

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Kvalita dopravního provozu severního zhlaví
a jeho přilehlých úseku ŽUB v odsunuté poloze

Bc. Tomáš Rolník

Diplomová práce

2014

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš Rolník**
Osobní číslo: **D12819**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy**
Název tématu: **Kvalita dopravního provozu severního zhlaví a jeho přilehlých úseku ŽUB v odsunuté poloze**
Zadávající 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
Analýza současného stavu
Výhledové provozní scénáře
Souhrnné vyhodnocení a posouzení dopravního provozu
Závěr

Rozsah grafických prací: 4 - 5
Rozsah pracovní zprávy: 50 - 60
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

- (1) BULÍČEK, J. - MOJŽÍŠ, V. - MOLKOVÁ, T. - a kol. Modelování technologických procesů v dopravě. Pardubice: Tiskařské středisko Univerzity Pardubice. 2011. 223s. ISBN 978-80-7395-442-0
- (2) 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
- (3) VONKA, J. - MOLKOVÁ, T. - ŠIROKÝ, J. Technologie a řízení dopravy II - GVD. DFJP, Pardubice, 2000
- (4) Směrnice SŽDC D24 pro zjišťování kapacity železničních tratí. Praha: České dráhy. a. s. 37s., účinnost 1. 7. 2004
- (5) Kodex UIC 406 - Kapacita. 1. vyd. Paris: UIC International Union of Railways, 2004

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ivo Hruban, Ph.D.**
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: **30. listopadu 2013**
Termín odevzdání diplomové práce: **23. května 2014**


prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.


doc. Ing. Pavel Drdla, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 30. listopadu 2013

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.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 20. 5. 2014

.....

Tomáš Rolník

Rád bych touto cestou poděkoval rodině a blízkým za trpělivost a všem, kteří mi věnovali svůj čas a cenné rady při řešení mé práce.

Děkuji Ing. Ivu Hrubanovi, Ph.D. za zodpovědné vedení práce.

ANOTACE

Diplomová práce je věnována kvalitě dopravního provozu severního zhlaví a jeho přilehlých úseků železničního uzlu Brno v odsunutě poloze. Práce je zaměřena na posouzení navrhovaného rozsahu dopravní infrastruktury ve vztahu k plánovanému rozsahu dopravy. Cílem práce je vytvořit dopravní model a na jeho základě ověřit, zda pro výhledový rozsah provozu je plánovaná infrastruktura dostačující. V práci je využito simulační modelování. Model a následné simulace jsou konstruovány za pomoci SW OpenTrack.

KLÍČOVÁ SLOVA

simulace, výhledový rozsah dopravy, kapacita, OpenTrack

TITLE

The quality of traffic on northern station head and its contiguous link in Railway junction Brno in shifted position

ANNOTATION

This thesis is focused on the quality of traffic on northern station head and its contiguous link in Railway junction Brno in shifted position. The thesis is aimed at comparison of planned infrastructure range to transport range. The aim of thesis is a creation of transport model and an assessment, if the planned infrastructure range is sufficient. In this case simulation models were used; they were constructed via SW OpenTrack.

KEYWORDS

simulation, planned transport range, capacity, OpenTrack

OBSAH

Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	11
Seznam použitých zkratk	12
Úvod	13
1 Analýza současného stavu	14
1.1 Obvod osobního nádraží ŽST Brno hl. n. a jeho severní zhlaví	14
1.1.1 Propustnost dopravních kolejí v obvodu osobního nádraží	15
1.1.2 Kapacita severního zhlaví	16
1.1.3 Dopravní prostředky	18
1.1.4 Rozsah a kvalita dopravního provozu	19
1.2 Propustnost traťového úseku Brno hl. n. – Brno Slatina s odb. Brno Černovice	22
1.3 Propustnost severních traťových úseků Brno hl. n. s odb. Brno Židenice	28
1.4 Mezistaniční úsek Brno dolní nádraží – Brno Maloměřice	31
1.5 Dopravní infrastruktura vs. dopravní provoz	32
1.6 Souhrnné vyhodnocení analýzy a posouzení dopravního provozu	34
2 Topologie severních částí brněnského Nádraží u řeky	36
2.1 Osobní nádraží a jemu přilehlé severní zhlaví	36
2.2 Černovický triangl	37
2.3 Odbočka Brno Židenice	38
2.4 Shrnutí změn v topologii dopravní infrastruktury a jejich důsledky	39
3 Dopravní model	41
4 Provozní scénáře	42
4.1 Scénář 1. – Osobní doprava roku 2014	42
4.2 Scénář 2. – Osobní a nákladní doprava roku 2014	45
4.3 Scénář 3. – výhledový rozsah dopravy pro rok 2025	50
4.4 Simulace přenosu prvotního zpoždění na následné vlaky	55

5	Zhodnocení dopravního provozu, simulace a provozních scénářů	59
	Závěr	61
	Seznam použité literatury	62
	Seznam příloh	63

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Schéma severního zhlaví.....	16
Obrázek 2: Pavouk přepravních vazeb ŽST Brno hl. n.	19
Obrázek 3: Síťová grafika vedení linek IDS v ŽUB.....	20
Obrázek 4: Černovický triangl.....	23
Obrázek 5: Výřez GVD 2012/2013 od 16:00 do 18:00.....	24
Obrázek 6: Polygon četností doby mezery	27
Obrázek 7: Schéma odb. Brno Židenice	28
Obrázek 8: Přenos prvotního zpoždění na následné vlaky	33
Obrázek 9: Simulace zpoždění	34
Obrázek 10: Schéma obvodu osobního nádraží a severního zhlaví.....	37
Obrázek 11: Schéma zastávky Brno Černovice.....	38
Obrázek 12: Schéma odb. Brno Židenice	39
Obrázek 13: Část severního zhlaví BHN v prostředí modelu OT	41
Obrázek 14: Obsazení dopravních kolejí – 1. scénář.....	43
Obrázek 15: Výřez NJŘ z 1. scénáře	43
Obrázek 16: Celkové vytížení kolejí prvního scénáře během dne [%].....	44
Obrázek 17: Celkové vytížení kolejí prvního scénáře během špičkové hodiny [%]	45
Obrázek 18: Obsazení dopravních kolejí – 2. scénář.....	46
Obrázek 19: Obsazení traťových kolejí – 2. scénáře	46
Obrázek 20: Výřez NJŘ z 2. scénáře	47
Obrázek 21: Graf závislosti rychlosti na dráze vlaku 4622 – 2. scénář.....	47
Obrázek 22: Graf závislosti dráhy na čase vlaku 4622 – 2. scénář	48
Obrázek 23: Celkové vytížení kolejí druhého scénáře během dne [%].....	49
Obrázek 24: Celkové vytížení kolejí druhého scénáře během špičkové hodiny [%]	49
Obrázek 25: Výřez NJŘ z 3. scénáře	51
Obrázek 26: Obsazení dopravních kolejí 3. scénáře.....	52
Obrázek 27: Obsazení traťových kolejí – 3. scénáře	52
Obrázek 28: Graf závislosti rychlosti na dráze vlaku 4622 – 3. scénář.....	53
Obrázek 29: Graf závislosti dráhy na čase vlaku 4622 – 3. scénář	53
Obrázek 30: Celkové vytížení kolejí třetího scénáře během dne [%].....	54
Obrázek 31: Celkové vytížení kolejí třetího scénáře během špičkové hodiny [%]	54

Obrázek 32: Testování zpoždění metodou vnitřních hradeb	55
Obrázek 33: Graf závislosti rychlosti na dráze vlaku Ex 90 + 8' (1. a 2. scénář)	56
Obrázek 34: Graf závislosti dráhy na čase vlaku 90 + 8' (1. a 2. scénář)	57
Obrázek 35: Graf závislosti dráhy na čase vlaku 90 + 8' (3. scénář)	57

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Ukazatele propustnosti dopravních kolejí	16
Tabulka 2: Ukazatele propustnosti severního zhlaví	17
Tabulka 3: Ukazatele propustnosti severního zhlaví v odpolední špičce	18
Tabulka 4: Vedení linek IDS v ŽUB	19
Tabulka 5: Propustnost na úseku Brno hl. n. – Brno Slatina	25
Tabulka 6: Výpočet vlastností pro stanovení testového kritéria	27
Tabulka 7: Propustnost traťového úseku Brno hl. n. – Brno Královo pole	29
Tabulka 8: Ukazatele propustnosti pro úsek Brno hl. n. - Brno Židenice (D24).....	30
Tabulka 9: Ukazatele propustnosti pro úsek Brno hl. n. - Brno Židenice (UIC).....	30
Tabulka 10: Ukazatele propustnosti pro úsek Brno dolní nádraží – Brno Maloměřice.....	31
Tabulka 11: Přenos prvotního zpoždění na následné vlaky.....	32
Tabulka 12: Kapacita traťových kolejí jednotlivých scénářů	60

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AB	Automatický blok
AOM	Automatický maják
BHS	Brno hl. n. Sever
CD	Kompaktní disk
ČD	České dráhy
ČR	Česká republika
DI	Dopravní infrastruktura
DK	Dopravní kancelář
DKV	Depo kolejových vozidel
DP	Dopravní provoz
GPS	Global Positioning System
GVD	Grafikon vlakové dopravy
HV	Hnací vozidlo
IDS JMK	Integrovaný dopravní systém Jihomoravského kraje
Iov	Interval odjezdu a vjezd
IS	Informační systém
JŘ	Jízdní řád
KANGO	Konstrukce a návrh grafikonu on-line
KJŘ	Knižní jízdní řád
MU	Mimořádná událost
NJŘ	Nákresný jízdní řád
OOSPO	Osoby s omezenou schopností pohybu a orientace
OT	OpenTrack
PPVDS	Pokyny pro výkon dopravní služby
RPB	Reléový poloautomatický blok
RZZ	Reléové zabezpečovací zařízení
SK	Staniční kolej
St	Stavědlo
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty
TK	Traťová kolej
TZZ	Traťové zabezpečovací zařízení
UAB	Univerzální automatický blok
ZZ	Zabezpečovací zařízení
ŽST	Železniční stanice
ŽUB	Železniční uzel Brno

ÚVOD

Železniční uzel Brno je tvořen soustavou šesti železničních stanic a dvou odboček. Nejvýznamnější stanicí tohoto uzlu je z hlediska nákladní dopravy ŽST Brno Maloměřice, z hlediska osobní dopravy pak stanice Brno hl. n., která je v provozu již od roku 1839. Pro svou bohatou historii se tak tato stanice řadí mezi nejstarší nádraží v České republice a její nádražní budova je právem označována jako kulturní památka.

Brněnský železniční uzel již dnes není schopný pokrýt stále rostoucí potřebu po přepravě, proto se již řadu let hovoří o přestavbě železničního uzlu. V úvahu připadají dvě varianty, z nichž první počítá se zachováním současné polohy, druhá s jejím odsunem. Tato práce se zabývá druhou variantou, která je označována jako „*Nádraží u řeky*“. Tato varianta byla pro diplomovou práci zvolena s ohledem na preference brněnského magistrátu a ministerstva dopravy v roce zadání práce. Toho času vydal odbor strategie SŽDC dokument s názvem „*Výhledový rozsah dopravy v železničním uzlu Brno*“, v rámci kterého došlo k podstatnému navýšení rozsahu dopravy oproti rozsahu, na který byly projektovány případové studie. Následně se objevily spekulace o funkčnosti obou projektů. V současné době probíhá jejich revize s využitím analytických metod. V diplomové práci je využito dopravního modelování se snahou o vnesení nového pohledu na danou problematiku.

Cílem diplomové práce je vytvořit dopravní model a na jeho základě ověřit, zda pro výhledový rozsah provozu je plánovaná infrastruktura dostačující. V práci je využito simulační modelování. Model a následné simulace jsou konstruovány pomocí SW OpenTrack.

1 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Podle knižního jízdního řádu se ŽST Brno hl. n. nachází na průniku tratí 240, 244, 250, 260, 300 a 340. Ve služebních pomůckách SŽDC pak lze Brno hl. n. najít na trati 318, 320, 322 a 324. Stanicí prochází I. železniční koridor. Brno se tak stává významným uzlem, a to nejen v dálkové osobní dopravě, ale i v dopravě regionální. Návaznost a přestupní vazby dálkové a regionální dopravy jsou zajištěny v ŽST Brno hl. n.. Nákladní doprava je vedena po nákladním průtahu přes Brno dolní nádraží do Brna Maloměřic, díky čemuž lze přepravní charakter ŽST Brno hl. n. deklarovat jako čistě osobní.

Z hlediska regionální dopravy jsou významnými předuzlovými stanicemi Brno – Slatina, Brno Královo Pole a odbočky Brno – Černovice a Brno – Židenice. Tyto dopravní, společně se stanicemi Brno Horní Heršpice, Brno dolní nádraží, terminálem Brno jih a stanicí Brno Maloměřice, tvoří železniční uzel Brno (ŽUB).

Následující podkapitoly obsahují dopravně-technologickou analýzu současného stavu dopravního provozu. Jednotlivé podkapitoly se zabývají vždy dílčím traťovým úsekem. Tento úsek je zde hodnocen především z hlediska kapacitních možností.

1.1 Obvod osobního nádraží ŽST Brno hl. n. a jeho severní zhlaví

ŽST Brno hl. n. lze rozdělit na obvod osobního nádraží a obvod přednádraží. Hranicí mezi těmito obvody tvoří návěstidla Lc4a, Lc2a, Lc1a, Se62 a Se63. V obvodu osobního nádraží je 6 průjezdných dopravních kolejí se čtyřmi mimoúrovňovými nástupišti. Kusá nástupiště č. V a VI, která se nachází v jižní části osobního nádraží, se čtyřmi kusými dopravními kolejemi 5k až 13k jsou pod patronací výpravčího St4 obvodu přednádraží. Nástupiště č. II a III v obvodu osobního nádraží jsou nástupiště ostrovní a společně s IV. nástupištěm jsou bezbariérově přístupná pouze výtahem. Nástupiště jsou členěna do sektorů. Označení sektorů je provedeno svislým značením umístěným na nosných sloupech zastřešení. Toto značení je doplněno vodorovným značením žluté barvy u varovného pásu, který je bez hmatového provedení. Prvky pro OOSPO chybí nebo je jejich provedení nedostačující. Fotodokumentace současného stavu je uvedena v příloze A.

Stanice je vybavena staničním elektromechanickým zabezpečovacím zařízením se světelnými návěstidly, elektromotorickými přestavníky a kolejovými obvody 275 Hz. V DK je umístěn řídicí přístroj, k němuž jsou zřízeny tři závislé stavědlové přístroje umístěné na stanovištích St4, St5 a St6. V traťovém úseku Brno hl. n. – odb. Brno – Židenice je zřízen jednosměrný

automatický blok s traťovými souhlasy. V ostatních traťových úsecích je zřízen releový poloautomatický blok.

Dopravní služba se řídí podle pomůcky „Pokyny pro výkon dopravní služby“ (dále PPVDS), ve které je zpracována kompletní technologie odbavení vlaků osobní dopravy i posunu. Jsou zde v časové posloupnosti řazeny vlaky tak, jak do stanice přijíždí nebo odjíždí. Společně s plánem obsazení dopravních kolejí tvoří PPVDS základní dokument organizace práce ve stanici. Jakákoliv mimořádnost ve vlakové dopravě a odchylka od tohoto plánu znamená značné komplikace nejen pro řídicí pracovníky, ale i pro cestující.

1.1.1 Propustnost dopravních kolejí v obvodu osobního nádraží

Pro výpočet propustnosti dopravních kolejí je nutné nejprve určit celkovou dobu obsazení, kterou je možné chápat jako součet technologické doby obsazení všemi pravidelnými vlaky. V případě potřeby může být tato doba celkového obsazení navýšena o dobu doplňkového obsazení, jako je součet doby stálých manipulací a doby dodatkového obsazení.

Technologickou dobu obsazení jednoho tranzitního vlaku je možno určit jako součet doby potřebné pro přípravu vlakové cesty pro vjezd, doby pobytu a doby potřebné na zrušení vlakové cesty po odjezdu. V případě výchozího nebo končícího vlaku se doba potřebná pro přípravu a zrušení vlakové cesty analogicky nahradí dobou pro přípravu posunové cesty a dobou, kdy poslední posunový díl uvolní kolej. Součet dílčí doby na přípravu a zrušení vlakové cesty odpovídá pomyslnému I_{OV} . Výpočet dílčích dob obsazení, jakožto výpočet celého technologického času, je uveden v příloze B. (1)

Výpočty se opírají o rozsah dopravy, který je stanoven pro úterý až čtvrtek tak, aby rozbor nebyl zatížen pátečními a nedělními posilami. V GVD 2012/2013 je v obvodu osobního nádraží v průjezdných kolejích plánováno 345 vlaků, přičemž 21 vlaků vjíždí pravidelně na obsazenou kolej. (2)

Propustnost dopravních kolejí se vypočte dle rovnice 1 následovně (2):

$$n = \frac{m_{sn} \cdot T - (T_{vyl} + T_{st})}{t_{obs} + t_{dod} + t_{ruš}} \quad [\text{vlaky/výpočetní čas}] \quad (1)$$

kde: m_{sn} snížený počet dopravních kolejí [koleje],
 t_{obs} skutečný čas obsazení dopravní koleje, včetně čekání na případné zpracování a včetně čekání na odjezd [min],
 t_{dod} dodatkový čas obsazení [min], při rozboru JŘ je roven nule, neboť čekání je obsaženo v t_{obs} ,
 $t_{ruš}$ čas rušení připadající na jeden vlak [min].

Mezi další provozní charakteristiky propustnosti patří zejména koeficient využití a stupeň obsazení. Výsledky jednotlivých kapacitních ukazatelů jsou sumarizovány v tabulce 1.

Tabulka 1: Ukazatele propustnosti dopravních kolejí

Ukazatel	Hodnota
M[koleje]	6
m_{sn} [koleje]	5
T_{obs} [min]	5771,85
t_{obs} [min]	16,63
$T_{ruš}$ [min]	5783,72
$t_{ruš}$ [min]	2,78
n [vlak]	352
K [%]	98
S [-]	0,67

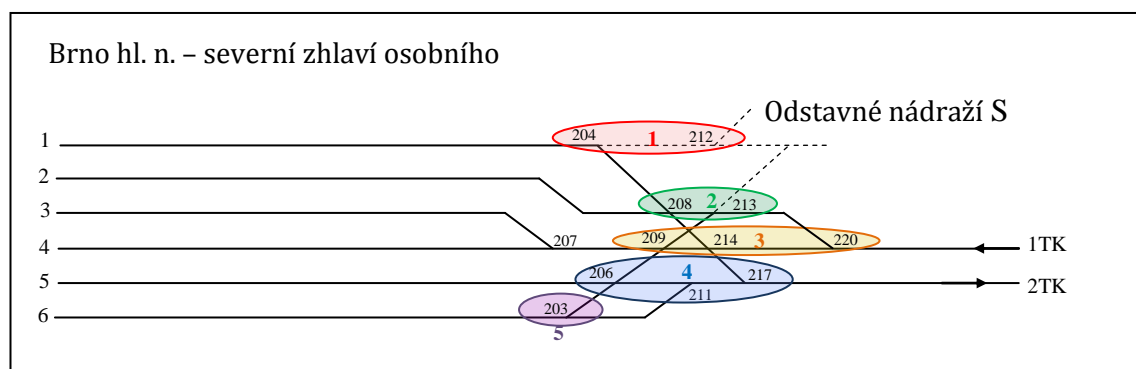
Zdroj: Autor

Z výsledků uvedených v tabulce 1 je patrné, že kapacita dopravních kolejí je nedostačující. Dopravní koleje jsou přetížené. Využitá kapacita dosahuje hodnoty 98 %. Vlaky běžně vjíždí na obsazenou kolej. To vysvětluje i vyšší hodnotu průměrné doby obsazení. Stupeň obsazení nabývá hodnoty 0,67 za 24 hodin, tedy horní hranice přípustného spektra optimálního využití.

1.1.2 Kapacita severního zhlaví

Kapacita zhlaví udává počet úkonů, které lze na daném prvku realizovat v jistých mezích kvality, přičemž úkonem se rozumí jízda vlaků nebo posunu. Počet prvků udává počet jízdnicích cest, které lze na zhlaví postavit současně. (3)

V případě severního zhlaví ŽST Brno hl. n. se jedná o pět jízdnicích cest, tedy pět prvků, které jsou znázorněny na obrázku 1.



Obrázek 1: Schéma severního zhlaví

Zdroj: Autor

Kapacita zhlaví je tedy vztažena vždy k omezujícímu prvku s největší hodnotou doby obsazení. Tuto hodnotu stejně jako počet úkonů zjistíme z tabulky *přehledu jízd na zhlaví*,

kteřá je uvedena v příloze C. Dle této přílohy a výpočtů z ní vyplývajících je omezujícím prvkem tohoto zhlaví prvek č. 3 s dobou obsazení 2,249 minuty. V této příloze je uvedena i tabulka *současnosti jízdních cest*, jejímž výstupem je průměrná doba rušení na omezujícím prvku, která činí 0,192 minut. Praktickou propustnost zhlaví pak lze vypočítat ze vztahu 2.

$$n = \frac{T - (T_{výl} + T_{st})}{t_{obs} + 0,5 \text{ min} \cdot k_p + \varphi \cdot t_{ruš}} \quad [\text{úkon/výpočetní čas}] \quad (2)$$

- kde:
- T výpočetní čas [min],
 - $T_{výl}$ čas pravidelných prohlídek, oprav, mazání, údržby, pokud je nelze uskutečnit v přestávkách mezi jízdami vlaků [min],
 - T_{st} celkový čas obsazení jinými úkony [min],
 - t_{obs} jednotkový čas obsazení jedním průměrným úkonem na omezujícím prvku zhlaví [min],
 - $t_{ruš}$ čas pravděpodobného vzájemného rušení úkonů na omezujícím prvku zhlaví [min],
 - k_p převodový koeficient, udávající poměr počtu vlaků k celkovému počtu úkonů [-],
 - $0,5 \text{ min}$ půlminutový dodatečný čas zálohy vztažený na jeden vlak [min],
 - φ koeficient současnosti, vyjadřuje možnost současných jízd na zhlaví, které se vzájemně neohrožují, s počtem prvků klesá (při čtyřech a více prvcích je roven 0,6) [-].

Výsledky kapacitních ukazatelů jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Ukazatele propustnosti severního zhlaví

Ukazatel	Hodnota
t_{obs} [min]	2,249
$t_{ruš}$ [min]	0,192
z [min/úkon]	2,352
n [úkonů/den]	512
K [%]	61,13
S [-]	0,49

Zdroj: Autor

Stupeň obsazení nabývá hodnoty 0,49, nachází se tedy těsně pod spodní hranicí optimálního spektra využití. Tato hodnota je ovšem vztažena k výpočetnímu času 1440 minut. V tabulce 3 je vypočtena propustnost pro výpočetní čas 180 minut odpovídající odpolední dopravní špičce v rozmezí od 14 do 17 hodin.

Tabulka 3: Ukazatele propustnosti severního zhlaví v odpolední špičce

prvek	$\Sigma \tau$	$t_{RUŠ}$	z	t_{MEZ}	K_{PRAKT}	S_O	n_U	n	$\Sigma t_{STÁL+VÝL}$
1	0,619	1,460	2,067	1,376	74,3	0,231	90	90	0
2	1,276	0,802	1,410	0,981	84,0	0,475	80	80	0
3	1,963	0,233	0,724	0,640	96,9	0,731	69	69	0
4	1,164	0,692	1,522	0,915	77,4	0,433	87	87	0
5	0,328	0,836	2,358	1,001	49,5	0,122	135	135	0

Zdroj: Autor na podkladě šablony SZDC

Pokud bychom kapacitu severního zhlaví vztahovali k výpočetnímu období jednoho dne, došli bychom k závěru, že tato kapacita je dostačující. Toto tvrzení je však nepřipustné, neboť rozložení dopravního provozu není rovnoměrné. V době odpolední dopravní špičky je praktická propustnost severního zhlaví využita z 96,9 %. Stupeň obsazení dosahuje hodnoty 0,73 a nachází se tak nad horní hranicí optimálního využití. Severní zhlaví je přetížené, jeho kapacita je nedostačující.

1.1.3 Dopravní prostředky

Skladba vozového parku osobní dopravy v ŽUB je velice různorodá. Tato heterogenita však klesá s konkretizací traťového úseku a segmentu dopravy. Obecně lze vozový park osobní dopravy v ŽST Brno hl. n. charakterizovat jako zastaralý. Nové vozy jsou výjimkou. Rekonstrukce starých vozů je pozvolná. Stav vozového parku lze popsat takto:

- nízkopodlažní jednotky (vozy) jsou výjimkou,
- nástup a výstup cestujících kromě výšky podlahy vozu ztěžuje výška nástupní hrany nad temenem kolejnice a dvojice protisměrných oblouků, ve kterých je stanice situována,
- počet vozů s kotoučovou brzdou je stále malý, díky čemuž jsou emise hluku při brzdění vysoké (to se projevuje především u jednotek řady 560),
- většina regionálních vozů není vybavena klimatizací,
- buňky WC jsou v provedení otevřeného systému,
- ovládání nástupních dveří je různorodé a nelze jednoznačně určit, který systém převládá. Vyskytují se zde jak dveře zalamovací doplněné o dálkové nebo centrální zavírání s blokováním za jízdy, tak i předsunuté ovládané tlačítka,
- skříně vozů s oddíly zvláštního režimu (klidový oddíl, oddíl pro cestující s dětmi, bezpečnostní zóna aj.) jsou doplněny o piktogramy,
- vybavenost vozů audiovizuálním informačním systémem je různorodá. Označení výchozí a cílové stanice je u vozů bez audiovizuálního informačního systému

provedeno pomocí směrových cedulek. Hnací vozidla regionální dopravy v rámci IDS JMK jsou vybavena informačním panelem s označením směru a číslem linky.

Tato vozidla jsou vybavena také palubní jednotkou GPS pro sledování polohy.

Příklady řazení souprav jsou s ohledem na zaústěný traťový úsek uvedeny v příloze D.

1.1.4 Rozsah a kvalita dopravního provozu

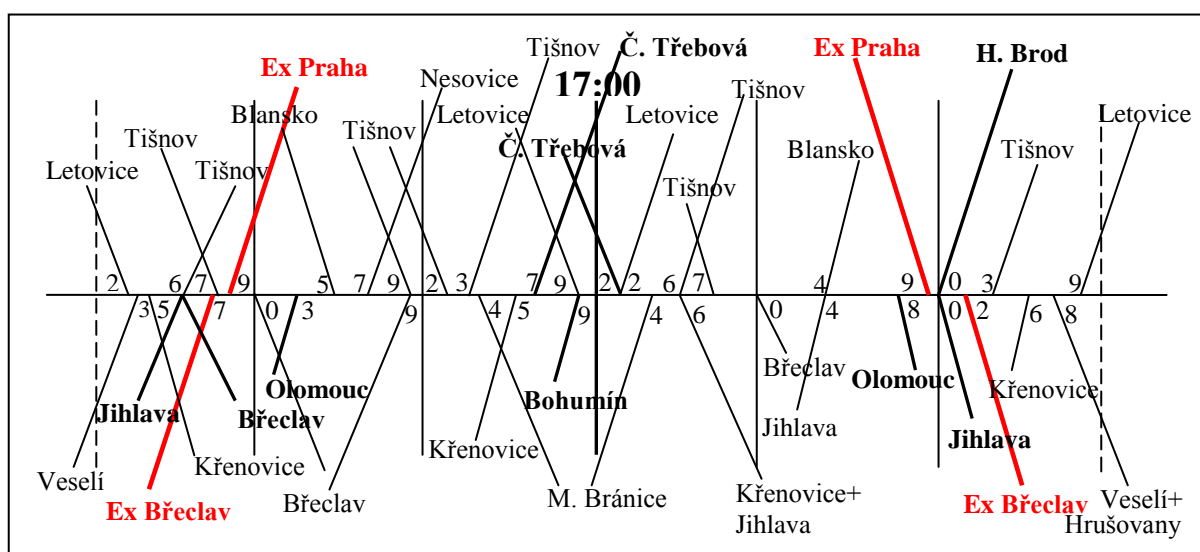
Železniční doprava tvoří páteřní systém IDS JMK. ŽST Brno hl. n. v tomto systému představuje důležitý přestupní uzel, o čemž svědčí mimo jiné i počet linek a četnost spojů na těchto linkách. Výčet linek ústících do případně z Brna hl. n. je uveden v tabulce 4.

Tabulka 4: Vedení linek IDS v ŽUB

Trať dle KJŘ	Linka IDS	Traťový úsek
240	S4; R4	Brno – Náměšť nad Oslavou
244	S41	Brno – Moravský Krumlov – Miroslav
250	S3	Níhov – Brno – Břeclav
	R3	Tišnov – Brno
	R5	Břeclav – Brno
260	S2; R2	Březová nad Svitavou – Brno
300	S2	Brno – Křenovice horní nádraží
	R7	Brno – Nezamyslice
340	S6; R6	Brno – Veselí nad Moravou
250	S1	Tišnov – Brno Židenice – Brno Slatina

Zdroj: Autor

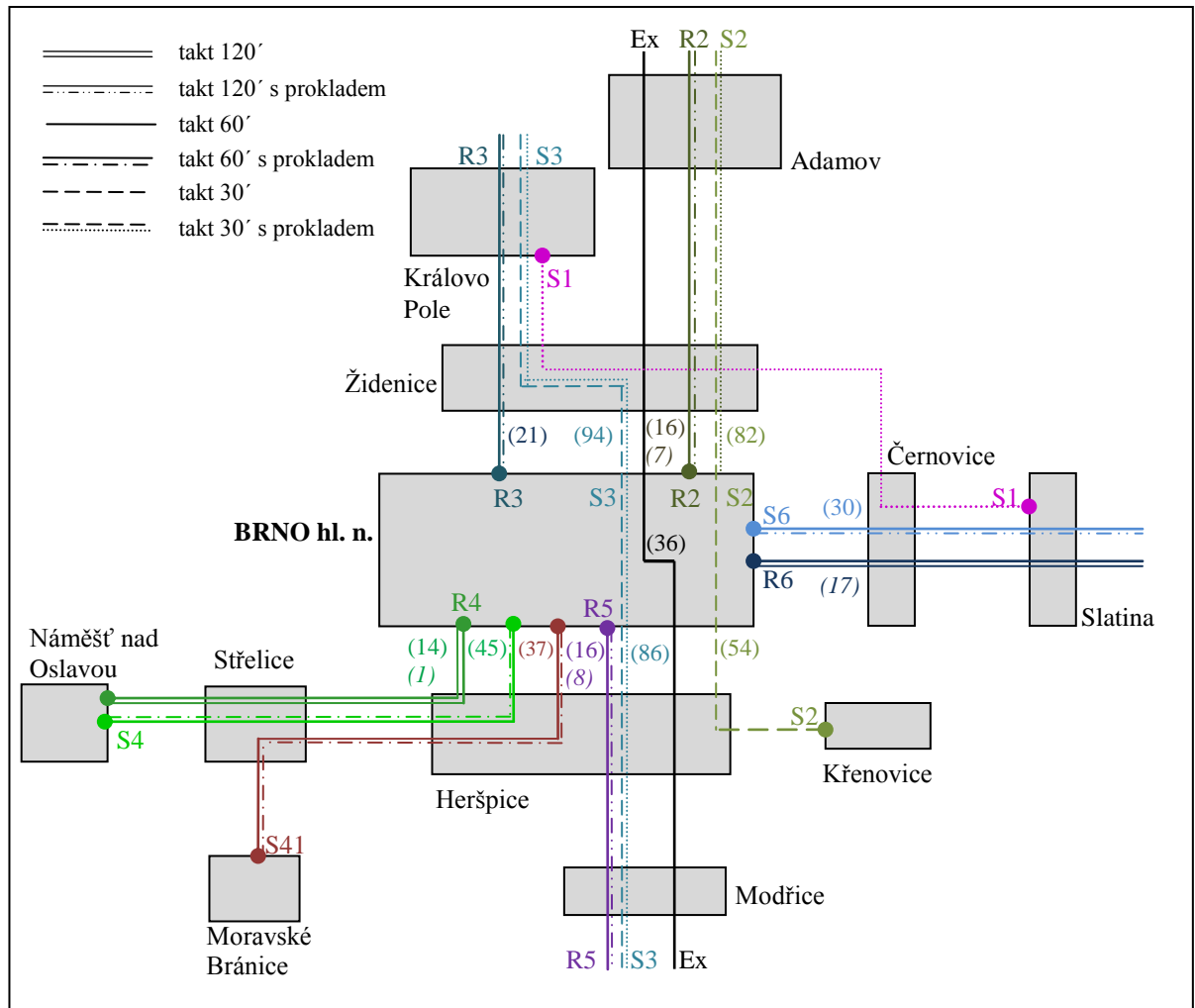
Linka S1 uvedená v této tabulce *kurzívou* stanicí Brno hl. n. neprochází, avšak je nedílnou součástí ŽUB a její uvedení je zde nezbytné pro zachování integrity přestupních vazeb. Na obrázku 2 je znázorněn přestupní pavouk ŽST Brna hl. n..



Obrázek 2: Pavouk přepravních vazeb ŽST Brno hl. n.

Zdroj: Autor

Na obrázku 3 je pomocí síťové grafiky vyobrazeno vedení linek IDS JMK s rozdělením podle jednotlivých tratí. V závorkách je uveden počet spojů ústících z/do Brna hl. n.. Pokud je toto číslo uvedené kurzívou, jedná se o počet vlaků kategorie Sp na lince R. Následující grafika vychází z rozsahu vlakové dopravy GVD 2012/2013, který je podrobně zpracován v příloze E. (4)



Obrázek 3: Síťová grafika vedení linek IDS v ŽUB

Zdroj: Autor

Stanovit rozsah dopravy bez znalosti dopravní infrastruktury není možné, neboť rozsah DP je ve vzájemné interakci s DI. Snahou při stanovení rozsahu DP je proto dosažení tzv. rovnovážného stavu. Tento stav udává počet vlaků, které lze na dané infrastruktuře realizovat v jistých předem stanovených mezích kvality. Základním ukazatelem pro stanovení optimálního rozsahu DP je stupeň obsazení S_0 . Jeho doporučená hodnota se podle metodiky UIC 406 pohybuje do 0,6 a v případě směrnice SŽDC (ČD) D24 je jeho maximální doporučená hodnota 0,67. Pokud je stupeň obsazení vyšší, je DI hodnocena jako přetížená

a musí se přistoupit k redukci DP, tedy k snížení počtu vlaků. V opačném případě by mělo dojít k nasycení nebo redukci DI. (3)

Z pohledu severního zhlaví ŽST Brna hl. n. je možno stanovit optimální počet DP následujícím způsobem:

- určit stupeň obsazení odpovídající současnému rozsahu DP,
- na jeho základě určit zda bude provedeno sycení nebo redukce,
- určit počet vlaků s ohledem na horní hranici stupně obsazení.

Z kapitoly 1.1.2 vyplývá, že stupeň obsazení severního zhlaví ve špičce činí 0,73, což odpovídá 69 úkonům během 180 minut. Měla by být tedy provedena redukce DP. Počet úkonů odpovídající $S_o = 0,6$ (případně 0,67 dle směrnice D24) lze stanovit podle vzorce 3 následujícím způsobem:

$$n_u = \frac{T \cdot S_o}{t_{obs}} = \frac{180 \cdot 0,6}{1,907} = 56,63 \cong 56 \text{ úkonů} / 180 \text{ min} \quad (3)$$

kde: n_u počet úkonů [úkon/výpočetní čas],
 T výpočetní doba [min],
 T_{obs} průměrný čas obsazení jedním úkonem [min],
 S_o stupeň obsazení [-].

Výpočet je vztažen pro období dopravní špičky na 180 minut, proto zde není uvažováno s dobou výluk ani dobou dodatečného rušení. V případě stupně obsazení 0,67 činí praktická propustnost 63 úkonů za 180 minut, což opět potvrzuje, že současný stav DI je nevyhovující.

V obecné rovině spadá stanovení DP do problematiky stability JŘ. V praxi se často vychází z německého modelu koeficientu stability, který udává poměr zpoždění vlaků na vstupu a výstupu, přičemž platí, že zpoždění na výstupu musí být menší nebo alespoň rovno zpoždění odpovídajícímu na vstupu. Základním předpokladem správně konstruovaného JŘ je tedy schopnost eliminace zpoždění. Tuto schopnost udává ukazatel likvidace prvotního zpoždění, který musí být větší jak nula. (5) Vzhledem ke značnému rozsahu DP, skladbě JŘ a velmi omezeným možnostem současné DI ŽST Brno hl. n. lze předpokládat, že k eliminaci zpoždění nebude docházet v uzlu, nýbrž v přilehlých traťových úsecích. Proto je vhodné prověřit přilehlé traťové úseky.

Metody zohledňující ať už koeficient stability nebo ukazatel likvidace zpoždění jsou primárně určeny pro hodnocení traťového úseku. To sice nevylučuje jejich možné použití v případě mikrosimulace v obvodu stanice nebo vybrané části sítě, vypovídající hodnota výstupů je však nižší.

Při charakteristice jednotlivých traťových úseků je s ohledem na místní poměry vhodné využít nové metodiky pro stanovení kapacity traťového úseku s odbočkou¹. Tato metodika vychází z maximálního dovoleného stupně obsazení a předem stanoveného jízdního řádu doplněného o dodatkové vlaky. Doba obsazení se určuje za pomoci kompresní metody. (6)

Vložení dodatečných tras vlaků v prostředí uzlové stanice, jejíž přepravní charakter je čistě osobní, je však zavádějící. Vkládání dodatekových tras není objektivní a zpravidla neodpovídá přepravní poptávce. Stanovení dodatečně vložených tras je možno určit pomocí teoretické četnosti mezer a výsledek interpretovat například jako počet vlaků, které lze realizovat po objízdě trase vedoucí přes zkoumaný úsek v době výluky původní trasy vlaku nebo jako počet vlaků jedoucích ve zbytkové kapacitě dráhy.

V následujících kapitolách jsou charakterizovány vybrané traťové úseky a jejich kapacitní možnosti.

1.2 Propustnost traťového úseku Brno hl. n. – Brno Slatina s odb. Brno Černovice

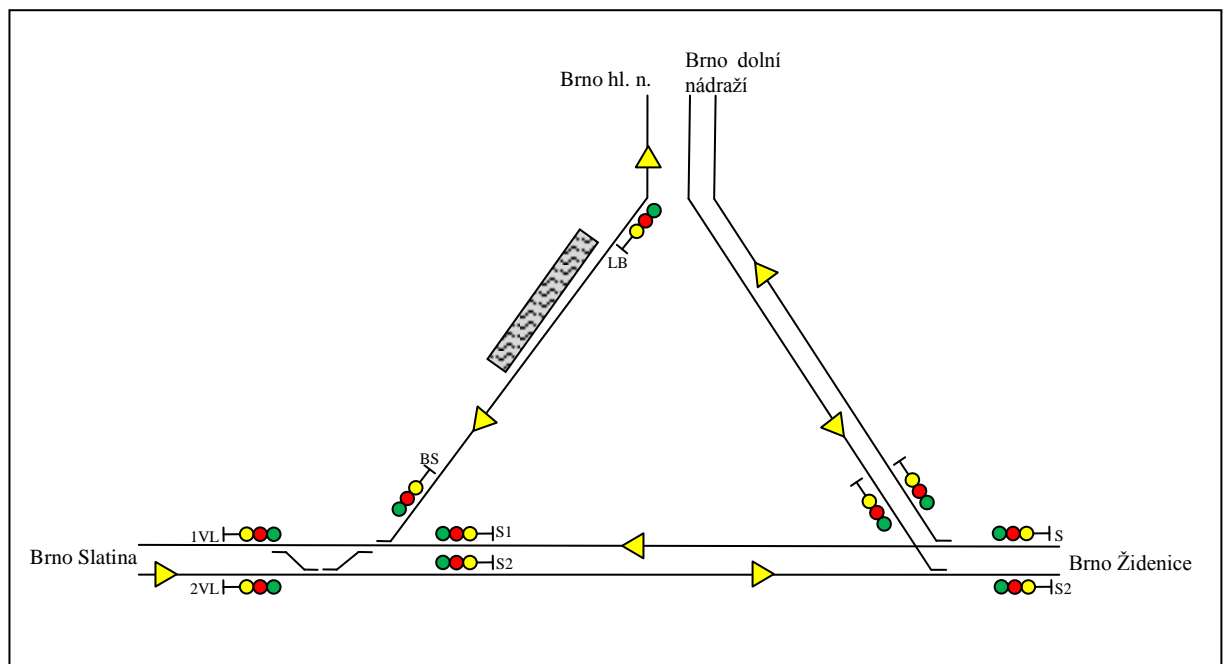
Mezistaniční úsek Brno hl. n. – Brno Slatina leží na dvoukolejné trati označované v KJŘ jako trať 340. V úseku Brno hl. n. – odb. Brno Černovice je trať jednokolejná. Mezistaniční úsek je rozdělen na tři traťové oddíly, z nichž první je oddělen vjezdovými návěstidly odb. Brno Černovice a Brna hl. n.. Následující dva traťové oddíly, ohraničené vždy vjezdovým a oddílovým návěstidlem automatického bloku, se nachází v traťovém úseku mezi Černovicemi a Slatinou.

Traťový oddíl mezi ŽST Brno hl. n. – odb. Brno Černovice je vybaven RPB. Staniční zabezpečovací zařízení odb. Brno Černovice je typu RZZ cestového systému. Traťový úsek mezi ŽST Brno Slatina – odb. Brno Černovice je vybaven obousměrným TZZ UAB typu AB 3-74 s trvale zavedenou blokovou podmínkou.

Zajímavým řešením v jednokolejném úseku Brno hl. n. – Brno Černovice je umístění odjezdového návěstidla LB ve směru do Brna před vjezdové návěstidlo BS odb. Brno Černovice pro směr jízdy vlaků jedoucích z Brna hl. n.. ZZ odb. Brno Černovice umožňuje postavit vlakovou cestu od návěstidla 1VL (2VL) po návěstidlo LB i při obsazení úseku tratě předchozím vlakem mezi návěstidlem LB a vjezdovým návěstidlem ŽST Brno hl. n.. Podmínkou provedení závěru je udělení traťového souhlasu na odb. Brno Černovice. Postavení návěstidla LB do polohy dovolující jízdu se provede stlačením příslušného tlačítka. Podmínkou je odhláška za předchozím vlakem. (7) Toto řešení má pozitivní dopad

¹ *Nová metodika výpočtu propustnosti mezistaničního úseku s odbočkou.* Perner's Contacts, č. V., roč. třetí.

na propustnost a může být využito například při konstrukci JŘ, jestliže je následným vlakem vlak zastavující, neboť nástupiště zastávky Brno Černovice je umístěno právě mezi návěstidly BS a LB. Tím dochází ke zkrácení intervalu následné jízdy na odb. Brno Černovice i doby obsazení traťové koleje v úseku Černovice – Slatina, díky čemuž je možno dosáhnout těsnějšího sledu následných vlaků jedoucích ve směru odb. Brno Židenice. Schéma odb. Brno Černovice je uvedeno na obrázku 4.



Obrázek 4: Černovický triangl

Zdroj: Autor

Odb. Brno Černovice je možno z hlediska topologie kolejiště a její funkce charakterizovat jako místo, kde:

- končí jednokolejný a začíná dvoukolejný úsek téhož mezistaničního úseku,
- traťové koleje jsou propojené a umožňují přechod z jedné tratě na druhou,
- je zřízena zastávka.

Pro výpočet propustnosti mezistaničního úseku Brno hl. n. – Brno Slatina s odbočkou Brno Černovice je nejprve nutné určit počty vlaků v rozdělení na vlaky projíždějící celý mezistaniční úsek a vlaky ostatní, používající pouze část analyzované traťové koleje. Doba obsazení se následně stanoví pro všechny vlaky používající analyzovanou traťovou kolej a dále pak pro vlaky projíždějící celý mezistaniční úsek. Nová metodika dále stanovuje analytický způsob výpočtu celkové doby obsazení, jakož i doby obsazení mezi jednotlivými po sobě jedoucími dvojicemi vlaků. (6) Pro stanovení doby obsazení je možno využít i graficko-analytické metody.

Pro výpočet kapacitních ukazatelů je možno použít následujících vztahů:

$$T_J = T_{OBS J} - T_{OBS} \quad [\text{min}] \quad (4)$$

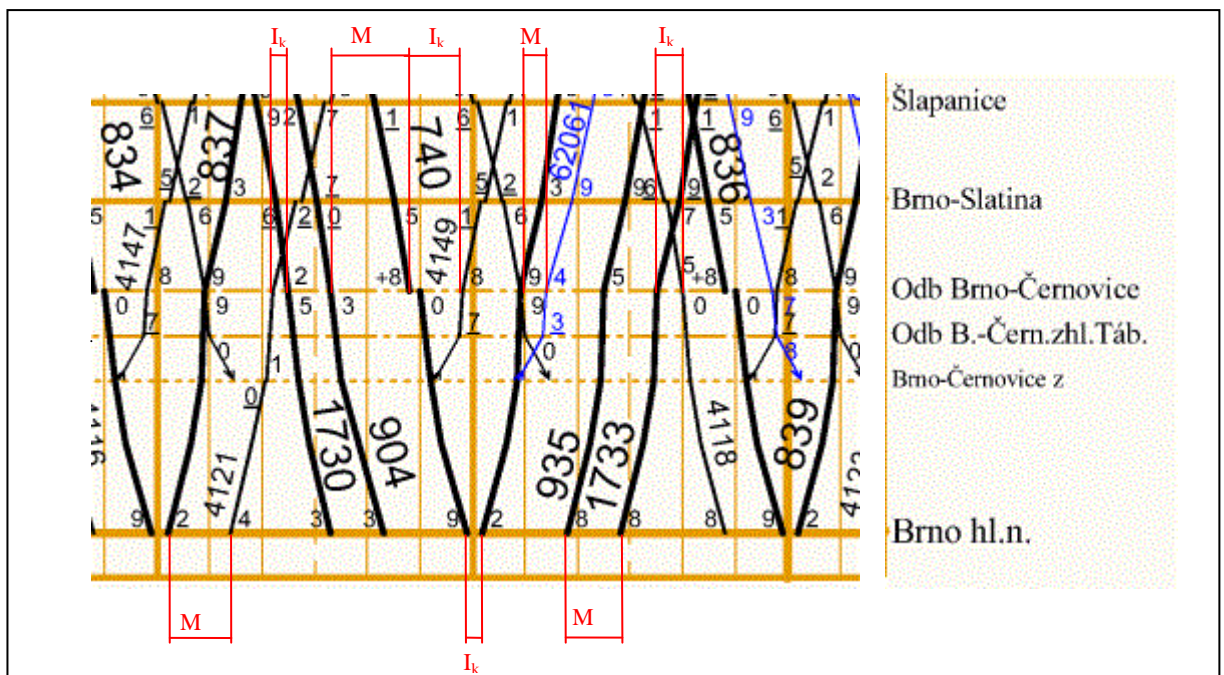
$$T'_J = \frac{T_J}{S_{O \max}} \quad [\text{min}] \quad (5)$$

$$t_{OBS} = \frac{T_{OBS}}{N} \quad [\text{min}] \quad (6)$$

$$n = \frac{S_{O \max} \cdot (1440 - T_U - T_J)}{t_{OBS}} \quad [\text{vlaky/výpočetní čas}] \quad (7)$$

- kde:
- T_J celková doba obsazení vlaky používající část traťové koleje [min],
 - $T_{OBS J}$ celková doba obsazení všemi vlaky [min],
 - T_{OBS} výsledná doba celkového obsazení [min],
 - t_{OBS} průměrná doba obsazení [min],
 - T_U doba potřebná na údržbu [min],
 - $S_{O \max}$ maximální hodnota stupně obsazení dle UIC 406 nebo D24 [-],
 - n praktická propustnost [počet vlaků/výpočetní čas],
 - N počet vlaků projíždějících celý mezistaniční úsek [vlaky/výpočetní čas],
 - N_J počet vlaků jedoucích v části traťové koleje [vlaky/výpočetní čas].

Na obrázku 5 je uveden výřez NJŘ, ze kterého se vychází při stanovení doby obsazení pomocí graficko-analytické metody.



Obrázek 5: Výřez GVD 2012/2013 od 16:00 do 18:00

Zdroj: NJŘ 2012/2013

Rozborem grafikonu bylo zjištěno, že:

- počet všech vlaků činí: $N + N_J = 107 \text{ vlaků} / 24 \text{ hodin}$,
- počet vlaků projíždějících celý mezistaniční úsek činí: $N = 82 \text{ vlaků} / 24 \text{ hodin}$,
- celková doba obsazení všemi vlaky činí: $T_{OBS J} = 939,5 \text{ min}$,
- celková doba obsazení vlaky jedoucími v části traťové koleje činí: $T_J = 117 \text{ min}$.

Zbylé ukazatele je nutno dopočítat. Výsledky je možno interpretovat takto:

- výsledná doba celkového obsazení činí: $T_{OBS} = T_{OBS J} - T_J = 939,5 - 116,5 = 823 \text{ min}$,
- průměrná doba obsazení činí: $t_{OBS} = \frac{T_{OBS}}{N} = \frac{823}{82} = 10,037 \cong 10 \text{ min}$,
- praktická propustnost s $S_{O \max} = 0,6$ dle UIC činí:

$$n = \frac{S_{O \max} \cdot (1440 - T_U - T_J)}{t_{OBS}} = \frac{0,6 \cdot (1440 - 823)}{10,037} \cong 79 \text{ vlaků} / 24 \text{ hodin}$$
,
- stupeň obsazení činí: $S_o = \frac{T_{OBS}}{T} = \frac{823}{1440} \cong 0,57$,
- koeficient využití činí: $K = \frac{N}{n} \cdot 100 = \frac{82}{79} \cdot 100 \cong 104\%$.

Podle počtu vlaků i doby obsazení je vytíženějším traťovým úsekem úsek Brno hl. n. – odb. Brno Černovice. Propustnost na tomto traťovém úseku je možno určit podle platných vztahů pro výpočet obousměrně projížděné traťové koleje. Dobu obsazení, jakož i dobu mezery, je možno určit opět z rozboru grafikonu. Rovněž je možné stanovit propustnost traťových kolejí na úseku mezi odb. Brno Černovice a ŽST Brno-Slatina. Zde je 1TK projížděna jednosměrně a 2TK podle GVD 2012/2013 obousměrně. Výsledky jsou prezentovány v tabulce 5.

Tabulka 5: Propustnost na úseku Brno hl. n. – Brno Slatina

T[min]	Ukazatel	UIC	D24	So [-]	K [%]	N [vlak/čas]	N _J [vlak/čas]
		406					
		n [vlaků/čas]					
1440	Brno hl. n. – Brno Slatina	79	88	0,57	107	82	25
1440	Brno hl. n. – Brno Černovice	103		0,45	79,6	82	
180		13		0,6	99,7	13	
587		46		0,22	36,8	17	
1440	Černovice – Slatina 1TK	188		0,20	32,9	62	
	Slatina – Černovice 2TK	218		0,16	30,7	67	

Zdroj: Autor

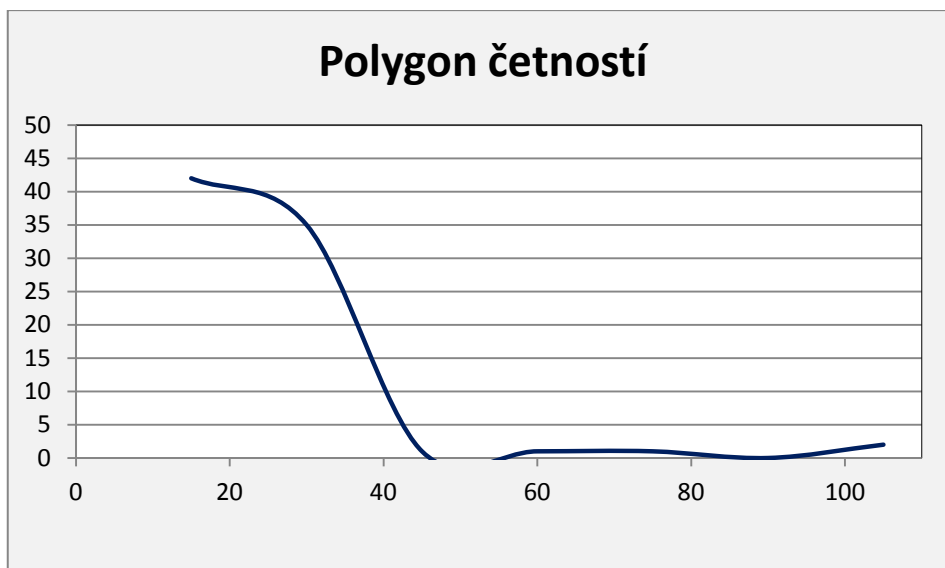
Z tabulky 5 vyplývá, že použitá metodika, respektive maximální stupeň obsazení ovlivňuje výslednou hodnotu praktické propustnosti. Nová metodika nepracuje se záložním časem, ale s maximálním stupněm obsazení, díky čemuž nemusí být potřebná doba mezery prověřována. Při použití maximálního stupně obsazení dle UIC 406 propustnost traťového úseku nevyhovuje. Při použití horní hranice stupně obsazení dle D24 se bude kapacita tohoto úseku pohybovat na své horní hranici optimálního využití.

Propustnost dílčího traťového úseku Brno hl. n. – Brno Černovice se jeví jako vyhovující pouze při výpočetní době 1440 minut. Při zohlednění rozdílného rozsahu dopravy během dne je kapacita tohoto úseku rovněž nedostačující. V tabulce 5 jsou uvedeny kapacitní charakteristiky pro ranní špičku 180 minut. Charakteristiky uvedené v řádku s výpočetní dobou 587 minut odpovídají sedlu v noční době, kdy je rozsah osobní dopravy minimální. Propustnost traťových kolejí v úseku Brno Černovice – Brno-Slatina je v průběhu dne využita přibližně z 30 % praktické propustnosti a lze předpokládat, že ani ve špičkovém období nebude přesazena maximální přípustná hodnota stupně obsazení.

Při kapacitních výpočtech na dílčích traťových úsecích je nutné oproti nové metodice prověřit skutečnou a požadovanou dobu mezery. Ve všech úsecích byla skutečná doba mezery vyšší než požadovaná. Na traťovém úseku Brno hl. n. – Brno Černovice činí potřebná doba mezery dle D24 6,1 minuty, což odpovídá průměrné době obsazení 10 minut. Skutečná doba mezery vztahující se na jeden vlak činí 9,6 minut. Při výpočtu stupně obsazení a koeficientu propustnosti není s ohledem na charakter traťového úseku uvažováno s vložením dodatkových tras vlaků. Testování veličiny doby mezery je provedeno pouze na úseku Brno hl. n. – Brno Černovice. Počty dodatkových tras je možno stanovit na základě výpočtu pomocí teoretické četnosti mezer v případě, že se prokáže exponenciální rozdělení pravděpodobnosti doby mezery.

K testování je použit χ^2 – test dobré shody. Nulovou hypotézou je existence exponenciálního rozdělení pravděpodobnosti v konečném základním souboru doby mezery, který je rozdělen do skupin podle četností, odpovídajících hypotetickému rozdělení. (3)

Na obrázku 6 je zobrazen polygon četností veličiny doby mezery. Hodnoty jsou seříděny tak, aby polygon připomínal exponenciální průběh. Testování je provedeno na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Pro spolehlivost testu je splněna podmínka $n > 50$. Teoretické četnosti jsou větší než 5. (8)



Obrázek 6: Polygon četností doby mezery
Zdroj: Autor

V tabulce 6 jsou provedeny potřebné výpočty pro stanovení testového kritéria, kde:

f_i empirická četnost zjištěná z GVD,

$F(x)$ pravděpodobnost hodnot z intervalu $<0;x$] [excel: EXPONDIST(x;1/t_{MEZ}^{prům};1)]

p_i pravděpodobnost jednotlivých tříd: $p_i = F_{(x+1)} - F_{(x)}$,

h_i teoretické četnosti: $h_i = p_i * N$.

Tabulka 6: Výpočet vlastností pro stanovení testového kritéria

Horní hranice	Četnost f_i	$F(x)$	p_i	h_i	$(f-h) \wedge 2/h$
15	42	0,57	0,57	47	0,552
30	35	0,82	0,24	20	11,154
45	1	0,92	0,10	9	6,650
60	1	1,00	0,08	6	4,481
Σ	79	---	1,0	---	22,837

Zdroj: Autor

Z tabulky 6 vyplývá, že $\chi^2=22,837$. Pro 3 stupně volnosti činí kritická hodnota 7,81. Protože $22,837 > 7,81$, zamítám na 5 % hladině významnosti nulovou hypotézu H_0 . Doba mezery nemá exponenciální rozdělení. To je způsobeno vlivem velké četnosti ve druhé třídě a taktovým GVD, kdy dochází k častému opakování doby mezer mezi osobními vlaky. Odlišnosti je možno pozorovat pouze mimo špičku, a proto se v GVD nenachází větší škála mezer.

Výpočet počtu dodatečně vložených tras pomocí teoretické četnosti mezer předpokládá exponenciální rozdělení doby mezer. Toto rozdělení se na daném úseku nepodařilo prokázat, proto výpočet pomocí teoretické četnosti mezer postrádá smysl. Přesto platí, že pro vložení

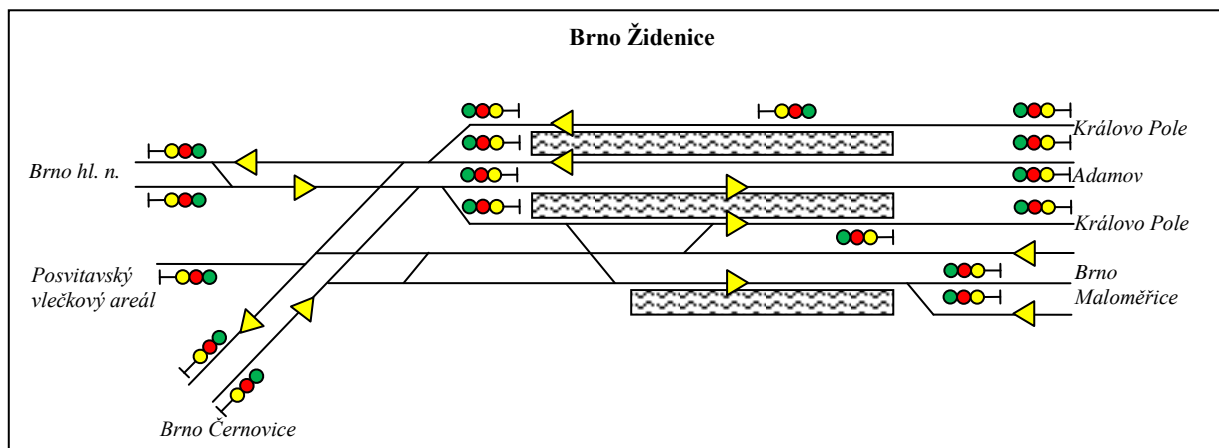
jednoho dodatečného vlaku je potřeba zajistit minimálně dvojnásobek záložního času. Tento minimální záložní čas musí být zachován před a za dodatečně vloženou trasou. Z obrázku 5 na straně 24 však vyplývá, že v době odpolední dopravní špičky tato podmínka není splněna a tudíž na daném úseku nelze realizovat vložení dodatečných tras.

1.3 Propustnost severních traťových úseků Brno hl. n. s odb. Brno Židenice

Při výpočtu propustnosti traťové koleje s odbočkou Brno Židenice je podle nové metodiky² potřeba stanovit propustnost v mezistaničním úseku. Při výpočtu je třeba rozlišit mezistaniční úsek Brno hl. n. – Brno Královo Pole a úsek Brno hl. n. – Adamov, kdy se v obou těchto úsecích nacházejí dvě odbočky. Kromě odb. Brno Židenice se jedná o St. 3 a St. 6 v Brně Maloměřicích. Z pohledu propustnosti není rozhodující, zda se odbočka nachází na širé trati nebo v obvodu stanice. Odbočku je nutno chápat jako místo přechodu z jedné traťové koleje na druhou nebo místo, kde dochází ke vstupu nebo výstupu. (6) Odb. Brno Židenice lze charakterizovat jako místo:

- na kterém z obou traťových kolejí dvoukolejně tratě odbočuje další kolej (ve smyslu jízdy z Brna),
- na kterém z jedné traťové koleje dvoukolejně tratě odbočuje další kolej (ve smyslu jízdy po nákladním průtahu od/do Brna Černovic),
- kde, traťové koleje jsou propojeny tak, že umožňují přechod z jedné traťové koleje na druhou, ale i přechod mezi různými traťovými kolejemi téhož traťového úseku,
- spojené se zastávkou.

Schéma odb. Brno Židenice je uvedeno na obrázku 7.



Obrázek 7: Schéma odb. Brno Židenice

Zdroj: Autor

² Nová metodika výpočtu propustnosti mezistaničního úseku s odbočkou. Perner's Contacts, č. V., roč. třetí.

Mezistaniční úsek Brno hl. n. – Brno Královo pole vs. Brno hl. n. – Adamov

Rozborem GVD bylo zjištěno, že v mezistaničním úseku Brno hl. n. – Brno Královo pole je ve 2TK plánováno 58 vlaků projíždějících celý mezistaniční úsek, přičemž počet všech vlaků činí 182 v rámci jednoho dne. V 1TK je rozsah provozu velice podobný, jak je vidět z tabulky 7, kde jsou prezentovány výsledky propustnosti obou traťových kolejí mezistaničního úseku Brno hl. n. – Brno Královo pole. Ačkoli stupeň obsazení při zvoleném výpočetním období jednoho dne nedosahuje své horní hranice, lze předpokládat, že ve špičkovém období bude vysoko nad touto hranicí.

Tabulka 7: Propustnost traťového úseku Brno hl. n. – Brno Královo pole

Ukazatele	1TK		2TK	
	$S_0 = 0,6$	$S_0 = 0,67$	$S_0 = 0,6$	$S_0 = 0,67$
$N+N_j$ [vlak/čas]	177	177	182	182
N [vlak/čas]	55	55	58	58
$T_{OBS,j}$ [min]	1295	1295	1262	1262
T_j [min]	551	551	510	510
T_{OBS} [min]	744	744	752	752
t_{OBS} [min]	13,53	13,53	12,97	12,97
n [min]	39	44	43	48
S_0 [-]	0,52	0,52	0,52	0,52
K [%]	141,0256	125,0	134,9	120,8

Zdroj: Autor

Z výsledků dále vyplývá, že první i druhá traťová kolej jsou velmi nerovnoměrně využívány. To je dáno možností trojího vstupu do oblasti analyzované traťové koleje. Každou traťovou kolej je podle místa vstupu možné rozdělit na tři dílčí úseky, u kterých lze předpokládat různé provozní vytížení.

Pro stanovení propustnosti v mezistaničním úseku Brno hl. n. – Adamov je možno opět použít nové metodiky. Rovněž je umožněn trojí vstup do oblasti analyzované traťové koleje. V neprospěch nové metodiky přispívá skutečnost, že NJŘ tratě 326 začíná a končí odb. Brno Židenice. Při graficko-analytické metodě stanovení doby obsazení jsou tak zapotřebí dva NJŘ, což není zcela v souladu s touto metodou. Naproti tomu nová metodika umožňuje stanovit propustnost v celém mezistaničním úseku, což je nezbytné pro správnou interpretaci výsledků kapacity dané tratě nebo její vybrané části. Z pohledu uzlové stanice, která bezprostředně sousedí s odbočkou, však není prioritní kapacitní výkonnost mezistaničního úseku, ale úsek bezprostředně přilehlý. Vzhledem k diametrálním odlišnostem bezprostředně přilehlého úseku Brno hl. n. s odb. Brno Židenice je proto možné nahlížet

na daný úsek jako na úsek mezistaniční. Při výpočtu doby obsazení je použita grafická metoda, jejímž podkladem je zkonstruovaný JŘ, resp. NJŘ trati 320 Brno hl. n. – Kutná Hora hl. n. Výsledky výpočtu propustnosti v úseku Brno hl. n. – odb. Brno Židenice jsou uvedeny v tabulce 8. V levé části tabulky jsou uvedeny hodnoty pro výpočetní období jednoho dne. Pravá část reprezentuje čtyřhodinovou odpolední dopravní špičku v rozmezí 14:00 – 18:00. Opět se prokazuje zkreslení ve výpočetním období jednoho dne dané nočním sedlem. Ve špičkovém období je podle předpokladu kapacita nedostačující, a to i přesto, že stupeň obsazení nepřekročil svou maximální přípustnou hranici. To lze vysvětlit relativně malou jízdou v souvislosti s dvojicí krátkých traťových úseků.

Tabulka 8: Ukazatele propustnosti pro úsek Brno hl. n. - Brno Židenice (D24)

Ukazatele	1TK	2TK	Ukazatele	1TK	2TK
T [min]	1440	1440	T [min]	240	240
T _{OBS} [min]	563	502	T _{OBS} [min]	143	141
t _{OBS} [min]	3,91	3,13	t _{OBS} [min]	3,86	3,13
T _{MEZ} [min]	877,00	938,50	T _{MEZ} [min]	97,00	99,00
t _{MEZ} [min]	6,09	5,87	t _{MEZ} [min]	2,62	2,20
z _{min} [min]	3,10	3,10	z _{min} [min]	3,10	3,10
N [vlak/čas]	144	160	N [vlak/čas]	37	45
n [vlak/čas]	205	230	n [vlak/čas]	34	38
S _o [-]	0,39	0,35	S _o [-]	0,60	0,59
K [%]	70,24	69,57	K [%]	108,82	118,42

Zdroj: Autor

Minimální záložní čas zde byl určen podle předpisu SŽDC D24 ze sloupce B tabulky pro stanovení potřebné délky mezery. V případě určení záložního času v závislosti na času obsazení podle metodiky UIC je možno dosáhnout přijatelnějších výsledků z hlediska koeficientu využití praktické propustnosti, avšak i nadále je infrastrukturu nutno hodnotit jako přetíženou, neboť využití kapacity by nemělo přesáhnout 75 % v průběhu špičky a 60 % v průběhu dne. (3) V tabulce 9 jsou uvedeny ty charakteristiky, u kterých dojde ke změně v případě použití metodiky UIC.

Tabulka 9: Ukazatele propustnosti pro úsek Brno hl. n. - Brno Židenice (UIC)

Ukazatele	1TK	2TK	Ukazatele	1TK	2TK
T [min]	1440	1440	T [min]	240	240
z _{min} [min]	2,87	2,35	z _{min} [min]	1,53	1,28
n [vlak/čas]	212	262	n [vlak/čas]	44	54
K [%]	67,92	61,07	K [%]	84,09	83,33

Zdroj: Autor

1.4 Mezistaniční úsek Brno dolní nádraží – Brno Maloměřice

V mezistaničním úseku Brno dolní nádraží – Brno Maloměřice jsou situovány dvě odbočky. Jedná se o odb. Brno Černovice zhl. Táborská a odb. Brno Židenice. Mezistaniční úsek je dvoukolejný. V úseku Brno Maloměřice – odb. Brno Černovice zhl. Táborská je zřízen obousměrný AB. V tomto úseku se mezi jednotlivými dopravními s kolejovým rozdělením nachází vždy jeden traťový oddíl. V úseku odb. Brno Černovice zhl. Táborská – Brno dolní nádraží je zřízen jednosměrný UAB s traťovými souhlasly. V daném úseku se nachází dva prostorové oddíly.

Daný úsek je součástí tzv. nákladního průtahu, který umožňuje segregaci nákladní dopravy při průjezdu uzlem. V případě MU, kdy dojde k nesjízdnosti některého z přilehlých úseků ŽST Brna hl. n., je nákladní průtah zařazen do objízdných tras pro vlaky osobní dopravy. Propustnost mezistaničního úseku je možno charakterizovat podle ukazatelů uvedených v tabulce 10.

Tabulka 10: Ukazatele propustnosti pro úsek Brno dolní nádraží – Brno Maloměřice

Ukazatele	6TK		4TK	
	$S_0 = 0,6$	$S_0 = 0,67$	$S_0 = 0,6$	$S_0 = 0,67$
T [min]	1440	1440	1440	1440
$N+N_J$ [vlak/čas]	84	84	84	84
N [vlak/čas]	48	48	45	45
T_{OBS} [min]	543	543	572	572
T_J [min]	145	145	117	117
T_{OBS} [min]	398,5	398,5	455	455
t_{OBS} [min]	8,30	8,30	10,11	10,11
n [min]	93	104	78	87
S_0 [-]	0,28	0,28	0,32	0,32
K [%]	51,6	46,2	57,7	51,7

Zdroj: Autor

Výpočet je proveden pomocí nové metodiky s ohledem na maximálně přípustný stupeň obsazení, který doporučuje směrnice UIC a SŽDC D24. Označení 6TK a 4TK je převzato z číslování kolejí v ŽST Brno Maloměřice, kde 4TK je ekvivalentem 1TK na úseku Brno dolní nádraží – Brno Maloměřice. Obdobně je na tomto úseku 2TK označena jako 6TK.

1.5 Dopravní infrastruktura vs. dopravní provoz

V Evropě se pro hodnocení kvality dopravního provozu v praxi často využívá německý model, který je založen na koeficientu stability. Ten udává poměr vstupního a výstupního zpoždění. Hodnota přírůstku zpoždění by měla být záporná nebo nulová. Tím je zaručeno, že DI je schopna zpoždění snižovat nebo jej alespoň nezvyšovat. (5)

Při hodnocení stability JŘ se v podmínkách ČR vychází z ukazatele rychlosti likvidace prvotního zpoždění, jehož hodnota by měla být větší než nula. Tím je zaručena schopnost eliminace zpoždění. Stabilita JŘ je tak zaručena při dodržení potřebných časových záloh. (9)

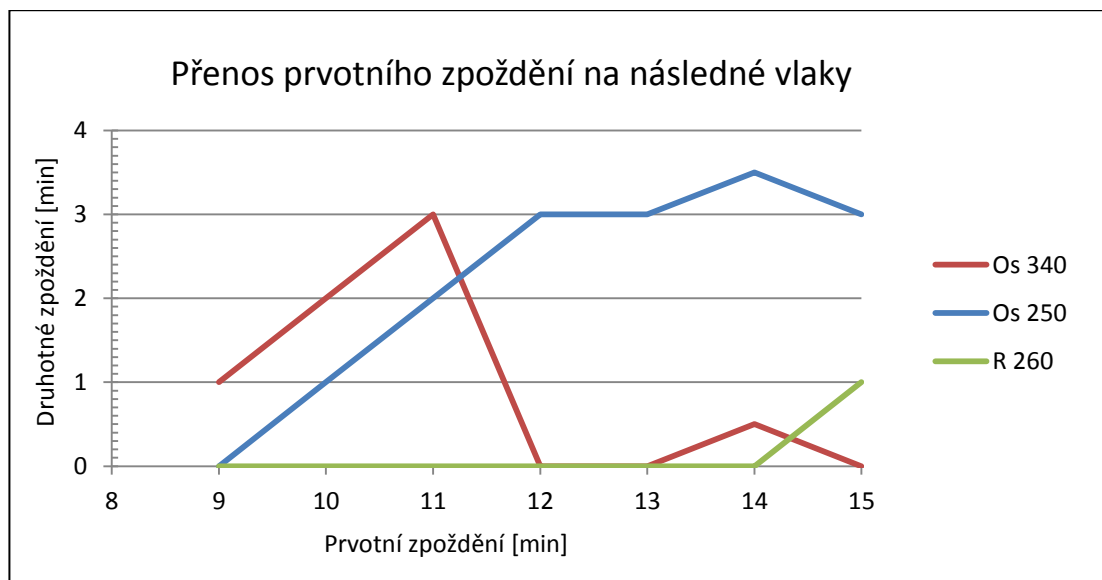
Celkový počet zpožděných vlaků je úzce spjat s velikostí prvotního zpoždění a zálohy. V tabulce 10 je uvedeno, kolika následných vlaků se dotkne prvotní zpoždění vlaků Ex odjíždějícího v sudou hodinu v odpolední špičce. Tabulka je zpracována pro zpoždění v intervalu od 7 - 15 min.. Prvotní zpoždění do 8 min. se v sudou hodinu na následné vlaky nepřenáší. V lichou hodinu je prvotní zpoždění přenášeno na následné vlaky již od velikosti 5 minut. Pro značnou nepravidelnost zde není uvažováno s jízdou Lv do/z Brna hl. n.. Ve sloupci označeném „O“ jsou uvedeny pravidelné odjezdy (průjezdy) vlaků. Ve třetím sloupci jsou uvedeny vlaky v pořadí, podle kterého odjíždějí z Brna hl. n.. Označení vlaku Os_340 příkladně znamená, že se jedná o vlak kategorie Os, který po úvratí pokračuje v jízdě na trať 340 dle KJŘ. Pokud je prvotní zpoždění přenášeno na následné vlaky, je pole na průniku sloupce (udává zpoždění vlaků Ex) a řádku (udává následný vlak v pořadí) podbarveno červeně. Číslice udává hodnotu zpoždění v minutách. Změna pořadí při odjezdu je vyznačena skokovou změnou, kdy zpoždění následného vlaku je opět nulové. Při výpočtu je zohledněno následné i příjezdové mezidobí. Při změně sledu vlaků, kdy dochází k úvratí na koleji T2A, je zohledněna doba potřebná pro zrušení závěru vlakové cesty po odjezdu.

Tabulka 11: Přenos prvotního zpoždění na následné vlaky

	O	zpoždění Ex	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ODJEZD Brno hl. n.	47	Os_340	0	2	3	4	5	0	0	0	0
	52	Os_250	0	0	0	1	2	1	2	3	4
	57	R_260	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	62	Os_260	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	zpoždění Ex	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ODJEZD Židenice	56	Os_340	0	0	1	2	3	0	0	0,5	0
	57	Os_250	0	0	0	1	2	3	3	3,5	3
	60	R_260	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	66	Os_260	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Zdroj: Autor

Graficky je přenos zpoždění na následné vlaky uveden na obrázku 8. Nárůst zpoždění u osobních vlaků trati 250 je způsoben obsazením koleje T2A, na které probíhají úvrat'ové jízdy v případě změny sledu vlaků. Pořadí vlaků a jejich sledu je pro ŽST Brno hl. n. uvedeno odchylně od dopravních předpisů ve směrnici SŽDC D7 části B, která je vydávána jako příloha k rozkazu o zavedení GVD.



Obrázek 8: Přenos prvotního zpoždění na následné vlaky

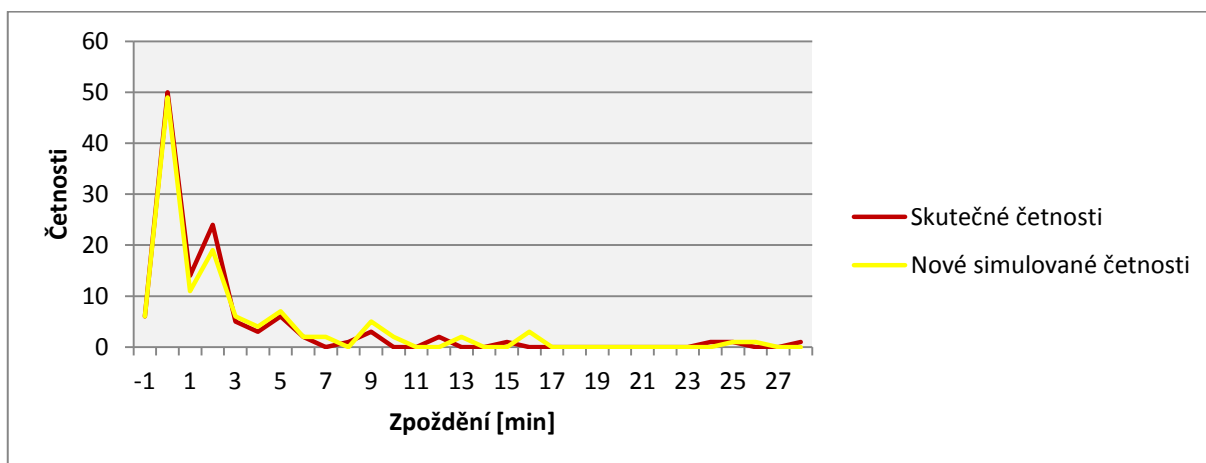
Zdroj: Autor

Při simulaci zpoždění je třeba zkoumat, zda má výše zpoždění zcela stochastický charakter nebo se jednotlivé četnosti cyklicky opakují s jistou dávkou šumu. Bude-li zpoždění vznikat na vybrané části DI pravidelně, lze se oprávněně domnívat, že dochází k systémové chybě. Pak je důležité vyhodnotit zdůvodnění zpoždění, aby byla potvrzena nebo vyvrácena chyba uvnitř, případně vně systému.

Při simulaci je problematické určit především rozdělení pravděpodobnosti, se kterou bude výše zpoždění generována. Jsou-li k dispozici data z uplynulých období, lze rozdělení pravděpodobnosti zpoždění vnímat diskrétně. Pravděpodobnost se pak jednoduše určí podílem četnosti konkrétní výše zpoždění k celkovému počtu měření. Horní hranice intervalu jednotlivých zpoždění se určí součtem jednotlivých pravděpodobností tak, aby jejich suma byla rovna jedné. Pomocí generátoru pseudonáhodných čísel nebo funkce NÁHČÍSLO() v programu MS Excel lze v intervalu $x \in \langle 0;1 \rangle$ simulovat nové pravděpodobnosti a výši zpoždění určit pomocí logických funkcí KDYŽ a VYHLEDAT. (10)

Navržený postup je uveden na příkladu v příloze F. Porovnání výsledků simulace a skutečného zpoždění demonstruje obrázek 9 na následující straně. Shodu rozdělení pravděpodobnosti naměřeného a simulovaného zpoždění je možno prokázat např. pomocí

Mann-Whitneyova U-Testu. Odlehlé hodnoty zpoždění je možno vyloučit na základě Dixnova Q-Testu nebo pomocí grafické metody vnitřních hradeb.



Obrázek 9: Simulace zpoždění

Zdroj: Autor

1.6 Souhrnné vyhodnocení analýzy a posouzení dopravního provozu

Pomocí výpočtů v analytické části bylo prokázáno, že současná dopravní infrastruktura je přetížená a nevyhovuje rozsahu dopravního provozu. Kapacita průjezdných staničních kolejí je vyčerpána. Vlaky běžně vjíždí na obsazenou kolej. Propustnost severního zhlaví je ve špičkových hodinách nevyhovující. Kapacita přilehlých traťových úseků je nedostatečná. V úseku Brno hl. n. – odb. Brno Židenice sice nedosahuje stupeň obsazení své horní hranice optimálního spektra využití, avšak koeficient využití praktické propustnosti přesahuje svou přípustnou hodnotu. To je dáno poměrně nízkou dobou obsazení mezi jednotlivými dopravními s kolejovým rozvětvením díky malému počtu prostorových oddílů, ve kterých jsou často hlavní návěstidla umístěna na zkrácenou zábrzdnu vzdálenost.

Díky tzv. nákladnímu průtahu je umožněna segregace osobní od nákladní dopravy, která tranzituje přes ŽUB. **Segregace nákladní a osobní dopravy je největší předností současné polohy brněnského hlavního nádraží.**

Skladba vozového parku je zastaralá a nevyhovuje potřebám 21. století. Velkým nedostatkem je bezbariérovost, a to jak dopravních prostředků, tak prostor přístupných veřejnosti na nádraží. Překážkou pro výstup a nástup dopravně hendikepovaných cestujících je i skutečnost, že nádraží ŽST Brno hl. n. je situováno ve dvojici protisměrných oblouků s nedostatečnou výškou hrany nástupiště nad temenem kolejnice.

Rozsah dopravního provozu se vyznačuje velkou četností spojů, kdy v odpolední dopravní špičce je nabízen 15 minutový interval regionálních vlaků českořebovské a havlíčkobrodské

trati, což znamená, že z Brna hl. n. severně odjíždí ve špičkovou hodinu průměrně vlak každých 5 minut. S rostoucí četností spojů klesá průměrná časová záloha, tím roste riziko přenosu prvotního zpoždění na následné vlaky a snižuje se možnost průvozu vlaků jedoucích v režimu ad hoc. Při změně sledu vlaků je tato skutečnost nejvíce patrná v obvodu odb. Brno Židenice, pokud se změna sledu dotýká úvratí.

Analýza současného stavu prokázala přetíženost severního zhlaví ŽST Brno hl. n. a jeho přilehlých úseků. Další navýšení dopravy by při současné dopravní infrastruktuře znamenalo podstatné zhoršení kvality provozu. Bez patřičných stavebních úprav je proto jakékoliv navýšení nepřijatelné.

2 TOPOLOGIE SEVERNÍCH ČÁSTÍ BRNĚNSKÉHO NÁDRAŽÍ U ŘEKY

Cílový stav předpokládá přesun osobního nádraží do prostor současného nádraží Brno dolní nádraží, díky čemuž dojde ke změně zaústění traťových kolejí. Díky své poloze budou nástupiště a převážná část kolejiště umístěny na mostních konstrukcích a estakádách. Přesunem nádraží se zvýší docházková vzdálenost do centra města přibližně o 800 m.

Pro vytvoření dopravního modelu byla provedena dekompozice topologie nového nádraží na tři části. Jedná se o část osobního nádraží, včetně severního zhlaví, část černovického trianglu a část odbočky Brno Židenice. (11)

2.1 Osobní nádraží a jemu přilehlé severní zhlaví

Cílový stav obvodu osobního nádraží pro horizont „A“ a „B“ předpokládá 6 ostrovních nástupišť s 16 dopravními kolejemi. Mateční koleje 1SK a 2SK dělí kolejiště osobního nádraží asymetricky na lichou a sudou kolejovou skupinu v poměru 7:9. Koleje 22SK a 24SK sudé kolejové skupiny jsou technologií určeny pro průvoz nákladních vlaků. Z toho důvodu nejsou tyto koleje vybaveny nástupištní hranou. Variantní cesta nákladních vlaků je vedena po 1SK a 2SK, u kterých rovněž není zřízeno nástupiště. V obou případech dochází ke křížení jízdních cest vlaků osobní a nákladní dopravy. Pojedou-li nákladní vlaky po 1SK nebo 2SK, budou křížit trasy vlaků v obvodu jižního zhlaví. V případě jízdy nákladních vlaků po kolejích 22SK a 24SK se budou vlakové cesty křížit v obvodu severního zhlaví, kde bude docházet ke kolizi se sudou i lichou stopou vlaků jedoucích ve směru Brno Chrlice nebo Brno Slatina.

U ostatních dopravních kolejí jsou zřízeny ostrovní nástupiště s užitnou délkou nástupiště 420 m. Tyto koleje jsou rozděleny cestovými návěstidly. V obou kolejových skupinách se nachází trojice kusých manipulačních kolejí, které slouží pro odstavování HV.

Do severního zhlaví je zaústěna šestice traťových kolejí. Počet traťových kolejí současně definuje maximální počet vlakových cest, neboť žádná z traťových kolejí není zaústěna mimoúrovňově. U každé koleje je umístěno cestové návěstidlo, které plní funkci odjezdového návěstidla do obvodu zastávky Brno Černovice a ŽST Brno Chrlice. Tato návěstidla rozdělují zhlaví a tím zvyšují jeho propustnou výkonnost.

Zaústění chrlické trati ze severu předurčuje změnu vedení linky S2 Březová nad Svitavou – Brno hl. n. – Křenovice horní nádraží, neboť na rameni Brno – Křenovice by nově musela

být jízda vlaků organizována pomocí úvrat'ových jízd. Pro dopravce by tato změna znamenala nutnost nasazení ucelených jednotek. Linka S2 by nově vedla z Brna do Zastávky u Brna nebo Třebíče. Tato varianta je podmíněna elektrifikací zmíněných úseků.

Soupravy budou přistavovány a odstavovány před pravidelným příjezdem, resp. odjezdem vlaků z odstavných nádraží, na kterých bude rovněž zpracována vlaková dokumentace a zkouška brzdy. Tím bude zajištěna minimalizace úkonů na staničních kolejích obvodu osobního nádraží. Schéma obvodu osobního nádraží a severního zhlaví je uvedeno na následujícím obrázku 10.



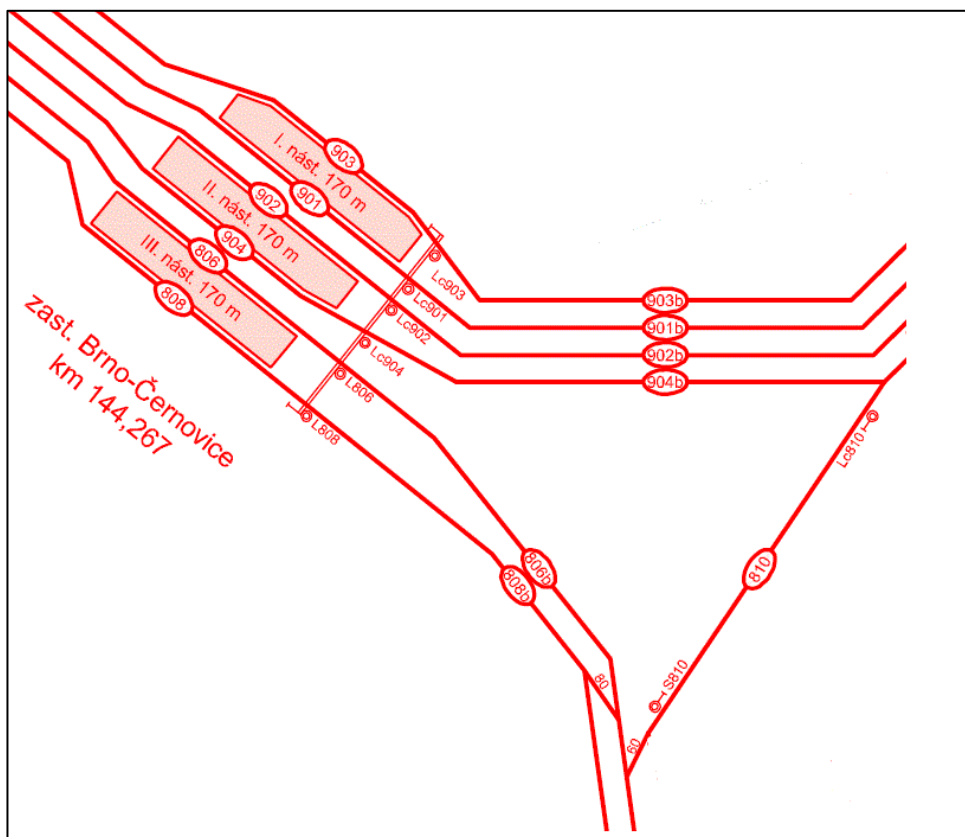
Obrázek 10: Schéma obvodu osobního nádraží a severního zhlaví

Zdroj: SUDOP Brno, s. r. o.

2.2 Černovický triangl

Zastávka Brno Černovice je součástí přestupního uzlu Olomoucká. V jejím obvodu je umístěna trojice ostrovních nástupišť se šesti dopravními kolejemi. Čtyři z nich pokračují do odb. Brno Židenice. Dvojice kolejí 808 a 806 odbočuje do Brna Slatiny. Přechod mezi kolejovými skupinami jednotlivých směrů na zastávce Brno – Černovice není umožněn. Přechod je nutno uskutečnit na severním zhlaví Brna hl. n.. Pro přímé spojení vlaků jedoucích z Brna Slatiny na sever do Brna Maloměřic, Adamova nebo Brna Králova Pole je zřízena spojovací kolej v délce přibližně 500 m, která odbočuje z koleje 806 a vytváří tak černovický

triangl. Pro přechod mezi kolejemi 806 a 808 je zřízena kolejová spojka, kterou tvoří dvojice výhybek. Ty jsou umístěny před vjezdovými návěstidly ze směru od Brna Slatiny. Schéma kolejistiže zastávky Brno Černovice je vyobrazeno na obrázku 11.



Obrázek 11: Schéma zastávky Brno Černovice

Zdroj: SUDOP Brno, s. r. o.

Původní návrh počítal se dvěma traťovými kolejemi vedoucími do Brna Slatiny. Revitalizace návrhu z roku 2011 počítá s vybudováním třetí traťové koleje.

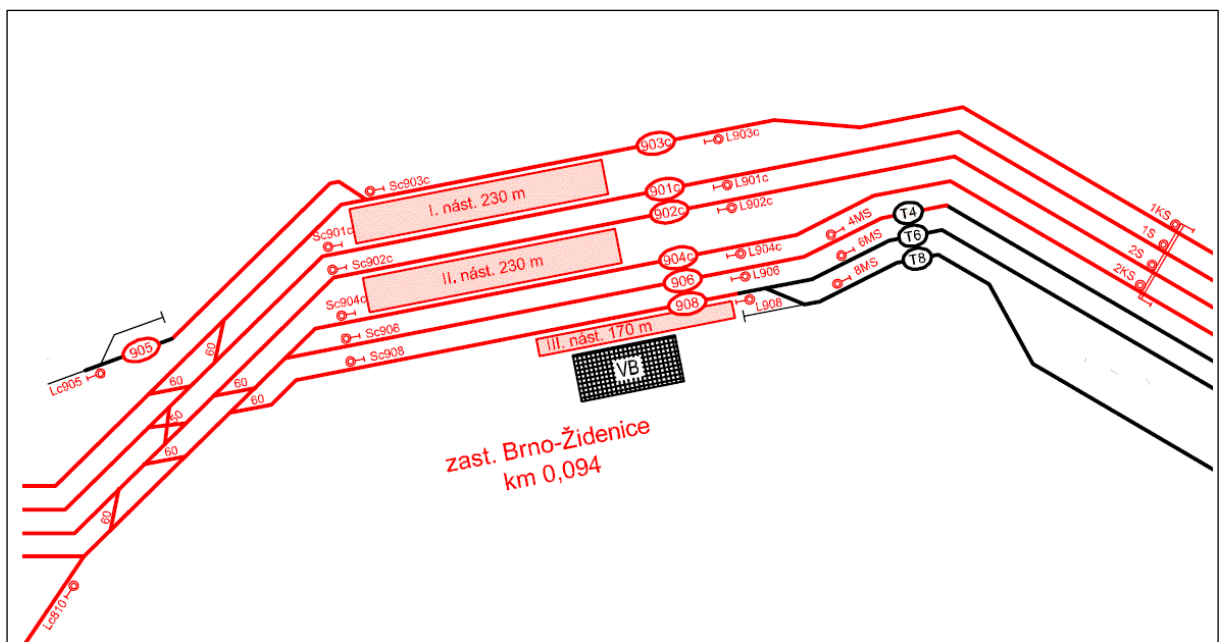
2.3 Odbočka Brno Židenice

Odb. Brno Židenice je součástí přestupního uzlu Bubeníčková. V obvodu odb. Brno Židenice jsou situována dvě ostrovní nástupiště, která slouží pro odbavení cestujících jedoucích ve směru do/z Tišnova nebo Adamova. Oproti současné poloze jsou tato nástupiště předsunuta tak, aby bylo dosaženo lepších přestupních vazeb na tramvajovou linku č. 2 současné zastávky Kuldova. Třetí nástupiště se nachází u výpravní budovy. Jeho poloha je oproti současné poloze 1. nástupiště nezměněna. Toto nástupiště slouží pro případ jízdy osobních vlaků při objížděné trase přes Brno Maloměřice.

Napojení ŽST Brno Maloměřice je provedeno v obvodu odb. Brno Židenice. Traťové koleje T4 a T6 jsou nově označeny jako koleje 906 a 908. Odbočují z kolejí 902 a 904 na brněnském

zhlaví odb. Brno Židenice. Přejechou vlaky jedoucí z ŽST Brno Maloměřice do liché kolejové skupiny na kolej 901 je podmíněn jízdou po koleji T4, respektive 906. Přejechou na kolej 903 není při jízdě přes ŽST Brno Maloměřice umožněn. Pokud by byla kolej 901 vyloučena, znamenalo by to, že veškeré nákladní vlaky mající pobyt v Brně Maloměřicích by při své další jízdě musely využít sudé kolejové skupiny. Lze tedy očekávat kolizní situace ve vztahu k osobní dopravě.

Napojení Posvitavského vlečkového areálu je nově provedeno z koleje 903c. Na tuto kolej není možná přímá jízda z žádné koleje ŽST Brna Maloměřic. Jedinou možností je úvratňová jízda do některé z traťových kolejí v úseku Brno Maloměřice – Brno – Královo Pole.



Obrázek 12: Schéma odb. Brno Židenice

Zdroj: SUDOP Brno, s. r. o.

2.4 Shrnutí změn v topologii dopravní infrastruktury a jejich důsledky

Na první pohled bude v Brně navýšen počet severně zaústěných TK. Toto navýšení ze dvou kolejí na šest je zavádějící, neboť současná topologie brněnského uzlu má dvě TK, které vedou z Brna hl. n. do Brna Židenic, dvě TK nákladního průtahu vedoucí z Brna dolního nádraží do Brna Maloměřic a po jedné TK z vlárské a chrlické trati, které jsou do Brna zaústěny z jihu.

Největším problémem nové polohy nádraží je vedení nákladní dopravy. Vlakové cesty nákladních vlaků budou vždy v kolizi s vlaky osobní dopravy. Prvním kolizním bodem je brněnské zhlaví odb. Brno Židenice, kde výchozí liché vlaky z Maloměřic budou obsazovat kolej 901 (lichá traťová kolej I. koridoru) a křížit cestu sudým osobním vlakům. V případě

výluky koleje 901 budou muset být všechny nákladní vlaky vedeny v sudé kolejové skupině. Existuje předpoklad, že tento kolizní bod nebude zásadní, neboť dodržením sudého a lichého směru budou vlaky v zastávce Brno Černovice vždy vedeny ke stejnému nástupišti. Nebude nutný přestup cestujících mezi nástupišti. Přenos zpoždění osobních vlaků tratí 250 a 260 bude odvislý pouze od jejich polohy v JŘ a časové zálohy. Zpoždění bude důležité především u nákladní dopravy. Preference nebo dispozice jízdy při průvozu nákladních vlaků, které nepojedou podle svého přiděleného JŘ, bude ve vztahu k organizaci a řízení dopravy zásadní.

Dalším kolizním bodem je severní zhlaví, kdy v případě jízdy nákladních vlaků po kolejích 22SK a 24SK dojde ke křížení všech vlakových cest osobních vlaků jedoucích do Chrlic nebo Brna Slatiny. V případě jízdy nákladních vlaků po kolejích 1SK a 2SK budou vlakové cesty kříženy na jižním zhlaví ŽST Brno hl. n..

Rovněž napojení Posvitavského vlečkového areálu z koleje 903c není optimální a odsuzuje vlečkový areál k zániku, neboť by obsluha vlečky musela být prováděna úvrat'ovou jízdou přes některou z traťových kolejí mezi Maloměřicemi a Královým Polem.

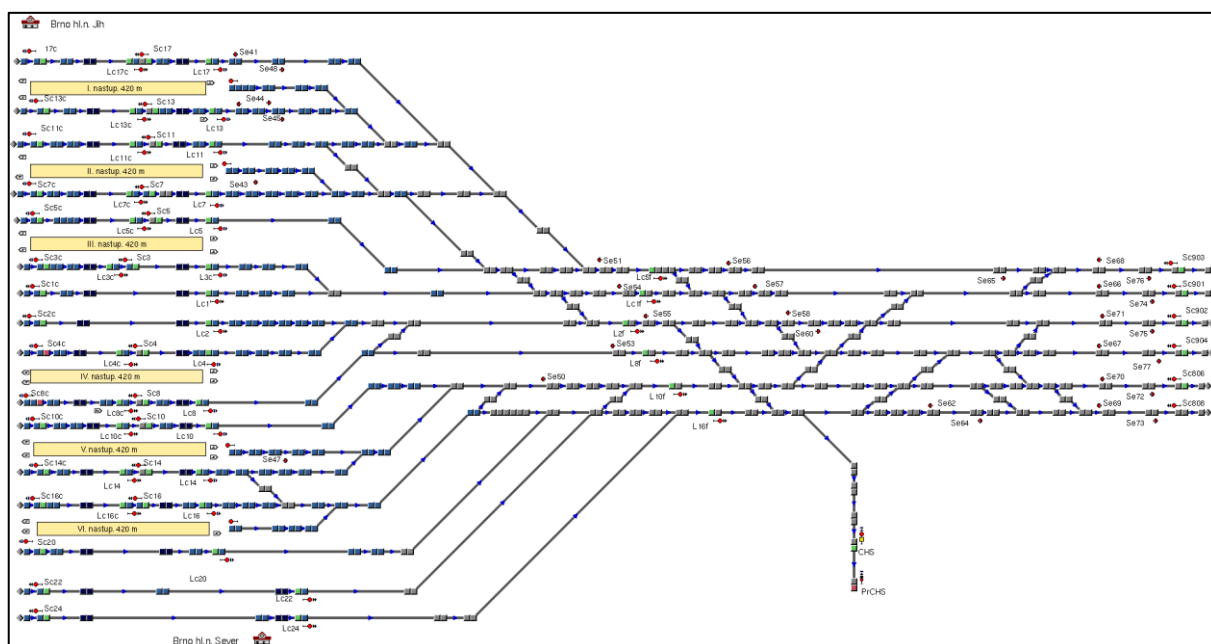
Další kapitoly se zabývají zpracováním jednotlivých scénářů dopravního provozu s ohledem na novou polohu nádraží. Jednotlivé scénáře jsou prověřeny simulací v programu OpenTrack.

3 DOPRAVNÍ MODEL

Provoz na železniční síti se řídí podle předem stanovených pravidel, která lze matematicky přesně formulovat. Množství těchto pravidel (včetně jejich vazeb) vytváří však z tvrdého systému systém měkký. Při zahrnutí aspektu času se proto zpravidla jako nejvýhodnější jeví vytvoření simulačního modelu, kde vnímání času bude dynamické. (5)

Za tímto účelem je pomocí softwarového produktu OpenTrack vytvořen mikroskopický model severního zhlaví a jeho přilehlých úseků. Model je součástí přílohy G v elektronické podobě na CD.

Model je členěn do čtyř částí (obvod jižního zhlaví, obvod osobního nádraží a jemu přilehlého severního zhlaví, obvod odb. Brno Černovice, obvod odb. Brno Židenice). Předmětem zkoumání jsou části 2 – 4. Topologie těchto částí odpovídá návrhu z roku 2009. Print Screen obrazovky s topologií druhé části modelu je na obrázku 13. Část jižního zhlaví byla zjednodušená a není předmětem zkoumání. Kalibrace a následná validace modelu byla provedena v rámci 1. scénáře. V rámci této fáze byly stanoveny jízdní doby a především doby pobytu. (12)



Obrázek 13: Část severního zhlaví BHN v prostředí modelu OT

Zdroj: Autor

4 PROVOZNÍ SCÉNÁŘE

V následujících podkapitolách jsou uvedeny jednotlivé provozní scénáře a jejich výstupy z jednotlivých simulací. Pozornost je věnována především možnosti prověření stability železničního jízdního řádu v závislosti na rozsahu dopravního provozu.

4.1 Scénář 1. – Osobní doprava roku 2014

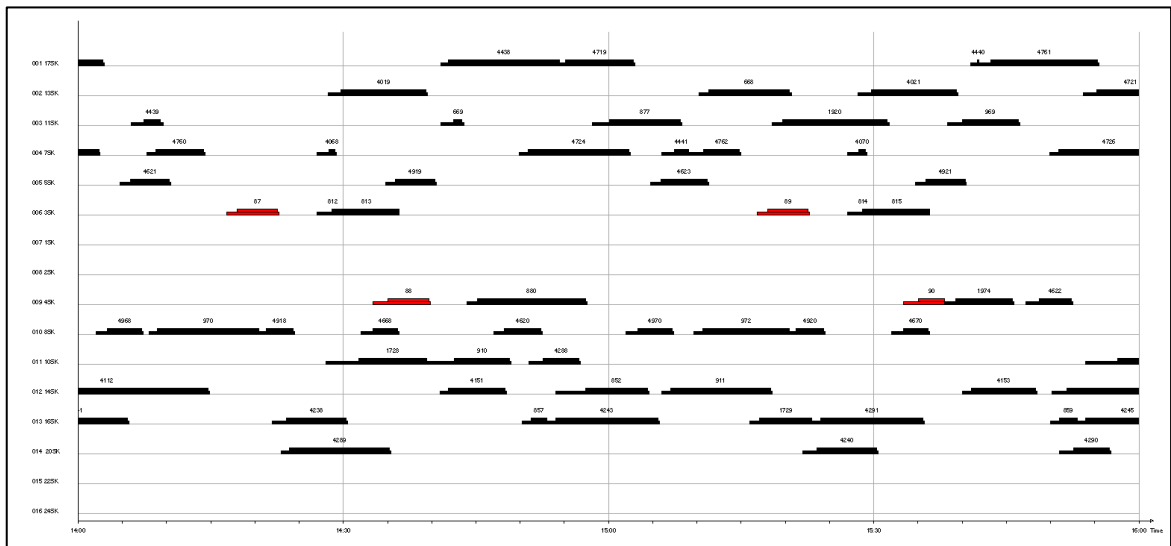
Rozsah vlakové dopravy v tomto scénáři odpovídá současnému rozsahu osobní dopravy v Brně hl. n., tedy roku 2014. Vlaky jsou číslovány podle jednotlivých směrů. Číselné řady jednotlivých linek byly voleny s ohledem na současný stav a tento stav číslování částečně kopírují.

Změna nastává u současné linky S2 Křenovice horní nádraží – Letovice. Ta byla rozdělena, viz komentář kapitoly 2.1. Nově je vedena v úseku Letovice – Zastávka u Brna. Tato linka přebírá původní číslování linky S2, tedy číselnou řadu 4000, resp. 4700. U výchozích nebo končících vlaků na rameni Brno – Zastávka u Brna byla ponechána číselná řada 4800 původní linky S4. Nově je zavedeno číslování na lince Brno – Křenovice horní nádraží. Číselné označení osobních vlaků na této lince odpovídá řadě 4200.

Výchozí vlaky budou přistavovány z odstavných nádraží před odjezdem vlaků tak, aby byl minimalizován jejich pobyt v obvodu osobního nádraží. Doba pobytu vlakových souprav výchozích vlaků je u kategorie R a vyšší stanovena na 10 minut. U vlaků kategorie Os a Sp pak minimálně na 5 minut. Tyto časy jsou stanoveny s ohledem na interní předpisy národního dopravce ČD, kdy 5 minut před odjezdem by měl být vlakový doprovod na nástupišti a podávat cestujícím informace, případně pomáhat dopravně hendikepovaným cestujícím s nástupem. Mimo to má vlakvedoucí povinnost před odjezdem vlaku zkontrolovat soupravu (případné nedostatky nahlásit DKV), nahlásit se strojvedoucímu, předat mu své telefonní číslo pro spojení a odbavit přebírku služebních zásilek s tranzitem, případně odbavit přebírku kol a zavazadel od cestujících, je-li ve vlaku zřízena služba úschovy během přepravy. Vlakovou dokumentací, jakož i zkouškou brzdy, budou výchozí vlaky vybaveny na odstavných nádražích.

Obdobná situace je u končících vlaků, kdy minimální pobyt vlaku po příjezdu činí 5 minut z důvodu výstupu cestujících. Vlakový doprovod má především za povinnost po příjezdu končícího vlaku projít soupravu a zkontrolovat, zda všichni cestující vystoupili. Dále musí vydat tranzitu služební zásilky, včetně ztracených a nalezených věcí, a cestujícím zavazadla nebo kola v případě, že využili služby úschova během přepravy.

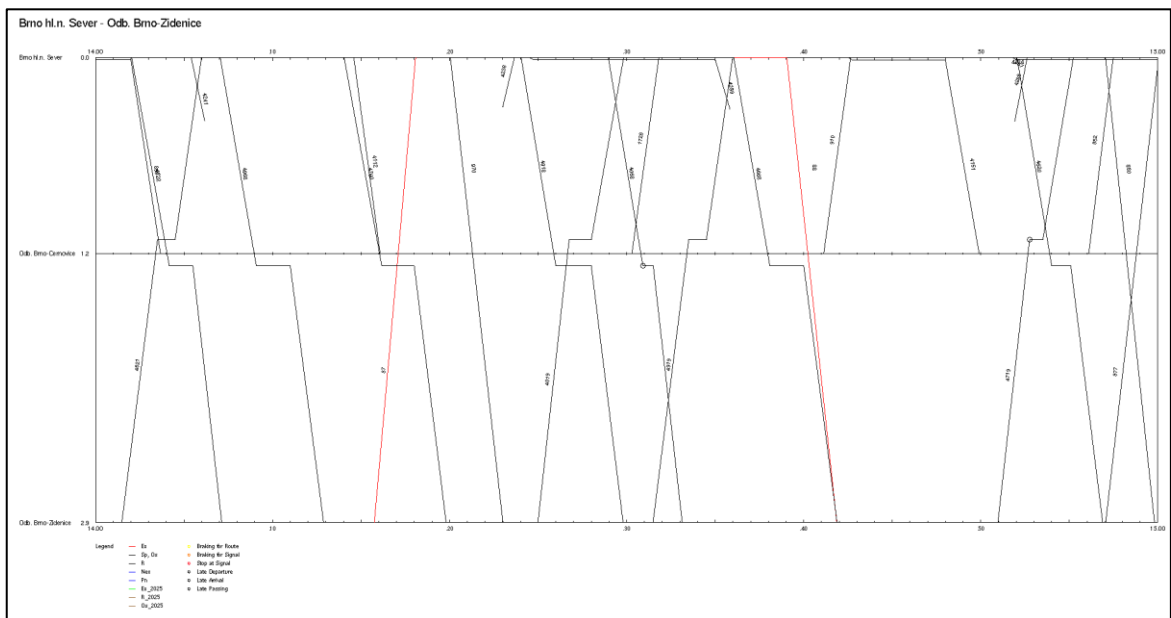
V obvodu osobního nádraží budou realizovány pouze obraty R ve směru na Břeclav na 3. koleji a Os ve směru Veselí nad Moravou na 14. koleji. Graficky je obsazení dopravních kolejí zobrazeno na obrázku 14. Plné zobrazení obrázku je pak součástí přílohy G na CD. Červenou barvou jsou zobrazeny vlaky kategorie Ex, černou zbylé osobní vlaky. Časový výřez odpovídá dvouhodinové odpolední dopravní špičce od 14:00 do 16:00. Pořadí kolejí je řazeno dle topologie.



Obrázek 14: Obsazení dopravních kolejí – 1. scénář*

Zdroj: Autor

Na obrázku 15 je uveden výřez splněného NJŘ. Plné zobrazení je opět uvedeno v příloze H.



Obrázek 15: Výřez NJŘ z 1. scénáře*

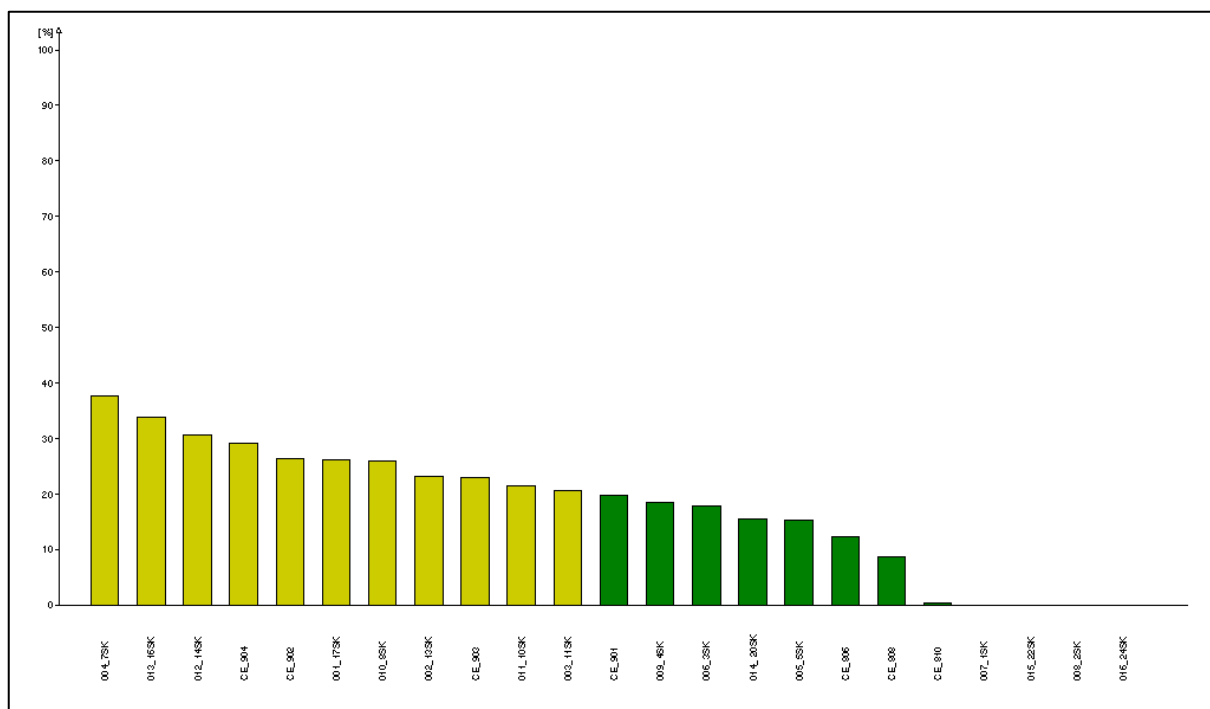
Zdroj: Autor

* Obrázek je součástí přílohy H na CD.

NJŘ odpovídá běhu simulace pro období odpolední dopravní špičky od 14:00 do 15:00. Barevné označení druhů vlaků koresponduje s barevným označením vlaků na obrázku 14.

V tomto scénáři je sledován současný JŘ. Podle něj jsou voleny i jednotlivé časové polohy odjezdů a příjezdů do Brna hl. n.. Dochází-li ke kolizi vlakových cest, pak jsou primárně měněny tyto vlakové cesty. Ke změně časové polohy vlaku je přistoupeno jen zřídka. JŘ ve vztahu k DI je možno považovat za asymptoticky stabilní, což prokázala i samotná simulace. Zpoždění, které v systému vzniká, je zpravidla na příjezdech do krajních dopraven, neboť vlaky jsou generovány v úseku před vjezdovými návěstidly brněnského uzlu s nulovou počáteční rychlostí. Toto zpoždění je zpravidla vyrovnáno v první dopravě před svým pravidelným odjezdem do sledovaného úseku.

Jelikož jsou sledovány pouze vlaky osobní dopravy, je zde patrná nerovnoměrnost počtu vlaků během dne, jak napovídají obrázky 16 a 17.

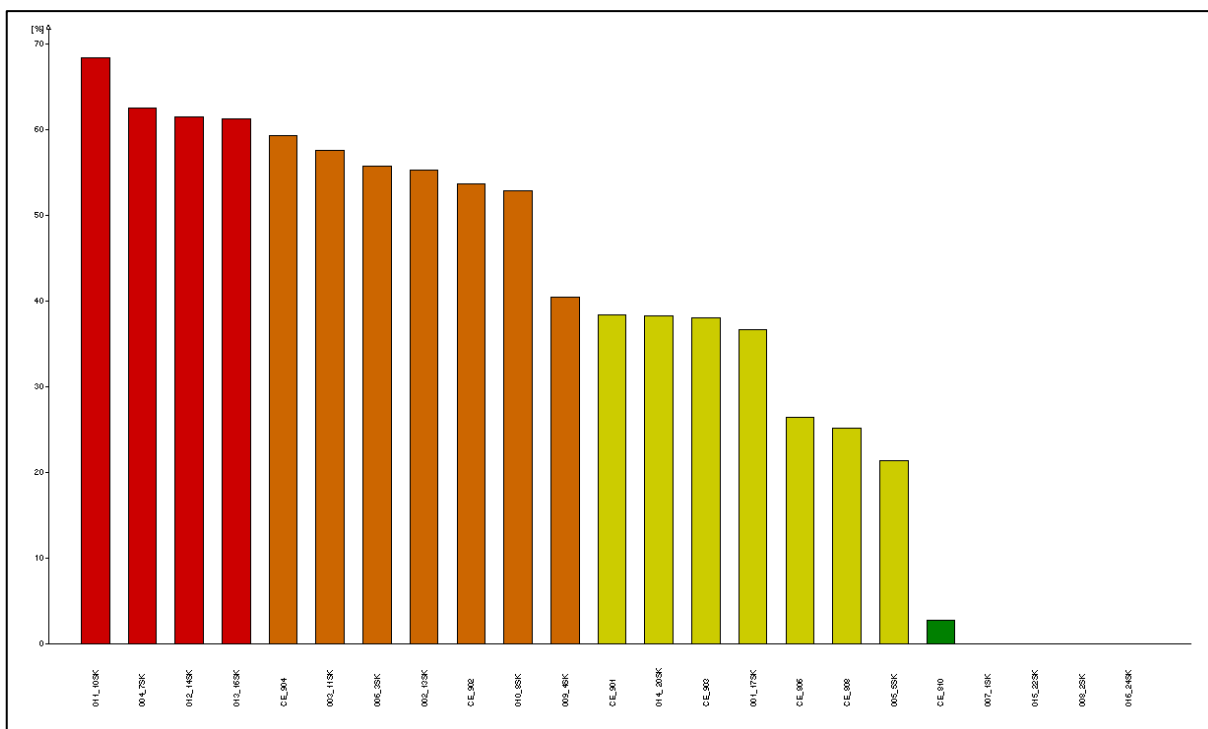


Obrázek 16: Celkové vytížení kolejí prvního scénáře během dne [%]*

Zdroj: Autor

Na obrázku 16 je zobrazeno využití kapacity jednotlivých kolejí během dne a na obrázku 17 v hodinové dopravní špičce. Srovnáním těchto obrázků vyplývá nerovnoměrné rozložení dopravy, které je zřejmé i mezi lichou a sudou kolejovou skupinou.

* Obrázek je součástí přílohy H na CD.



Obrázek 17: Celkové vytížení kolejí prvního scénáře během špičkové hodiny [%]^{*}

Zdroj: Autor

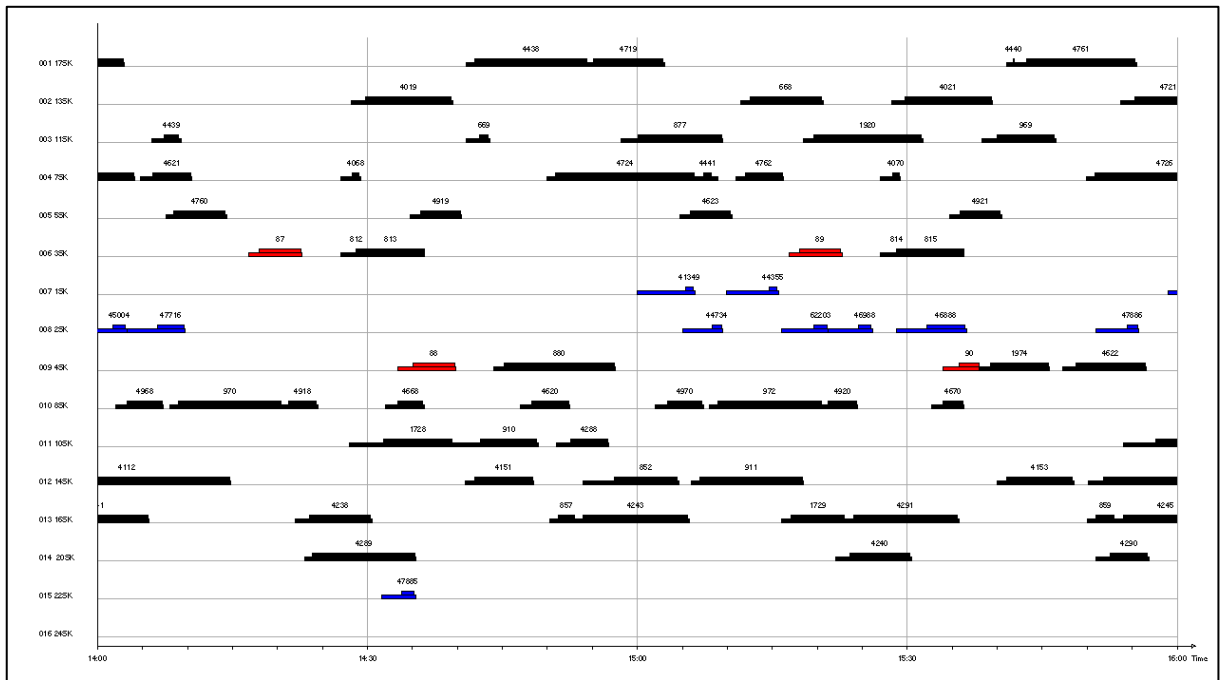
Obecně lze říci, že v daném scénáři nevzniká zpoždění, které by zásadním způsobem ovlivňovalo funkčnost daného systému. Itineráře jednotlivých vlaků jsou zpravidla vybírány podle zadaných priorit, avšak stavu, kdy vlaky dané trati a stejné kategorie odjíždí vždy ze stejného nástupiště, nebylo v průběhu celého dne dosaženo. To je dáno odlišnou skladbou dopravy v sudou a lichou hodinu a zhuštěním intervalu jednotlivých spojů ve špičkovou hodinu.

4.2 Scénář 2. – Osobní a nákladní doprava roku 2014

Rozsah vlakové dopravy v tomto scénáři odpovídá současnému rozsahu osobní a nákladní dopravy. Nákladní doprava je osobním nádražím vedena po kolejích 1SK a 2SK, resp. po kolejích 22SK a 24SK. Dopravní koleje 22SK a 24SK jsou primárně určeny k průvozu nákladních vlaků. K jejich vedení se však této stopy využívá minimálně, neboť byla simulací potvrzena premisa kolizních vlakových cest nákladní a osobní dopravy (viz kap. 2).

^{*} Obrázek je součástí přílohy H na CD. Veškeré obrázky byly získány jako výstupy ze simulace. Pro jejich zhoršenou čitelnost (*OT neumožňuje formátovat text automaticky generovaných výstupů*) jsou veškeré obrázky uloženy na CD jako jednotlivé listy OT i jako jejich Print Screen.

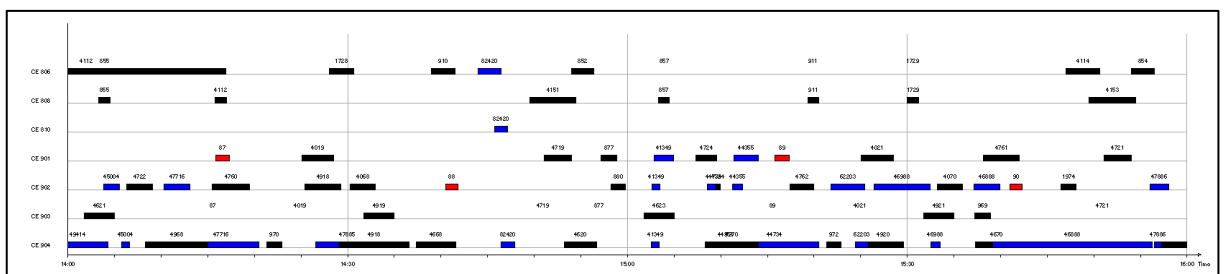
Na obrázku 18 je uvedeno obsazení staničních kolejí, které zachycuje stejné časové období dne jako obrázek 14 v případě 1. scénáře, tedy dvouhodinovou odpolední dopravní špičku od 14:00 do 16:00. Nákladní vlaky jsou zde vyznačeny modře.



Obrázek 18: Obsazení dopravních kolejí – 2. scénář[♣]

Zdroj: Autor

Z obrázku 18 je patrné nerovnoměrné rozložení počtu vlaků sudé a liché kolejové skupiny, které je možno vidět i na obrázku 19, na kterém je zachyceno obsazení šesti traťových kolejí mezi vjezdovými návěstidly obvodu Brno hl. n. a odjezdovými návěstidly odbočky Brno Židenice včetně spojovací koleje 810 mezi Židenicemi a Černovicemi. Z tohoto obrázku lze nepřímou vyčíst i množství kolizních situací, neboť prodloužení doby obsazení na traťové koleji znamená zvýšení pobytu na zastávce Černovice, snížení rychlosti nebo zastavení vlaku u některého z návěstidel.

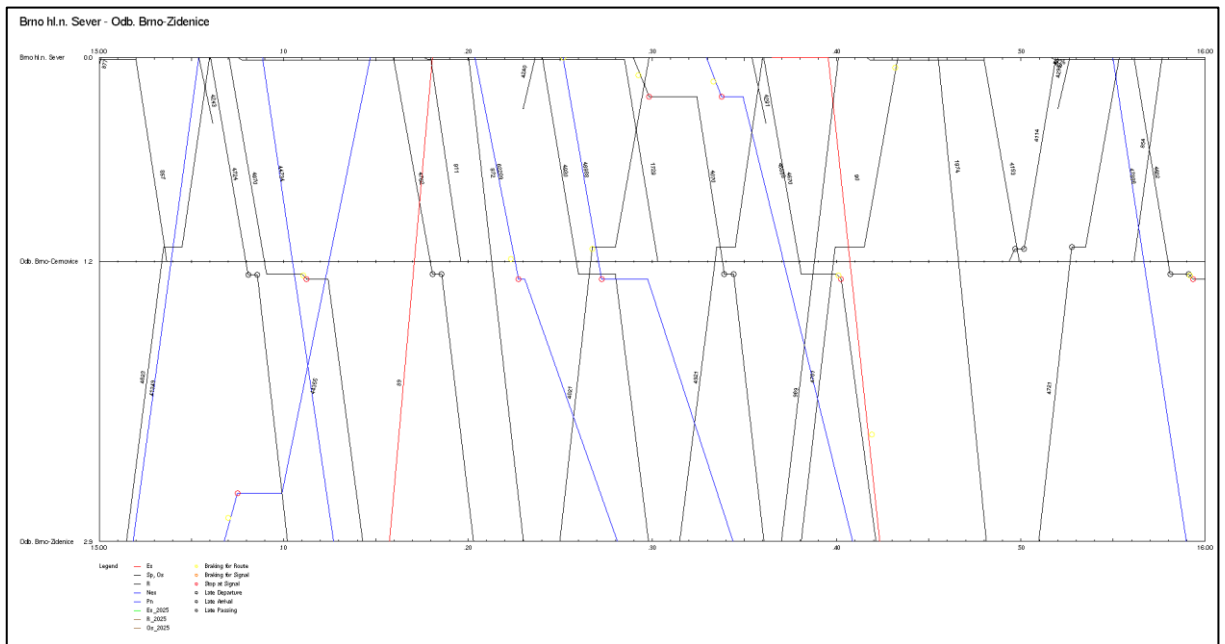


Obrázek 19: Obsazení traťových kolejí – 2. scénář[♣]

Zdroj: Autor

[♣] Obrázek je součástí přílohy I na CD.

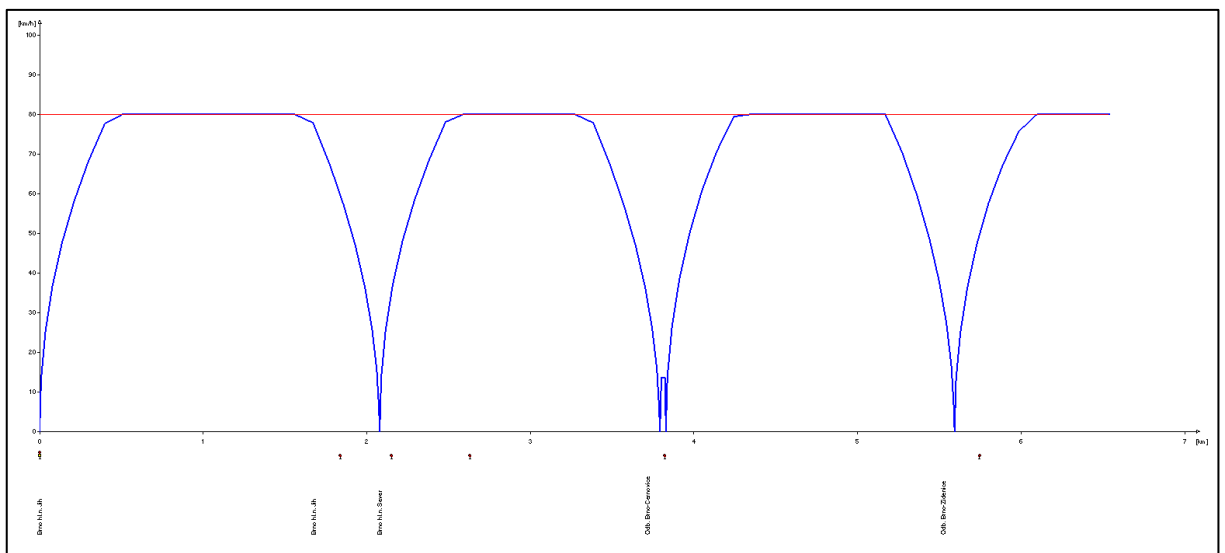
Přímo patrné jsou kolizní situace na obrázku 20, kde je zobrazen výřez NJŘ od 13:00 do 14:00. K odstranění kolizních situací je potřeba změnit časovou polohu vlaků.



Obrázek 20: Výřez NJŘ z 2. scénáře[♣]

Zdroj: Autor

Ovlivnění plynulosti jízdy osobních vlaků vlivem vedení nákladních vlaků je možno demonstrovat na příkladu vlaku 4622. Průběh jízdy tohoto vlaku je zobrazen na obrázku 21 a 22. V případě obrázku 21 je sledována závislost rychlosti na dráze. Na obrázku 22 je zobrazena závislost dráhy na čase.

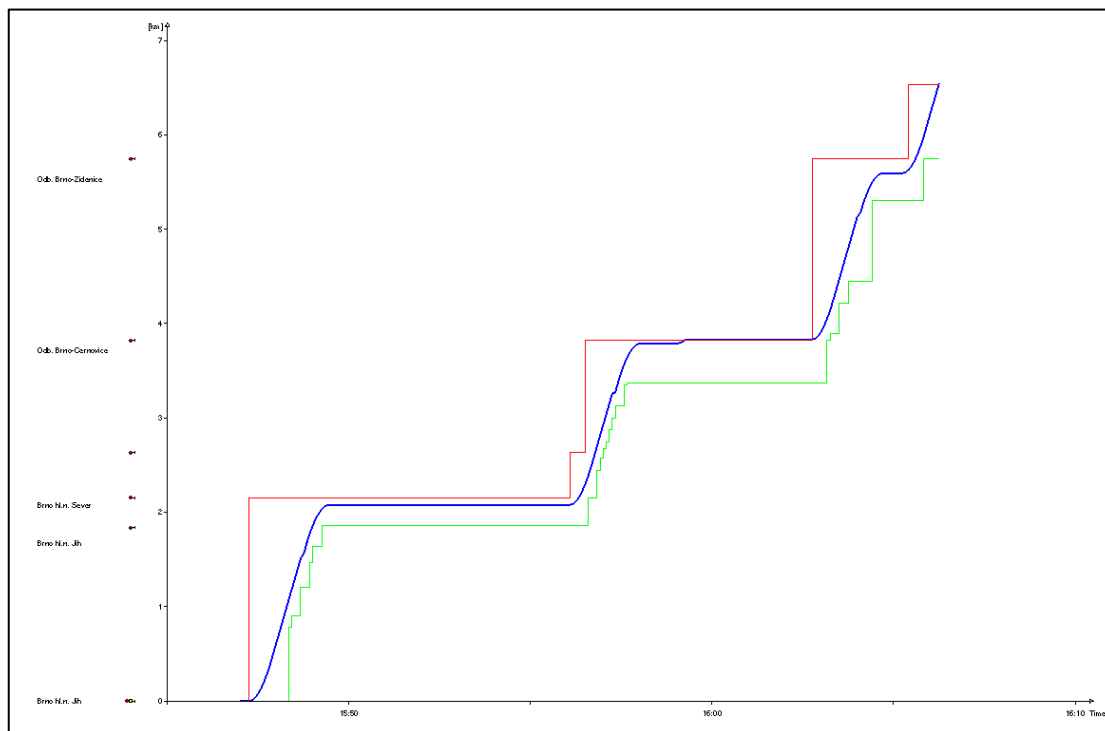


Obrázek 21: Graf závislosti rychlosti na dráze vlaku 4622 – 2. scénář[♣]

Zdroj: Autor

[♣] Obrázek je součástí přílohy I na CD.

K omezení dochází při odjezdu ze zastávky Černovice, kdy je vlaková cesta osobního vlaku 4622 obsazena předchozím nákladním vlakem 47886.



Obrázek 22: Graf závislosti dráhy na čase vlaku 4622 – 2. scénář[▲]

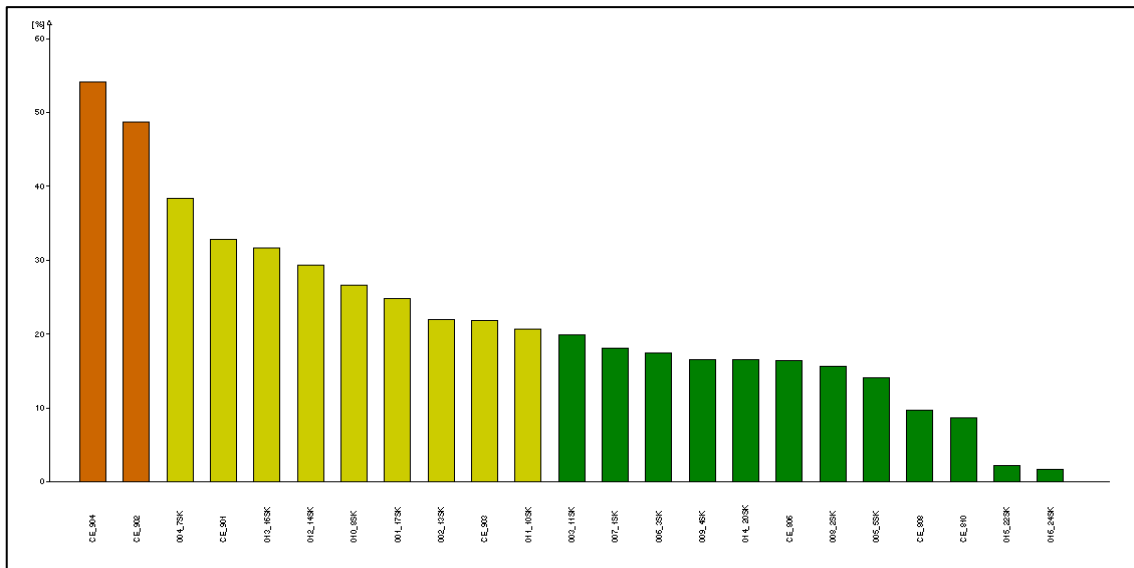
Zdroj: Autor

V rámci 2. scénáře dochází vlivem sloučení osobní a nákladní dopravy ke kolizním situacím. Vzájemné rušení způsobuje mimo jiné prodloužení jízdních dob a dob pobytů. Není výjimkou ani zastavení vlaku. Tato skutečnost má negativní dopady na kapacitu.

Obrázek 23 uvádí využití kapacity jednotlivých kolejí během dne. První dva sloupce vyjadřují kapacitu kolejí 904 a 902, ve kterých je vedena nákladní doprava. Kapacita je zde využita cca z 50 % během celodenního výpočetního období. Žlutě označené sloupce představují koleje s využitím kapacity v rozmezí od 25 - 40 %. Mezi těmito kolejemi se nachází i koleje 901 a 903. Během celodenního výpočetního období kapacita zkoumaných kolejí nedosahuje svých maximálních limitů. To je dáno nerovnoměrným rozdělením počtu vlaků během dne.

Na obrázku 24 je vyjádřena kapacita jednotlivých kolejí v rámci výpočetního období jedné špičkové hodiny. Z hlediska kodexu UIC 406 je kapacita nedostačující u kolejí 904, 902 a 7SK. U kolejí 904 a 902 je to dáno vedením nákladních vlaků, v případě koleje 7SK dobou pobytu osobních vlaků. Ta byla navýšena z důvodu doby synchronizace původní linky S4 s linkou S2. Protipólem vytížených kolejí jsou koleje 22SK a 24SK.

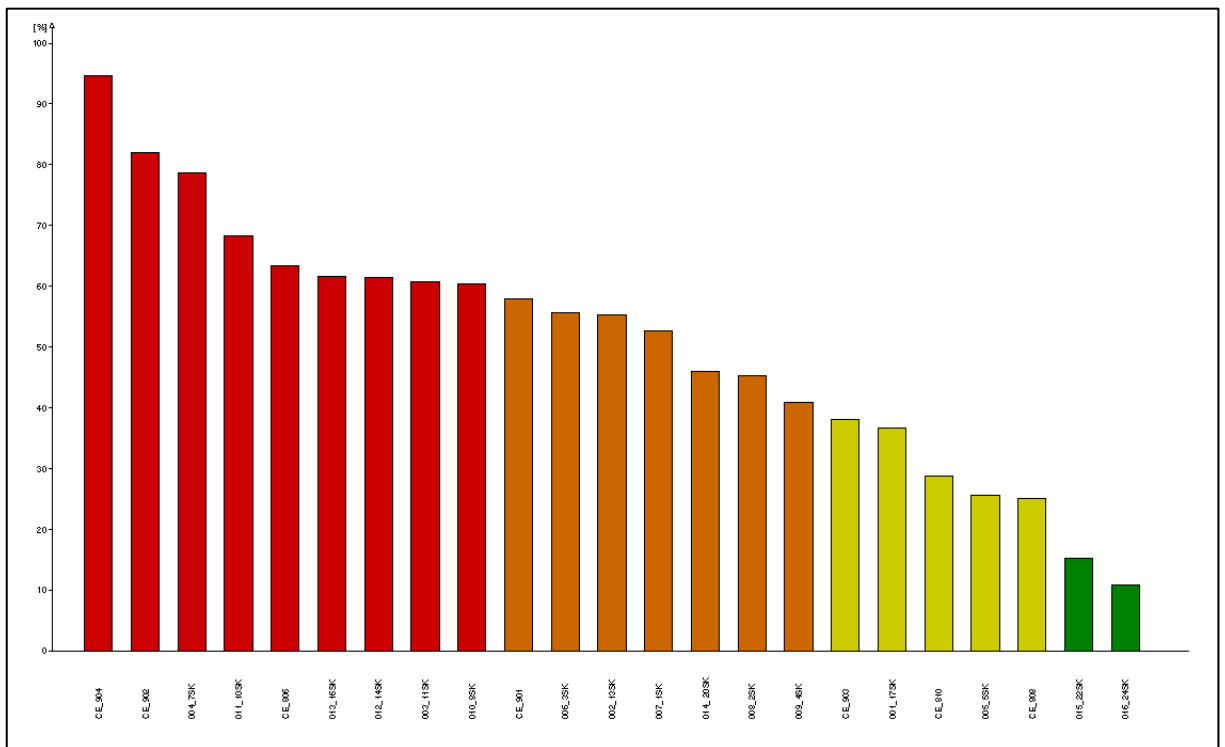
[▲] Obrázek je součástí přílohy I na CD.



Obrázek 23: Celkové vytížení kolejí druhého scénáře během dne [%] [♦]

Zdroj: Autor

V příloze I jsou uvedeny další výstupy simulace včetně vytížení jednotlivých kolejí z hlediska počtu vlaků.



Obrázek 24: Celkové vytížení kolejí druhého scénáře během špičkové hodiny [%] [♦]

Zdroj: Autor

[♦] Obrázek je součástí přílohy I na CD. Veškeré obrázky byly získány jako výstupy ze simulace. Pro jejich zhoršenou čitelnost (*OT neumožňuje formátovat text automaticky generovaných výstupů*) jsou veškeré obrázky uloženy na CD jako jednotlivé listy OT i jako jejich Print Screen.

V rámci 2. scénáře využívají osobní vlaky ve směru na Královo Pole a Adamov hojně variantní vlakové cesty po kolejích 902, resp. 904. Společné ostrovní nástupiště těchto kolejí na zastávce Brno Černovice umožňuje operativní vedení osobních vlaků těchto směrů bez nutnosti oznámení změny nástupiště a prodloužení přestupních dob. Vlivem křížení vlakových cest však dochází k prodloužení doby pobytu a vzniku zpoždění. Průměrné zpoždění v tomto scénáři činí 60 s.

4.3 Scénář 3. – výhledový rozsah dopravy pro rok 2025

Rozsah dopravy tohoto scénáře odpovídá rozsahu dopravy pro střednědobý výhled, který byl definován v dokumentu „*Výhledový rozsah dopravy v železničním uzlu Brno*“, dne 21. 3. 2013, jehož vydavatelem je odbor strategie SŽDC. Oproti současnému stavu dochází k navýšení dopravy v přepravním segmentu:

- *Ex3 Praha – Pardubice – Brno – Břeclav:*
 - takt 60' (ve špičce 30'), denní počet spojů 18 párů + 10 párů ve špičce,
 - časová poloha Břeclav X:30.
- *IC12 Brno – Olomouc:*
 - takt 60', denní počet spojů 18 párů,
 - časová poloha Brno: X:00, Olomouc X:00.
- *R12 Brno – Vyškov – Prostějov – Olomouc (Zábřeh na Moravě / Jeseník):*
 - takt 60', denní počet spojů 18 párů,
 - časová poloha Brno: X:00, Olomouc X:00.
- *R2 Brno – Letovice (Choceň):*
 - takt 120' (60' s R19), denní počet spojů 9 párů,
 - proklad s linkou R19.
- *S2 Letovice – Brno – Zastávka u Brna – (Třebíč):*
 - interval 15' je předpokládán v úseku Blansko – Zastávka u Brna,
 - denní počet spojů 62 párů (ve dvouhodinové špičce 8 párů).
- *S3 Křižanov – Tišnov – Brno – Hrušovany u Brna:*
 - interval 15' je předpokládán v úseku Hrušovany u Brna – Tišnov,
 - denní počet spojů 62 párů (ve dvouhodinové špičce 8 párů).

Odchylně od tohoto dokumentu nebyl navýšen počet nákladních vlaků a z důvodu kompatibility jednotlivých scénářů byla u přepravního segmentu R9¹ zachována současná

¹ Praha – Havlíčkův Brod – Brno

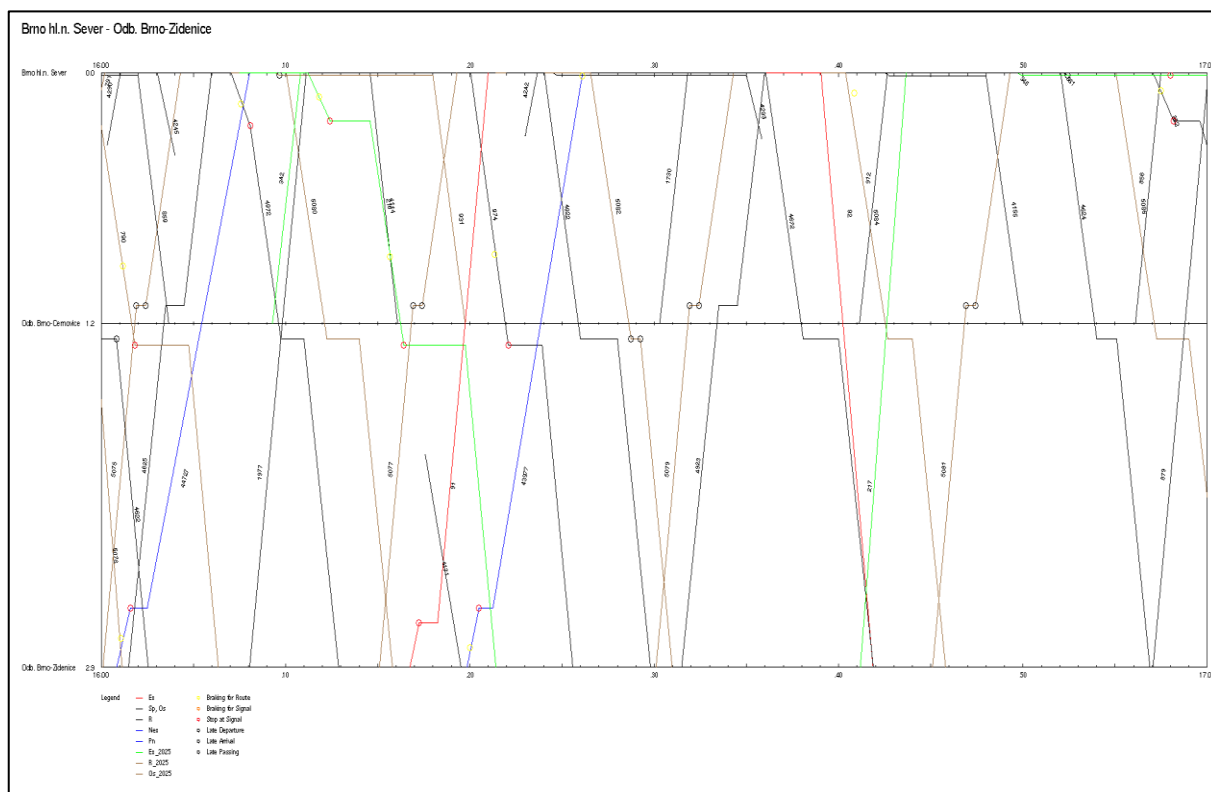
časová poloha. Jednotlivé scénáře tak mohou být generovány zadáním souhlasu k jízdě v kartě jízdního řádu s ohledem na danou číselnou řadu.

Nově jsou definovány číselné řady:

- 200 přepravního segmentu Ex3,
- 300 přepravního segmentu IC12,
- 700 přepravního segmentu R2,
- 920 přepravního segmentu R12,
- 5000 přepravního segmentu S2.

Přepravní segment S3 je dále označen stávající číselnou řadou, která byla pouze rozšířena, neboť i v současné době je ve špičkových hodinách dodržen interval 15'. Linka S2 byla přečíslována z důvodu synchronizace s linkou S4.

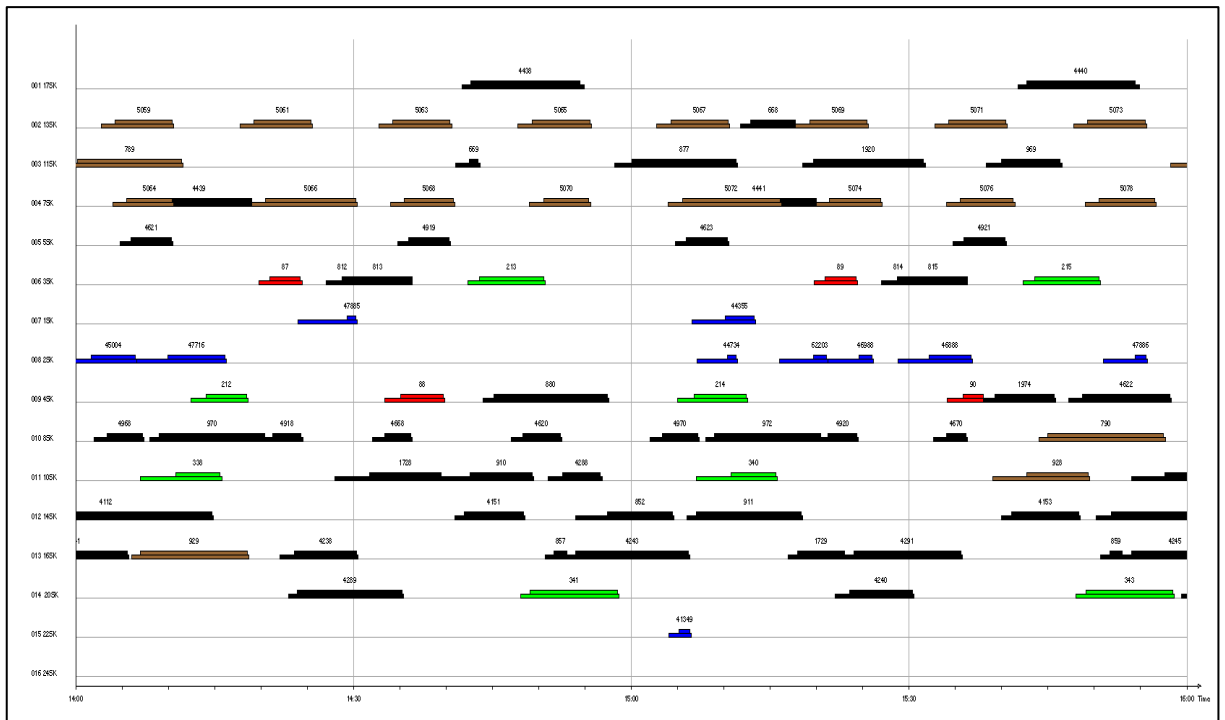
Nově vložené vlaky přepravního segmentu Ex3 a IC12 jsou v NJŘ a plánu obsazení dopravních kolejí uvedeny zelenou barvou, ostatní osobní vlaky barvou hnědou. Na obrázku 25 je uveden NJŘ tohoto scénáře od 16:00 do 17:00. Plán obsazení staničních kolejí od 14:00 do 16:00 je uveden na obrázku 26 na následující straně.



Obrázek 25: Výřez NJŘ z 3. scénáře ♥

Zdroj: Autor

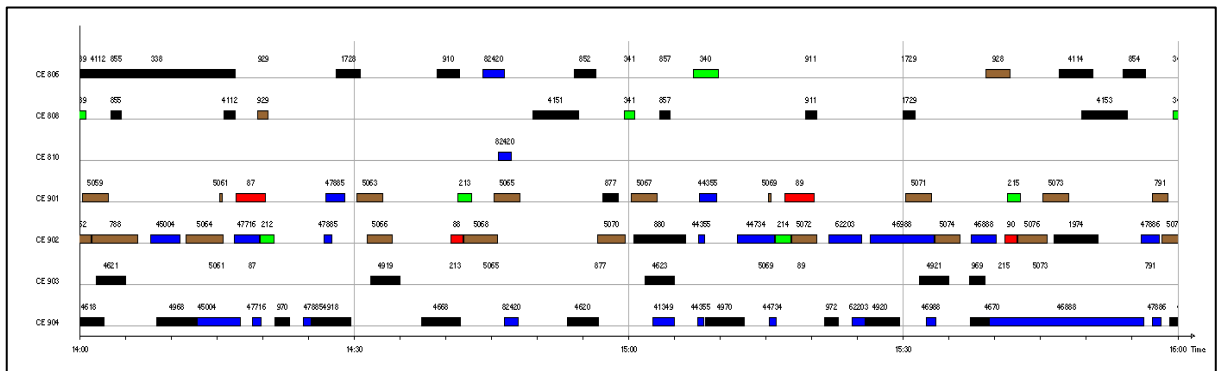
♥ Obrázek je součástí přílohy J na CD.



Obrázek 26: Obsazení dopravních kolejí 3. scénáře[♥]

Zdroj: Autor

Výskyt konfliktů je zřejmý z obrázku 26 a 27, na kterém je uvedeno obsazení kolejí v úseku Brno hlavní nádraží – Brno Židenice. Vlaky v tomto scénáři využívají variantní vlakové cesty, přičemž v časovém sledu obsazují více kolejí.

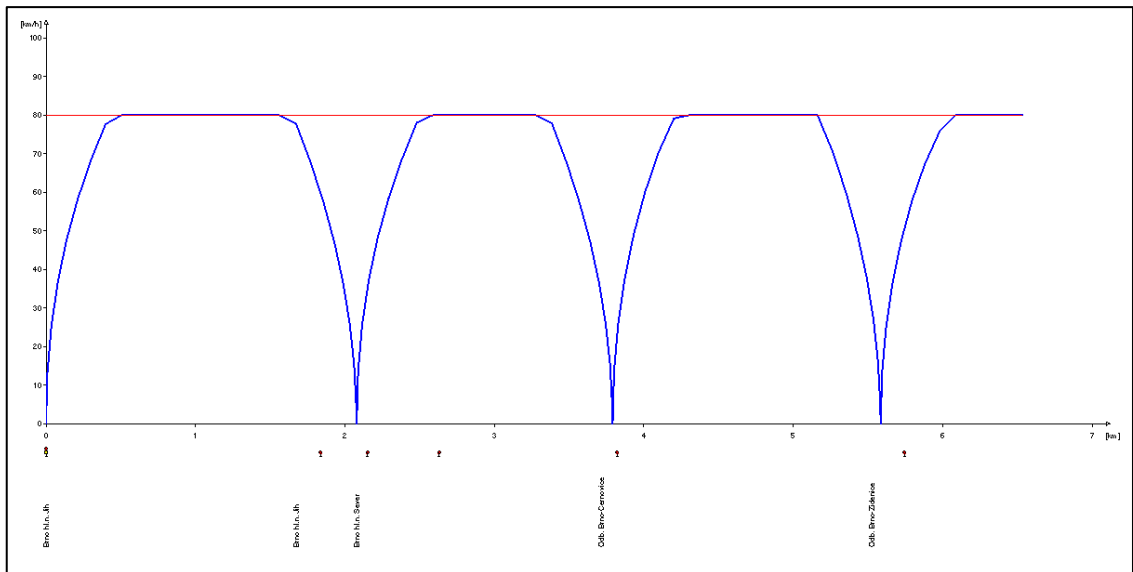


Obrázek 27: Obsazení traťových kolejí – 3. scénáře[♥]

Zdroj: Autor

Navýšení počtu osobních vlaků tak pouze umocňuje vzájemné rušení jednotlivých vlakových cest a snižuje plynulost dopravy. Do jaké výše toto navýšení dopravy ovlivňuje její plynulost lze demonstrovat na vlaku 4622. Průběh jeho jízdy je zobrazen na obrázcích 28, resp. 29.

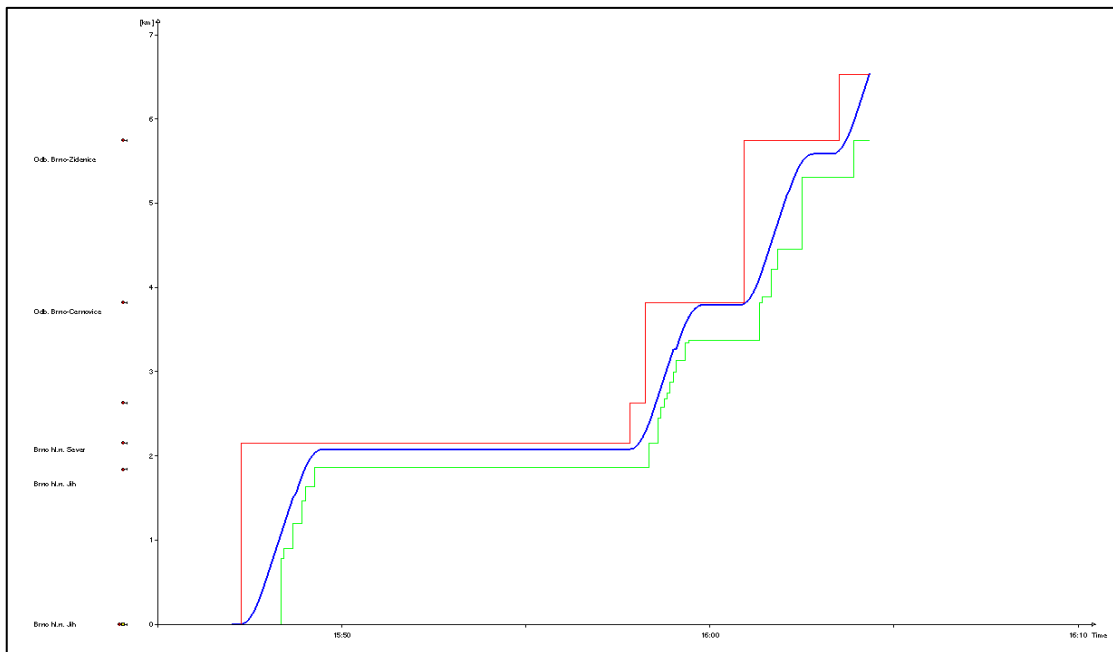
[♥] Obrázek je součástí přílohy J na CD.



Obrázek 28: Graf závislosti rychlosti na dráze vlaku 4622 – 3. scénář[♥]

Zdroj: Autor

Na první pohled z obrázku 28 vyplývá, že jízda vlaku 4622 není rušena a její průběh je plynulý (vlak zastavuje pouze pro výstup a nástup cestujících). Tohoto stavu je dosaženo za předpokladu prodloužení doby pobytu v Brně hlavním nádraží. Graf závislosti dráhy na čase je uveden na obrázku 29, ze kterého je tato skutečnost patrná (vlak 4622 je na svém odjezdu přibližně o 6 minut opožděn).

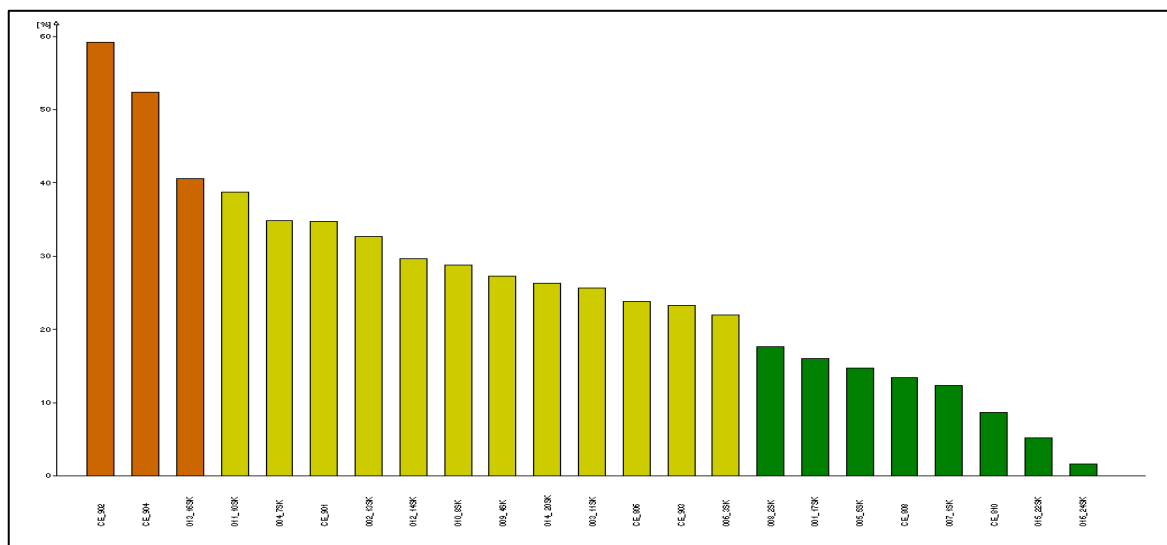


Obrázek 29: Graf závislosti dráhy na čase vlaku 4622 – 3. scénář[♥]

Zdroj: Autor

[♥] Obrázek je součástí přílohy J na CD.

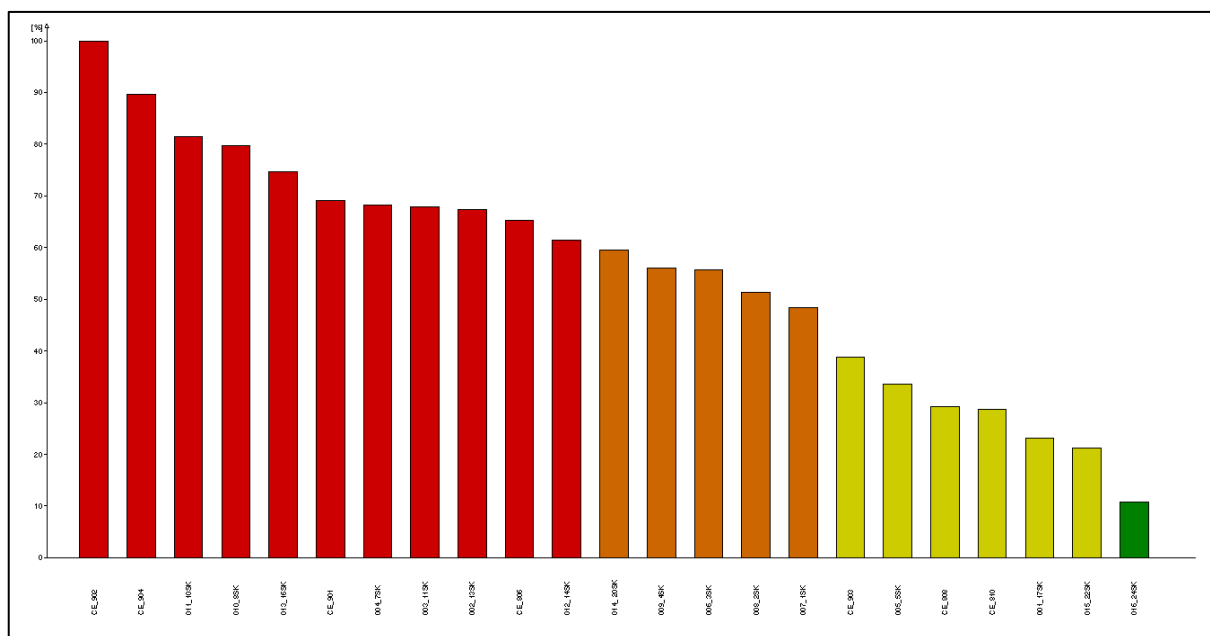
Opět i v tomto scénáři je kapacita zkoumaných kolejí dostačující pouze u výpočetního období jednoho dne, tedy 1440 min. Z obrázku 30 vyplývá, že využití kapacity dvou nejvytíženějších kolejí 902 a 904 se pohybuje v rozmezí 50 – 60 %.



Obrázek 30: Celkové vytížení kolejí třetího scénáře během dne [%]♥

Zdroj: Autor

Z hlediska špičkového vytížení je kapacita zkoumaných kolejí nedostačující. Vytížení jednotlivých kolejí pro špičkovou hodinu je uvedeno na obrázku 31.



Obrázek 31: Celkové vytížení kolejí třetího scénáře během špičkové hodiny [%]♥

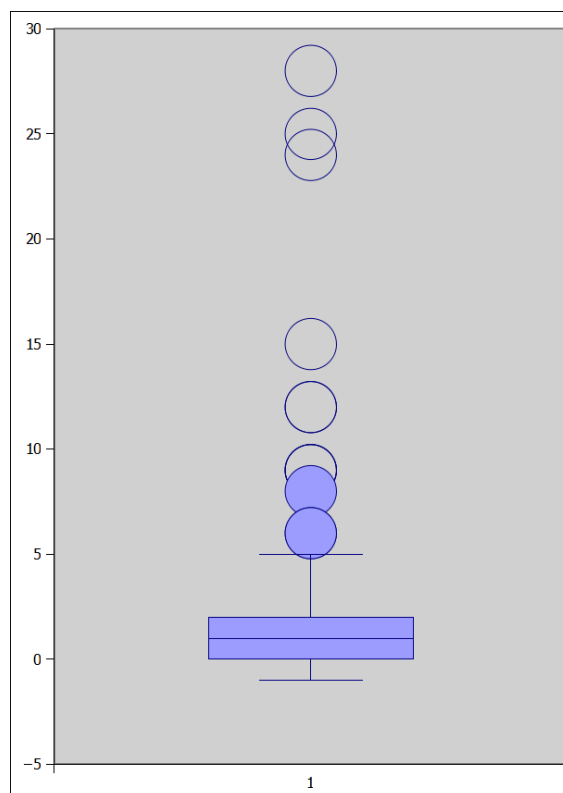
Zdroj: Autor

♥ Obrázek je součástí přílohy J na CD. Veškeré obrázky byly získány jako výstupy ze simulace. Pro jejich zhoršenou čitelnost (OT neumožňuje formátovat text automaticky generovaných výstupů) jsou veškeré obrázky uloženy na CD jako jednotlivé listy OT i jako jejich Print Screen.

Kapacita traťových kolejí 902, 904 a 901, jakožto i staničních kolejí 8SK, 10SK a 16SK je z hlediska UIC 406 nevyhovující. Z traťových kolejí ve směru Židenice má kapacitní rezervu kolej 903, ve které není vedena nákladní doprava. Kapacita traťových kolejí 808, 806 ze směru na Slatinu a spojovací koleje 810 mezi Černovicemi a Židenicemi je ve špičkovou hodinu z hlediska UIC 406 vyhovující. V příloze J na CD jsou uvedeny další výstupy 3. scénáře.

4.4 Simulace přenosu prvotního zpoždění na následné vlaky

V tomto scénáři bylo simulováno zpoždění vlaku Ex 90 ve výši 8 minut. Velikost zpoždění byla stanovena s ohledem na minimální hodnotu zpoždění, od které se toto zpoždění přenáší na následné vlaky za současného stavu DI a rozsahu dopravy (viz kapitola 1.5). Testování zpoždění metodou vnitřních hradeb prokázalo, že hodnotu zpoždění 8 minut nelze ze souboru vyloučit a tato hodnota musí být brána jako statisticky významná. Grafický výstup¹ tohoto testu je na obrázku 32. Osa y zde představuje hodnotu zpoždění.



Obrázek 32: Testování zpoždění metodou vnitřních hradeb

Zdroj: Autor

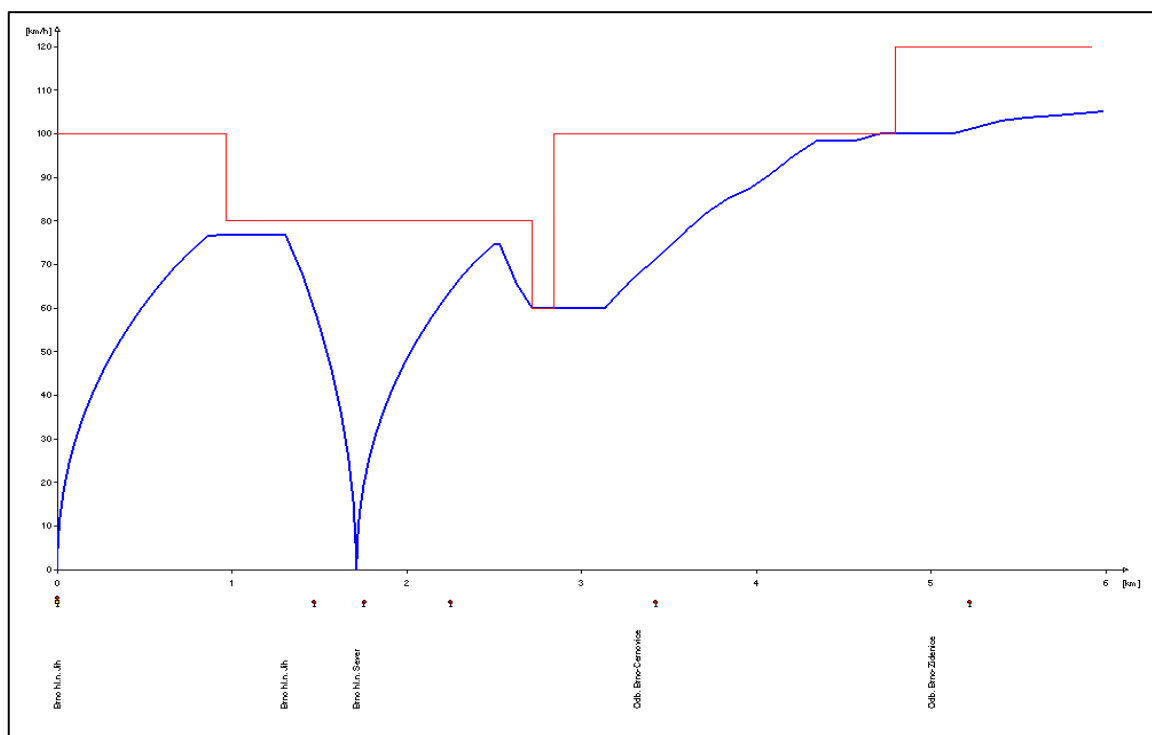
¹ Byl zpracován pomocí tabulkového editoru Gnumeric.

Pravidelný odjezd vlaku Ex 90 je z HBS v 15:39. Jeho cesta je vedena z koleje 4SK po koleji 902 a 902c do Adamova. V případě 1. scénáře není jeho trasa rušena žádným vlakem. Je-li jeho zpoždění 8 minut, pak se toto zpoždění nepřenáší na následné vlaky.

Ve všech scénářích¹ však dochází ke změně sledu vlaků Ex 90 a Sp 1974. Vlak 1974 jedoucí ve stejné trase tak ruší jízdu zpožděného vlaku Ex 90 a neumožňuje mu plně využít traťovou rychlost. Ta je navíc v úseku BHS – Brno Černovice snížena na 60 km.h⁻¹ z důvodu pojížděné variantní cesty. Osobní vlaky ve směru Tišnov jsou v případě prvního scénáře vedeny z koleje 8SK po koleji 904 a 904c do Brna Králova Pole bez konfliktu s vlakem Ex 90.

V případě druhého scénáře se zpoždění 8 minut na následné vlaky opět nepřenáší. Jízdy vlaků ve směru do Tišnova jsou však ovlivněny jízdou nákladních vlaků. Opět dochází ke změně sledu vlaků Ex 90 a Sp 1974. Průběh jízdy vlaku Ex 90 druhého scénáře je obdobný jako u prvního scénáře a je zobrazen na obrázku 33 a 34.

Na obrázku 33 je zobrazena závislost rychlosti na dráze, ze které vyplývá omezení traťové rychlosti v rámci variantní cesty a sledem vlaků Ex 90 a Sp 1974.



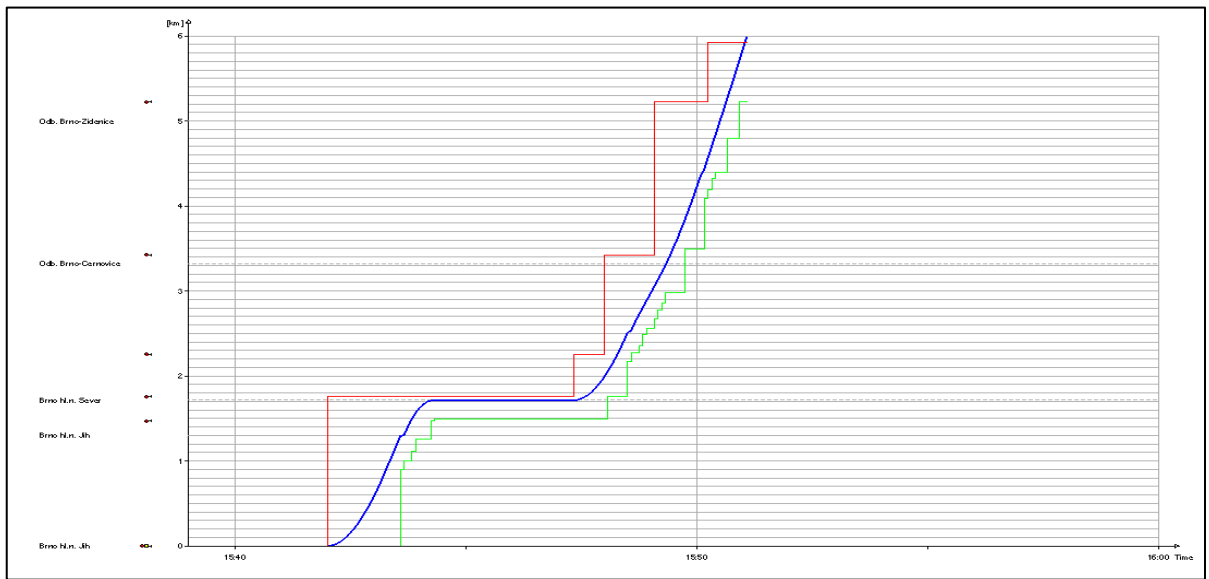
Obrázek 33: Graf závislosti rychlosti na dráze vlaku Ex 90 + 8' (1. a 2. scénář)[♦]

Zdroj: Autor

¹ Označení scénářů odpovídá stanovenému rozsahu dopravy.

[♦] Obrázek je součástí přílohy K na CD.

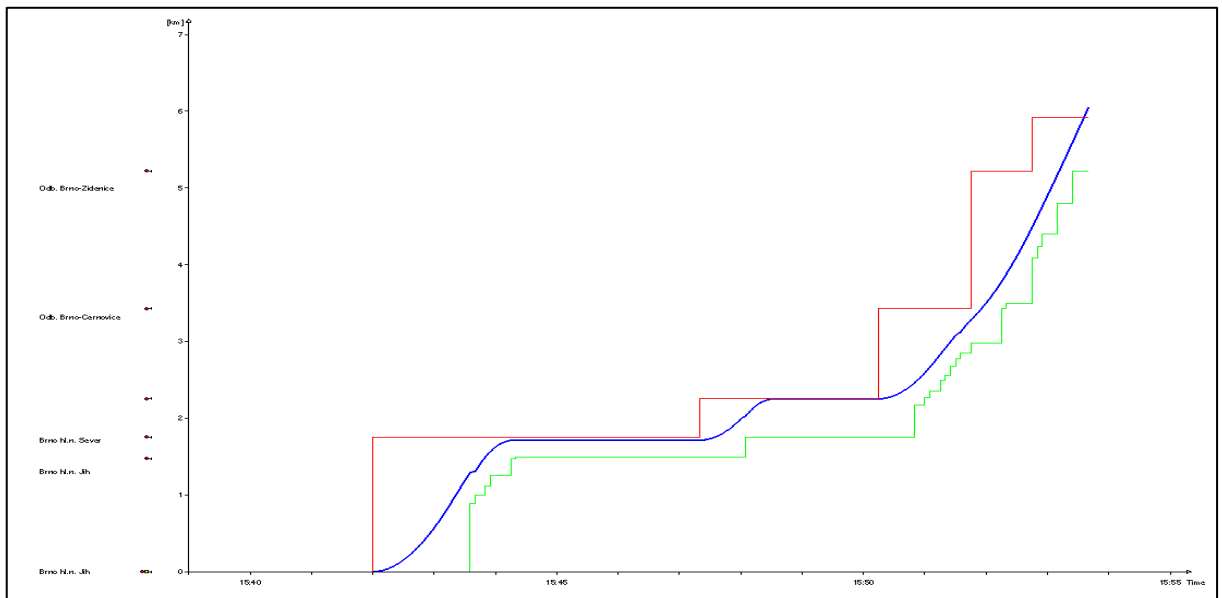
Na obrázku 34 je zobrazena závislost dráhy na čase. Rychlost jízdy včetně plynulosti je omezena, k zastavení však nedojde.



Obrázek 34: Graf závislosti dráhy na čase vlaku 90 + 8' (1. a 2. scénář)♦

Zdroj: Autor

Na obrázku 35 je uveden graf závislosti dráhy na čase platný pro simulaci s rozsahem dopravy, který odpovídá třetímu scénáři a v jehož rámci bylo opět simulováno prvotní zpoždění 8 min vlaku Ex 90.



Obrázek 35: Graf závislosti dráhy na čase vlaku 90 + 8' (3. scénář)♦

Zdroj: Autor

♦ Obrázek je součástí přílohy K na CD. Veškeré obrázky byly získány jako výstupy ze simulace. Pro jejich zhoršenou čitelnost (*OT neumožňuje formátovat text automaticky generovaných výstupů*) jsou veškeré obrázky uloženy na CD jako jednotlivé listy OT i jako jejich Print Screen.

Ze simulace vyplývá, že prvotní zpoždění vlaku Ex 90 nemá přímý vliv na přenos zpoždění na následné vlaky. Prvotní zpoždění ovšem není eliminováno a vlak Ex 90, který nejede ve své pravidelné stopě, prodlužuje jízdní doby. Prvotní zpoždění je navýšeno o dobu pobytu u cestového návěstidla po zastavení, ke kterému dochází ve třetím scénáři, jak demonstruje obrázek 35. K přenosu zpoždění dochází především kvůli vedení nákladní dopravy, které je realizováno do, resp. z Brna Maloměřic pouze po traťových kolejích 901, 902 a 904. Variantní cesty nákladních vlaků jsou tak s ohledem na osobní dopravu v traťovém úseku značně omezeny. V případě osobních vlaků jsou variantní cesty vlaků omezeny z hlediska polohy nástupiště, resp. nutnosti přestupu. V příloze K na CD jsou uvedeny další výstupy ze simulace přenosu zpoždění.

5 ZHODNOCENÍ DOPRAVNÍHO PROVOZU, SIMULACE A PROVOZNÍCH SCÉNÁŘŮ

Dopravní model, na kterém byly provedeny simulace, odpovídá návrhu varianty odsunutého nádraží v rámci přestavby ŽUB z roku 2009. (11) S ohledem na rozsah dopravy je simulace rozdělena do následujících scénářů:

- 1. scénář zahrnuje současný rozsah osobní dopravy (rok 2014),
- 2. scénář zahrnuje současný rozsah osobní a nákladní dopravy (rok 2014),
- 3. scénář zahrnuje výhledový rozsah osobní dopravy (rok 2025) a současný rozsah nákladní dopravy (rok 2014).

Jednotlivé scénáře na sebe navazují. Pomocí nastavení souhlasu jízdy při definování JŘ lze zvolit požadovaný rozsah dopravy. Z toho důvodu jsou konflikty řešeny převážně formou změny trasy vlaků (v obvodu severního zhlaví osobního nádraží a brněnského zhlaví v obvodu odb. Brno Židenice) než časovým posunem odjezdů a příjezdů spojů. Tento přístup byl volen s ohledem na síťové vazby systematického JŘ a dobu synchronizace, jakožto hlavní atribut, který ovlivňuje variabilitu časové polohy spoje. Interakci dopravního provozu a dopravní infrastruktury lze v rámci jednotlivých scénářů shrnout do následujících bodů:

- o v rámci 1. scénáře je kapacita ŽUB vyhovující, a to jak v případě celodenní výpočetní doby, tak v případě dopravní špičky,
- o v případě 2. scénáře je kapacita dostačující pouze při výpočetní době 1440 minut,
- o v případě 3. scénáře je kapacita nedostačující z hlediska výpočetního období dopravní špičky. V případě celodenního výpočetního období se kapacita koleje 902 pohybuje na své horní hranici přípustného využití.

V rámci společného vedení vlaků nákladní a osobní dopravy vznikají kolizní situace, snižuje se plynulost dopravy a zvyšuje se zpoždění vlaků, viz kapitola 4.2 a 4.3. Nejvytíženějšími kolejemi jsou díky vedení nákladní dopravy traťové koleje 902 a 904. Přenos prvotního zpoždění na následné vlaky není u osobních vlaků limitující. Zásadní význam pro kvalitu dopravního provozu, jak vyplývá z kapitol 4.2 a 4.3, má však vedení vlaků nákladních. V kapitole 4.4 byla napříč všemi scénáři provedena simulace přenosu prvotního zpoždění o velikosti 8 min, neboť i za současného stavu je velikost tohoto zpoždění na následné vlaky přenášena, což dokládá i kapitola 1.5.

Následující tabulka 12 uvádí přehled využití kapacity severně zaústěných traťových kolejí. V tabulce jsou uvedeny 3 sloupce odpovídající jednotlivým provozním scénářům. Tyto sloupce jsou dále děleny podle zvoleného výpočetního období (celodenní, špičkové hodiny).

Tabulka 12: Kapacita traťových kolejí jednotlivých scénářů

K [%]		1. scénář		2. scénář		3. scénář	
Čas		1440 [min]	60 [min]	1440 [min]	60 [min]	1440 [min]	60 [min]
Traťová kolej	903	25	40	25	40	28	43
	901	25	40	35	59	37	70
	902	28	58	50	82	60	100
	904	30	60	55	95	53	90
	806	17	30	20	63	25	68
	808	15	30	17	25	20	33
	810	3	5	10	30	13	33

Zdroj: Autor

Z tabulky vyplývá, že rozsah dopravní infrastruktury není ve vztahu k plánovanému rozsahu dopravy dostačující. Předpisem D24 je kapacita limitována ukazatelem stupně obsazení, který nesmí přesáhnout hodnotu 0,67. Maximální hodnota koeficientu využití praktické propustnosti dle tohoto předpisu stanovena není. Podle metodiky UIC 406 však nesmí přesáhnout hodnotu 60 % v případě celodenního výpočetního období nebo 75 % v případě hodinového výpočetního období. Simulace prokázaly, že pro zachování plynulosti dopravy je nutná segregace osobní a nákladní dopravy například pomocí mimoúrovňového vedení. Nebude-li to z finančních důvodů možné, pak ze simulací vyplývá nutnost vybudování kolejové spojky v kolejích 901 a 903, která umožní přechod vlaků z ŽST Brno Maloměřice do obou traťových kolejí liché kolejové skupiny. Zvýšení kapacity lze bez stavebních úprav docílit např. zvýšením kapacity souprav a v případě staničních kolejí snížením doby pobytu. V rámci provozně-organizačních úprav se nabízí změna časové polohy spojů nebo trasování tranzitních nákladních vlaků, které nevyžadují pobyt v ŽST Brno Maloměřice.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo vytvořit dopravní model a na jeho základě ověřit, zda pro výhledový rozsah provozu je plánovaná infrastruktura dostačující.

Dopravní model byl navržen podle studie odsunutě polohy z roku 2009. Vytvořený model dopravní infrastruktury byl rozdělen do čtyř částí (obvodu jižního zhlaví, osobního nádraží včetně severního zhlaví, odbočky Černovice a odbočky Židenice). V rámci práce byly zkoumány vztahy mezi dopravní infrastrukturou a dopravním provozem ve všech částech dopravního modelu vyjma jižního zhlaví, které bylo pro účely práce zjednodušeno.

V rámci posouzení kvality dopravního provozu byly vytvořeny tři provozní scénáře s ohledem na rozdílný rozsah dopravy. V 1. scénáři byl zohledněn současný rozsah osobní dopravy. Ve 2. scénáři bylo zohledněno společné vedení osobní a nákladní dopravy dle rozsahu, který odpovídá současnému stavu (rok 2014). V rámci 3. scénáře byl simulován provoz s rozsahem osobní dopravy v roce 2025 a nákladní dopravy v roce 2014. Dále bylo v jednotlivých scénářích simulováno zpoždění osobních vlaků a sledována výše přenosu prvotního zpoždění na následné vlaky. JŘ, resp. časy odjezdů byly v maximální možné míře voleny s ohledem na současnou časovou polohu jednotlivých spojů a doby synchronizace. Konflikty byly primárně řešeny v rámci variantních cest.

Z výstupů jednotlivých simulací vyplývá, že kvalita dopravního provozu bude v případě realizace odsunutě polohy závislá na vedení nákladní dopravy, především na četnosti vlakových spojů a jejich zpoždění. Sloučením nákladní a osobní dopravy vzniká řada kolizních míst. Ta jsou nejvíce citelná v obvodu brněnského zhlaví odb. Brno Židenice a severního zhlaví obvodu osobního nádraží. Sloučení nákladní a osobní dopravy je z hlediska kvality dopravního provozu za stanoveného rozsahu dopravy nepřipustné. Navržená infrastruktura je proto nedostačující.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- (1) SŽDC D24 *Předpis pro zjišťování kapacity železničních tratí*, SŽDC s. o., 37s, účinností od 1. 7. 2004
- (2) *Pokyny pro výkon dopravní služby ŽST Brno hl. n. pro GVD 2012/13*, SŽDC, 273s, číslo jednací: 23956/2012-OŘ/PO BNO
- (3) 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
- (4) *Knižní jízdní řád 2013*, SŽDC s. o., 816s. platný od 9. 12. 2012 do 14. 12. 2013
- (5) BULÍČEK, J. – MOJŽÍŠ, V. – MOLKOVÁ, T. – a kol. *Modelování technologických procesů v dopravě*. Tiskařské středisko Univerzity Pardubice, 2011. 223s. ISBN 978-80-7395-442-0
- (6) KRÝŽE, P. – AMCHA, R. – VESELÝ, P. *Nová metodika výpočtu propustnosti mezistaničního úseku s odbočkou*. Perner's Contacts, č. V., roč. třetí. [online]. c2013 [cit. 2013-10-09].
Dostupné z <http://pernerscontacts.upce.cz/12_2008/kryze.pdf>
- (7) *SŘ ŽST Brno hlavní nádraží, Příloha 5A – Doplnující ustanovení předpisu pro obsluhu zabezpečovacího zařízení*. [online]. c2013 [cit. 2013-12-09].
Dostupné z <<http://provoz.szdc.cz/portal/ViewArticle.aspx?oid=140567>>
- (8) SOUČEK, E. *Základy pravděpodobnosti a statistiky*. Skripta Univerzita Pardubice, 2004, ISBN80-7194-611-7
- (9) VONKA, J. – MOLKOVÁ, T. – ŠIROKÝ, J. *Technologie a řízení dopravy II - GVD*. DFJP, Skripta Univerzity Pardubice, 2000
- (10) BULÍČEK, J. *Osobní konzultace k SW MS Excel*, Pardubice, 28. 2. 2014
- (11) *Interní materiály společnosti SUDOP*
- (12) HUERLIMANN, D. – NASH, A. *Simulation of Railway Networks OpenTrack*, Institute for Transport Planning and Systems, Zurich, 2003. 130s.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A	Fotodokumentace	
Příloha B	Dílčí doby obsazení	
Příloha C	Propustnost severního zhlaví	
Příloha D	Přehled vozového parku	
Příloha E	Současný rozsah vlakové dopravy	
Příloha F	Simulace zpoždění	(CD)
Příloha G	Dopravní model	(CD)
Příloha H	Provozní scénář I. simulace	(CD)
Příloha I	Provozní scénář II. simulace	(CD)
Příloha J	Provozní scénář III. simulace	(CD)
Příloha K	Simulace přenosu zpoždění	(CD)

PŘÍLOHY

PŘÍLOHA A – FOTODOKUMENTACE

<p style="text-align: center;"><i>Východ z odbavovací haly a I. nástupiště</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Klady/zápory</i></p> <ul style="list-style-type: none"> + stejná výška pochozích ploch, + akustické vedení pomocí AOM, - malá průchozí šířka, - jediný bezbariérový přístup, - kolizní bod proudů cestujících - četný výskyt osob vzbuzující odpor.
<p style="text-align: center;"><i>Hlavní vchod do odbavovací haly</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Klady/zápory</i></p> <ul style="list-style-type: none"> + reprezentativní budova, + mimoúrovňový přístup k zastávkám tramvají podchodem od nástupiště (úrovňově z I. nástupiště) - mimoúrovňový přístup do odbavovací haly (schody), - zábradlí u zastávek působí jako bariéra, ne jako ochranný prvek.

Pohled ze vstupní části odbavovací haly na info. odjezdové tabule	Klady/zápory
	<ul style="list-style-type: none"> + velké odjezdové informační tabule (doplňkové informace na digitálních tabulích), + po obou stranách logické uspořádání pokladních přepážek, + piktogramy, - bezbariérově přístupná pokladna a informace pouze v klidové části haly v ČD Centru, - omezená kapacita, - bezbariérový přístup k nástupištím, noční pokladně a sociálním zařízením pouze výtahem.
Pohled ze severní části IV. nástupiště	Klady/zápory
	<ul style="list-style-type: none"> - nástupiště situováno ve dvojici protisměrných oblouků; - malá výška nástupiště nad temenem kolejnice, - bezbariérový přístup pouze výtahem, - povrch nástupiště viditelně poškozen, - varovný pás s optickým značením žlutým pruhem bez hmatně kontrastní vodící linie.

<i>Pohled na IV. nástupiště</i>	<i>Klady/zápory</i>
	<ul style="list-style-type: none"> + nástupiště členěno do sektorů, + tříjazyčná mutace popisu nástupiště, + akustický maják, - označovače jízdenek IDS JMK umístěny pouze v severní části (cestujícím neakceptována přístupová cesta), - chybějící hmatové prvky na ploše nástupiště, - špatný barevný kontrast varovného pásu, - špatný stav pochozí plochy nástupiště.

PŘÍLOHA B – DÍLČÍ DOBY OBSAZENÍ

Dílčí čas obsazení vjíždějícího vlaku se skládá ze složky statických operací, které jsou potřebné na přípravu nebo zrušení vlakové cesty, a složky dynamické. Ta vyjadřuje čas, za který vlak ujede vzdálenost rovnou rozdílu km polohy předvěsti vjezdového návěstidla a v případě Brna hl. n. km polohy izolované kolejnice navýšené o pojistnou vzdálenost a dohlednost. Jedná se tedy o dílčí doby p a j_2 provozního intervalu I_{OV} .

Při výpočtu je zohledněna skutečnost, že v celém obvodu ŽST Brno hl. n. je nejvyšší dovolená rychlost stanovena na 30 km/h. Traťová rychlost činí 80 km/h. Výpočet je proveden pro vzorové soupravy, jejichž délky, zrychlení a brzdné zpomalení jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka přílohy B: Zrychlení a brzdné zpomalení vybraných souprav

SOUPRAVA	a_{0-50}	l_{vl}
242 + 4xBdmtee (cca 235t)	0,699	123
380 + 5xB (cca 225t)	0,653	150
1216 + 6xBmz (cca 340t)	0,48	173
362 + 5xB (cca 225t)	0,608	150
ZPOMALENÍ		
Os, R, Ex	0,55	---
Mn	0,3	---

Zdroj: SŽDC s. o.

Zanedbáme-li reakci, dobu přípravy a náběh brzdy, pak za předpokladu, že brzdění probíhá s konstantní hodnotou brzdného zpomalení, můžeme brzdnou dráhu určit z obecného vztahu pro rovnoměrně zrychlený pohyb. Čas pak získáme prostým vyjádřením z tohoto obecného vztahu:

$$l_b = \frac{1}{2} |a_t| \cdot t^2 = \frac{1}{2} \frac{(v_0 - v_1)^2}{|a_b|} \quad [\text{m}]$$

$$t = \sqrt{2 \cdot \frac{l_b}{|a|}} \quad [\text{s}]$$

kde: l_b brzdná dráha [m],
 a_b zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$],
 t čas [s],
 v_0 počáteční rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$],
 v_1 konečná rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$].

PŘÍLOHA B

Brzdná dráha osobního vlaku z rychlosti 80 km/h na rychlost 30 km/h činí přibližně 176 m. Tuto dráhu vlak ujede přibližně za 26 s. V případě nákladního vlaku činí tato brzdná dráha 322 m, kterou ujede za 47 s. Dynamické složky vjíždějícího vlaku jsou uvedeny v následující tabulce jako podíl dráhy a rychlosti, respektující změny rychlostí na pojížděném úseku. Zaokrouhlení je provedeno na setiny minuty.

Tabulka přílohy B: Dynamická složka doby obsazení severního zhlaví vjíždějícím vlakem [min]

	L1-PřS	L2-PřS	L3-PřS	L4-PřS	Lc5-PřS	Lc6-PřS
242 + 4xBdmtee (cca 235t)	2,30	2,30	2,35	2,35	2,35	2,35
362 + 3xBdt (cca 225t)	2,25	2,25	2,30	2,30	2,30	2,30
380 + 5 B (cca 225t)	2,35	2,35	2,40	2,40	2,40	2,40
1216 + 6xBmz(cca 340t)	2,40	2,40	2,45	2,45	2,45	2,45
362 + 5xB (cca 225t)	2,35	2,35	2,40	2,40	2,40	2,40
Mn	3,00	3,00	3,05	3,05	3,05	3,05

Zdroj: Autor

Dynamická složka doby obsazení severního zhlaví soupravou osobního vlaku činí v nejnejpříznivějším případě 2,45 minuty, v nejpříznivějším případě 2,25 minuty a v průměru 2,40 minuty. Dynamická složka doby obsazení pro nákladní vlak činí přibližně 3 minuty.

V případě jižního zhlaví je postup výpočtu dynamické složky obdobný s tím rozdílem, že vlak jede konstantní rychlostí už od předvěsti, neboť tuto funkci zde plní vjezdová návěstidla. Funkci vjezdových návěstidel obvodu osobního nádraží plní cestová návěstidla obvodu přednádraží. Jelikož polohy vjezdových návěstidel nejsou totožné, jsou dynamické složky vjíždějících vlaků uvedeny v tabulce pomocí maticové formy opět jako podíl dráhy a rychlosti.

Tabulka přílohy B: Dynamická složka doby obsazení jižního zhlaví vjíždějícím vlakem [min]

		Sc 1	Sc 2	Sc 3	Sc 4	Sc 5	Sc 6
242 + 4xBdmtee (cca 235t)	1L	3,10	3,10	3,10	3,15	3,20	3,20
	2L	3,10	3,10	3,10	3,15	3,20	3,20
	3L	3,10	3,10	3,10	3,15	3,20	3,20
	CHL	3,45	3,45	3,40	3,50	3,55	3,55
	VL	3,45	3,45	3,40	3,50	3,55	3,55
380 + 5xB(cca 225t)	1L	3,15	3,15	3,15	3,20	3,25	3,25
	2L	3,15	3,15	3,15	3,20	3,25	3,25
	3L	3,15	3,15	3,15	3,20	3,25	3,25
	CHL	3,50	3,50	3,50	3,55	3,60	3,60
	VL	3,50	3,50	3,50	3,55	3,60	3,60

Zdroj: Autor

PŘÍLOHA B

Tabulka přílohy B: Dynamická složka doby obsazení jižního zhlaví vjíždějícím vlakem [min]

		Sc 1	Sc 2	Sc 3	Sc 4	Sc 5	Sc 6
1216 + 6xBmz(cca 340t)	1L	3,20	3,20	3,20	3,25	3,30	3,30
	2L	3,20	3,20	3,20	3,25	3,30	3,30
	3L	3,20	3,20	3,20	3,25	3,30	3,30
	CHL	3,55	3,55	3,50	3,60	3,65	3,65
	VL	3,55	3,55	3,50	3,60	3,65	3,65
362 + 5xB (cca 225t)	1L	3,15	3,15	3,15	3,20	3,25	3,25
	2L	3,15	3,15	3,15	3,20	3,25	3,25
	3L	3,15	3,15	3,15	3,20	3,25	3,25
	CHL	3,50	3,50	3,50	3,55	3,60	3,60
	VL	3,50	3,50	3,50	3,55	3,60	3,60

Zdroj: Autor

V tabulce není obsažena souprava Mn vlaku, neboť pravidelná jízda nákladního vlaku není z jižního směru přes ŽST Brno hl. n. v GVD 2012/2013 plánována. Z tabulky obsazení jižního zhlaví vyplývá, že nejnejpříznivější hodnota dynamické složky ze směru od Heršpic činí 3,30 minuty, nejvýhodnější hodnota pak 3,10 minuty. Ze směru od Chrlic a Černovic činí tyto hodnoty 3,60 a 3,50 minuty.

Po přičtení statické složky činí dílčí čas obsazení severního zhlaví 3,5 minuty. V případě jižního zhlaví je nutno rozlišit, zda vlaky jedou od Heršpic nebo Chrlic a Černovic. Jedou-li od Heršpic, pak je dílčí čas obsazení jižního zhlaví roven 4,5 minutám. V opačném případě se dílčí čas obsazení nachází v intervalu $j_2 \in \langle 4,5; 5 \rangle$ minut.

Příklady technologických časů dílčích dob obsazení jsou uvedeny dále. Jedinou proměnnou jsou zde dynamické složky těchto dílčích časů.

PŘÍLOHA B

Dílčí doba obsazení dopravní koleje vjíždějícím vlakem ze severu

P.č.	Úkon	Provádí	t _{obs}	T _{obs}																				
				0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5
1	Telefonický pokyn přípravy VC	výpravčí	0,25	■																				
2	Obsluha ŘP v DK:																							
	<i>přeložení posuvného knoflíku</i>	výpravčí	0,05	■																				
	<i>přeložení kličky kolejového závěrníku</i>	výpravčí	0,05	■																				
	<i>uvolnění návěstní vložky na SP</i>		0,1																					
	<i>obsluha zvonku</i>		0,05			■																		
3	Obsluha závislého SP na St:																							
	<i>kontrola koleje v kolejovém číselníku + obsluha zvonku</i>	signalista	0,05																					
	<i>přestavení výhybek do příslušné polohy</i>		0,2																					
	<i>kontrola volnosti VC + uzavření závěru výměn</i>		0,1																					
	<i>postavení hlavního návěstidla + předvěsti</i>		0,05																					
4	Jízda vlaku (dynamická složka)	---	2,45																					
Σ	---	---	3,5	■																				

Zdroj: Autor

PŘÍLOHA B

Dílčí doba obsazení dopravní koleje vjíždějícím vlakem z Chrlic nebo Černovic

P.č.	Úkon	Provádí	t _{obs}	T _{obs}																			
				0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	4,1
1	Tekefonický pokyn k přípravě VC	výpravčí DK	0,25	█																			
2	Obsluha ŘP v DK: přeložení posuvného knoflíku + směrového závěrníku	výpravčí DK	0,1	█																			
	uvolnění návěstní vložky St4 a St5		0,2	█																			
	obsluha hradlového zvonku		0,1	█																			
3	Obsluha závislého SP na St5: kontrola koleje v kolejovém číselníku + obsluha hradlového zvonku	signalista	0,05	█																			
	přestavení výhybek		0,2	█																			
	uzavření závěru výměn		0,1	█																			
	postavení hlavního návěstidla		0,05	█																			
4	Obsluha závislého SP na St4: kontrola koleje v kolejovém číselníku + obsluha hradlového zvonku	signalista	0,05	█																			
	přestavení výhybek		0,2	█																			
	uzavření závěru výměn		0,1	█																			
	postavení hlavního návěstidla	výpravčí St4	0,05	█																			
5	Jízda vlaku (dynamická složka)	---	3,55	█																			
6	Zrušení jízdní cesty - obsluha závislého SP na St4: přeložení klíčky návěstidla + uzavření návěstní vložky	výpravčí St4	0,15	█																			
7	Zrušení jízdní cesty - obsluha ŘP v DK pro St4: uvolnění závěru výměn	výpravčí DK	0,1	█																			
8	Dokončení obsluhy na St4: přeložení kolejového závěrníků	signalista	0,05	█																			
	přeložení klíček výhybek		0,2	█																			
Σ	---	---	5,0	█																			

Zdroj: Autor

PŘÍLOHA B

Obdobně se vypočtou dílčí časy obsazení pro odjíždějící vlaky. Nejprve se určí dráha, za kterou vlak dosáhne rychlosti 30 km/h, a jí odpovídající čas. Od tohoto místa se vlak bude pohybovat konstantní rychlostí 30 km/h až do doby, kdy poslední vůz opustí obvod stanice. V tomto okamžiku končí dynamická složka dílčí doby obsazení. V následujících tabulkách jsou prezentovány výsledky výše uvedeného postupu pro výpočet dynamické složky.

Tabulka přílohy B: Vzdálenost [m] a čas [s] dosažení $V=30$ km/h

	lv=0-30	tv=0-30	I_{vl}
242 + 4xBdmtee (cca 235t)	49,67	11,92	123
380 + 5xB(cca 225t)	53,17	12,76	150
1216 + 6xBmz(cca 340t)	72,34	17,36	173
362 + 5xB (cca 225t)	57,11	13,71	150

Zdroj: Autor

Tabulka přílohy B: Dynamická složka doby obsazení severního zhlaví odjíždějícím vlakem

	L1-S	L2-S	L3-S	L4-S	Lc5-S	Lc6-S	L5-6a-S
242 + 4xBdmtee (cca 235t)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,30
362 + 3xBdt (cca 225t)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
380 + 5xB(cca 225t)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
1216 + 6xBmz(cca 340t)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,40
362 + 5xB (cca 225t)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35

Zdroj: Autor

Tabulka přílohy B: Dynamická složka doby obsazení jižního zhlaví odjíždějícím vlakem

		Sc 1	Sc 2	Sc 3	Sc 4	Sc 5	Sc 6
242 + 4xBdmtee (cca 235t)	Lc 1a	1,00	1,00	1,00	1,05	1,10	1,10
	Lc 2a	1,10	1,10	1,10	1,15	1,20	1,25
	Lc 4a	1,15	1,15	1,15	1,20	1,25	1,25
380 + 5xB(cca 225t)	Lc 1a	1,10	1,10	1,05	1,10	1,15	1,20
	Lc 2a	1,15	1,20	1,15	1,20	1,25	1,30
	Lc 4a	1,20	1,25	1,20	1,25	1,30	1,35
1216 + 6xBmz(cca 340t)	Lc 1a	1,15	1,15	1,10	1,20	1,25	1,25
	Lc 2a	1,25	1,25	1,25	1,30	1,35	1,35
	Lc 4a	1,30	1,30	1,30	1,35	1,40	1,40
362 + 5xB (cca 225t)	Lc 1a	1,10	1,10	1,05	1,10	1,15	1,20
	Lc 2a	1,15	1,20	1,15	1,25	1,30	1,30
	Lc 4a	1,20	1,25	1,20	1,30	1,30	1,35

Zdroj: Autor

Dílčí čas obsazení pro odjíždějící vlak je po přičtení statické složky uveden v následujícím grafu.

PŘÍLOHA B

Dílčí doba obsazení dopravní koleje odjíždějícím vlakem na sever

P.č.	Úkon	Provádí	t _{obs}	T _{obs}										
				0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
1	Jízda vlaku (dynamická složka)	---	0,35											
2	Zrušení jízdní cesty - obsluha závislého SP na St: <i>přeložení klíčky návěstidla + uzavření návěstní vložky</i>	signalista	0,15											
3	Zrušení jízdní cesty - obsluha ŘP v DK: <i>uvolnění závěru výměn přeložení klíčky kolejového závěrníku a posuvného knoflíku</i>	výpravčí	0,1 0,1											
4	Dokončení obsluhy na St: <i>přeložení kolejového závěrníku přeložení klíček výhybek</i>	signalista	0,05 0,2											
Σ	---	---	1											

Zdroj: Autor

Dílčí doba obsazení dopravní koleje odjíždějícím vlakem na jih

P.č.	Úkon	Provádí	t _{obs [max]}
1	Jízda vlaku (dynamická složka)	---	1,30
2	Rušení jízdní cesty		
	přestavení návěstidla + uzavření návěstní vložky	signalista	0,15
	uvolnění závěru výměn a přestavení posuvného knoflíku	výpravčí	0,1 0,1
	uvolnění kolejového závěrníku a přestavení klíček výhybek	signalista	0,25
Σ	---	---	2

P.č.	Úkon	Provádí	t _{obs [min]}
1	Jízda vlaku (dynamická složka)	---	1,00
2	Rušení jízdní cesty		
	přestavení návěstidla + uzavření návěstní vložky	signalista	0,15
	uvolnění závěru výměn a přestavení posuvného knoflíku	výpravčí	0,1 0,1
	uvolnění kolejového závěrníku a přestavení klíček výhybek	signalista	0,25
Σ	---	---	1,5

Zdroj: Autor

PŘÍLOHA B

Doba obsazení posunem počíná od postavení posunové cesty a končí v okamžiku, kdy poslední posunový díl uvolní kolej, popřípadě zhlaví. Dílčí doby obsazení dopravní koleje posunovým dílem činí 1,5 minuty bez ohledu na to, zda se jedná o přísun souprav nebo jejich odstup.

Hodnotu celkové doby obsazení dopravní koleje lze získat z IS KANGO nebo pomocí analytického výpočtu. Při přesném analytickém výpočtu je nutné určit pomyslný interval I_{OV} , přičemž se předpokládá, že příslušná hodnota tohoto intervalu bude stanovena jednotlivě pro každý vlak, popřípadě skupinu vlaků mající stejné parametry, jejichž pravidelné místo zastavení je totožné. S ohledem na časovou náročnost tohoto postupu a různorodou skladbu obsazení kolejí příslušnými vlaky proto navrhuji:

- stanovit průměrnou hodnotu pomyslného I_{OV} pro vlaky tranzitní, výchozí a končící,
- stanovit charakterové koeficienty jako poměr počtu vlaků tranzitních (resp. výchozích nebo končících) k celkovému počtu vlaků,
- určit výslednou hodnotu pomyslného intervalu I_{OV} jako součin průměrné hodnoty I_{OV} vlaku tranzitního (resp. výchozího nebo končícího) s příslušným charakterovým koeficientem.

Výslednou hodnotu pomyslného intervalu I_{OV} lze tedy určit podle vzorce:

$$\begin{aligned}\overline{I_{OV}} &= \overline{I_{OV}^T} \cdot \alpha + \overline{I_{OV}^V} \cdot \beta + \overline{I_{OV}^K} \cdot \gamma = \\ &= \overline{I_{OV}^T} \cdot \frac{n_T}{N} + \overline{I_{OV}^V} \cdot \frac{n_V}{N} + \overline{I_{OV}^K} \cdot \frac{n_K}{N} \quad [\text{min}]\end{aligned}$$

kde:	$\overline{I_{OV}}$	pomyslný interval I_{OV} [min],
	$\overline{I_{OV}^T}$	průměrný interval I_{OV} tranzitního vlaku [min],
	$\overline{I_{OV}^V}$	průměrný interval I_{OV} výchozího vlaku [min],
	$\overline{I_{OV}^K}$	průměrný interval I_{OV} končícího vlaku [min],
	α	koeficient tranzitních vlaků [-],
	β	koeficient výchozích vlaků [-],
	γ	koeficient končících vlaků [-],
	N	celkový počet vlaků [vlak],
	n_T	počet vlaků tranzitních [vlak],
	n_V	počet vlaků výchozích [vlak],
	n_K	počet vlaků končících [vlak].

PŘÍLOHA B

$$\overline{I_{ov}} = 5,2 \cdot \frac{220}{345} + 3,8 \cdot \frac{64}{345} + 5,8 \cdot \frac{61}{345} = 5,54 \text{ min} \cong 5 \text{ min } 33 \text{ s}$$

Po dosazení činí průměrná hodnota pomyslného I_{ov} 5,55 minuty.

PŘÍLOHA C – PROPUSTNOST SEVERNÍHO ZHLAVÍ

Výpočet doby obsazení zhlaví jedním úkonem se řídí podobnými zákonitostmi jako u výpočtu doby obsazení staničních kolejí s tím rozdílem, že je nutno počítat vždy s celou technologickou dobou potřebnou pro přípravu vlakové (posunové) cesty, doby jízdy a doby potřebné na zrušení vlakové (posunové) cesty. Doba jízdy je dynamickou složkou doby obsazení zhlaví a její hodnota je totožná s dynamickou složkou vypočtenou v příloze B. Při výpočtu doby obsazení se tak proměnnou stává pouze statická složka. Její výši lze určit z následujících grafů.

Tabulka přílohy C: Doba obsazení severního zhlaví posunem

P.č.	Úkon	Provádí	t _{obs}	T _{obs}															
				0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5
1	Telefonická žádost o souhlas k posunu	signalista	0,25	■															
2	Postavení posunové cesty přestavení výhybek do příslušné polohy rozsvícení návěsti posun dovolen na hlavním nebo seřadovacím návěstidle	signalista	0,2				■												
		signalista	0,05				■												
		signalista	0,05																
3	Jízda posunového dílu (dynamická složka)	---	0,65																
4	zrušení posunové cesty	signalista	0,2																
Σ	---	---	1,5	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Zdroj: Autor

Na následujících stranách jsou uvedeny technologické grafy obsazení severního zhlaví vjíždějícím a odjíždějícím vlakem.

PŘÍLOHA C

Tabulka přílohy C: Doba obsazení severního zhlaví odjíždějícím vlakem

Úkon	Provádí	t _{obs}	T _{obs}																			
			0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
Telefonický pokyn přípravy VC	výpravčí	0,25	█																			
Obsluha ŘP v DK:																						
<i>přeložení posuvného knoflíku</i>	výpravčí	0,05	█																			
<i>přeložení klíčky kolejového závěrníku</i>	výpravčí	0,05	█																			
<i>uvolnění návěstní vložky na SP</i>		0,1	█																			
<i>obsluha zvonku</i>		0,05	█																			
Obsluha závislého SP na St:																						
<i>kontrola koleje v kolejovém číselníku + obsluha zvonku</i>	signalista	0,05	█																			
<i>přestavení výhybek do příslušné polohy</i>	signalista	0,2	█																			
<i>kontrola volnosti VC + uzavření závěru výměn</i>		0,1	█																			
<i>postavení hlavního návěstidla</i>		0,05	█																			
Výprava vlaku																						
<i>vlaková četa</i>	vlaková četa	0,25	█																			
Jízda vlaku (dynamická složka)																						
<i>---</i>	---	0,35	█																			
Zrušení jízdní cesty - obsluha závislého SP na St:																						
<i>přeložení klíčky návěstidla + uzavření návěstní vložky</i>	signalista	0,15	█																			
Zrušení jízdní cesty - obsluha ŘP v DK:																						
<i>uvolnění závěru výměn</i>	výpravčí	0,1	█																			
<i>přeložení klíčky kolejového závěrníku a posuvného knoflíku</i>	výpravčí	0,1	█																			
Dokončení obsluhy na St:																						
<i>přeložení kolejového závěrníků</i>	signalista	0,05	█																			
<i>přeložení klíček výhybek</i>		0,2	█																			
---	---	2	█																			

Zdroj: Autor

PŘÍLOHA C

Tabulka přílohy C: Doba obsazení severního zhlaví vjíždějícím vlakem

P.č.	Úkon	Provádí	t _{obs}	T _{obs}																																				
				0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0											
1	Telefonický pokyn přípravy VC	výpravčí	0,25	█																																				
2	Obsluha ŘP v DK:			█																																				
	<i>přeložení posuvného knoflíku</i>	výpravčí	0,05	█																																				
	<i>přeložení klíčky kolejového závěrníku</i>	výpravčí	0,05	█																																				
	<i>uvolnění návěstní vložky na SP</i>		0,1	█																																				
	<i>obsluha zvonku</i>		0,05	█																																				
3	Obsluha závislého SP na St:			█																																				
	<i>kontrola koleje v kolejovém číselníku + obsluha</i>	signalista	0,05	█																																				
	<i>přestavení výhybek do příslušné polohy</i>	signalista	0,2	█																																				
	<i>kontrola volnosti VC + uzavření závěru výměn</i>		0,1	█																																				
	<i>postavení hlavního návěstidla + předvěsti</i>		0,05	█																																				
4	Jízda vlaku (dynamická složka)	---	2,45	█																																				
5	Zručení jízdní cesty - obsluha závislého SP na St:			█																																				
	<i>přeložení klíčky návěstidla + uzavření návěstní vložky</i>	signalista	0,15	█																																				
	<i>odhláška</i>	---	0	█																																				
6	Zrušení jízdní cesty - obsluha ŘP v DK:			█																																				
	<i>uvolnění závěru výměn</i>	výpravčí	0,1	█																																				
	<i>přeložení klíčky kolejového závěrníku a posuvného knoflíku</i>		0,1	█																																				
7	Dokončení obsluhy na St:			█																																				
	<i>přeložení kolejového závěrníků</i>	signalista	0,05	█																																				
	<i>přeložení klíček výhybek</i>		0,2	█																																				
Σ	---	---	4	█																																				

Zdroj: Autor

PŘÍLOHA C

Tabulka přílohy C: Přehled jízd na zhlaví

p. č.	úkon	Nú	t _{obs}	β	č. prvku					β*t _{obs}				
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1. kolej														
1	odjezd Os	10	2	0,0319	*	*	*	*		0,0639	0,0639	0,0639	0,0639	
2	vjezd Os	36	4	0,1150	*	*	*			0,4601	0,4601	0,4601		
3	vjezd Ex	13	4	0,0415	*	*	*			0,1661	0,1661	0,1661		
4	vjezd R	3	4	0,0096	*	*	*			0,0383	0,0383	0,0383		
2. kolej														
5	odjezd Os	11	2	0,0351		*	*	*			0,0703	0,0703	0,0703	
6	odjezd Ex	1	2	0,0032		*	*	*			0,0064	0,0064	0,0064	
7	vjezd Os	25	4	0,0799		*	*				0,3195	0,3195		
8	vjezd R	6	4	0,0192		*	*				0,0767	0,0767		
9	Vjezd Ex	3	4	0,0096		*	*				0,0383	0,0383		
10	vjezd Sv	1	4	0,0032		*	*				0,0128	0,0128		
3. - 4. kolej														
11	odjezd Os	39	2	0,1246			*	*				0,2492	0,2492	
12	odjezd R	8	2	0,0256			*	*				0,0511	0,0511	
13	odjezd Ex	13	2	0,0415			*	*				0,0831	0,0831	
14	vjezd Os	21	4	0,0671			*					0,2684		
15	vjezd Sp	2	4	0,0064			*					0,0256		
16	vjezd R	6	4	0,0192			*					0,0767		
17	vjezd Ex	2	4	0,0064			*					0,0256		
18	vjezd Sv	2	4	0,0064			*					0,0256		
5. kolej														
19	odjezd Os	18	2	0,0575				*					0,1150	
20	odjezd Sp	2	2	0,0064				*					0,0128	
21	odjezd R	6	2	0,0192				*					0,0383	
22	odjezd Sv	1	2	0,0032				*					0,0064	
23	vjezd Os	5	4	0,0160			*	*				0,0639	0,0639	
24	vjezd Sp	1	4	0,0032			*	*				0,0128	0,0128	
25	vjezd R	3	4	0,0096			*	*				0,0383	0,0383	
6. kolej														
26	odjezd Os	27	2	0,0863				*	*				0,1725	0,1725
27	odjezd Sp	1	2	0,0032				*	*				0,0064	0,0064
28	odjezd R	5	2	0,0160				*	*				0,0319	0,0319
29	odjezd Ex	7	2	0,0224				*	*				0,0447	0,0447
30	vjezd Os	1	4	0,0032			*	*	*			0,0128	0,0128	0,0128
31	vjezd Mn	1	4,5	0,0032			*	*	*			0,0144	0,0144	0,0144
POSUN														
32	S - 1SK	7	1,5	0,0224	*					0,0335				
33	S - 2SK	11	1,5	0,0351		*					0,0527			
34	S - 3SK	1	1,5	0,0032		*	*				0,0048	0,0048		
35	S - 4SK	2	1,5	0,0064		*	*				0,0096	0,0096		
36	S - 5SK	3	2	0,0096		*	*	*			0,0192	0,0192	0,0192	
37	S - 6SK	1	2	0,0032		*	*	*	*		0,0064	0,0064	0,0064	0,0064
38	6SK-6a	2	1,5	0,0064					*					0,0096
39	3SK - Se71	2	1,5	0,0064			*					0,0096		
40	5SK - Se73	2	1,5	0,0064				*				0,0096		
41	6SK - Se73	2	1,5	0,0064				*	*			0,0096		0,0096
Σ	---	313	---	1	-	-	-	-	-	0,76198	1,34505	2,24920	1,13898	0,30831

Zdroj: Autor

PŘÍLOHA C

Tabulka přílohy C: Závislosti jízdnic cest

				19	20	21	22	26	27	28	29	32	33	38	40	41		
				0,1150	0,0128	0,0383	0,0064	0,1725	0,0064	0,0319	0,0447	0,0335	0,0527	0,0096	0,0096	0,0096		
P.č.	Úkon	β^*t_{obs}	γ														ϑ	$\gamma^*\vartheta$
1	odjezd Os	0,0639	0,0341	0,1150	0,0128	0,0383	0,0064	0,1725	0,0064	0,0319	0,0447	0,0335	0,0527		0,0096		0,5240	0,0179
2	vjezd Os	0,4601	0,2453									0,0335	0,0527				0,0863	0,0212
3	vjezd Ex	0,1661	0,0886									0,0335	0,0527				0,0863	0,0076
4	vjezd R	0,0383	0,0204									0,0335	0,0527				0,0863	0,0018
5	odjezd Os	0,0351	0,0187	0,1150	0,0128	0,0383	0,0064	0,1725	0,0064	0,0319	0,0447		0,0527		0,0096		0,4904	0,0092
6	odjezd Ex	0,0032	0,0017	0,1150	0,0128	0,0383	0,0064	0,1725	0,0064	0,0319	0,0447		0,0527		0,0096		0,4904	0,0008
7	vjezd Os	0,0799	0,0426										0,0527				0,0527	0,0022
8	vjezd R	0,0192	0,0102										0,0527				0,0527	0,0005
9	Vjezd Ex	0,0096	0,0051										0,0527				0,0527	0,0003
10	vjezd Sv	0,0032	0,0017										0,0527				0,0527	0,0001
11	odjezd Os	0,2492	0,1329	0,1150	0,0128	0,0383	0,0064	0,1725	0,0064	0,0319	0,0447				0,0096		0,4377	0,0582
12	odjezd R	0,0511	0,0273	0,1150	0,0128	0,0383	0,0064	0,1725	0,0064	0,0319	0,0447				0,0096		0,4377	0,0119
13	odjezd Ex	0,0831	0,0443	0,1150	0,0128	0,0383	0,0064	0,1725	0,0064	0,0319	0,0447				0,0096		0,4377	0,0194
14	vjezd Os	0,2684	0,1431														0,0000	0,0000
15	vjezd Sp	0,0256	0,0136														0,0000	0,0000
16	vjezd R	0,0767	0,0409														0,0000	0,0000
17	vjezd Ex	0,0256	0,0136														0,0000	0,0000
18	vjezd Sv	0,0256	0,0136														0,0000	0,0000
23	vjezd Os	0,0639	0,0341	0,1150	0,0128	0,0383	0,0064	0,1725	0,0064	0,0319	0,0447				0,0096		0,4377	0,0149
24	vjezd Sp	0,0128	0,0068	0,1150	0,0128	0,0383	0,0064	0,1725	0,0064	0,0319	0,0447				0,0096		0,4377	0,0030
25	vjezd R	0,0383	0,0204	0,1150	0,0128	0,0383	0,0064	0,1725	0,0064	0,0319	0,0447				0,0096		0,4377	0,0089
30	vjezd Os	0,0128	0,0068	0,1150	0,0128	0,0383	0,0064	0,1725	0,0064	0,0319	0,0447			0,0096	0,0096	0,0096	0,4569	0,0031
31	vjezd Mn	0,0144	0,0077	0,1150	0,0128	0,0383	0,0064	0,1725	0,0064	0,0319	0,0447			0,0096	0,0096	0,0096	0,4569	0,0035
34	S - 3SK	0,0048	0,0026										0,0527				0,0527	0,0001
35	S - 4SK	0,0096	0,0051										0,0527				0,0527	0,0003
36	S - 5SK	0,0192	0,0102	0,1150	0,0128	0,0383	0,0064	0,1725	0,0064	0,0319	0,0447		0,0527		0,0096		0,4904	0,0050
37	S - 6SK	0,0064	0,0034	0,1150	0,0128	0,0383	0,0064	0,1725	0,0064	0,0319	0,0447		0,0527	0,0096	0,0096	0,0096	0,5096	0,0017
39	3SK - Se71	0,0096	0,0051														0,0000	0,0000
--	Σ	1,8754															---	0,192

Zdroj: Autor

PŘÍLOHA D – PŘEHLED VOZOVÉHO PRAKU

Tabulka přílohy D: Příklady řazení vybraných souprav

Souprava	Počet míst k sezení [-]	(-délka-) [m]	hmotnost [t]
Ampz ¹⁴⁶ ;WRmee ⁸¹⁶ ;Bbdgmee ²³⁶ ;2Bee ²³⁸ ;Bpee ²³⁷ ;2 Bmee ²⁴⁸	460	226	491
Bpee ²³⁷ ;2Bee ²³⁸ ;Bbdgmee ²³⁶ ;WRmee ⁸¹⁶ ;Ampz ¹⁴⁶	328	173	394
Aee ¹⁴⁵ ;BDs ⁴⁵⁰ ;Bee ²⁷³ ;Bee ²⁷³ ;2Bee ²⁷²	314	164	352
B ²⁵⁶ ;2Bd ²⁶⁴ ;BDs ⁴⁵⁰ ;AB ³⁴⁹	324	139	306
Aee ¹⁴⁵ ;BDs ⁴⁵⁰ ;Bee ²⁷³ ;Bee ²⁷³ ;2Bee ²⁷²	314	164	352
2 Bdmteeo ²⁹⁴ ;BDsee ⁴⁵⁴ ;Bdmteeo ²⁹⁴ ;BDsee ⁴⁵⁴	458	147	254
954;842	132	49	91
854;054;954.2	208	74	132
854; 2 Bdtn ⁷⁵⁶	224	74	132
Bdmtee ²⁸¹ ; 2Bdmtee ²⁶³ ;Bdmtee ²⁷⁵	362	123	192
Bdmtee ²⁷⁵ ;3 Bdmtee ²⁸¹	288	123	276
2Bdtn ⁷⁵⁶	176	49	82
814.2;014.2;814.2	135	43	63
961;2Bdmtee ²⁸¹ ;Bdmtee ²⁷⁵	288	121	276
560	416	147	310

Zdroj: Autor

PŘÍLOHA E: SOUČASNÝ ROZSAH VLAKOVÉ DOPRAVY

Rozsah vlakové dopravy v ŽUB v GVD 2012/2013 je následující:

- **Přepravní segment Ex**
 - *Ex3 Praha – Pardubice – Brno – Vídeň/Budapešť:*
 - takt 60', denní počet spojů: 18 párů (ve dvouhodinové špičce 2 páry),
 - časová poloha v ŽST Brno L: X:19-X:22, S: X:37-X:39.

- **Přepravní segment R**
 - *R2 Praha – Česká Třebová – Brno:*
 - takt 120', denní počet spojů 16,
 - časová poloha odjezd: X_S:57, příjezd: X_L:02.
 - *R3 Praha – Havlíčkův Brod – Brno:*
 - takt 120', (ve špičce proklad na 60'), denní počet spojů 21,
 - časová poloha odjezd: X:20, příjezd: X:41.
 - *R4 Brno – Jihlava – České Budějovice:*
 - takt 120', denní počet spojů 14,
 - časová poloha odjezd: X_L:20, příjezd: X_S:36.
 - *R5 Brno – Břeclav – Otrokovice – Olomouc:*
 - takt 120', denní počet spojů 16,
 - časová poloha odjezd: X_S:36, příjezd: X_L:24.
 - *R7 Brno – Vyškov – Olomouc:*
 - takt 120', denní počet spojů 15,
 - časová poloha odjezd: X_L:18, příjezd: X_S:42 ve špičce X_L:43.
 - *R7 Brno – Přerov – Ostrava – Bohumín:*
 - takt 60', denní počet spojů 27 (ve dvouhodinové špičce 2 páry),
 - časová poloha odjezd: X:02, příjezd: X:57 ve špičce X:59.

- **Přepravní segment Sp**
 - *R2 Pardubice – Česká Třebová – Brno:*
 - takt 60' v ranní špičce ve směru do Brna, časová poloha příjezd: X:12,
 - takt 120', proklad s R linky R2 v odpolední špičce, časová poloha odjezdu: X_L:45,
 - denní počet spojů 7.

PŘÍLOHA E

- *R3 Brno – Žďár nad Sázavou*
 - plánován pouze 1 pár v So a Ne.
- *R4 Jihlava – Brno*
 - náhrada za R v ranních hodinách, denní počet spojů 1,
 - časová poloha příjezd: 7:37.
- *R5 Brno – Břeclav*
 - takt 120', proklad s R na lince R5, denní počet spojů 8,
 - časová poloha odjezd: X_L:36, příjezd X_s:24.
- *R6 Brno – Veselí nad Moravou*
 - takt 120', denní počet spojů 17,
 - časová poloha odjezd: X_L:28, příjezd X_s:33.
- *R7 Nezamyslice – Brno:*
 - ve špičce proklad s linkou R7,
 - časová poloha odjezd: X_S:02, příjezd: X:46 (21),
 - denní počet spojů 4.
- *S41 Brno – Hrušovany nad Jevišovkou*
 - takt 120', denní počet spojů 2,
 - časová poloha odjezd: X:31 (28).
- **Přepravní segment Os**
 - *S2 Březová nad Svitavou – Brno – Křenovice horní náměstí:*
 - na rameni Blansko – Brno interval 30' (15' ve špičce), denní počet spojů 82,
 - časová poloha příjezd: X:58 (29; 45), odjezd: X:02 (29; 14),
 - na rameni Brno – Křenovice takt 60' (30' ve špičce), denní počet spojů 54,
 - časová poloha odjezd: X:06 (35), příjezd:X:26 (55).
 - *S3 Níhov – Brno – Břeclav:*
 - na rameni Tišnov – Brno interval 30' (15' ve špičce), denní počet spojů 94,
 - časová poloha příjezd: X:07 (37; 52), odjezd: X:53 (09; 23; 36),
 - na rameni Brno – Břeclav takt 30' (15' ve špičce), denní počet spojů 86,
 - časová poloha odjezd: X:10 (40; 54), příjezd:X:19 (49).
 - *S4 Brno – Jihlava:*
 - takt 60' (ve špičce 2 páry proklad na 30'), denní počet spojů 45,
 - časová poloha příjezd: X:12 (37), odjezd: X:06 (39).

PŘÍLOHA E

- *S6 Brno – Veselí nad Moravou:*
 - takt 120' (ve špičce 60'), denní počet spojů 30,
 - časová poloha příjezd: X:48 (50; 20), odjezd: X:15 (49).
- *S41 Brno – Moravské Bránice:*
 - takt 60', denní počet spojů 37,
 - časová poloha příjezd: X:04 (31), odjezd: X:54 (49).