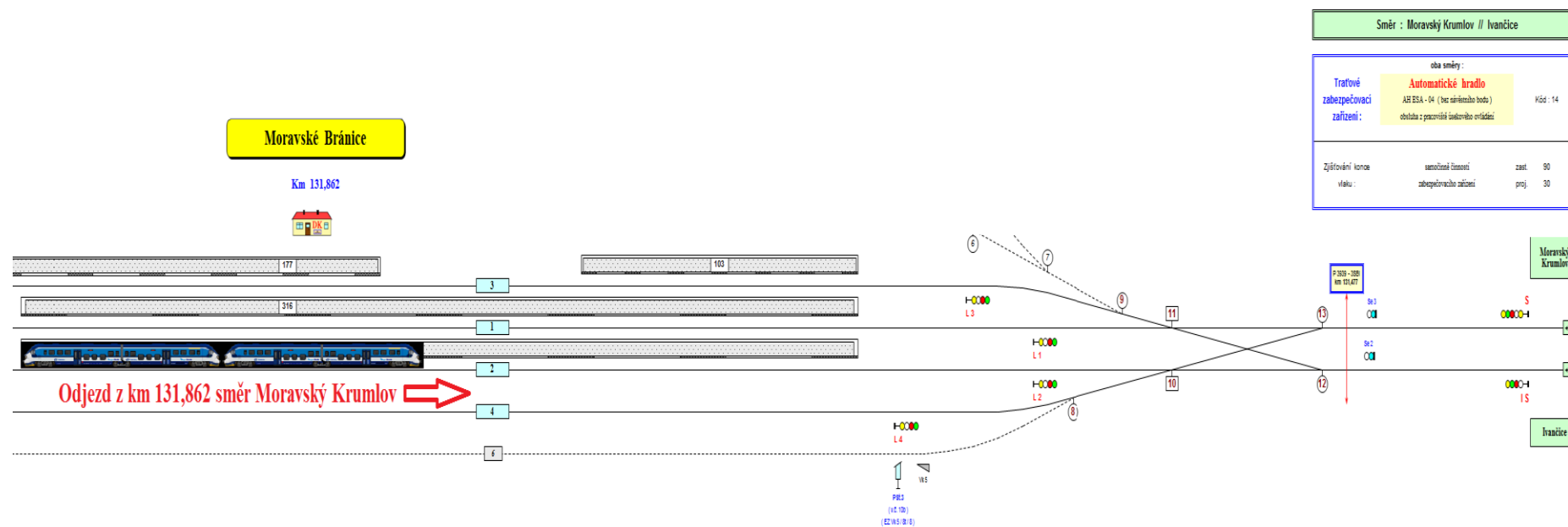
Příloha B – Jižní zhlaví ŽST Brno hlavní nádraží (6)



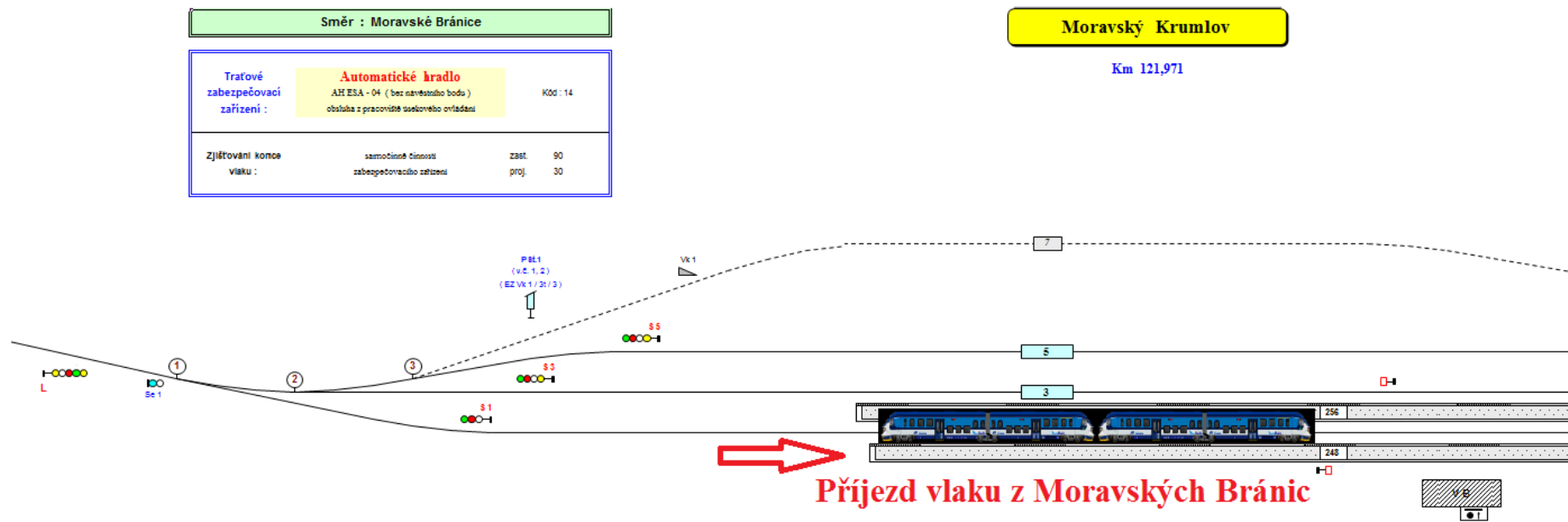
Příloha C – Omezující úsek v ŽST Brno-Horní Heršpice (2)



Příloha D – Odjezd vlaku z Moravských Bránic směr Moravský Krumlov (6)



Příloha E – Příjezd vlaku do Moravského Krumlova z Moravských Bránic (6)



Příloha F – Vstupní data pro výpočet kapacity traťových kolejí ve výhledovém GVD

Vstupní parametry pro výpočet nejkratší doby obsazení t_{obs} jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab. 29 Vstupní parametry pro výpočet nejkratších dob obsazení

Druh vlaku	Počet vlaků za 240 minut		Jízdní doba [min]		Rychlost [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]
	Směr S	Směr L	Směr S	Směr L	
R	4	4	9	9	80
Os	8	8	9	9	80

Zdroj: autor

Vybrané provozní intervaly:

PIK = 0,5 min.

PINJ = 0,5 min.

Provozní interval je nejkratší čas potřebný na splnění všech úkonů předepsaných pro zajištění plynulé jízdy vlaků a bezpečnosti v místech možného vzájemného ohrožení. Je to tedy nejkratší čas mezi jízdami dvou po sobě jedoucích vlaků se zřetelem k jejich současným nemožným nebo nedovoleným jízdám. Jedná se tedy o nejkratší čas mezi příjezdem, odjezdem nebo průjezdem prvního vlaku a příjezdem, odjezdem nebo průjezdem vlaku druhého. Za místa vzájemného ohrožení jsou považována staniční zhlaví či prostorové oddíly. Od tohoto jsou odvozené provozní intervaly traťové či staniční. Každý z těchto intervalů se skládá z tzv. statické (staniční) složky t_{st} a dynamické složky t_d . (16)

Statická složka t_{st} je časové vyjádření skládající se z jednotlivých operací prováděných v dopravě, které jsou nezbytně nutné pro zajištění bezpečné a plynulé vlakové cesty. Je ovlivněna především typem používaného SZZ, TZZ, počtem pracovníků a stavebním uspořádáním stanice. Jednotlivé technologické operace jsou odvozeny od normativu spotřeby práce a času. (21)

Dynamická složka t_d je ovlivněna především jízdou vlaku. Součtem těchto jednotlivých technologických operací a jízdou vlaku je vyjádřen výsledný požadovaný provozní interval uváděn v minutách.

Provozní interval křížování (PIK) je zvláštní případ intervalu postupného vjezdu a odjezdu na jednokolejných tratích. Začíná okamžikem zastavení či průjezdu prvního vlaku a končí okamžikem odjezdu vlaku druhého. Musí být ovšem splněna podmínka, že první vlak uvolní odjezdové zhlaví druhého vlaku. Je tedy určen daným typem SZZ, TZZ, počtem pracovníků a stavebním uspořádáním dané stanice. Vzhledem k výpočtům, jež se vážou k ŽST Moravský Krumlov je určení těchto vstupních údajů následující:

- SZZ ESA 11 s dálkovým ovládním z Moravských Bránic,
- TZZ 3. kategorie – na úrovni AH,
- počet pracovníků ve směně — 1 výpravčí v Moravských Bránicích

Graficky lze statickou (staniční) složku vyjádřit z následujícího technologického grafu, který je uveden v tabulce 2.

Tab. 30 Technologický graf PIK

1	2	3	4	5
t_{st1}	1	Automatický rozpad vlakové cesty po 1. vlaku	—	0
t_{st2}	2	Postavení vlakové cesty pro odjezd 2. vlaku	výpravčí	0,30
		Otočení souhlasu po navolení vlakové cesty opačného směru	výpravčí	0,15
		Postavení výhybek (max. 3 současně)	výpravčí	0,15
	3	Výprava vlaku	výpravčí	0,20
t_{st}	Celkem			0,50

Zdroj: autor na podkladě (13)

Po sečtení veškerých dílčích kroků ze statické (staniční) složky vychází celková hodnota na 0,50 min.

Určení dynamické složky t_{dl} se neuvažuje vzhledem k technologii stanic a určení místa zastavení vlaku. Hodnoty, jež byly vypočteny na základě vztahů pohybu rovnoměrného a rovnoměrně zrychleného, jsou zanedbatelné. Vzhledem k tomu, že druhý vlak ze stanice odjíždí, je i hodnota td_2 nulová. V celkovém výsledku se tedy hodnota t_d neuvažuje. Výsledná hodnota provozního intervalu PIK tak sestává pouze ze statické složky t_{st} a její hodnota činí 0,5 min. Z tohoto údaje vycházejí výpočty nejkratšího času obsazení pro kvadranty II a III.

Provozní traťový interval následné jízdy τ_{nj} je nejkratší čas potřebný na splnění všech předepsaných úkonů mezi okamžikem příjezdu nebo průjezdu prvního vlaku v přední dopravně ohraničující daný prostorový oddíl, v níž první vlak prostorový oddíl opouští a okamžikem odjezdu nebo průjezdu druhého vlaku stejného směru v zadní dopravně, v níž druhý vlak do prostorového oddílu vstupuje. Začíná okamžikem zastavení či průjezdu prvního vlaku v přední dopravně a končí při průjezdu či odjezdu druhého vlaku ze zadní dopravně. Místem vzájemného ohrožení je prostorový oddíl. (13) Jako každý provozní interval, má i tento svou statickou a dynamickou složku, kde statické složky představují splnění předepsaných úkonů pro zajištění vlakových cest, a dynamická složka souvisí s jízdou vlaku. Rozdělení je následující:

- t_{st1} čas nezbytně nutný na provedení předepsaných technologických úkonů týkajících se jízdy prvního vlaku v přední dopravně,
- t_{st2} čas nezbytně nutný na provedení předepsaných technologických úkonů týkajících se jízdy druhého vlaku v zadní dopravně,
- t_{d1} čas nezbytně nutný pro rozpad vlakové cesty za prvním vlakem v přední dopravně, tj. čas pro projetí pojistné vzdálenosti za návěstidlem ohraničující prostorový oddíl,
- t_{d2} čas nezbytně nutný, který potřebuje druhý vlak v zadní dopravně na projetí vzdálenosti od místa dohlednosti vjezdového návěstidla, jež je předvěstí návěstidla odjezdového, až po průjezd dopravnou.

Je uvažováno, že druhý vlak ze stanice vždy odjíždí z důvodu zastavení pro výstup a nástup cestujících. Na základě výše zmíněných skutečností je nutno vypočítat pouze hodnotu t_{st2} , která představuje čas nezbytně nutný pro postavení odjezdové vlakové cesty pro druhý vlak ze zadní dopravně. V závislosti na daném typu SZZ, TZZ a normativu času dle (21) je daný parametr stanoven po zaokrouhlení na 0,5 min.

Příloha G – Výpočetní tabulka nejkratších dob obsazení ve výhledovém GVD

t ₂	t ₁	LICHÝ										SUDÝ										Σ						
		4		4										4		4								16				
	16	Sp		Os										Sp		Os								N2				
L I C H Ý	4	Sp	0,063	1,000	0,063	1,000							0,063	1,000	0,063	1,000									0,250	4		
			9,500	9,500	9,500	9,500									18,500	18,500	18,500	18,500									56,000	56,000
	4	Os	0,063	1,000	0,063	1,000							0,063	1,000	0,063	1,000										0,250	4	
			9,500	9,500	9,500	9,500									18,500	18,500	18,500	18,500									56,000	56,000
																											0,000	0
																											0,000	0,000
																										0,000	0	
																										0,000	0	
																										0,000	0,000	
S U D Ý	4	Sp	0,063	1,000	0,063	1,000							0,063	1,000	0,063	1,000									0,250	4		
			0,500	0,500	0,500	0,500									9,500	9,500	9,500	9,500									20,000	20,000
	4	Os	0,063	1,000	0,063	1,000							0,063	1,000	0,063	1,000										0,250	4	
			0,500	0,500	0,500	0,500									9,500	9,500	9,500	9,500									20,000	20,000
																											0,000	0
																											0,000	0,000
																										0,000	0	
																										0,000	0,000	
Σ	N1	0,250	4	0,250	4	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,250	4	0,250	4	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	1,000	16	
		20,000	20,000	20,000	20,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	56,000	56,000	56,000	56,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	152,000	152,00	

Příloha H – Analytický výpočet kapacity a stanovení minimálního záložního času

Celkový čas obsazení mezistaničního úseku všemi v úvahu přicházejícími vlaky Σt_{obs} činí přibližně 152 *minut*, jak je uvedeno ve výpočetní tabulce, která je součástí přílohy G. V dalším kroku je potřeba stanovit skutečný celkový záložní čas a porovnat jej s celkovým požadovaným záložním časem. Trvání celkového záložního času se vypočte odečtením celkového času obsazení a celkového času stálých manipulací od výpočetního času podle vzorce (1). Průměrný čas mezer připadající na jeden vlak se potom určí podle vzorce (2), jako podíl celkového času mezer a celkového počtu vlaků. Minimální hodnota záložního času se stanoví na základě tabulky „Potřebná délka t_{mez} v minutách“, která je uvedena v předpisu SŽDC D24 a která je uvedena v příloze I. Musí být splněna nerovnost ze vzorce č. (3). V opačném případě je kapacita traťové koleje nedostačující. (23)

Celkový čas mezer (záloh) mezi vlaky:

$$\Sigma t_{mez} = T - (\Sigma t_{obs} + \Sigma t_{stál}) \quad [\text{min}] \quad (1)$$

Čas mezer (záložní čas) připadající na jeden vlak:

$$t_{mez} = \frac{\Sigma t_{mez}}{N} \quad [\text{min}] \quad (2)$$

kde: Σt_{mez} celkový počet mezer [min],
 T výpočetní čas [min],
 Σt_{obs} celkový čas obsazení, tj. hodnota stanovená z výpočetní tabulky [min],
 $\Sigma t_{stál}$ celkový čas stálých manipulací [min],
 t_{mez} průměrný počet mezer připadající na jeden vlak [min/vlak],
 N celkový počet vlaků [-].

Minimální hodnota záložního času:

$$\bar{z} \geq z \quad \text{analogií tohoto zápisu je zápis:} \quad \overline{t_{mez}} \geq t_{mez} \quad (3)$$

Po dosazení hodnot do vzorce č. (1) a (2) vypadá výpočet následovně:

$$\Sigma t_{mez} = 240 - 152 = 88 \text{ min}$$

$$t_{mez} = \frac{88}{16} = 5,5 \text{ min} \cdot \text{vlak}^{-1}$$

Potřebná délka t_{mez} se podle předpisu SŽDC D24 stanoví ze sloupce B a řádku pro $t_{obs} = 10$, jelikož platí:

$$t_{obs} = \frac{\Sigma t_{obs}}{N} = \frac{152}{16} = 9,5 \text{ min} \cdot \text{vlak}^{-1} \approx 10 \text{ min} \cdot \text{vlak}^{-1}$$

Potřebná délka t_{mez} podle předpisu SŽDC D24 sloupce B tedy činí 4,93 minut. Podmínka dle vztahu (3) minimálního záložního času je tedy splněna, jelikož platí:

$$? \overline{t_{mez}} \geq t_{mez} : \quad 5,5 \text{ min} \geq 4,93 \text{ min}$$

Výsledek vykazuje, že průměrná časová mezera připadající na jeden průměrný vlak je větší než mezera požadovaná. Při této splněné podmínce lze předpokládat, že i následující hodnoty stupně obsazení S_o , koeficientu praktického využití propustnosti K_{prakt} budou vysoké.

Výpočet kapacity traťových kolejí se provede dle vzorce (1) uvedeného v kapitole 1.9. Po dosazení hodnot vypadá výpočet následovně:

$$n = \frac{240}{9,5 + 4,93} = 17 \text{ vlaků}$$

Výpočet stupně obsazení S_o se provede dle vzorce (2) uvedeného v kapitole 1.9. Po dosazení hodnot vypadá výpočet následovně:

$$S_o = \frac{152}{240} = 0,63$$

Výpočet posledního ukazatele K_{prakt} , který udává praktické využití kapacity traťového úseku v %, se provede dle vzorce (3) v kapitole 1.9. Po dosazení hodnot a zaokrouhlení vypadá výpočet následovně:

$$K_{prakt} = \frac{15}{16,6} \cdot 100 = 96 \%$$

Příloha CH – Tabulka potřebných mezer t_{mez} dle předpisu D 24

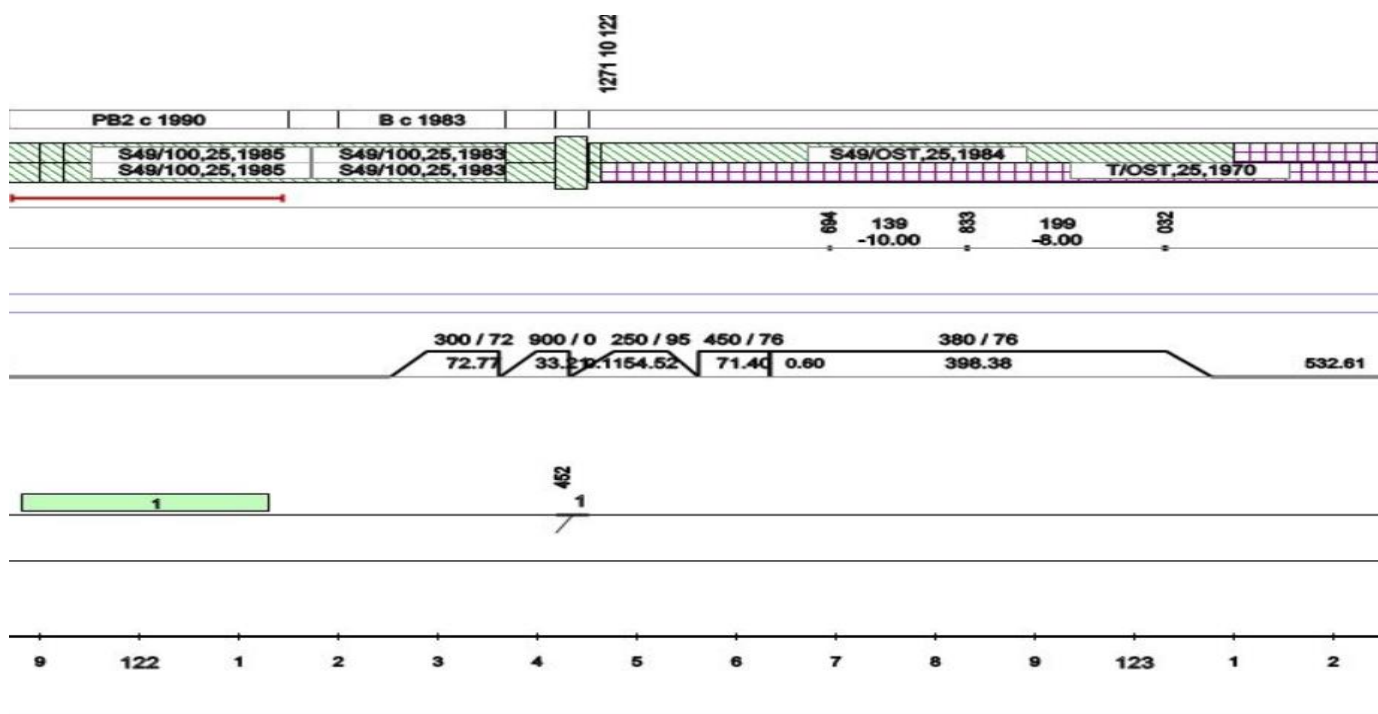
tobs	tpm					
	A	B	C	D	E	F
3	2,00	1,48	1,29	1,00	0,75	0,53
4	2,67	1,97	1,71	1,33	1,00	0,71
5	3,33	2,46	2,14	1,67	1,25	0,88
6	4,00	2,96	2,57	2,00	1,50	1,06
7	4,67	3,45	3,00	2,33	1,75	1,24
8	5,33	3,94	3,43	2,67	2,00	1,41
9	6,00	4,43	3,86	3,00	2,25	1,59
10	6,67	4,93	4,29	3,33	2,50	1,76
11	7,33	5,42	4,71	3,67	2,75	1,94
12	8,00	5,91	5,14	4,00	3,00	2,12
13	8,67	6,40	5,57	4,33	3,25	2,29
14	9,33	6,90	6,00	4,67	3,50	2,47
15	10,00	7,39	6,43	5,00	3,75	2,65
16	10,67	7,88	6,86	5,33	4,00	2,82
17	11,33	8,37	7,29	5,67	4,25	3,00
18	12,00	8,87	7,71	6,00	4,50	3,18
19	12,67	9,36	8,14	6,33	4,75	3,35
20	13,33	9,85	8,57	6,67	5,00	3,53

Zdroj (12)

Příloha I – Vybraná opatření pro zvýšení traťové rychlosti

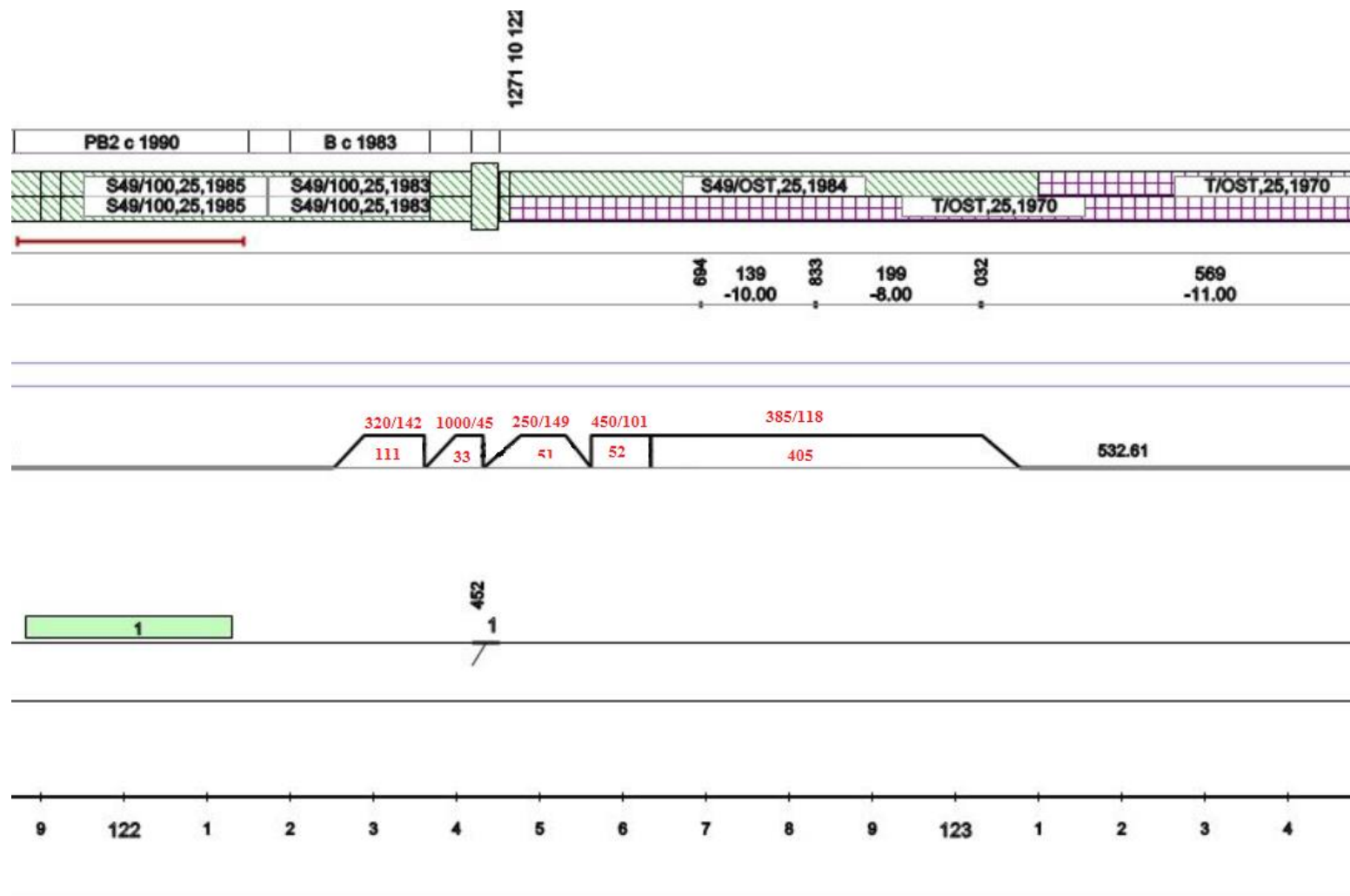
Vybraná opatření jsou navrhována v kapacitně omezujícím mezistaničním úseku Moravský Krumlov – Moravské Bránice. V ostatních mezistaničních úsecích jsou opatření obdobného charakteru.

Původní stav směrového oblouku v km 122, 200 – 123, 100



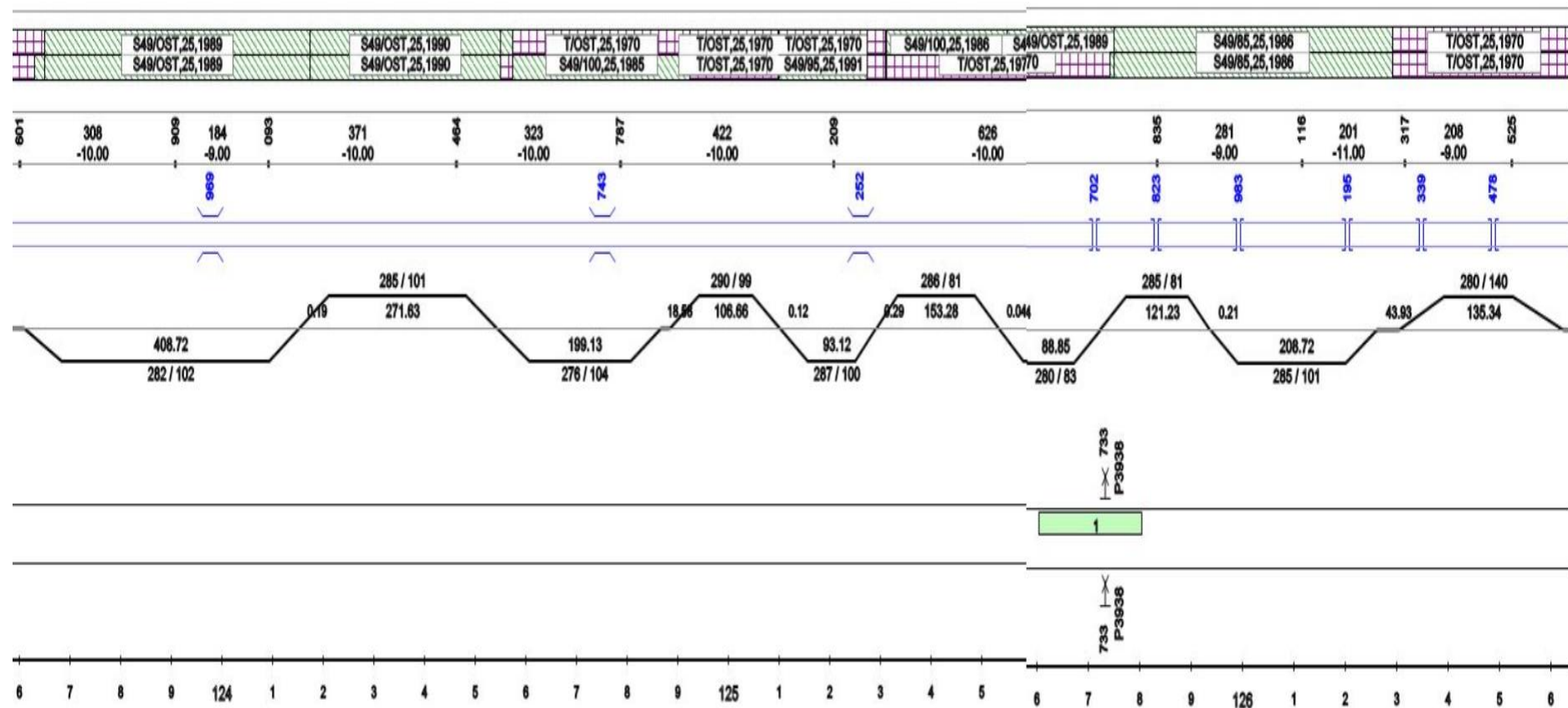
Zdroj: (6)

Nově navrhované řešení směrového oblouku v km 122, 200 – 123, 100



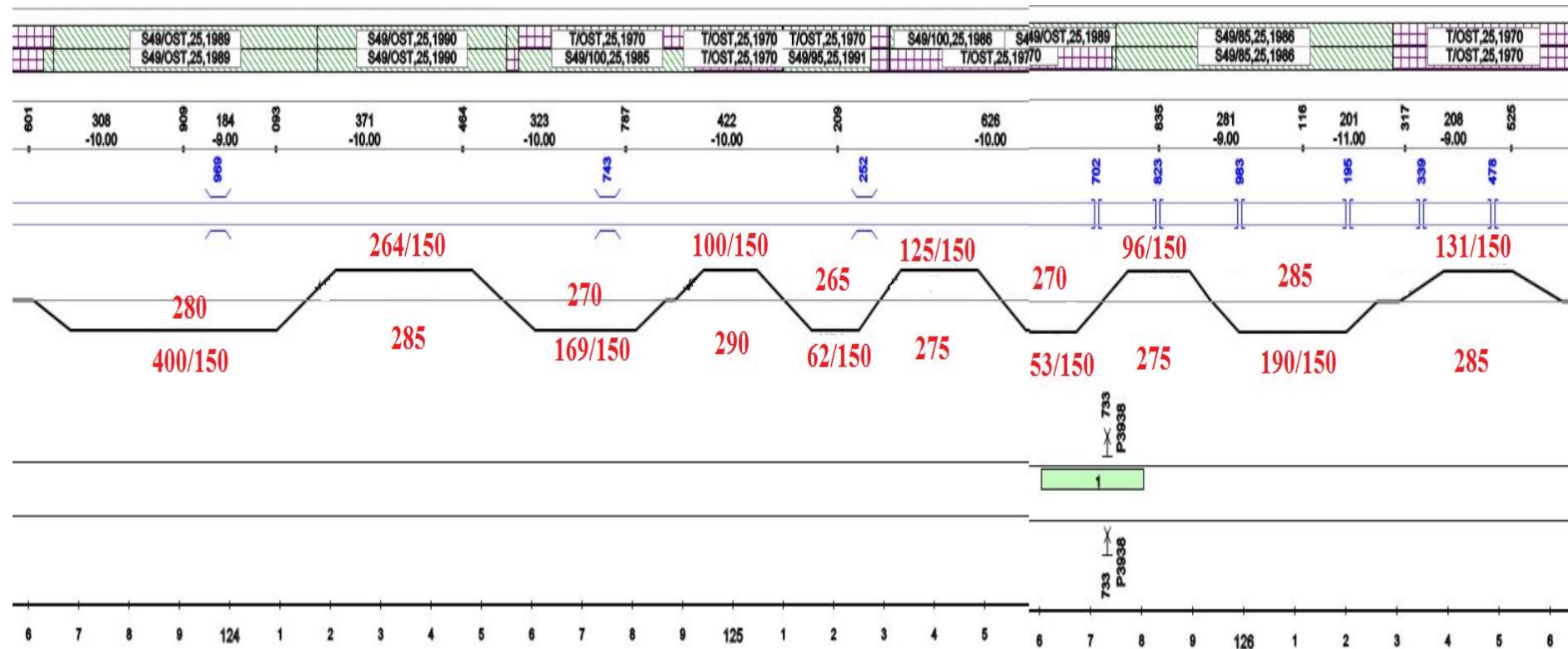
Zdroj: autor na podkladě (6)

Původní stav směrového oblouku v km 123, 600 – 126, 700



Zdroj (6)

Nově navrhované řešení směrového oblouku v km 123, 600 – 126, 700



Zdroj: autor na podkladě (6)

Zobrazení vybraných navrhovaných opatření na mapě



Zdroj: (5)

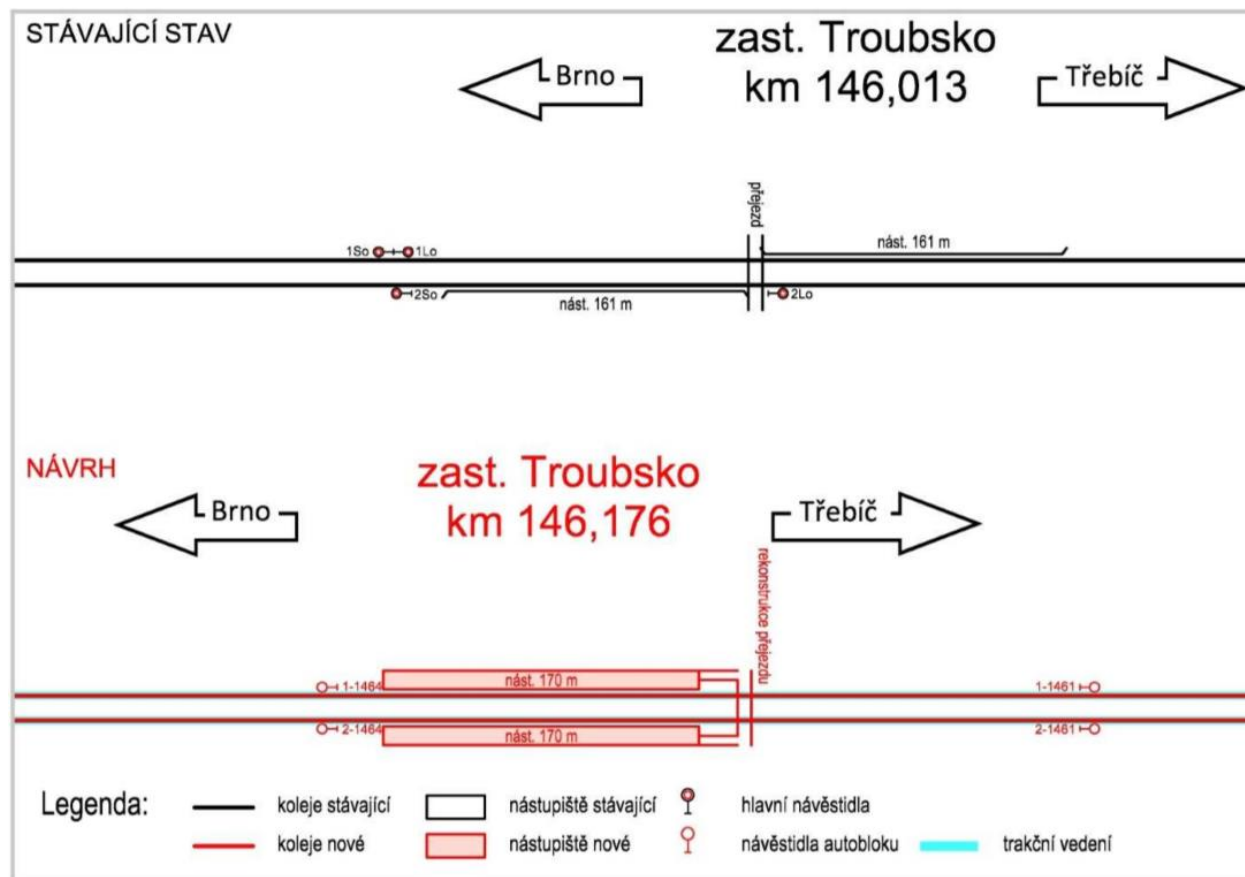
Příloha J – Ivančický viadukt



Zdroj: (24)

Příloha K - Peronizační opatření v jednotlivých stanicích a zastávkách

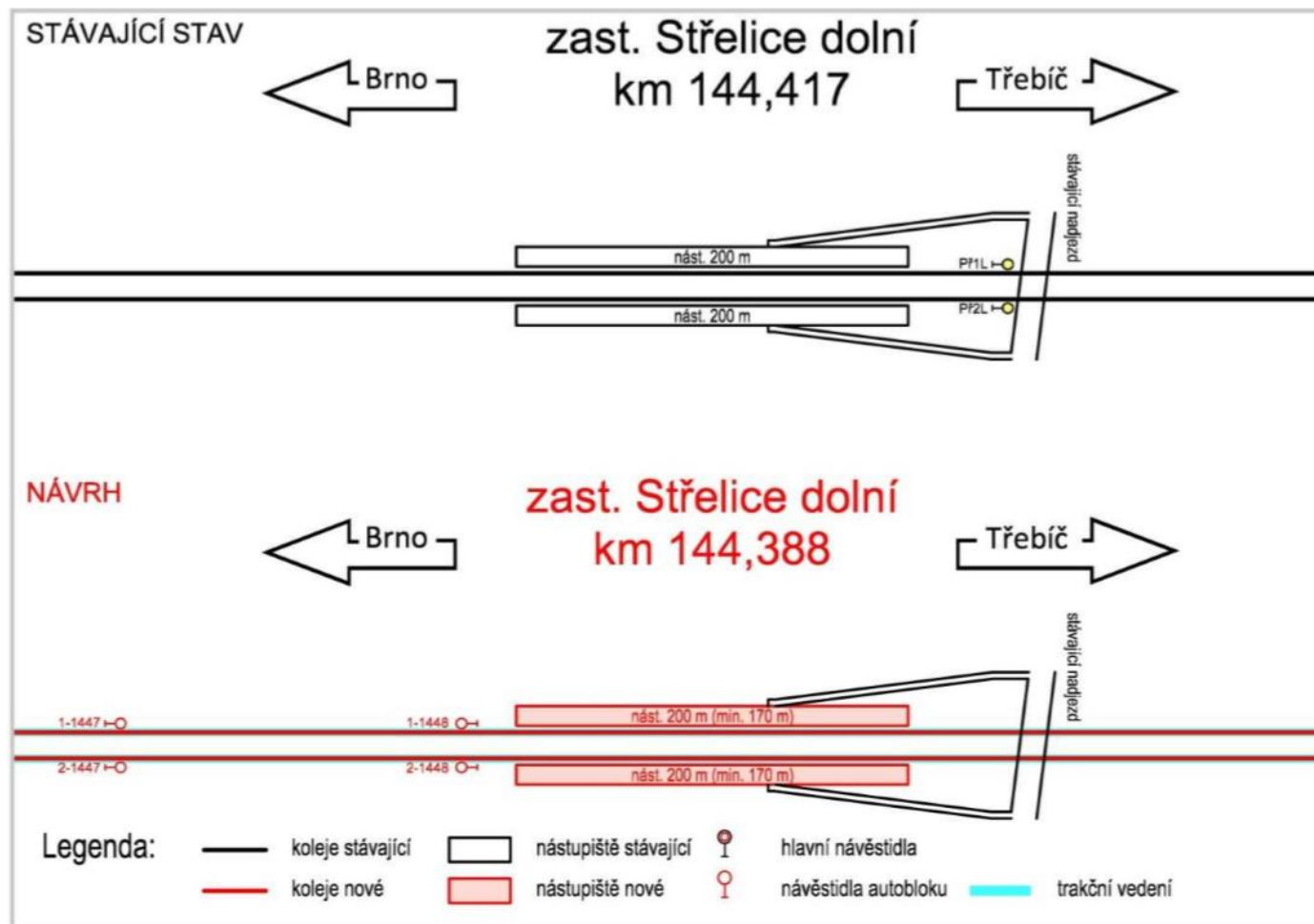
Zastávka Troubsko



Obr. 14 Schéma zastávky Troubsko

Zdroj: (2)

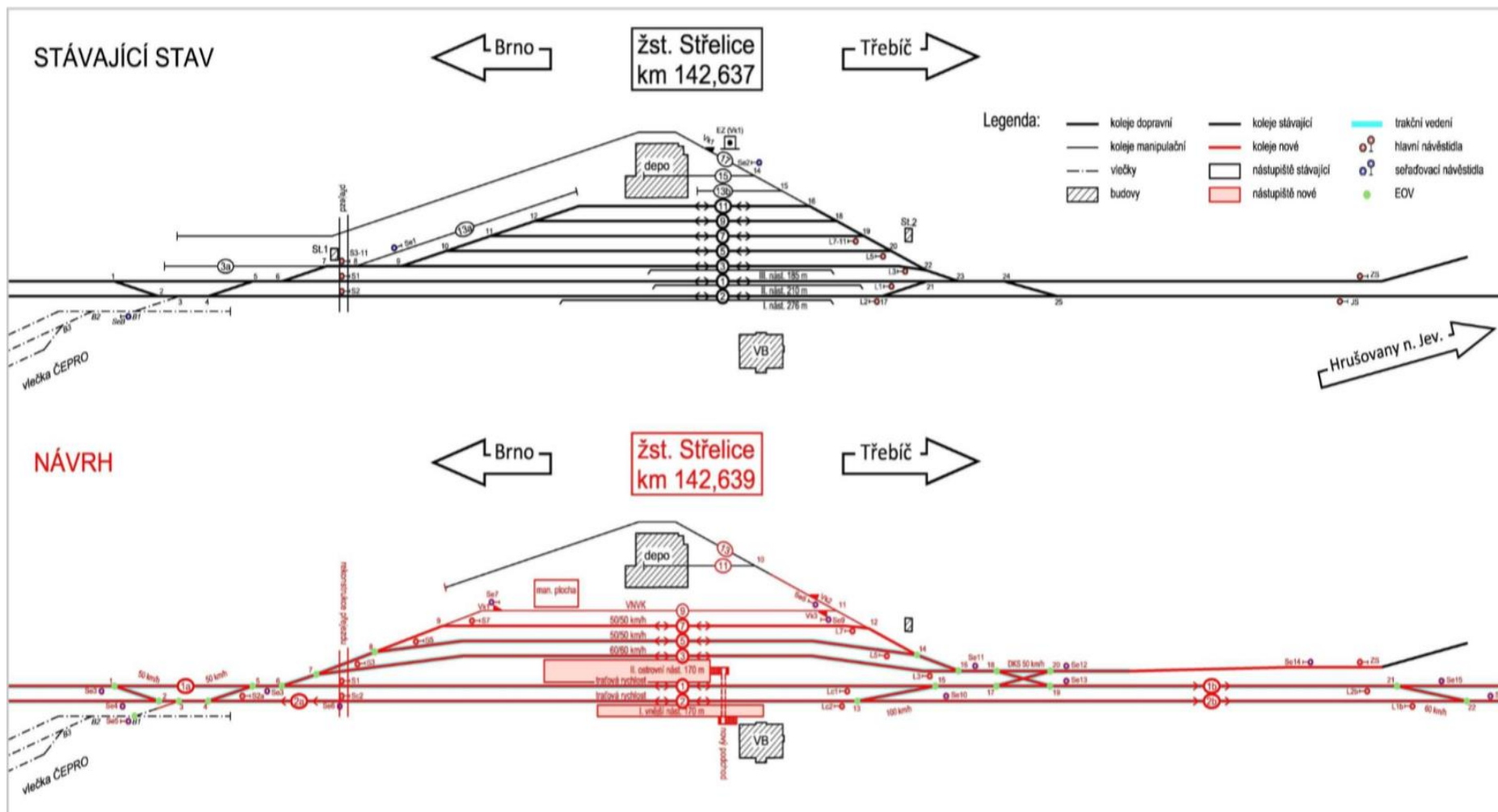
Zastávka Střelice dolní



Obr. 15 Schéma zastávky Střelice dolní

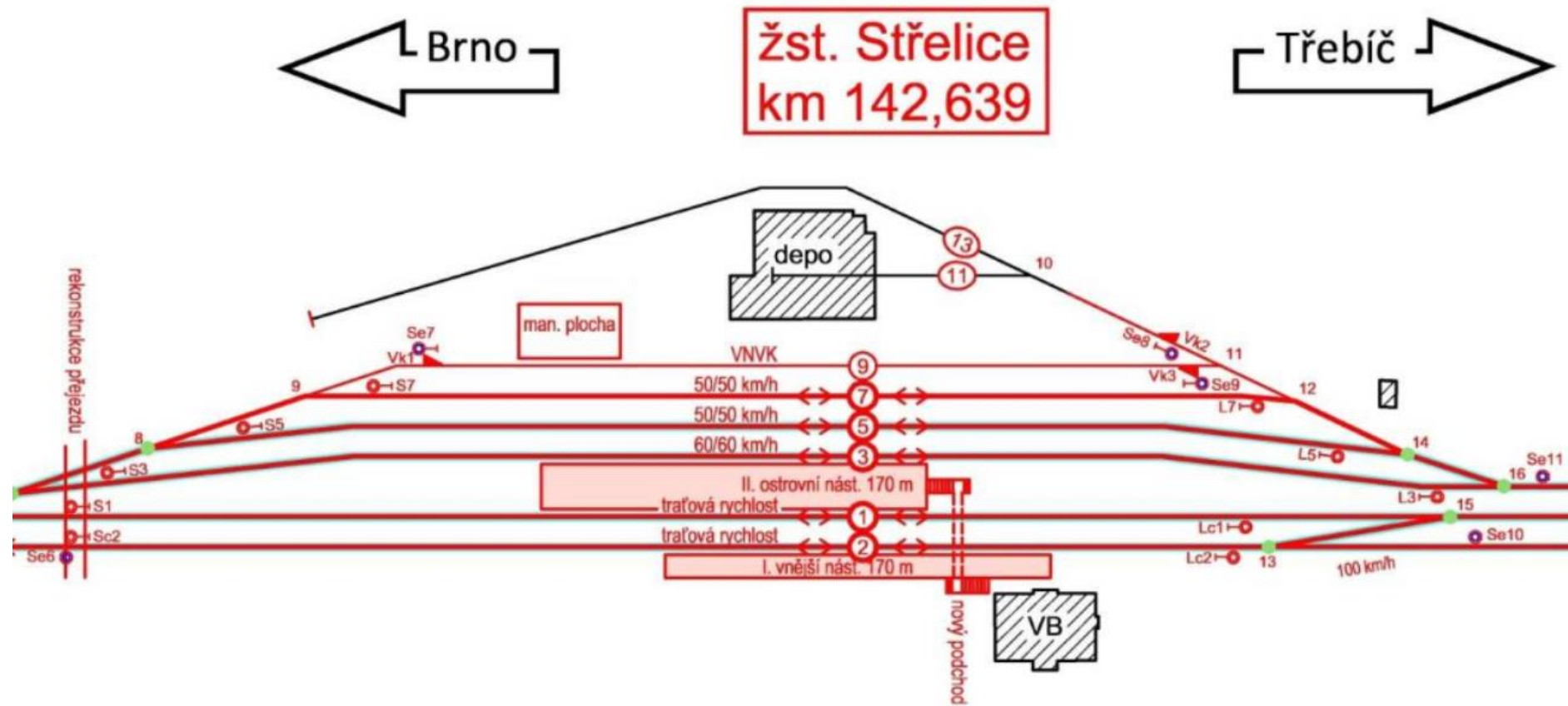
Zdroj: (2)

ŽST Střelice – celkový pohled



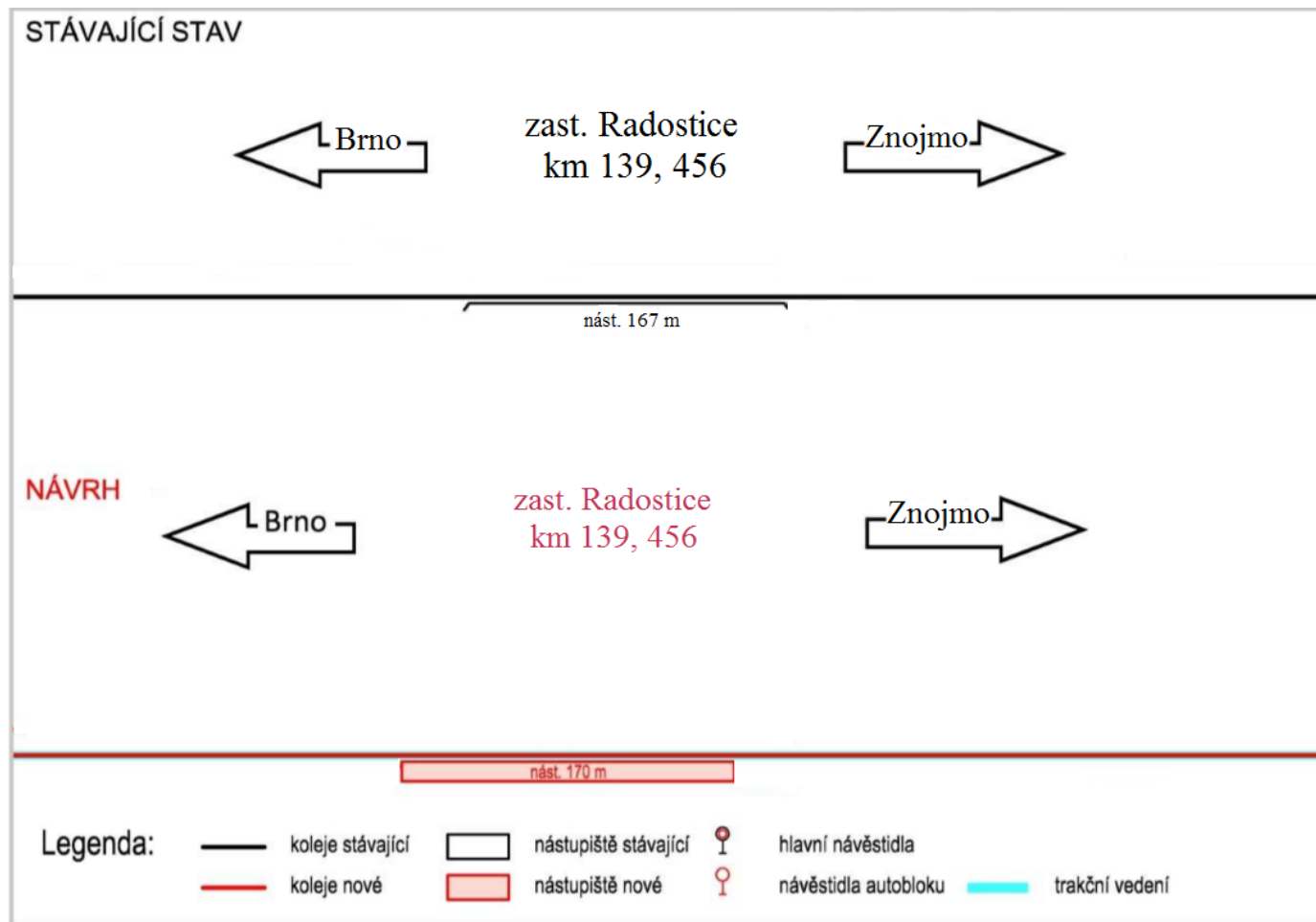
Obr. 16 Schéma ŽST Střelice

ŽST Střelice – detailní pohled na nově navrhované nástupiště



Obr. 17 Schéma ŽST Střelice – detailní pohled na nově navrhované nástupiště

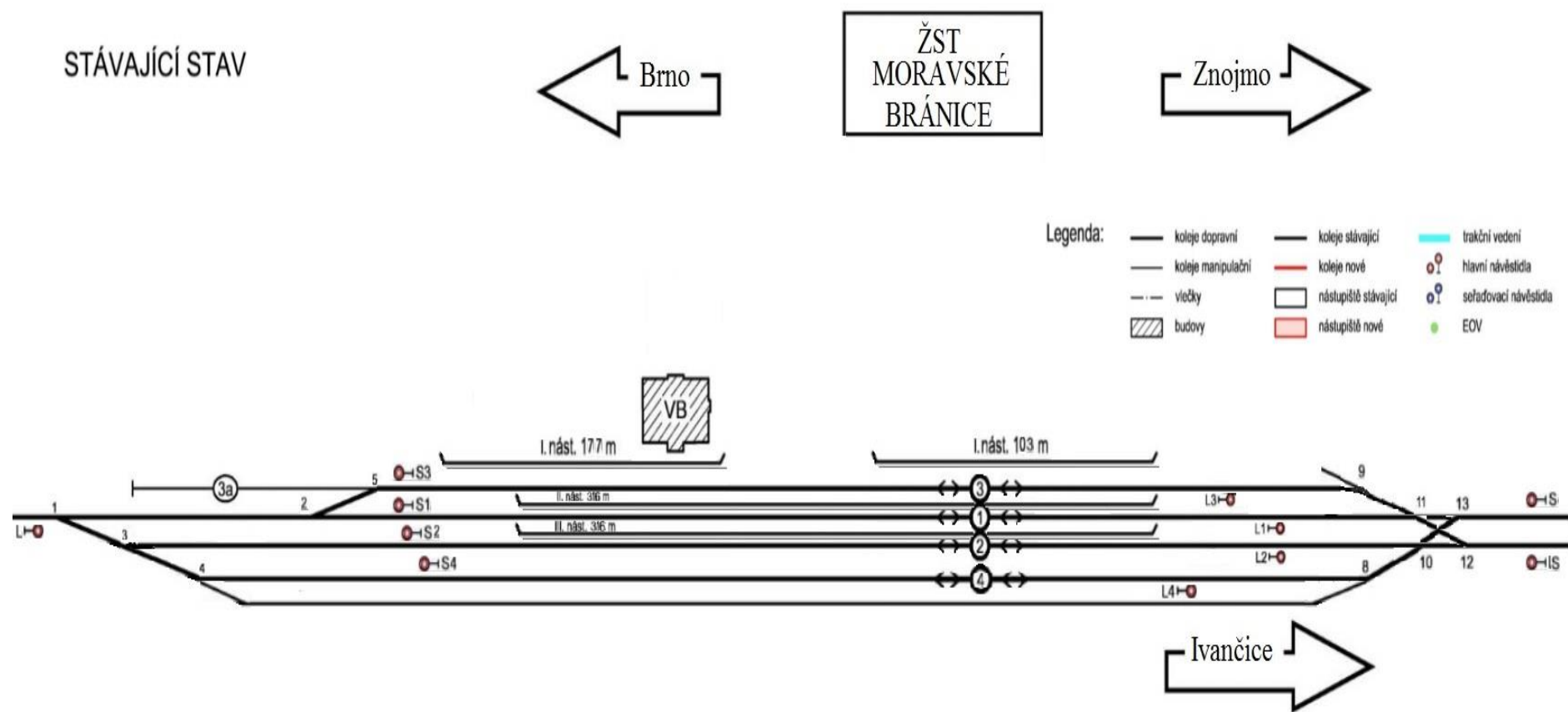
Zastávka Radostice



Obr. 18 Schéma zastávky Radostice

Zdroj: autor

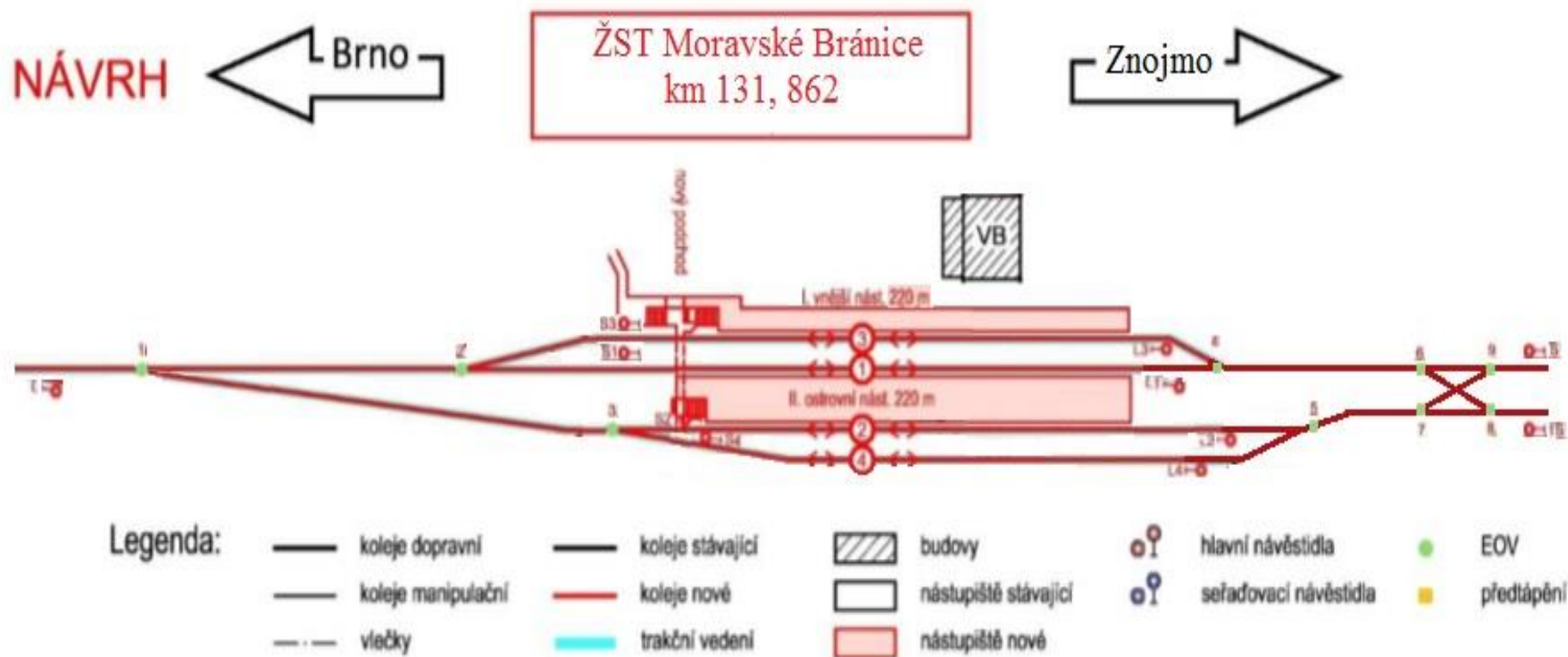
ŽST Moravské Bránice



Obr. 19 Schéma ŽST Moravské Bránice - stávající stav

Zdroj: autor

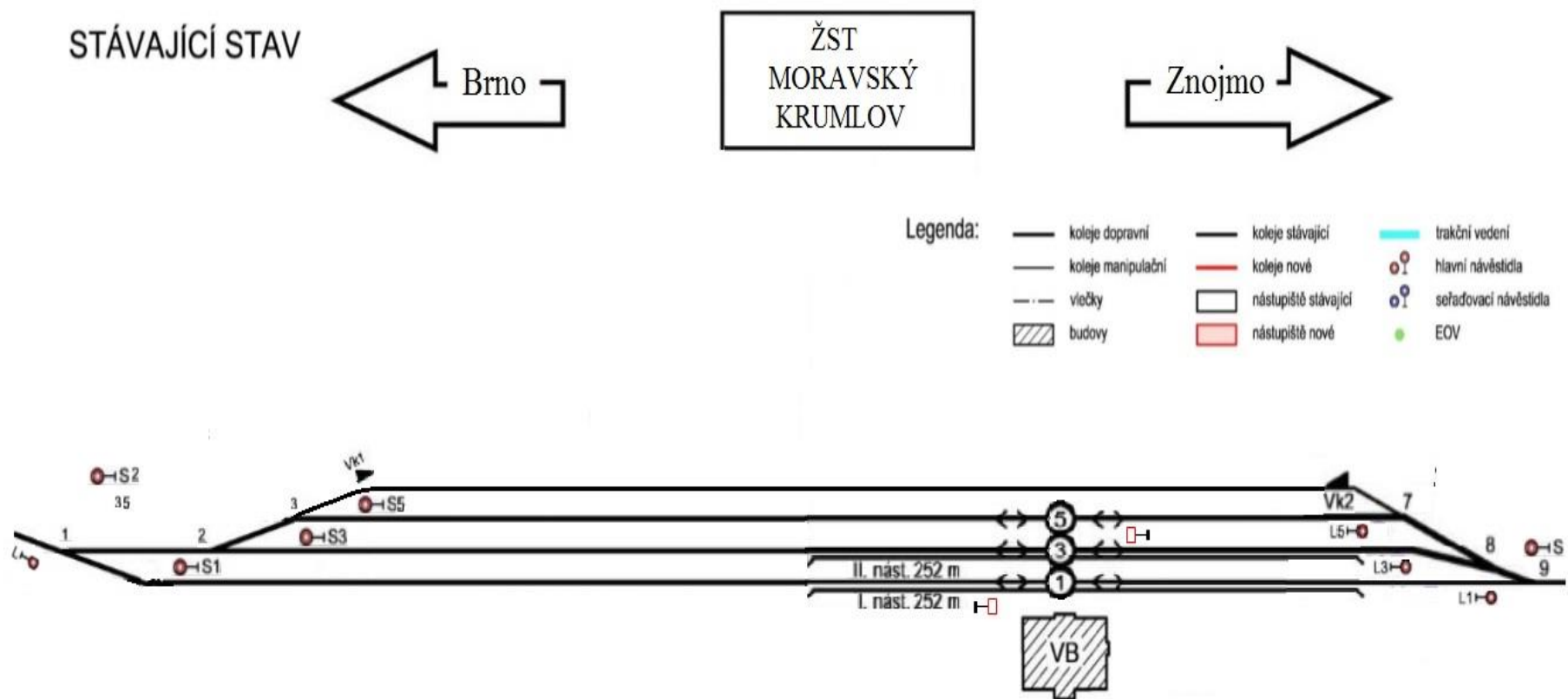
ŽST Moravské Bránice



Obr. 20 Schéma ŽST Moravské Bránice – návrh

Zdroj: autor

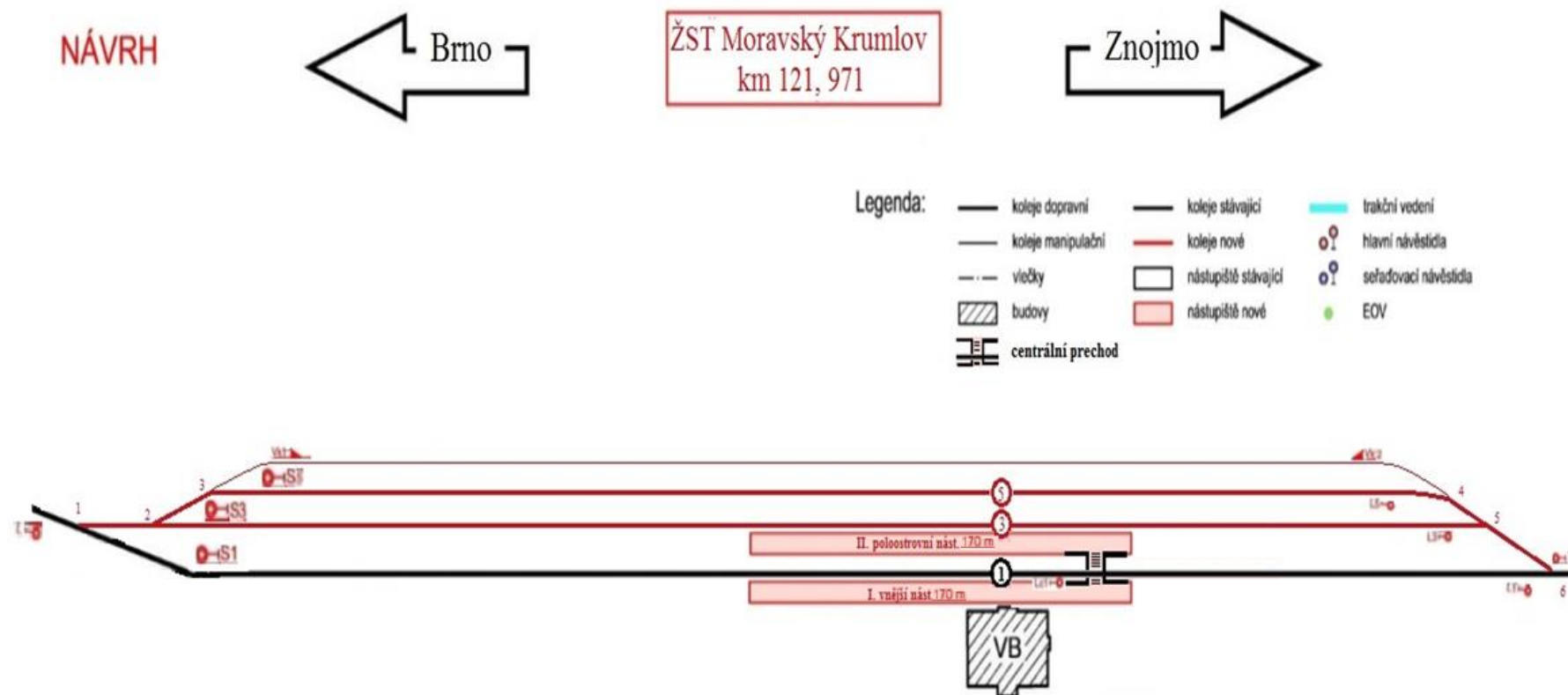
ŽST Moravský Krumlov



Obr. 21 Schéma ŽST Moravský Krumlov – stávající stav

Zdroj: autor

ŽST Moravský Krumlov



Obr. 22 Schéma ŽST Moravský Krumlov – návrh

Zdroj: autor