

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2023

BC. JAN MIHULA

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Posouzení kapacity sítě tramvajových tratí v centru města Brna
během výlukové činnosti v MHD
Diplomová práce

2023

Bc. Jan Mihula

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan Mihula**
Osobní číslo: **D21462**
Studijní program: **N1041A040008 Technologie a management v dopravě**
Specializace: **Technologie a řízení dopravy**
Téma práce: **Posouzení kapacity sítě tramvajových tratí v centru města Brna během výlukové činnosti v MHD**
Zadávající katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

Zásady pro vypracování

Úvod

1. Charakteristika tramvajové sítě
2. Analýza stávající kapacity tramvajových tratí
3. Návrhy řešení možných výlukových stavů
4. Vyhodnocení řešení výlukových stavů

Závěr

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

Seznam doporučené literatury:

DRDLA, Pavel. Osobní doprava regionálního a nadregionálního významu. 3. upravené vydání. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2021. 434 s. ISBN 978-80-7560-361-6.
internetové stránky Dopravního podniku města Brna, a.s.
interní materiály Dopravního podniku města Brna, a.s.

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

Datum zadání diplomové práce: **2. února 2023**
Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2023**

L.S.

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

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

V Pardubicích dne 2. ledna 2023

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji:

Práci s názvem Posouzení kapacity sítě tramvajových tratí v centru města Brna během výlukové činnosti v MHD jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

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

V Pardubicích dne 12. 5. 2023

Bc. Jan Míhula

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval vedoucímu práce panu doc. Ing. Pavlu Drdlovi, Ph.D. za ochotný přístup a za veškerou pomoc, důležité připomínky a cenné rady v průběhu zpracování této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat i panu Ing. Josefu Veselému z Dopravního podniku města Brna, a.s. za vstřícnost ohledně poskytnutí důležitých materiálů a za mnoho užitečných poznatků. V neposlední řadě patří poděkování též mé rodině a přátelům za pomoc a podporu při tvorbě práce.

ANOTACE

Diplomová práce se po charakteristice tramvajové sítě ve městě Brně a analýze parametrů souvisejících s kapacitou jednotlivých traťových úseků věnuje na zvoleném úseku možnostem řešení modelového výlukového stavu a dopadu parametrů jednotlivých řešení na tramvajový systém a upozorňuje na problematiku přetížení tramvajové sítě.

KLÍČOVÁ SLOVA

tramvajová doprava, kapacita tratí, výlukový stav, linkové vedení, Brno

TITLE

Assessment of the tram lines capacity in the centre of Brno during urban public transport service disruption

ANNOTATION

The diploma thesis after the characteristics of the tramway system in the city of Brno and analysis of parameters related to capacity of track sections deals with model tramway service disruption on selected track section and impact of each solution's parameters on the tramway system and draws attention to the problem of tramway site capacity.

KEYWORDS

tramway transport, capacity of tracks, tramway service disruption, line network organization, Brno

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	8
SEZNAM TABULEK	9
SEZNAM ZKRATEK	10
ÚVOD.....	11
1 CHARAKTERISTIKA TRAMVAJOVÉ SÍTĚ	12
1.1 Současný stav tramvajové sítě.....	12
1.2 Vozový park	18
1.3 Linkové vedení.....	21
2 ANALÝZA STÁVAJÍCÍ KAPACITY SÍTĚ	23
2.1 Členění tratí dle míry segregace od okolního provozu.....	23
2.2 Členění tramvajové sítě dle kapacity a způsobu vedení trati	26
2.3 Vyhodnocení získaných údajů.....	34
2.4 Shrnutí analytické části	40
3 NÁVRHY ŘEŠENÍ MOŽNÝCH VÝLUKOVÝCH STAVŮ.....	42
3.1 Výběr nejvhodnějšího úseku pro zavedení výluky.....	42
3.2 Saatyho metoda ohodnocení vah kritérií.....	43
3.3 Metoda váženého součtu	44
3.4 Bližší charakteristika zvoleného úseku	45
3.5 Zvolené principy plánování výlukových opatření.....	46
3.6 Varianta A	46
3.7 Varianta B.....	51
3.8 Varianta C.....	58
4 VYHODNOCENÍ ŘEŠENÍ VÝLUKOVÝCH STAVŮ	64
4.1 Stanovení kritérií pro srovnání variant.....	64
4.2 Srovnání kritérií Fullerovou metodou	67
4.3 Metoda váženého pořadí	68
4.4 Další prvky systému řešení výlukových stavů	68
4.5 Konkrétní doporučení pro řešení výlukový stav	70
4.6 Shrnutí obecných poznatků návrhové části.....	71
ZÁVĚR	72
SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	73
SEZNAM PŘÍLOH.....	75

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Schéma tramvajové sítě v Brně s rozdělením na skupiny tratí	13
Obrázek 2 – Schéma kapacitního zatížení tratí mimo centrum	34
Obrázek 3 – Schéma kapacitního zatížení tratí v centru.....	35
Obrázek 4 – Podíl způsobů vedení trati na celkové délce tramvajové sítě.....	36
Obrázek 5 – Linkové vedení v blízkém okolí vyloučeného úseku	46
Obrázek 6 – Schéma kapacitního zatížení centra ve variantě A.....	48
Obrázek 7 – Schéma kapacitního zatížení centra ve variantě B	54
Obrázek 8 – Schéma kapacitního zatížení úseků mimo centrum ve variantě B	55
Obrázek 9 – Schéma kapacitního zatížení centra ve variantě C	60
Obrázek 10 – Schéma prvků podílejících se na průběhu výlukového stavu	69

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Přehled vozového parku tramvají DPMB.....	20
Tabulka 2 – Tramvajové linky v Brně.....	22
Tabulka 3 – Kapacita centrálního tramvajového okruhu.....	27
Tabulka 4 – Kapacita lískovecko-bohunické radiály.....	28
Tabulka 5 – Kapacita modřické radiály a navazujících úseků.....	28
Tabulka 6 – Kapacita pisárecké radiály a tratí kolem Mendlova náměstí.....	29
Tabulka 7 – Kapacita trati v ulici Údolní.....	30
Tabulka 8 – Kapacita bystrcké a královopolské radiály.....	30
Tabulka 9 – Kapacita řeckovické radiály.....	31
Tabulka 10 – Kapacita radiál v Černých Polích.....	32
Tabulka 11 – Kapacita židenické a husovické radiály.....	32
Tabulka 12 – Kapacita líšeňské a komárovské radiály.....	33
Tabulka 13 – Vliv segregace trati na cestovní rychlost.....	37
Tabulka 14 – Vliv nekolejové MHD na kapacitu sdílených úseků.....	39
Tabulka 15 – Přehled kapacitně nejvytíženějších úseků.....	41
Tabulka 16 – Ohodnocení kritérií Saatyho metodou.....	43
Tabulka 17 – Výsledek metody váženého součtu.....	44
Tabulka 18 – Zaústění linek do vyloučeného úseku.....	45
Tabulka 19 – Úseky se změnou kapacitního zatížení ve variantě A.....	49
Tabulka 20 – Změna vozidlových výkonů ve variantě A.....	50
Tabulka 21 – Dopad na jízdní doby linek ve variantě A.....	51
Tabulka 22 – Změna vozidlových výkonů ve variantě B.....	56
Tabulka 23 – Dopad na jízdní doby linek ve variantě B.....	57
Tabulka 24 – Změna vozidlových výkonů ve variantě C.....	61
Tabulka 25 – Dopad na jízdní doby linek ve variantě C.....	62
Tabulka 26 – Dopad výlukových opatření na provozní náklady.....	67
Tabulka 27 – Ohodnocení vah kritérií Fullerovou metodou.....	67
Tabulka 28 – Výsledek metody váženého pořadí.....	68

SEZNAM ZKRATEK

DO	dopravní obslužnost
DPMB	Dopravní podnik města Brna, a.s.
IAD	individuální automobilová doprava
MHD	městská hromadná doprava
SSZ	světelné signalizační zařízení
VMO	velký městský okruh

ÚVOD

Diplomová práce se zabývá problematikou kapacity tramvajové sítě ve městě Brně, a to především v její centrální části. V důsledku koncepce brněnského tramvajového systému a linkového vedení je kapacitně nejvíce zatěžován právě centrální tramvajový okruh, jehož vytížení neumožňuje další potenciální rozvoj na tramvajových radiálách směřujících z centra do okrajovějších městských částí. Náplní práce bude v první části komplexní analýza tramvajového systému v Brně se zaměřením na parametry ovlivňující plynulost a kapacitu jednotlivých traťových úseků a dále na linkové vedení a charakteristiku jednotlivých tramvajových linek. Na základě dat o jednotlivých úsecích a linkách bude následně zpracováno kapacitní vytížení na celé brněnské tramvajové síti a budou vyhodnoceny úseky, které jsou z hlediska kapacity nejvíce kritické. Tyto poznatky budou dále využity v návrhové části, kde budou právě na nejkritičtějších úsecích modelovány výlukové stavy a jejich vliv na stabilitu tramvajového systému. Následně budou předloženy, porovnány a vyhodnoceny návrhy možných opatření na eliminaci negativních vlivů. Hlavní myšlenkou je demonstrovat na modelovaných výlukových stavech aktuální vysoký stupeň zatížení tramvajových úseků v centru města Brna.

Cílem práce je po analýze tramvajového systému ve městě Brně se zaměřením na jeho kapacitní ukazatele namodelovat výlukový stav na jednom z nejkritičtějších traťových úseků, navrhnout možná opatření pro redukci negativních dopadů výluk a upozornit na problematiku přetížení tramvajových tratí v centru města.

1 CHARAKTERISTIKA TRAMVAJOVÉ SÍTĚ

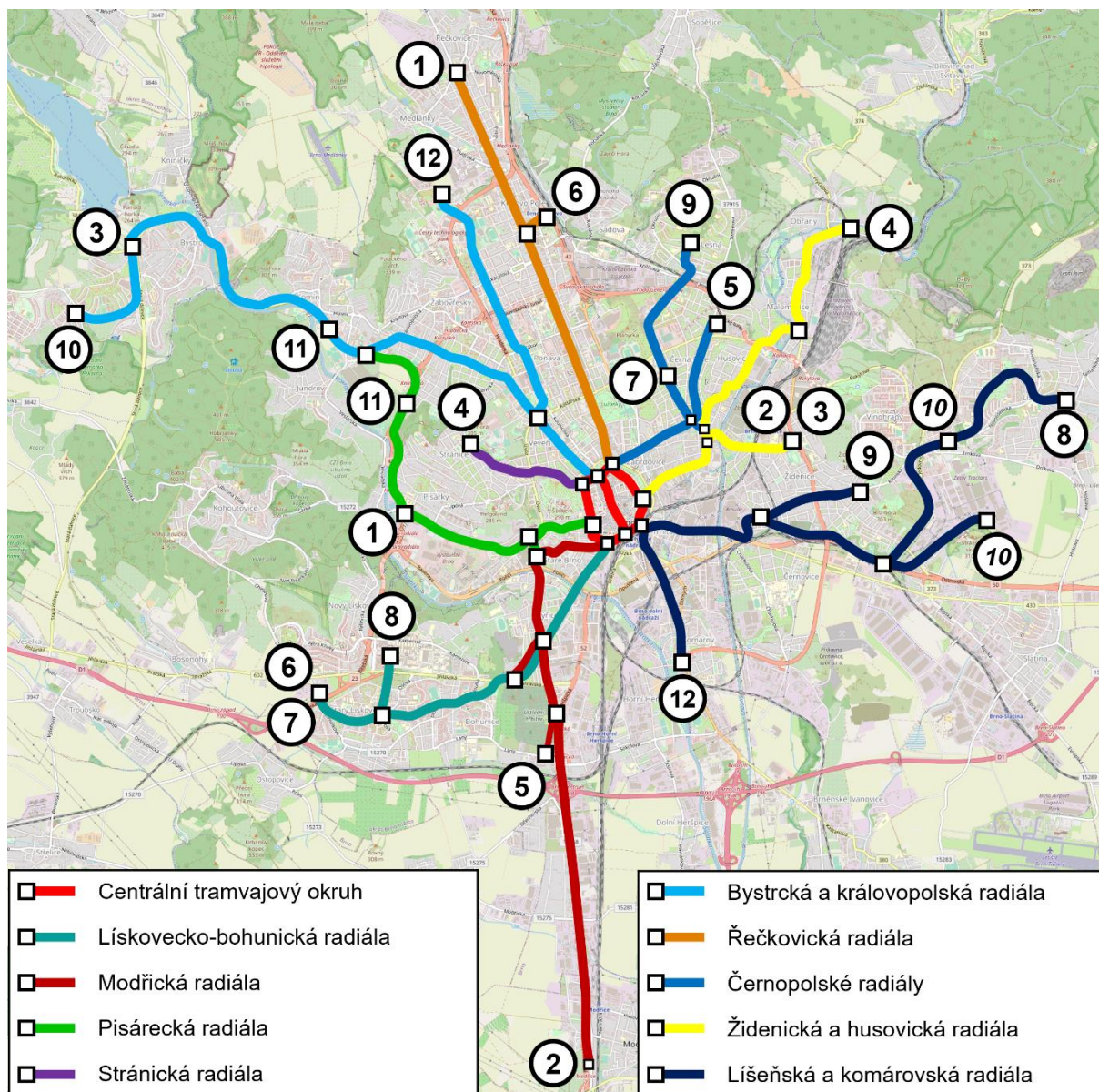
Tato kapitola je zaměřena na charakteristiku tramvajového subsystému brněnské MHD. Nejprve je řešená koncepce celé sítě, následně pak i vozový park a linkové vedení. Veškeré údaje týkající se především linkového vedení se vztahují k aktuálním jízdním řádům, které vstoupily v platnost k 11. prosinci 2022.

1.1 Současný stav tramvajové sítě

Tramvajová síť je páteřním subsystémem celé brněnské MHD, který doplňuje subsystémy autobusový a trolejbusový. Celková délka všech kolejí přesahuje 173 kilometrů (jednokolejně), pro další potřeby této práce jsou však z úvahy vyjmuty délky kolejí ve vozovnách a také délky tramvajových smyček, které na posuzování kapacity sítě nemají vliv. Brněnský dopravní podnik aktuálně na síti provozuje 12 tramvajových linek, které obsluhují celkem 152 zastávek. Pro zajištění dopravní obslužnosti je potřeba v době dopravní špičky vypravit celkem 163 tramvajových souprav, přičemž dopravce disponuje až 290 tramvajovými vozidly. (1)

Ve stávajícím režimu je tramvajový systém koncipován jako radiálně okružní. Okružní část sítě je umístěna v jejím středu v podobě centrálního tramvajového okruhu, jehož vedení přibližně kopíruje hranice historického centra města Brna. Okruh je navíc posílen o severojižně orientovanou spojnici vedoucí jeho středem. Do okruhu pak jsou na sedmi místech zaústěny tramvajové radiály, které se dále rozvětvují od středu města a jsou trasovány do většiny významných městských částí. Celkově lze uvažovat až 16 tramvajových radiál, z nichž 10 přímo zaústíje do centrálního okruhu (2). Tramvajová síť je znázorněna na obrázku č. 1, k podrobné charakteristice jednotlivých částí sítě bude přistoupeno v dalších podkapitolách. Pro tyto potřeby byla síť rozdělena na centrální okruh a devět skupin radiál podle místa napojení na okruh viz obrázek č. 1. Nutno podotknout, že některé z radiálních tratí jsou vzájemně propojeny i mimo centrální okruh, tyto spojnice jsou pak dle uvážení připojeny vždy k jedné skupin.

Maximální rychlost na brněnské tramvajové síti je omezena na $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.



Zdroj: autor s využitím (3)

Obrázek 1 – Schéma tramvajové sítě v Brně s rozdělením na skupiny tratí

Centrální tramvajový okruh

Jak již bylo zmíněno výše, centrální tramvajový okruh je středobodem celého tramvajového systému v Brně. Je trasován podél historického centra města, po směru hodinových ručiček od hlavního nádraží vede postupně ulicemi Nádražní, Husovou, Joštovou, Moravským náměstím a ulicemi Rooseveltovou, Divadelní a Benešovou. Za součást okruhu je třeba uvažovat i trať ulicemi Rašínovou a Masarykovou přes náměstí Svobody, která spojuje přestupní body Česká a Hlavní nádraží. Na jeho obvodu se nachází celkem pět zastávek (Hlavní nádraží, Nové sady, Šilingrovo náměstí, Česká, Malinovského náměstí), další dvě zastávky, Náměstí Svobody a Zelný trh, jsou umístěny na spojovací trati. Alespoň část okruhu využívají

všechny tramvajové linky v Brně s výjimkou dočasné vylukové linky 11. Radiály jsou do okruhu zaústěny na sedmi různých místech, a to následujícím způsobem:

- u zastávky Nové sady v ulici Nádražní – napojeny dvě tratě z jihozápadního směru z ulic Hybešovy a Nové sady;
- na Šilingrově náměstí – zaústění tratě z ulice Pekařské směrem od západu;
- na Komenského náměstí – taktéž od západu napojení tratě vedoucí z ulice Joštovy a Údolní;
- v přestupním uzlu Česká – zde je do tratě vedené ulicí Joštovou zaústěna ze severu trať z ulice České;
- na Moravském náměstí – napojení tratě ze severu z ulice Lidické a ze severovýchodu z ulice Milady Horákové;
- na Malinovského náměstí – zaústění tratě vedoucí od východu po ulici Cejl;
- na hlavním nádraží pod viaduktem Křenová – zde dochází k napojení trati z ulice Křenové z východního směru a trati vedené ulicí Dorných z jihu.

Specifickým místem okruhu je především úsek mezi zastávkou Hlavní nádraží a křižovatkou ulic Nádražní a Hybešova, který je v celé délce čtyřkolejný, což je zásadní z hlediska kapacity tohoto úseku. Pro potřeby této práce je tento úsek uvažován jako dvě dvoukolejné tratě vedené v souběhu. (4) (5)

Celková délka tratí v centrálním okruhu je asi 4,5 kilometru (dvoukolejně).

Lískovecko-bohunická radiála (zaústění Nové sady)

V křižovatce ulic Nádražní a Hybešova je od jihozápadu zaústěna trať, která zajišťuje spojení centra města především se sídlištními celky v městských částech Starý Lískovec a Bohunice. Trať je od centra vedena ulicí Nové sady, Renneskou třídou a dále již v samostatném tělese přes ulici Vídeňskou a podél ulic Jihlavské, Dlouhé a Švermovy až do zastávky Osová, kde se rozvětví na dva koncové úseky. Původní trať pokračuje rovnoběžně s ulicí Dunajskou až do konečné zastávky Starý Lískovec, smyčka. Druhou tratí je aktuálně nejnovější tramvajová trať ve městě Brně, na níž byl zahájen pravidelný provoz 11. prosince 2022 (6). Tato trať je v celém úseku krom konečné zastávky v přestupním uzlu Nemocnice Bohunice vedena tunelem.

Celková délka tratí v tomto celku dosahuje necelých 6 kilometrů a je zde umístěno 13 zastávek. (4) (5)

Modřická radiála (zaústění Nové sady)

Jedná se o druhou trat zaústěnou do centrálního tramvajového okruhu v oblasti Nových sadů. Trať z tohoto bodu vede ulicemi Hybešovou a Václavskou do křižovatky s ulicí Křížovou. Odtud pokračuje jižním směrem ulicemi Křížovou a Vídeňskou až k Ústřednímu hřbitovu. V této oblasti zajišťuje páteř dopravní obslužnosti městské části Štýřice. Odtud, již na samostatném tělese, je vedena kratší odbočná trať do smyčky Ústřední hřbitov. Pomyslná hlavní trať pokračuje, taktéž v samostatném tělese, středem ulic Vídeňské a Brněnské (v tomto místě se již jedná taktéž o silnici I/52) až do konečné zastávky Modřice, smyčka. Koncový úsek tratě již katastrálně spadá pod území města Modřice, jedná se tak zároveň o jedinou meziměstskou tramvajovou trať v Brně, která zajišťuje spojení zdejší průmyslové oblasti s centrem města a představuje alternativu k vlakovému spojení pro obyvatele Modřic.

Délka tratí spadající v rámci této práce pod tento soubor dosahuje přibližně 9,3 kilometru a tramvajové spoje zde obsluhují 15 zastávek. (4) (5)

Pisárecká radiála (zaústění Šilingrovo náměstí)

Do této skupiny je uvažována trať ulicí Pekařskou vedoucí na Mendlovo náměstí, odtud dále již v samostatném tělese podél brněnského výstaviště a ulic Veletržní a Hlinky do zastávky Pisárky, která se nachází v těsné blízkosti pisárecké tramvajové vozovny. Trať dále pokračuje v samostatném tělese až k zastávce Vozovna Komín, kde dochází ke spojení s další skupinou tratí, která bude rozebrána v jedné z dalších podkapitol.

Tato trať aktuálně není obsluhována v celé své délce, jelikož v úseku mezi zastávkami Bráfova a Pisárky probíhají rozsáhlé stavební práce související s rozšiřováním Velkého městského okruhu a přesunu tělesa tramvajové trati do tunelu. Z přepravního hlediska je tak aktuálně významná pouze pro městskou část Staré Brno, a to převážně v úseku Šilingrovo náměstí-Mendlovo náměstí.

Délka této trati dosahuje přibližně 6,1 kilometru a je na ni rozmístěno 9 zastávek. (4) (5)

Stránická radiála (zaústění Komenského náměstí)

V rámci této práce se jedná o nejkratší trať či skupinu tratí a nelze ji ani označit za plnohodnotnou radiálu. Trať se jako jediná do centrálního okruhu napojuje v křižovatce na Komenského náměstí. Z tohoto místa je dále vedena ulicemi Joštovou a zejména Údolní až do konečné zastávky Náměstí Míru. Z hlediska dopravní obslužnosti zprostředkovává obslužnost městských částí Veverří a Stránice, jelikož ulice Údolní tvoří hranici mezi těmito městskými

částmi. Délka této trati činí necelých 1,8 kilometru a v souladu s tím je na ni umístěno pouze 6 zastávek. (4) (5)

Bystrcká a královopolská radiála (zaústění Česká)

Pro změnu nejrozsáhlejší skupinou jsou tratě, které do centrálního okruhu zaústíjí v přestupním uzlu Česká. Odtud vede trať přes Žerotínovo náměstí a ulici Veveří až po Konečného náměstí. Zde na křižovatce ulic Veveří a Nerudovy dochází k rozdělení trati na dvě. Více východně orientovaná trať odbočuje do ulice Nerudovy a dále pokračuje ulicemi Kounicovou, Jana Babáka a Purkyňovou až do konečné zastávky Technologický park. Za konečnou zastávkou existuje kromě smyčky taktéž služební trať vedoucí až do vozovny Medlánky. Tramvaje na této trati zajišťují dopravní obslužnost především západní oblasti městské části Královo Pole a mimo to v koncovém úseku také např. rozsáhlý kampus Vysokého učení technického v Brně.

Druhá trať pokračuje z místa rozdělení přímo ulicemi Veveří, Minskou a Horovou na Rosického náměstí. Odtud trať pokračuje k Vozovně Komín, kde dochází na kolejovém trojúhelníku k propojení se západní radiálou od Mendlova náměstí. Dále trať vede v úplně či částečně segregovaném režimu podél ulic Kníničské, Obvodové a Vejrostovy až do konečné zastávky Ečerova. Na trati se navíc nachází dvě nácestné smyčky, a to smyčka hned za zastávkou Vozovna Komín v ulici Jundrovské se zastávkou Komín, smyčka a druhá smyčka Rakovecká, nacházející se za zastávkou Přístaviště před pokračováním stoupání tratě na sídliště Bystrc 2. Tramvajový provoz na této trati je páteří dopravní obslužnosti městských částí Žabovřesky, Komín a zejména Bystrc a jejich rozvíjejících se sídlištních celků.

Délka těchto dvou radiál dosahuje necelých 13,3 kilometru a nachází se na nich 30 zastávek. (4) (5)

Řečkovická radiála (zaústění Moravské náměstí)

Jednou ze dvou tratí, které do centrálního okruhu ústí na Moravském náměstí, je radiála směřující do severní části města Brna. Tato trať zajišťuje dopravní obslužnost především městských částí Ponava, Královo Pole, Medlánky a Řečkovice. Jedná se o téměř kompletně přímou trať, která je vedena středem postupně ulice Lidické, Štefánikovy, Palackého třídou, Kuřimské a Banskobystrické a je ukončena v zastávce Řečkovice. Na křižovatce Palackého třídy s ulicí Kosmovou se od ní odděluje kratší trať vedoucí ke královopolské železniční stanici na poměrně významný přestupní bod. Na křižovatce Palackého třídy a ulice Hudcovy je pak do této radiály zaústěna tramvajová vozovna Medlánky.

Délka tratí v této oblasti je přibližně 6,1 kilometru a tramvaje na nich obsluhují celkem 15 zastávek. (4) (5)

Černopolské radiály (zaústění Moravské náměstí)

Na Moravském náměstí je do centrálního okruhu napojena i trať z ulice Milady Horákové. Ta pokračuje dále ulicí Merhautovou na křižovatku s ulicí Jugoslávskou. Zde se trať rozvětjuje do tří směrů. Jedna z nich ulicí Merhautovou pokračuje dále přímo až do konečné zastávky Štefánikova čtvrť a podílí se na dopravní obslužnosti městské části Černá Pole.

Z křižovatky ulicí Jugoslávskou směrem na sever pokračuje trať, která zajišťuje dopravní obslužnost městské části Černá Pole a zejména rozsáhlého sídliště Lesná. Trať je vedena nejprve ulicemi Jugoslávskou a Lesnickou a následně v samostatném tělese po okraji třídy Generála Píky na Halasovo náměstí a odtud do konečné zastávky Čertova rokle.

Tramvajová trať je vedená ulicí Jugoslávskou i na jih, v tomto případě se však jedná o spojnicu se skupinou dalších tratí.

Celková délka v této skupině uvažovaných tratí dosahuje 5,8 kilometru s celkovým počtem 13 zastávek. (4) (5)

Židenická a husovická radiála (zaústění Malinovského náměstí)

Na Malinovského náměstí je do okruhu zaústěna tramvajová trať z ulice Cejl. Napojení je poměrně specifické, jelikož je realizováno formou blokové smyčky z důvodu absence kolejové spojky umožňující jízdu od hlavního nádraží přes Malinovského náměstí do ulice Cejl. Kolej z centra se od tramvajového okruhu odděluje na křižovatce ulic Benešova a Divadelní, kdy pokračuje přímo ulicí Benešovou a do dvoukolejné trati směřující do ulice Cejl se napojuje až o blok dále. Kolej do centra se na tramvajový okruh napojuje na křižovatce s ulicemi Rooseveltovou a Divadelní.

Trať od Malinovského náměstí se na konci ulice Cejl dělí. Severním směrem ulicemi Vranovskou, Svitavskou (pro směr do centra), Mosteckou, Husovickou (obě pro směr z centra), Nováčkovou, Dačického, Dukelskou, Valchařskou, Dolnopolní, Selskou a Obřanskou je trasována radiála zajišťující dopravní obslužnost městských částí Obřany, Maloměřice a Husovice. Na ulici Dolnopolní v Maloměřicích je umístěna nácestná smyčka Maloměřický most.

Z křižovatky ulic Cejl a Vranovské pokračuje druhá trať východním směrem ulicemi Zábrdovickou a Bubeníčkovou do přestupního uzlu Stará osada. Tramvajové linky vedené do

tohoto uzlu primárně zprostředkovávají přestupy a návaznosti na linky nekolejové MHD vykonávající dopravní obslužnost ve vzdálenějších lokalitách.

Do této skupiny jsou zahrnuty tratě o celkové délce 6,7 kilometru a celkem 18 zastávek. (4) (5)

Líšeňská a komárovská radiála (zaústění viadukt Křenová)

Do poslední skupiny jsou zahrnuty tratě, které se na centrální tramvajový okruh napojují v místě železničního viaduktu Křenová u hlavního nádraží.

První z nich vede ulicemi Křenovou, Olomouckou, Životského, Táborskou na křižovatku s ulicí Nezamyslovou. Ulicí Táborskou pokračuje kratší větev do konečné zastávky Juliánov. Delší větev je vedena ulicí Nezamyslovou a dále v samostatném tělese podél ulice Ostravské k další odbočce. Z této odbočky v přímém směru pokračuje trať na Stránskou skálu. Z odbočného směru pokračuje trať podél ulic Jedovnické a Novolíšeňské a dále středem sídliště Líšeň až do konečné zastávky Mifkova, zajišťuje tak páteř dopravní obslužnosti v této oblasti.

Druhá trať od viaduktu Křenová směřuje na sever ulicemi Dornych, Plotní a Svatopetrskou až na Mariánské náměstí do konečné zastávky Komárov. Ve stávající stopě je trať v provozu teprve od poloviny roku 2021, kdy došlo k dokončení přeložení trati, která byla původně trasována ulicí Dornych a nikoliv Plotní. Trať tvoří páteř dopravní obslužnosti v městské části Komárov.

Celková délka systému tratí zahrnutých do této skupiny činí přibližně 13,1 kilometru a nachází se zde 26 zastávek. (4) (5)

V rámci této podkapitoly se charakterizovala infrastruktura, kterou brněnský tramvajový systém disponuje. Tyto poznatky budou využity především ve druhé kapitole, kdy budou jednotlivé úseky analyzovány jak z pohledu aktuálního zatížení tramvajovou dopravou, tak z pohledu parametrů ovlivňujících jejich maximální kapacitu.

1.2 Vozový park

V této podkapitole bude stručně charakterizován vozový park, jenž infrastrukturu využívá.

Jak již bylo zmíněno v úvodu předchozí podkapitoly, ve vozovém parku brněnského dopravního podniku je přibližně 290 vozidel. Úplně konkrétní číslo nelze v současnosti přesně

určit, jelikož dochází souběžně k dodávkám a zprovoznování nových vozů a zároveň k odstavování nejstarších vozidel, údaj se tak neustále mění. (1)

Dopravní podnik města Brna provozuje širokou škálu typů tramvají, kdy žádný z nich není ve vozovém parku ani zdaleka dominantní. Nejpočetněji je zastoupen částečně nízkopodlažní model 13T z produkce společnosti Škoda, a to v celkovém počtu 49 kusů, který byl dodáván ve dvou etapách v letech 2007 až 2016. (1)

Druhým nejpočetnějším modelem je vysokopodlažní vůz ČKD Tatra T6A5 z poloviny 90. let 20. století. DPMB disponuje 48 vozidly tohoto typu, z nichž 20 je původně brněnských a je v provozu již od roku 1995, zbývajících 28 je původem z Prahy a do Brna se dostaly až jako ojeté v posledních letech. Na vozidlech byly provedeny opravy a údržby různých stupňů a další nezbytné úpravy (např. změna polarit elektrické výzbroje), do provozu byly postupně zařazeny v letech 2019 až 2022. Tramvaje jsou provozovány ve stálých soupravách – aktuálně osmnácti dvouvozových a čtyřech třívozových. (1)

Značnou část vozového parku představují i různé modifikace tramvají ČKD Tatra T3, jejichž provoz v Brně začal už v 60. letech 20. století. Konkrétně se jedná o 46 aktuálně provozuschopných vozidel, které jsou vypravovány výhradně v soupravách. Podtypy se od sebe odlišují především druhem použité elektrické výzbroje, upraveným designem či provedenými generálními opravami s dosazením nové vozové skříně. (1)

Významné zastoupení mají ve flotile tramvaje Vario LFR.E a LF2R.E, a to každá po 32 kusech. Jedná se o částečně nízkopodlažní tramvaje, které vznikly jako rekonstrukce původních tramvají ČKD Tatra T3 (LFR.E) a K2 (LF2R.E) dosazením nové vozové skříně z produkce společnosti Pragoimex na modifikované původní podvozky. Většina vozů byla kompletovaná přímo v ústředních dílnách DPMB a většina jich je provozována v soupravách na páteřních tramvajových linkách. Rekonstrukce a kompletace probíhala v letech 2006 až 2018. (7)

Stejně množství, tedy 32 vozů, je v brněnském vozovém parku i obousměrných částečně nízkopodlažních tramvají ČKD Tatra KT8D5. 25 z nich je podtypu KT8D5RN.2, který vznikl rekonstrukcí a zejména dosazením nízkopodlažního středního článku do původních KT8D5 z přelomu 80. a 90. let 20. století. Sedm zbývajících vozů z konce 90. let 20. století je typu KT8D5N, který disponoval nízkopodlažním článkem již z výroby. (1)

V provozu je dále již 25 tramvají Pragoimex EVO 2 z celkové objednávky 41 vozidel od Aliance TW Team (sdružující společnosti KOS Krnov, Pragoimex a VKV Praha). Jedná se plně nízkopodlažní klimatizované dvoučlánkové tramvaje, které jsou, podobně jako tramvaje z rodiny Vario, kompletovány v ústředních dílnách DPMB. Do provozu se tramvaje tohoto typu zařazují od roku 2020 a umožnily odstavení již téměř všech původních tramvají typu K2. (1) (8)

Společnost Škoda do Brna dodala v letech 2002 až 2005 i 17 částečně nízkopodlažních tříčlánkových tramvají typu 03T „Anitra“. Nejnovější akvizice ve vozovém parku DPMB pak také pochází z produkce Škoda Transportation. Od konce roku 2022 jsou do Brna dodávány nové obousměrné plně nízkopodlažní tramvaje s označením 45T z rodiny ForCity Smart. Těchto tramvají by mohlo v budoucnu být až 40, nicméně základní část rámcového kontraktu zavazovala DPMB k odběru pouze pěti vozidel, zbylých 35 vozů je možné pořídit v rámci opce (9). Aktuálně již byly získány a vyčleněny finanční prostředky na dodávku dalších 15 vozů. (10)

Celkový souhrn vozového parku je zpracován v tabulce č. 1. Jak je z ní patrné, aktuálně je 67 % vozidel alespoň částečně nízkopodlažních a 9 % vozidel je vybaveno klimatizací prostoru pro cestující.

Tabulka 1 – Přehled vozového parku tramvají DPMB

Typ	Ev.č.	Počet vozů v provozu	bezbariérovost	klimatizace
Škoda 13T	1900-1949	49	ano	ne
Tatra T6A5	1201-1249	48	ne	ne
Tatra T3 a modifikace	1517-1668	46	ne	ne
Vario LFR.E	1497-1630	32	ano	ne
Vario LF2R.E	1069-1132	32	ano	ne
Tatra KT8D5	1701-1738	32	ano	ne
Pragoimex EVO 2	1822-1846	25	ano	ano
Škoda 03T	1805-1821	17	ano	ne
Pars Nova K3R-N	1751-1754	4	ano	ne
Škoda 45T	1760-1761	2	ano	ano
Tatra K2	1049-1080	2	ne	ne
Celkem		289	67%	9%

Zdroj: autor s využitím (1)

Obsahem této podkapitoly byla stručná charakteristika aktuálního vozového parku. Vzhledem k tomu, že je vozový park značně heterogenní, tak se odlišuje nasazení vozidel na jednotlivé linky, což bude jednou ze součástí následující podkapitoly.

1.3 Linkové vedení

Předmětem této podkapitoly bude charakteristika linkového systému a samotných linek.

K aktuální podobě linkového systému se váže datum 2. 9. 1995, kdy bylo přistoupeno ke značné redukci celkového počtu tramvajových linek z 22 na 13 (11). Z tohoto důvodu lze aktuální systém definovat jako přestupní, jelikož většina radiál je v koncových úsecích obsluhovaná pouze jednou linkou a pro delší cesty, které nekončí v centru, je zpravidla nutné přestoupit (12). S dřívějším vyšším počtem linek bylo možné se bez přestupu dostat do většího množství lokalit. Přestup mezi tramvajovými linkami je možný realizovat především v přestupních bodech na centrálním okruhu, mimo něj pak např. v zastávkách Jugoslávská či Mendlovo náměstí.

Většinu současných tramvajových linek, s výjimkou dočasně fungující výlukové linky č. 11, lze považovat za tzv. tranzitní, jelikož jsou výchozí na jedné z radiál, prochází středem města přes část centrálního tramvajového okruhu a končí na jiné radiále. U některých linek v aktuálním stavu lze uvažovat i označení jako tzv. diametrální (tedy linka spojující vzdálenější okraj centra a jednu z radiál). Jiné řešení trasování linek se vzhledem k absenci tangenciálních spojovacích tratí mezi většinou radiál zpravidla nenabízí. Ani v několika málo místech, kde by bylo možné spojení radiál mimo centrální okruh, nejsou takové přímé relace zavedeny. (13)

Všechny tramvajové linky jsou provozovány v celodenním režimu přibližně od 5:00 do 23:00. S výjimkou linky č. 7 jsou všechny linky zároveň provozovány i celotýdenně. Intervaly mezi spoji oscilují v závislosti na přepravním významu linky od 5 až po 20 minut. Kromě standardních intervalů o délce 5, 10, 15 či 20 minut, užívaných u dopravy s pravidelným intervalem, je v aktuálně platných jízdních řádech u některých linek k nalezení poměrně nestandardní proměnný interval 6 až 7 minut (průměr 6 minut a 40 sekund), který na linkách zajišťuje 9 spojů v jednom směru za hodinu. Proměnný interval je realizován v pravidelném schématu, kdy je mezi dvojicí spojů dvakrát po sobě zaveden interval 7 minut a třetí interval je zkrácen na 6 minut, čímž je zajištěno zachování shodných časových poloh v každou hodinu. (14) (15)

Vzhledem k charakteru této práce, kdy je v analytické části zkoumáno především maximální kapacitní zatížení, jsou uváděny a řešeny intervaly především v době odpolední pracovní špičky, což v brněnských podmínkách odpovídá době od 14:30 do 16:30.

V tabulce č. 2 jsou shrnuty všechny tramvajové linky brněnské MHD se základními parametry, které budou okomentovány a rozvedeny v následujících podkapitolách zabývajících se jednotlivými linkami.

Tabulka 2 – Tramvajové linky v Brně

Linka	Délka [m]	Jízdní doba [min]	Cestovní rychlost [km·h ⁻¹]	Interval špička [min]	Počet spojů/hod	Nabízená kapacita v jednom směru ve špičce [míst/hod]	% bezb. spojů
1	10 224	35	17,53	5	12	3 180	83%
2	11 464	34	20,23	6,67	9	1 884	69%
3	11 221	34	19,80	6,67	9	1 900	62%
4	8 929	33	16,23	5 (10)	6 (6)	2 052	100%
5	7 584	27	16,85	5 (10)	6 (6)	2 496	74%
6	10 594	34	18,70	5	12	2 544	56%
7	8 357	27	18,57	10	6	1 026	100%
8	13 741	34	24,25	5	12	2 772	100%
9	8 593	31	16,63	6,67	9	1 836	96%
10L	17 091	43	23,85	10	6	2 024	52%
10S	16 431	41	24,05	20	3		
11	1 805	4	27,08	15	4	924	100%
12	8 085	28	17,33	5	12	3 180	100%

Zdroj: autor s využitím (4) (15) (16)

Bližší charakteristika jednotlivých linek je uvedena v příloze A.

Shrnutí

V rámci charakteristiky tramvajové sítě byla postupně popsána infrastruktura, vozový park a linkové vedení. Poznatky zpracované v této kapitole poslouží jako podklad pro následující analytickou část, kde bude přistoupeno ke stanovení, výpočtům a vyhodnocení kapacitních a dalších parametrů sítě.

2 ANALÝZA STÁVAJÍCÍ KAPACITY SÍTĚ

V rámci této kapitoly budou rozvedeny poznatky o tramvajových tratích a linkovém vedení z předcházející kapitoly. Následně pak budou využity k výpočtům kapacitního vytížení všech úseků sítě a k určení dalších parametrů tramvajové sítě, které mají na výslednou kapacitu celé sítě přímý vliv, jako je např. míra segregace jednotlivých úseků od nekolejové dopravy.

2.1 Členění tratí dle míry segregace od okolního provozu

Než bude přistoupeno k výpočtu reálného kapacitního zatížení všech úseků tramvajové sítě, je potřeba konstatovat, že se dle charakteru konkrétního úseku odvíjí i maximální kapacita, kterou je vůbec možné daný úsek zatížit. Vliv na tento parametr má z obecného hlediska především to, jak velkou měrou je tramvajová trať segregována či izolována od vlivu dalších účastníků dopravního procesu – od pěší, cyklistické, nekolejové veřejné, a především individuální automobilové dopravy. To je dáno stavebním řešením daného úseku a tím, jak moc často přichází dráha do přímého styku s okolní dopravou.

Asi nejvýraznějším prvkem, který kapacitu dráhy omezuje, jsou úroňová křížení či tzv. uzlové body a s tím související funkce světelného signalizačního zařízení. Jedná-li se o křížení bez jakýchkoliv aplikovaných metod preference, může průjezd takovou křižovatkou způsobit u tramvajového spoje zpoždění až v řádu minut. Vhodnou implementací preferenčních nástrojů do SSZ je možné tento negativní vliv alespoň částečně eliminovat. V Brně je užíván princip aktivní či dynamické preference, kdy je systém schopen vyhodnotit dopravní situaci v uzlu a požadavky na průjezd v reálném čase a může měnit délky a pořadí jednotlivých fází v rámci fázového cyklu. (2) (13)

Negativní vliv na plynulost a kapacitu tramvajového provozu mají i samotná vozidla IAD. Ta mohou v případě absence segregace přímo blokovat těleso tramvajové tratě, a to např. v křižovatkách při odbočování vlevo či jen samotnou jízdou ve sdíleném pruhu. Omezovat kapacitu může i parkující vozidlo v předjízdném pruhu (i v místě s platným zákazem zastavení), které musí ostatní účastníci provozu objíždět. (2)

Dalším faktorem ovlivňujícím kapacitu může být i úroveň bezbariérovosti v prostoru zastávek či v samotných vozidlech. Absentuje-li v zastávce nástupní hrana a cestující je nucen nastupovat z úrovně vozovky, může se prodloužit doba potřebná pro nástup a výstup cestujících. Obdobný vliv na tuto dobu mají i parametry tramvajového vozidla, a sice úroveň jeho nízkopodlažnosti. Nutnost překonávat při nástupu či výstupu schodiště také celý proces

zpomaluje. Důležitým parametrem je i délka nástupní hrany. Pokud není umožněno odbavení dvou tramvajových souprav zároveň, tak v případě jízdy dvou tramvajových spojů hned za sebou je druhý spoj velice výrazně omezován.

Vliv těchto elementů s možným negativním vlivem na tramvajovou dopravu je posléze nutné zohlednit při konstrukci jízdního řádu v podobě přiřázek k jízdním dobám a dalších vyrovnávacích dob. Čím více prvků omezující plynulý provoz tramvajové dopravy je potřeba uvažovat, tím více se snižuje kapacita daného úseku. U tramvajových linek pak důsledkem toho dochází ke snížení cestovní či oběžné rychlosti. Vztah mezi cestovní rychlostí a procentuálním zastoupením segregovaných úseků na celé trase linky bude jedním z dílčích výstupů této kapitoly. (12)

Z uvedených důvodů bylo tak pro detailnější rozbor kapacity sítě přistoupeno k definování sedmi následujících způsobů vedení tratě v městské zástavbě. Nutno podotknout, že se v některých místech různé způsoby řešení prolínají, tudíž ne vždy spadají plně do jedné z kategorií.

Segregovaná trať bez úrovnových křížení (kategorie A)

Do této skupiny byly zařazeny úseky tratí na samostatném tělese, které jsou kompletně izolovány od vlivu IAD. Veškerá křížení se silniční dopravou jsou řešena mimoúrovňově. Často jsou trasovány samostatně mimo uliční síť. Jedinými potenciálními rizikovými místy jsou úrovnová místa pro přecházení v zastávkách pro pěší. V Brně jsou tímto způsobem realizovány novější radiály směřující především na velká sídliště vybudované především v 80. či 90. letech 20. století. Svými parametry se již často přibližují rychlodrážním systémům, včetně např. otevřeného svršku, což se podepisuje na dosahované cestovní rychlosti v těchto úsecích. Největší rychlostní omezení představuje zpravidla pojíždění výhybek.

Traťové úseky s těmito parametry poskytují maximální potenciální kapacitu.

Segregovaná trať s úrovnovými kříženími (kategorie B)

Tyto úseky se na rozdíl od předchozí skupiny nevyhýbají zcela úrovnovým křížením a křižovatkám. V takových uzlových bodech mohou být tramvaje preferovány jak adekvátním dopravním značením (přednost v jízdě apod.), tak SSZ vybaveným systémem preference.

Takových částí tratí nebylo autorem stanoveno tolik, jako v případě první kategorie. Zpravidla se jedná o dílčí úseky tramvajových radiál blíže k centru, než přejdou do módu

kompletní segregace. Maximální kapacita na těchto úsecích může být limitována průjezdem uzlovými body.

Trat' v uličním profilu se zvýrazněním profilu dráhy (kategorie C)

Jedná se o specifickou kategorii tramvajových tratí, které jsou zpravidla vedeny v uličním profilu v ose pozemní komunikace s pruhy pro IAD po obou stranách. Nicméně za účelem zvýraznění tělesa dráhy jsou mezi trat' a pruh pro IAD instalovány podélné prvky, které trat' fyzicky od okolního provozu alespoň částečně oddělují. Druhým využívaným způsobem zvýraznění je vyvýšení tělesa trati oproti úrovni vozovky v pruhu pro IAD. Do této kategorie byly navíc uvažovány segmenty se zatravněním kolejiště, avšak bez dalších fyzických prostředků oddělujících těleso dráhy.

Těmito způsoby je eliminován možný vliv souběžně jedoucích vozidel IAD. Z ostatních hledisek se však jedná o standardní trat' vedenou v městské zástavbě ovlivněnou uzlovými body a SSZ. Jsou takto řešeny mj. některé z úseků tratí rekonstruovaných v posledních letech.

Trat' v uličním profilu s předjízdými pruhy (kategorie D)

Tento způsob realizace tramvajové trati lze v uličním profilu v městské zástavbě považovat za jeden z nejběžnějších. Tramvajová trat' není nikterak chráněna proti vlivům okolní dopravy. Kolejový svršek je realizován formou panelů společnosti BKV či živičného povrchu. Tramvajovou trat' je tak možné pojíždět i silničními vozidly.

Vozidlům IAD je zpravidla znemožněno takovou trat' pojíždět, tudíž je alespoň tímto způsobem eliminován možný vliv dopravních kongescí. Problém však může být např. v nedostatečně šíři předjízdného pruhu, kdy není možná souběžná jízda tramvaje a osobního automobilu. Pruh pro IAD může být dále blokován překážkou a řidiči osobních automobilů jsou tak nuceni těleso dráhy využít. Na takových tratích často ani nejsou ve všech zastávkách zřízeny nástupní ostrůvky, cestující jsou tak nuceni nastupovat z úrovně vozovky.

Úseky spadající do této kategorie lze nalézt především v širším centru města v hustší městské zástavbě, a to na téměř všech radiálách.

Smišená trat' s předjízdným pruhem v jednom směru (kategorie E)

Tento způsob vedení trati v uličním profilu je realizován tam, kde není dostatečný prostor pro existenci předjízdných pruhů po obou stranách, případně je potenciální prostor pro něj vyhrazen pro parkování. Zpravidla je předjízdný pruh zřízen v tom směru, ve kterém je více potřeba (např. před křižovatkou). Ve druhém směru je provoz tramvajů a silniční dopravy

sloučen do jednoho pruhu. Kvůli tomu je tramvajová doprava v tomto směru vystavena riziku kongescí, nicméně v úsecích s aplikací tohoto řešení není zpravidla intenzita IAD tak vysoká. V rámci sítě mají tyto úseky spíše minoritní zastoupení.

Trať v pruhu sdíleném s IAD (kategorie F)

Úseky zařazené do této kategorie se nacházejí zpravidla v lokalitách se starší zástavbou, kde není uliční prostor dostatečně široký na to, aby pojmul vyhrazený prostor pro pěší, IAD a tramvajovou dopravu. Proto tramvajová trať nuceně sdílí pruh s IAD, a kromě vlivu křižovatek, SSZ atd. je značně ovlivněna i potenciálními kongescemi.

Z hlediska maximální možné kapacity jsou na tom tyto úseky ze všech kategorií nejhůře.

Trať v pěší zóně či v oblasti s omezením vjezdu pro IAD (kategorie G)

Do poslední kategorie byly uvažovány především úseky v centru města. Tramvajová trať je zde vedena, obdobně jako v předchozí kategorii, bez jakékoliv segregace, ovšem provoz IAD je zde silně regulován. Vjezdy do těchto oblastí jsou osazeny dopravním značením zakazujícím vjezd motorových vozidel s výjimkou vozidel s povolením od Magistrátu města Brna. Většina úseků v této kategorii je navíc vedena pěší zónou, tudíž zde tramvajové soupravy musí dodržovat rychlostní omezení na $20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

2.2 Členění tramvajové sítě dle kapacity a způsobu vedení trati

Na základě definice různých kategorií způsobu vedení trati v předchozím textu byla celá brněnská tramvajová síť rozdělena na jednotlivé úseky. Tyto úseky byly dále rozděleny dle kapacitního zatížení platného pro dopravní špičku. Pro úseky tedy platí, že se musí od sebe odlišovat alespoň v jednom parametru – kapacitě nebo způsobu vedení trati. Síť byla takto celkově rozdělena až na 93 úseků. Pro větší přehlednost jsou úseky zařazené do jedné ze skupin radiál či centrálního tramvajového okruhu dle členění použitého v první kapitole.

V rámci této podkapitoly budou získané údaje zanalyzovány a vyhodnoceny. Jednotlivé způsoby vedení tratí jsou v tabulkách označeny písmeny A až G viz nadpisy podkapitol.

Centrální tramvajový okruh

Tabulka 3 – Kapacita centrálního tramvajového okruhu

Úsek	Délka [m]	Kat.	Linky	Spoje /hod	Interval [min]	
Viadukt Křenová	Benešova	158	D	10	9	6,67
Viadukt Křenová	Hlavní nádraží 2	222	D	8, 9, 12	33	1,82
Malinovského náměstí	Benešova	314	D	1, 2, 4, 7, 10	48	1,25
Benešova	Hlavní nádraží 1	210	E	1, 2, 4, 7	39	1,54
Hlavní nádraží 1	Nové Sady 1	257	C	1, 2	21	2,86
Hlavní nádraží 2	Nové Sady 2	257	C	7, 8, 12	30	2,00
Nové Sady 1	Nádražní/Hybešova 1	125	C	1, 2	21	2,86
Nové Sady 2	Nádražní/Hybešova 2	125	C	7, 8	18	3,33
Nové Sady 1	Šilingrovo náměstí	482	E	12	12	5,00
Šilingrovo náměstí	Komenského náměstí	575	D	5, 6, 12	36	1,67
Komenského náměstí	Joštova/Česká	112	G	4, 5, 6, 12	48	1,25
Joštova/Česká	Joštova/Rašínova	133	G	3, 4, 5, 6, 10	54	1,11
Joštova/Rašínova	Hlavní nádraží	878	G	4, 9	21	2,86
Joštova/Rašínova	Moravské náměstí	125	D	3, 5, 6, 9, 10	51	1,18
Moravské náměstí	Rooseveltova/Dvořákova	462	D	1, 10	21	2,86
Rooseveltova/Dvořákova	Malinovského náměstí	138	G	1, 10	21	2,86

Zdroj: autor s využitím (4) (15)

Z tabulky č. 3 lze vyčíst, že v centrální části brněnské tramvajové sítě je na nejvyšším stupni segregace čtyřkolejný úsek (uvažovaný jako dva dvoukolejné) od zastávky Hlavní nádraží na severovýchod. V úseku k zastávce Nové sady je těleso trati vyvýšeno, v další části je kolejiště zatravněno. Dále je zde část tratí vedena standardním způsobem v samostatném pruhu a nezanedbatelné zastoupení mají i tratě vedené pěší zónou, které se v jiných částech města již nevyskytují.

Tratě v centru města využívají všechny linky s výjimkou linky č. 11. Na jednom úseku dochází k souběhu až pěti tramvajových linek. Z toho pramení i velice vysoký stupeň zatížení těchto tratí, kdy na vybraných úsecích za hodinu projede kolem 50 spojů v jednom směru s následným intervalem dopravy blížícím se jedné minutě.

K určitému zjednodušení došlo v oblasti Malinovského náměstí, kdy je uvažováno, že všechny linky jedou obousměrně v celé této části trasy, u linek směřujícím na ulici Cejl není uvažován jednokolejný úsek. Obdobně v úseku Hlavní nádraží – Nové sady, kde linky č. 7 a 12 využívají kolejové spojky a v každém směru pojíždějí jinou z pomyslných dvoukolejných tratí, je tato skutečnost zjednodušena.

Lískovecko-bohunická radiála

Tabulka 4 – Kapacita lískovecko-bohunické radiály

Úsek		Délka [m]	Kat.	Linky	Spoje/hod	Interval [min]
Starý Lískovec, smyčka	odb. Nemocnice Bohunice	958	A	6, 7	18	3,33
Nemocnice Bohunice	odb. Nemocnice Bohunice	835	A	8	12	5,00
odb. Nemocnice Bohunice	Švermova	659	A	6, 7, 8	30	2,00
Švermova	odb. Jihlavská	1154	A	6, 7, 8	30	2,00
odb. Jihlavská	odb. Starý Lískovec	728	A	6	12	5,00
odb. Jihlavská	Vojtova	1433	A	7, 8	18	3,33
Vojtova	Nové sady	874	B	7, 8	18	3,33

Zdroj: autor s využitím (4) (15)

Jak z údajů v tabulce č. 4 vyplývá, všechny tratě v této skupině jsou od okolního provozu kompletně segregovány s výjimkou úseku Nové Sady – Vojtova, kde se nachází dvě úrovněová křižení. Tento úsek by navíc teoreticky mohl spadat i do kategorie zvýraznění profilu trati prostřednictvím zatravněného kolejiště, nicméně pás mezi tratí a silničním pruhem postupně zarůstá zelení, a tak tímto způsobem dojde ke kompletnímu fyzickému oddělení. Celkově však lze konstatovat, že tratě uvažované v této skupině vykazují nejvyšší míru segregace v rámci celého města Brna. To je dáno tím, že se jedná o sídlištní trať, jejíž úseky byly postupně budovány od 80. let 20. století a svými parametry se přibližuje rychlodrážním tratím.

V oblasti zajišťují dopravní obslužnost linky č. 6, 7 a 8, na tratích v tomto souboru tak dochází k souběhu maximálně těchto tří linek. I to vzhledem ke kratším intervalům linek č. 6 a 8 postačuje k poměrně značnému kapacitnímu zatížení infrastruktury. Na společném úseku takto v jednom směru projede 30 spojů za hodinu s průměrným následným intervalem 2 minuty.

Modřická radiála a navazující úseky

Tabulka 5 – Kapacita modřické radiály a navazujících úseků

Úsek		Délka [m]	Kat.	Linky	Spoje/hod	Interval [min]
Modřice, smyčka	Ústřední hřbitov	4841	A	2	9	6,67
Ústřední hřbitov, smyčka	Ústřední hřbitov	627	A	5	6	10,00
Ústřední hřbitov	odb. Starý Lískovec	820	B	2, 5	15	4,00
odb. Starý Lískovec	odb. Vídeňská	84	B	2, 5, 6	27	2,22
odb. Vídeňská	Poříčí	1023	D	2, 5, 6	27	2,22
Poříčí	Křížová/Václavská	206	D	2, 5, 6	27	2,22
Křížová/Václavská	Václavská/Hybešova	251	E	1, 2	21	2,86
Václavská/Hybešova	Nové Sady	728	D	1, 2	21	2,86

Zdroj: autor s využitím (4) (15)

Na základě dat z tabulky č. 5 lze konstatovat, že i tato oblast tratí, která se geograficky částečně prolíná s lískoveckou radiálou a oblastí Mendlova náměstí, je na vysokém stupni segregace. To způsobuje především téměř pětakilometrový koncový úsek radiály od Ústředního hřbitova po Modřice, který je zároveň nejdelším dále nečleněným úsekem v této analýze. Kromě úseku na samostatném tělese mají však značné zastoupení i standardní úseky s předjízdnyými pruhy v ulicích Vídeňské či Hybešově blíže centru.

Alespoň část tratí v této skupině využívají linky č. 1, 2, 5 a 6, přičemž společný úsek mají maximálně tři linky. K tomuto souběhu dochází na ulici Vídeňské, kde v dobu dopravní špičky v jednom směru projede až 27 spojů, následný interval je tak jen o něco vyšší než 2 minuty. Vzhledem k tomu, že tento úsek není nikterak segregován, jedná se o značné zatížení infrastruktury.

Pisárecká radiála a oblast Mendlova náměstí

Tabulka 6 – Kapacita pisárecké radiály a tratí kolem Mendlova náměstí

Úsek		Délka [m]	Kat.	Linky	Spoje /hod	Interval [min]
Vozovna Komín	Bráfova	1234	A	11	4	15,00
Bráfova	Pisárky, vozovna (vjezd)	1994	A	-	0	-
Pisárky, vozovna (smyčka)	Mendlovo náměstí	1752	A	1	12	5,00
Mendlovo náměstí	Mendlovo náměstí	75	G	1	12	5,00
Křížová/Václavská	Křížová/Mendlovo náměstí	133	D	1, 5, 6	30	2,00
Mendlovo náměstí	Mendlovo náměstí	185	G	5, 6	24	2,50
Mendlovo náměstí	Úvoz/Pekařská	67	D	5, 6	24	2,50
Úvoz/Pekařská	Šilingrovo náměstí	699	D	5, 6	24	2,50

Zdroj: autor s využitím (4) (15)

Parametry této části sítě jsou zpracovány v tabulce č. 6. V úseku od Vozovny Komín po Mendlovo náměstí se jedná o trať s kompletní segregací od okolního provozu. V navazujících úsecích od Mendlova náměstí dále se již jedná o standardní městské tratě. Úseky přes Mendlovo náměstí byly uvažovány do kategorie tratí v pěší zóně, kam vzhledem k povaze veřejného prostoru v této lokalitě spadají nejlépe.

Touto oblastí projíždí linky č. 1, 5, 6 a zasahuje do ní i výluková linka č. 11 v západní části radiály. Nejnižší, resp. žádné zatížení je aktuálně v úseku Pisárky – Bráfova z důvodu výlukových činností. Nejvíce zatížený je úsek trati z Mendlova náměstí ke křižovatce ulic Křížová a Václavská, který v jednom směru využije až 30 spojů za hodinu s následným intervalem 2 minuty. Na interval o hodnotě 2,5 minuty se dostává trať v ulici Pekařské.

Stránická „radiála“ (ulice Údolní)

Tabulka 7 – Kapacita trati v ulici Údolní

Úsek	Délka [m]	Kat.	Linky	Spoje/hod	Interval [min]	
Náměstí Míru	Všetičkova	605	E	4	12	5,00
Všetičkova	Údolní/Úvoz	377	D	4	12	5,00
Údolní/Úvoz	Obilní trh	368	D	4	12	5,00
Obilní trh	Údolní/Joštova	250	E	4	12	5,00
Údolní/Joštova	Komenského náměstí	191	G	4	12	5,00

Zdroj: autor s využitím (4) (15)

Jedná se o nejkratší část sítě ze všech analyzovaných skupin. Zároveň tato trať není v žádné své části nikterak segregována od okolního provozu, jak lze vidět v tabulce č. 7. Největší podíl zde zaujímá vedení trati s předjízdovým pruhem pro IAD v jednom směru a se sdíleným pruhem ve směru druhém, které je využito v úseku Náměstí míru – Všetičkova (z prostorových důvodů) a také za zastávkou Obilní trh směrem do centra (pruh vedle koleje směr centrum je využíván pro parkování).

Celou trať využívá pouze linka č. 4. Ve špičku tak v jednom směru projede 12 vozidel s intervalem 5 minut.

Bystrcká a královopolská radiála

Tabulka 8 – Kapacita bystrcké a královopolské radiály

Úsek	Délka [m]	Kat.	Linky	Spoje/hod	Interval [min]	
Ečerova	Rakovecká	1786	A	10	9	6,67
Rakovecká	Bystrcká/Kniničská	1721	A	3, 10	18	3,33
Bystrcká/Kniničská	Komín, smyčka	1845	B	3, 10	18	3,33
Komín, smyčka	Vozovna Komín	571	A	3, 10, 11	22	2,73
Vozovna Komín	Sochorova	453	A	3, 10	18	3,33
Sochorova	Rosického náměstí	195	D	3, 10	18	3,33
Rosického náměstí	Minská/Chládkova	1153	F	3, 10	18	3,33
Minská/Chládkova	Minská/Tábor	176	E	3, 10	18	3,33
Minská/Tábor	Veveří/Nerudova	823	D	3, 10	18	3,33
Technologický park	most Hradecká	223	C	12	12	5,00
most Hradecká	Technické muzeum	194	C	12	12	5,00
Technické muzeum	Červinkova	506	D	12	12	5,00
Červinkova	Skácelova	405	F	12	12	5,00
Skácelova	Veveří/Nerudova	2054	D	12	12	5,00
Veveří/Nerudova	Žerotínovo náměstí	1016	D	3, 10, 12	30	2,00
Žerotínovo náměstí	Česká	166	G	3, 10, 12	30	2,00

Zdroj: autor s využitím (4) (15)

Ze zjištěných údajů v tabulce č. 8 je patrné, že v rámci této části brněnské tramvajové sítě jsou zastoupeny všechny způsoby vedení trati v uličním profilu i mimo něj. Kompletní segregace je realizována u bystrcké radiály v oblasti bystrckých sídlišť. Obdobně je na tom trať i na území městské části Komín, nicméně zde se na trati vedené mezi ulicemi Bystrckou a Kníničskou nachází dvě úrovněová křižení. Blíže k centru se už nachází nesegregované úseky a např. v ulici Minské trať nuceně sdílí pruh s IAD na úseku delším než kilometr. Druhá radiála je většinou vedena v samostatném pruhu s pruhy pro IAD na obou stranách, což platí i pro společný úsek obou radiál od Konečného náměstí do centra. Pouze v úseku Technologický park – Technické muzeum je trať v části zatravněna a oddělena pásem zeleně, v navazující části je opatřena prvky pro zvýraznění profilu dráhy.

Kapacitu tratí v této části sítě zatěžují linky č. 3, 10, 11 a 12. K nejvyššímu zatížení dochází na souběhu linek č. 3, 10 a 12 od Konečného náměstí po Českou, a to celkem 30 spojů za hodinu, což znamená průměrný dvouminutový následný interval. Interval pod úrovní 3 minut je dále pouze v úseku Komín, smyčka – Vozovna Komín, kde jsou v provozu linky č. 3, 10 a 11.

Řečkovická radiála

Tabulka 9 – Kapacita řečkovické radiály

Úsek		Délka [m]	Kat.	Linky	Spoje /hod	Interval [min]
Řečkovice	Hudcova	1379	D	1	12	5,00
Hudcova	Tylova	501	C	1	12	5,00
Tylova	Semilasso	501	D	1	12	5,00
Královo Pole, nádraží	Semilasso	355	D	6	12	5,00
Semilasso	Antonínská	2926	D	1, 6	24	2,50
Antonínská	Moravské náměstí	472	C	1, 6	24	2,50

Zdroj: autor s využitím (4) (15)

Tato přímá radiála je od centra až po koncový úsek vedena výhradně v ose pozemní komunikace s předjízdými pruhy (viz tabulka č. 9). Akorát na dvou přibližně půlkilometrových úsecích dochází k mírnému vyvýšení tělesa dráhy oproti úrovni pozemní komunikace. Na odbočné trati do zastávky Královo Pole, nádraží lze nalézt podélné prvky, které zvýrazňují těleso dráhy, nicméně jsou umístěny pouze na velice krátkých úsecích a nerovnoměrně z obou stran, tudíž byla trať zařazena do kategorie s předjízdými pruhy.

V této části sítě zajišťují dopravní obslužnost linky č. 1 a 6. Na obou linkách je ve špičkovou hodinu vypravováno až 12 spojů v jednom směru, dohromady tak těchto 24 spojů za hodinu znamená následný interval 2,5 minuty.

Černopolské radiály

Tabulka 10 – Kapacita radiál v Černých Polích

Úsek		Délka [m]	Kat.	Linky	Spoje /hod	Interval [min]
Čertova rokle	Provazníkova (Lesnická)	1810	B	9	9	6,67
Provazníkova (Lesnická)	Zemědělská	312	E	9	9	6,67
Zemědělská	Jugoslávská/Merhautova	712	F	7, 9	15	4,00
Štefánikova čtvrť	Merhautova/Provazníkova	283	D	5	12	5,00
Merhautova/Provazníkova	Jugoslávská/Merhautova	1220	F	5	12	5,00
Vranovská/Jugoslávská	Jugoslávská/Merhautova	187	D	3, 7	15	4,00
Jugoslávská/Merhautova	Dětská nemocnice	364	E	3, 5, 9	30	2,00
Dětská nemocnice	Moravské náměstí	928	C	3, 5, 9	30	2,00

Zdroj: autor s využitím (4) (15)

Data vztahující se k této skupině tratí jsou v tabulce č. 10. Způsoby vedení tratí aplikované v této oblasti jsou různé, v městské zástavbě převažuje nucené sdílení pruhu s IAD, a to na obou radiálách. Trať radiály na sídliště Lesná je v úseku Čertova rokle – Lesnická prakticky kompletně segregovaná od okolního provozu a vedená v samostatném tělese. Výjimkou jsou úrovně křížení na Halasově náměstí a na konci tohoto úseku v křižovatce ulic Lesnické a Provazníkovy. Na ulici Milady Horákové téměř v celém úseku Dětská nemocnice – Moravské náměstí je pak tramvajová trať zvýrazněna prostřednictvím vyvýšení nad úroveň vozovky, případně alespoň podélnými prvky.

Trať v této oblasti využívají linky č. 3, 5, 7 a 9. Stejně jako v mnohých případech výše, na souběhu tří linek č. 3, 5 a 9 v ulicích Merhautově a Milady Horákové se průměrný následný interval dopravy dostává na hodnotu 2 minut vzhledem ke 30 spojům za hodinu v jednom směru.

Židenická a husovická radiála

Tabulka 11 – Kapacita židenické a husovické radiály

Úsek		Délka [m]	Kat.	Linky	Spoje /hod	Interval [min]
Stará osada	odb. Bubeníčková	157	A	2, 3	18	3,33
odb. Bubeníčková	Zábrdovický most	833	D	2, 3	18	3,33
Zábrdovický most	Cejl/Vranovská	258	E	2, 3	18	3,33
Cejl/Vranovská	Vranovská/Jugoslávská	117	D	3, 4, 7	27	2,22
Vranovská/Jugoslávská	Mostecká	412	D	4	12	5,00
Mostecká	Maloměřický most	1710	F	4	12	5,00
Maloměřický most	Babická	1895	F	4	6	10,00
Cejl/Vranovská	Malinovského náměstí	1357	D	2, 4, 7	27	2,22

Zdroj: autor s využitím (4) (15)

V tabulce č. 11 jsou zaneseny údaje o této oblasti sítě. Vzhledem k tomu, že se jedná o trať vedené v širším centru města ve starší zástavbě, které nezasahují do žádných sídlištních celků, není drtivá většina úseků nikterak segregována od vlivu ostatní dopravy. Jedinou výjimkou je krátký koncový úsek do přestupního uzlu Stará osada. Naopak trať do Obřan je od zastávky Mostecké vedena ve společném pruhu s IAD prakticky nepřetržitě v délce přes 3 kilometry.

Do této oblasti zasahují linky č. 2, 3, 4 a 7. V úseku od křižovatky ulic Vranovské a Jugoslávské až po Malinovského náměstí jsou vedeny vždy tři linky zároveň. To dohromady generuje celkem 27 spojů za hodinu s následným intervalem něco málo přes 2 minuty.

Líšeňská a komárovská radiála

Tabulka 12 – Kapacita líšeňské a komárovské radiály

Úsek		Délka [m]	Kat.	Linky	Spoje /hod	Interval [min]
Mifkova	Novolíšeňská	2326	A	8	12	5,00
Novolíšeňská	odb. Stránská skála	2288	A	8, 10	18	3,33
Stránská skála	odb. Stránská skála	1628	A	10	3	20,00
odb. Stránská skála	křížení Nezamyslova	1129	A	8, 10	21	2,86
křížení Nezamyslova	viadukt Nezamyslova	319	B	8, 10	21	2,86
viadukt Nezamyslova	Nezamyslova/Táborská	260	F	8, 10	21	2,86
Juliánov	Nezamyslova/Táborská	1382	F	9	9	6,67
Nezamyslova/Táborská	Životského	392	F	8, 9, 10	30	2,00
Životského	Viadukt Křenová	1468	D	8, 9, 10	30	2,00
Komárov	Konopná	583	A	12	12	5,00
Konopná	Viadukt Křenová	1290	D	12	12	5,00

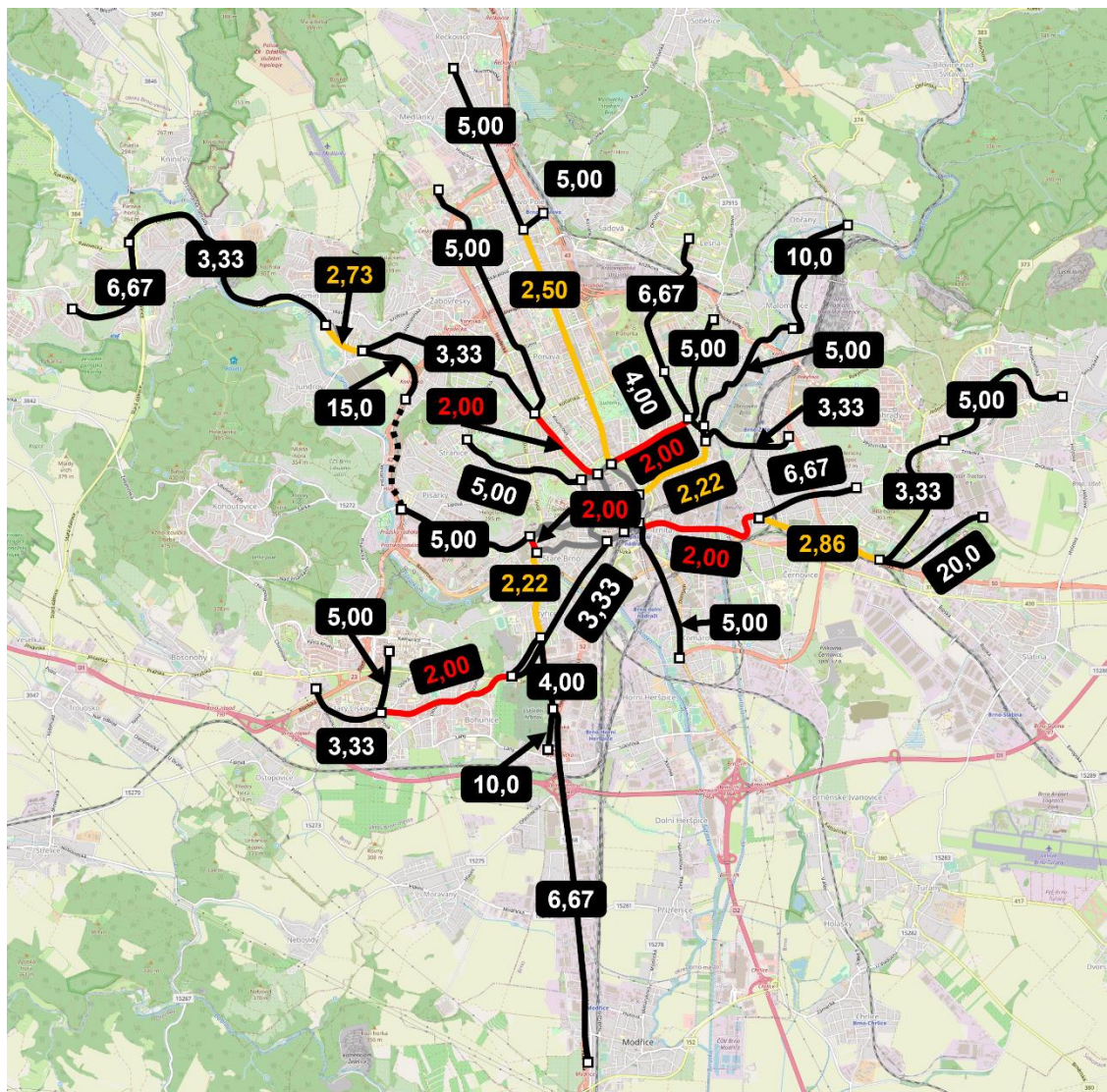
Zdroj: autor s využitím (4) (15)

Z hodnot v tabulce č. 12 lze vidět, že velká část této skupiny tratí je vedena v samostatném tělese kompletně bez úrovnových křížení. Dokonce se zde nachází souvislý více než sedmikilometrový systém tratí, který do této kategorie spadá. Jedná o se koncový úsek líšeňské radiály včetně odbočné trati na Stránskou skálu. Segregované úseky doplňuje trať do konečné zastávky Juliánov, která je na tom z hlediska segregace přesně naopak a sdílí svůj pruh s provozem IAD. Souběh obou tratí v ulici Křenové je pak veden v ose pozemní komunikace s předjízdnyými pruhy. Komárovská radiála je vedena segregovaně v koncovém úseku. Od zastávky Konopná až po viadukt Křenová pak převažuje řešení se zvýrazněním profilu dráhy, a to kombinací podélných prvků i horizontálního vyvýšení trati. Na ulici Plotní pak k vyšší míře segregace přispívají ještě protihlukové stěny.

Tyto lokality obsluhují linky č. 8, 9, 10 a 12. K nejvyššímu kapacitnímu zatížení infrastruktury dochází na společném úseku linek č. 8, 9 a 10 od viaduktu Křenová po křižovatku ulic Táborské a Nezamyslovy, a to 30 spojů za hodinu – následný interval jsou tedy 2 minuty. V této části sítě se zároveň nachází úsek s nejnižší frekvencí tramvajových spojů v rámci celého města. Na trati na Stránskou skálu je interval mezi spoji na úrovni 20 minut.

2.3 Vyhodnocení získaných údajů

Údaje o kapacitě z tabulek v předchozí kapitole jsou graficky znázorněny na schématu na obrázku č. 2. Úseky s intervalem 2 minuty a méně jsou zvýrazněny červenou barvou, úseky s intervalem nižším než 3 minuty barvou oranžovou.



Zdroj: autor s využitím (3)

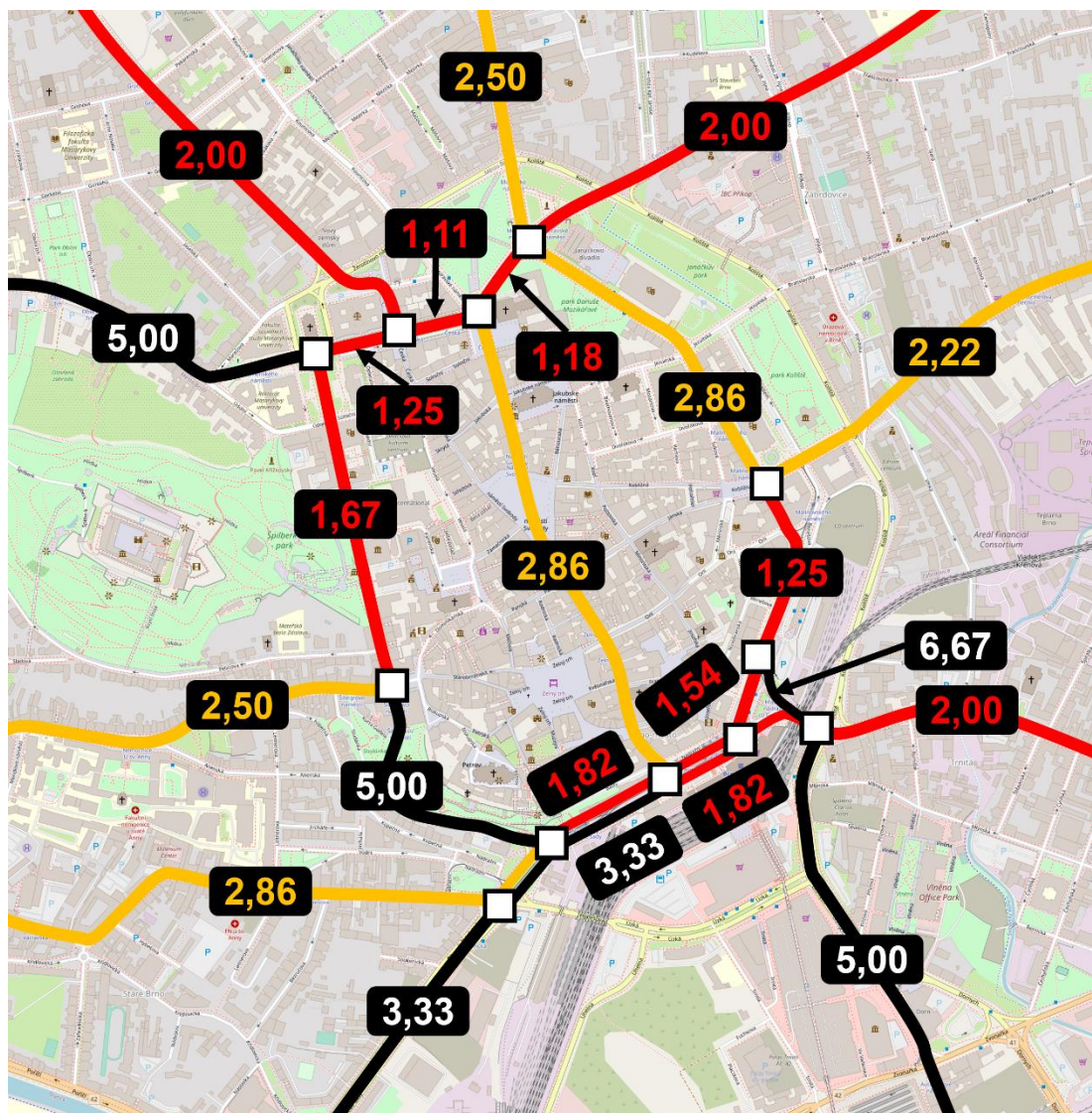
Obrázek 2 – Schéma kapacitního zatížení tratí mimo centrum

Ze schématu je patrné, že vytížení tratí směrem k centru postupně roste, jelikož dochází k postupnému souběhu linek. Do barevně odlišených hodnot následného intervalu spadají

především ty úseky tratí, které se již napojují na centrální tramvajový okruh. Mimo širší centrum vykazují vyšší stupeň zatížení úsek na lískovecko-bohunické radiále v místě souběhu linek č. 6, 7 a 8 a úsek Komín, smyčka – Vozovna Komín (linky č. 3, 10, 11).

Lze tedy konstatovat, že úseky mimo centrum nejsou kapacitně přetížené, nicméně některé se již dostávají do pásma hraničních hodnot. Následný interval 2 minuty může vzhledem k době pobytu v zastávce (obzvláště v centru města s vyšší frekvencí cestujících) a činnosti SSZ v křižovatkách způsobovat zpoždění, které se přenáší na následné spoje.

Pro větší přehlednost je na obrázku č. 3 znázorněno schéma se zatížením úseku na centrálním tramvajovém okruhu a úseky radiál nejbližší centru.



Zdroj: autor s využitím (3)

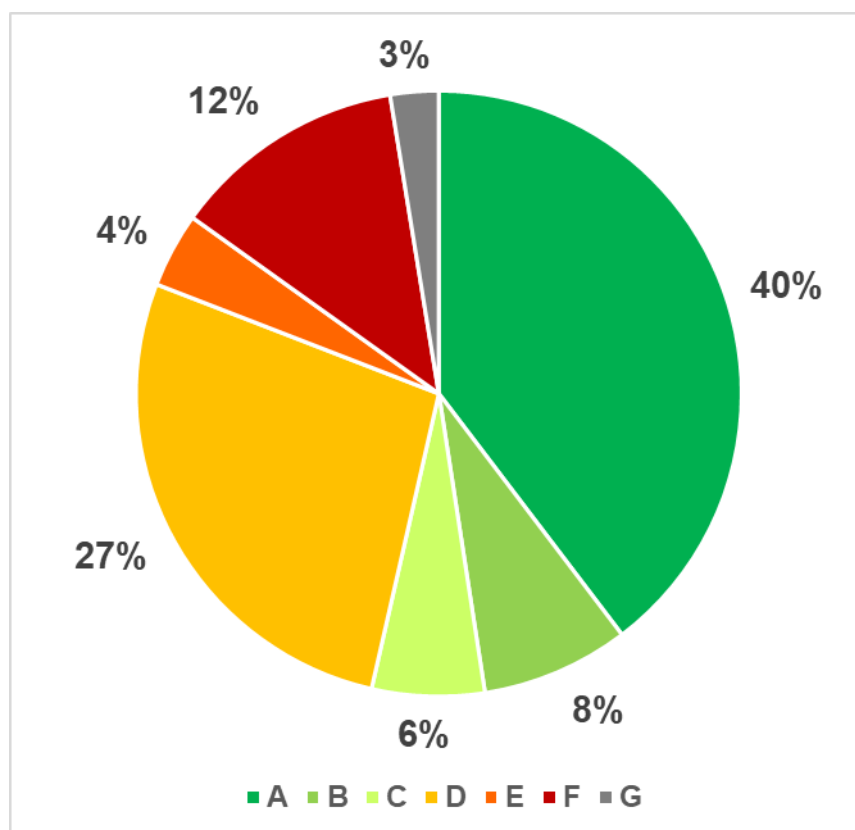
Obrázek 3 – Schéma kapacitního zatížení tratí v centru

V centrální části sítě je již situace vzhledem k souběhu více linek a tratí problematičtější. Nejkritičtější se jeví situace v přestupním uzlu Česká. Ulice Joštova je zatížena v celé své délce 48-54 spoji za hodinu v jednom směru, čímž se následný interval dostává téměř na hodnotu jedné minuty. Ještě více je zatížena oblast kolem brněnské hlavní železniční stanice, ovšem zde situaci částečně řeší čtyřkolejný úsek, jehož zásluhou není kapacita jedné traťové koleje tolik vyčerpána.

Pokud by tedy nastala situace, kdy by jeden z úseků na centrálním tramvajovém okruhu bylo nutné vyloučit z provozu, nutnost odklonu by mohla způsobit přetížení kapacity především v uzlových bodech.

Podíl zastoupení způsobů vedení trati v celé síti

Dalším dílčím výstupem analýzy tramvajové sítě je podíl různých způsobů vedení tratě na celkové délce systému. Diagram se zastoupením jednotlivých variant je znázorněn na obrázku č. 4. Jednotlivé kategorie jsou označeny písmeny A až G obdobně jako v předchozím textu.



Zdroj: autor s využitím (4)

Obrázek 4 – Podíl způsobů vedení trati na celkové délce tramvajové sítě

Z diagramu vyplývá, že největší zastoupení ze všech kategorií mají kompletně segregované tratě. Dohromady se segregovanými tratěmi s úroňovými kříženími tvoří úseky

s vysokou mírou izolace od vlivu okolní dopravy téměř polovinu celé sítě. Nicméně jedná se především o koncové úseky radiál mířících na sídliště dále od centra města, tedy o části sítě průměrně s nižším kapacitním zatížením. Vysoká intenzita provozu byla zjištěna pouze v úseku od zastávky Osová po odbočku u ulice Jihlavské.

Významnější podíl mají i tratě vedené v ose pozemní komunikace s předjízdými pruhy po obou stranách. Tento způsob vedení trati je častější u úseků blíže centru, tudíž zde dochází v průměru k vyššímu zatěžování kapacity než u kompletně segregovaných tratí. Ostatní způsoby mají v rámci celé sítě spíše minoritní zastoupení.

Celkově lze tedy konstatovat, že míra segregace tratí je v brněnském tramvajovém systému na vysoké úrovni (téměř 50 %), nicméně k oddělení trati od negativních vlivů ostatních druhů dopravy dochází často u úseků zatížených provozem pouze jedné či dvou linek. Úseky problematičtější z hlediska kapacity jsou často vystaveny intenzivnějšímu vlivu IAD a ostatní dopravy.

Vliv segregace tratí na cestovní rychlost linek

Dopad způsobu vedení tratě lze pozorovat i u parametrů tramvajových linek. Čím delší část linky je vedena v segregovaném režimu, tím vyšších hodnot dosahuje cestovní rychlost. Vozidlo obsazuje jednotlivé úseky po kratší dobu a na základě toho pak může být linka méně náročná na denní výpravu vozidel než v případě, kdyby byla míra segregace na lince menší. Srovnání mezi způsoby vedení tratí a cestovní rychlostí je zpracováno v tabulce č. 13.

Tabulka 13 – Vliv segregace trati na cestovní rychlost

Linka č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10	11	12
Délka [km]	10224	11464	11221	8929	7584	10594	8357	13741	8593	17091	16431	1805	8085
A – segregace bez ÚK	17,14%	43,60%	25,86%	0,00%	8,27%	33,03%	50,31%	71,49%	0,00%	46,50%	44,36%	100,0%	7,21%
B – segregace s ÚK	0,00%	7,89%	16,44%	0,00%	11,92%	0,79%	10,46%	8,68%	21,06%	12,66%	13,17%	0,00%	0,00%
C – zvýraznění profilu	13,25%	3,33%	8,27%	0,00%	12,24%	4,46%	4,57%	2,78%	10,80%	0,00%	0,00%	0,00%	24,29%
D – předjízdny pruhy	63,02%	38,91%	29,37%	32,98%	41,02%	57,66%	23,63%	12,30%	21,12%	26,69%	27,76%	0,00%	54,09%
E – smíšený režim	4,51%	6,27%	7,11%	11,93%	4,80%	0,00%	2,51%	0,00%	7,87%	1,03%	1,07%	0,00%	5,96%
F – sdílený pruh s IAD	0,00%	0,00%	10,28%	40,37%	16,09%	0,00%	8,52%	4,74%	28,93%	10,56%	10,99%	0,00%	5,01%
G – pěší zóna	2,08%	0,00%	2,66%	14,72%	5,67%	4,06%	0,00%	0,00%	10,22%	2,56%	2,66%	0,00%	3,44%
Cestovní rychlost [km/h]	17,53	20,23	19,80	15,07	16,85	18,70	18,57	24,25	16,63	23,85	24,05	27,08	17,33
Pořadí	9.	5.	6.	13.	11.	7.	8.	2.	12.	4.	3.	1.	10.
A+B	17,14%	51,48%	42,30%	0,00%	20,19%	33,82%	60,76%	80,18%	21,06%	59,17%	57,53%	100,0%	7,21%
Pořadí	11.	6.	7.	13.	10.	8.	3.	2.	9.	4.	5.	1.	12.

Zdroj: autor s využitím (4) (15)

Ze zjištěných údajů vyplývá zřejmá korelace mezi cestovní rychlostí a podílem trati v segregovaném režimu. Nejrychlejší tramvajové linky jsou z většiny trasovány po segregovaných tratích na sídlištních radiálách, naopak linky s nižší cestovní rychlostí mají na své trase podíl samostatně trasovaných tratí o poznání nižší a v případě linky č. 4 nulový.

Sdílení tělesa trati s nekolejovou MHD

Doposud nezmíněným aspektem, který může negativně ovlivňovat kapacitu tramvajové dopravy, je sdílení tělesa tramvajové dráhy a zastávek s nekolejovou MHD. Pokud je svršek tramvajové tratě řešen jako uzavřený se živičným nebo betonovým povrchem, mohou ho využívat i autobusy, potažmo trolejbusy. Tím však dochází v daných úsecích k obdobnému zatěžování kapacity tratě, jako by zde byl zaveden další tramvajový spoj. Pro celkovou spolehlivost systému MHD se jedná o užitečný nástroj, jak eliminovat zpoždění autobusů a trolejbusů, které by jinak musely využívat pruh pro IAD ovlivněný případnými kongescemi. Nicméně z pohledu tramvajové dopravy se jedná o další faktor, který snižuje kapacitu daného úseku. (12)

Nekolejová MHD v Brně využívá tramvajovou infrastrukturu především v následujících lokalitách:

- ulice Tábořská – linka č. 9 zde vlivem charakteru trati sdílí pruh nejen s IAD, ale v různých částech ulice Tábořské také s autobusovými linkami č. 55, 58, 64, 75, 78 a 84, a to obousměrně;
- ulice Olomoucká a Křenová – linky č. 8, 9 a 10 v samostatném pruhu sdílí těleso trati s trolejbusovými linkami č. 31 a 33 a s autobusovými linkami č. 47, 64, 67 a 84, zatížení nekolejovou MHD je proměnlivé v různých částech těchto ulic i v obou směrech;
- ulice Dornych a Plotní – linka č. 12 v úseku od zastávky Úzké až po konec ulice Plotní sdílí dráhu s linkou č. 40, kterou částečně jednosměrně a částečně obousměrně doplňují linky č. 48 a 74;
- Maloměřice – trať linky č. 4 využívá v ulicích Valchařské a Dolnopolní jednosměrně autobusová linka č. 72, v ulicích Selské a Obřanské využívá trať obousměrně společně s linkou č. 75;
- ulice Křížová – na krátkém úseku ulice Křížové sdílí s linkami č. 2, 5 a 6 trať autobusové linky č. 44, 62 a 84;
- ulice Údolní – s linkou č. 4 zde jezdí v souběhu trolejbusové linky č. 38 a 39; větší úsek trati využívají trolejbusy ve směru z centra, v opačném směru je využívají pouze nuceně vzhledem ke sdílení pruhu s IAD;
- centrum města – provoz tramvají na centrálním okruhu ovlivňuje z nekolejové MHD pouze linka č. 67, která využívá těleso trati především na Malinovského náměstí a v ulici Benešově.

Pro číselné vyjádření vlivu byla v úsecích sdílených s autobusy a trolejbusy dopočítána nová kapacitní zatížení. V tabulce č. 14 jsou pro srovnání uvedeny hodnoty využití kapacity bez a se započtením vlivu nekolejové MHD. Jelikož na některých úsecích, které byly z hlediska tramvají analyzovány v celku, se obsazení nekolejovou MHD mění, jsou tyto úseky v této tabulce dále rozčleněny. Pokud je zatížení různé pro oba směry, uvažuje se vyšší hodnota.

Tabulka 14 – Vliv nekolejové MHD na kapacitu sdílených úseků

Úsek		Bez nekolejové MHD		S nekolejovou MHD		Rozdíl	
		Spoje/hod	Int. [min]	Spoje/hod	Int. [min]	Spoje/hod	Int. [min]
Centrální tramvajový okruh (linky č. 1, 2, 4, 7, 10 + 67)							
Viadukt Křenová	Benešova	9	6,67	13	4,62	+4	-2,05
Malinovského náměstí	Benešova	48	1,25	52	1,15	+4	-0,10
Rooseveltova/Dvořákova	Malinovského náměstí	21	2,86	25	2,40	+4	-0,46
Ulice Tábořská (linka č. 9 + 55, 58, 64, 75, 78, 84)							
Juliánov	Líšeňská/Bělohorská	9	6,67	19	3,16	+10	-3,51
Líšeňská/Bělohorská	Tábořská/Gajdošova	9	6,67	27	2,22	+18	-4,44
Tábořská/Gajdošova	Tábořská/Dulánek	9	6,67	15	4,00	+6	-2,67
Tábořská/Dulánek	Nezamyslova/Tábořská	9	6,67	19	3,16	+10	-3,51
Ulice Křenová a Olomoucká (linky č. 8, 9, 10 + 31, 33, 47, 64, 67, 84)							
Nezamyslova/Tábořská	Životského/Olomoucká	30	2,00	40	1,50	+10	-0,50
Životského/Olomoucká	Křenová/Masná	30	2,00	55	1,09	+25	-0,91
Křenová/Masná	Viadukt Křenová	30	2,00	53	1,13	+23	-0,87
Ulice Dornych a Plotní (linka č. 12 + 40, 48, 74)							
Konopná	ÚAN	12	5,00	20	3,00	+8	-2,00
ÚAN	Úzká	12	5,00	20	3,00	+8	-2,00
Maloměřice (linka č. 4 + 72 a 75)							
Tomkovo náměstí	Dolnopolní/Selská	12	5,00	14	4,29	+2	-0,71
Dolnopolní/Selská	Obřanská/Obřanský most	6	10,00	12	5,00	+6	-5,00
Ulice Údolní (linka č. 4 + 38 a 39)							
Obilní trh	Komenského náměstí	12	5,00	20	3,00	+8	-2,00
Ulice Křížová (linky č. 2, 5, 6 + 44, 62 a 84)							
Poříčí	Křížová/Václavská	27	2,22	34	1,76	+7	-0,46

Zdroj: autor s využitím (4) (15)

Z dat jednoznačně vyplývá, že nejvýraznější dopad má sdílení tělesa dráhy v ulicích Křenové a Olomoucké na trase linek č. 8, 9 a 10. Při započtení kapacity obsazené nekolejovou MHD se hodnoty vytížení tohoto úseku dostávají ještě výše, než je tomu v případě centrálního tramvajového okruhu. Konkrétně v úseku mezi zastávkami Masná a Životského se jedná o nejnižší následný interval dopravy zjištěný v celé síti, byť pouze jednosměrně. K zásadnímu poklesu kapacity dochází i v ulici Tábořské na trase linky č. 9, kde intenzita autobusové

dopravy převyšuje tramvajovou. Celkově se tedy jedná o významný faktor, který při posuzování výlukových stavů v návrhové části nebude možno opomenout.

2.4 Shrnutí analytické části

V rámci této kapitoly byla provedena analýza kapacitního zatížení brněnské tramvajové sítě za současného stavu, tedy bez vlivů výluk v její centrální části. Z vypočtených hodnot byla zjištěna vysoká míra zatížení úseků nacházejících se na centrálním tramvajovém okruhu, kdy se průměrný následný interval dopravy blíží hodnotě 1 minuty. Týká se to především tratí v okolí přestupních uzlů Česká a Hlavní nádraží. Značnému zatížení čelí i úseky tramvajových radiál, které jsou nejbližší centru a vstupují do centrálního okruhu. Tyto úseky v dopravní špičce využije místy až 30 spojů v jednom směru. Této hodnoty je dosahováno konkrétně v ulicích Křenové, Milady Horákové, Merhautově nebo Veveří.

Zároveň je třeba konstatovat, že nejvyššímu zatížení tramvajovou dopravou čelí ty úseky, které jsou méně chráněny před vlivem IAD a dalších druhů dopravy. Často se jedná o úseky v místech s vysokou intenzitou osobní dopravy. Naopak úseky, které dosahují nejvyšší míry segregace, zpravidla v koncových úsecích radiál, jsou zatíženy v menší míře.

Způsob vedení trati v uličním profilu či v terénu se taktéž ukazuje jako významný faktor ovlivňující kapacitu daných úseků. Je-li vybraná linka trasována z významné části po dostatečně segregovaných úsecích, lze na takové lince dosáhnout vyšších hodnot cestovní rychlosti a zatěžovat infrastrukturu po kratší čas. Celkově lze vedení tramvajových tratí hodnotit jako silnou stránku brněnského systému, jelikož vysoké míry segregace je dosahováno přibližně na polovině celé délky sítě.

Bylo zjištěno, že zásadní vliv na kapacitu jednotlivých úseků má i potenciální sdílení tramvajové trati s linkami nekolejové MHD. U vybraných úseků, kde tramvajovou trať využívá větší množství autobusových či trolejbusových linek, dochází ke dvojnásobnému, výjimečně i trojnásobnému nárůstu zatížení kapacity. Nejvíce je tento efekt zřetelný v ulicích Křenové, Olomoucké nebo Táborské. Možnost vedení nekolejové MHD po tramvajové trati může mít v rámci celkové preference MHD ve městě velice pozitivní efekt, nicméně nelze kapacitu tramvajových tratí vyčerpávat na maximum.

V rámci analýzy byly zjištěny následující úseky, u nichž byla (i se započtením vlivu nekolejové MHD) určena hodnota následného intervalu dopravy menší nebo rovna dvěma minutám.

Úseky uvedené v tabulce č. 15 jsou důležitým výstupem pro následující část práce, která se bude zabývat vlivem výlukové činnosti právě na kapacitu sítě. Pokud bude intenzivně využívaný úsek uzavřen, bude to znamenat potřebu zatížit touto kapacitou jiné tratě, které mohou být v důsledku toho přetíženy. Naopak vyloučení okolních tratí může pro vytižený úsek představovat další zatížení kapacity navíc, které s sebou také může nést rizika v oblasti stability provozu.

Tabulka 15 – Přehled kapacitně nejvytíženějších úseků

Úsek		Spoje/hod	Int. [min]
Životského/Olomoucká	Křenová/Masná	55	1,09
Joštova/Česká	Joštova/Rašínova	54	1,11
Křenová/Masná	Viadukt Křenová	53	1,13
Malinovského náměstí	Benešova	52	1,15
Joštova/Rašínova	Moravské náměstí	51	1,18
Komenského náměstí	Joštova/Česká	48	1,25
Nezamyslova/Táborská	Životského/Olomoucká	40	1,50
Benešova	Hlavní nádraží	39	1,54
Šilingrovo náměstí	Komenského náměstí	36	1,67
Poříčí	Křížová/Václavská	34	1,76
Viadukt Křenová	Hlavní nádraží	33	1,82
Hlavní nádraží 1	Nové Sady 1	33	1,82
Jugoslávská/Merhautova	Dětská nemocnice	30	2,00
Dětská nemocnice	Moravské náměstí	30	2,00
Veveří/Nerudova	Žerotínovo náměstí	30	2,00
Žerotínovo náměstí	Česká	30	2,00
Křížová/Václavská	Křížová/Mendlovo náměstí	30	2,00
odb. Nemocnice Bohunice	Švermova	30	2,00
Švermova	odb. Jihlavská	30	2,00

Zdroj: autor s využitím (4) (15)

3 NÁVRHY ŘEŠENÍ MOŽNÝCH VÝLUKOVÝCH STAVŮ

Předmětem této kapitoly bude na základě analytických poznatků, získaných v předchozí části práce, zvolit vhodný úsek tramvajové sítě pro namodelování výluky. Následně bude předloženo několik variant řešení tohoto výlukového stavu. Návrhy řešení výluky budou založeny především na změnách trasování dotčených linek a s tím souvisejícím vlivem na hodnoty kapacitního zatížení jednotlivých úseků. Dále budou vyhodnoceny i další provozní parametry, týkající se zpravidla konkrétních linek, a budou srovnány s bezvýlukovým stavem.

Po dohodě s vedoucím práce jsou veškeré parametry linek řešeny pro jízdní řády platné v pracovní dny. Ukazatele kapacitního vytížení jednotlivých úseků jsou zaměřeny na maximální hodnoty, kterých je během dne dosahováno. U řešené výluky není konkrétně specifikováno, jestli se jedná o krátkodobé uzavření z důvodu mimořádné události, nebo o plánovanou dlouhodobou výlukou daného úseku trati. Navrhnutá řešení bude možné uplatnit pro obě tyto situace.

3.1 Výběr nejvhodnějšího úseku pro zavedení výluky

Pro volbu vyloučeného úseku bylo využito Saatyho metody pro ohodnocení vah jednotlivých kritérií. V další fázi byla pro ohodnocení úseků těmito kritérii aplikována metoda váženého součtu WSA.

Za kritéria rozhodování byly stanoveny parametry popsané níže.

Kapacita úseku

Kritériu kapacity úseků byla přidělena nejvyšší váha. Srovnáván byl parametr počtu spojů v jednom směru za jednu hodinu. Kritérium bylo uvažováno jako maximalizační, jelikož bude při uzavření úseku s vyšším vytížením dopad na okolní síť znatelnější.

Počet linek

Doplňující maximalizační kritérium s nižší vahou. Tento parametr upřednostňuje úseky, ve kterých je v provozu více linek, což znamená větší vliv na okolní síť způsobenou odklony právě tímto větším počtem linek.

Větvení trati

Toto kritérium charakterizuje míru propojení se zbytkem sítě. Jednotlivé úseky byly ohodnoceny podle toho, s kolika dalšími navazujícími tratěmi přicházejí do přímého kontaktu (existence kolejové spojky konkrétního směru není nutností). Za konce úseků nebyla

považována místa změny typu tratě. Pokud se tedy na některé z tratí nachází více úseků s různými způsoby vedení trati, byly všechny tyto úseky ohodnoceny stejně. Na toto kritérium bylo nahlíženo jako na maximalizační, neboť větší množství tratí navazujících na řešený úsek umožňuje více variant odklonových tras.

Využití úseku nekolejovou dopravou

V tomto kritériu bylo zohledněno další zatížení tramvajové infrastruktury spoji autobusového a trolejbusového subsystému. Hodnocen byl, jako v případě kapacity, počet spojů za hodinu v jednom směru a jednalo se o maximalizační kritérium. Pokud byl v rámci jednoho úseku tento parametr proměnlivý, jako je tomu např. v ulici Křenové, byla uvažována nejvyšší hodnota.

Kategorie trati

Kritérium s nižší vahou. Jednotlivé typy tratí charakterizované v analytické části práce, označené A až G, byly ohodnoceny na stupnici od 1 do 7. Jedná se o maximalizační kritérium, kdy byly nejvýše ohodnoceny úseky s nejnižší mírou segregace.

Délka úseku

Kritérium s nejnižší vahou zohledňující délku konkrétní trati, na které se úsek nachází. Hodnocena byla délka mezi místy kde dochází k dalšímu větvení sítě, změně kapacity či ukončení trati. Kritérium bylo minimalizační, preferovány byly kratší úseky.

3.2 Saatyho metoda ohodnocení vah kritérií

Výsledek Saatyho metody pro srovnání kritérií je zanesen v tabulce č. 16.

Tabulka 16 – Ohodnocení kritérií Saatyho metodou

Kritéria	Délka	Typ	Kapacita	BUS	Větvení	Počet linek	Zastávky	GP	Váhy
Délka	1	0,33	0,11	0,2	0,14	0,33	0,33	0,27	0,03
Typ	3	1	0,14	0,2	0,2	0,33	1	0,48	0,04
Kapacita	9	7	1	5	3	7	7	4,64	0,43
BUS	5	5	0,2	1	0,5	3	5	1,68	0,15
Větvení	7	5	0,33	2	1	5	5	2,48	0,23
Počet linek	3	3	0,14	0,33	0,2	1	3	0,82	0,08
Zastávky	3	1	0,14	0,2	0,2	0,33	1	0,48	0,04
Σ								10,86	1,00

Zdroj: autor

Ze srovnání vyšlo vzhledem k povaze této práce jako nejvíce preferované kritérium kapacity sítě. Významnějšího ohodnocení dosáhlo dále kritérium větvení sítě na koncích tratí a kritérium sdílení úseku s nekolejovou MHD. Jako méně podstatná vyšla z hodnocení kritéria počtu linek, typu vedení tratě, výskytu zastávek a délky úseku.

3.3 Metoda váženého součtu

Po ohodnocení kritérií bylo přistoupeno k aplikaci metody váženého součtu (WSA). Výsledek metody pro úseky, jež dosáhly hodnoty užitku min. 0,5, je znázorněn v tabulce č. 17.

Tabulka 17 – Výsledek metody váženého součtu

Normovaná váha kritéria		0,03	0,04	0,43	0,15	0,23	0,08	0,04	Užitek
Úsek		Délka	Typ	Kapacita	BUS	Větvení	Počet linek	Zastávky	
Joštova/Rašínova	Moravské náměstí	0,99	0,50	0,94	0,00	0,83	1,00	1,00	0,76
Malinovského náměstí	Benešova	0,95	0,50	0,89	0,16	0,67	1,00	1,00	0,72
Joštova/Česká	Joštova/Rašínova	0,99	0,67	1,00	0,00	0,67	1,00	0,00	0,71
Komenského náměstí	Joštova/Česká	0,99	0,67	0,89	0,00	0,67	0,80	1,00	0,69
Životského	Viadukt Křenová	0,71	0,50	0,56	1,00	0,67	0,60	0,00	0,63
Benešova	Hlavní nádraží	0,97	0,83	0,72	0,00	0,67	0,80	0,00	0,58
Jugoslávská/Merhautova	Dětská nemocnice	0,94	0,83	0,56	0,00	1,00	0,60	0,00	0,57
Šilingrovo náměstí	Komenského náměstí	0,89	0,50	0,67	0,00	0,67	0,60	1,00	0,57
Nezamyslova/Táborská	Životského	0,93	1,00	0,56	0,40	0,67	0,60	0,00	0,56
Dětská nemocnice	Moravské náměstí	0,82	0,33	0,56	0,00	1,00	0,60	0,00	0,55
Viadukt Křenová	Hlavní nádraží	0,97	0,50	0,61	0,00	0,83	0,60	0,00	0,54
Poříčí	Křížová/Václavská	0,97	0,50	0,50	0,28	0,67	0,60	0,00	0,50
Hlavní nádraží 1	Nové Sady 1	0,96	0,33	0,61	0,00	0,67	0,60	0,00	0,50

Zdroj: autor

Vzhledem k nastaveným kritériím a s tím souvisejícím preferencím vyšly z metody jako nejvhodnější úseky na centrálním tramvajovém okruhu a další zatížené úseky v širším centru města. Tyto úseky jsou nejvíce zatížené tramvajovým provozem, mají nízkou míru segregace od okolí, je přes ně trasováno až pět tramvajových linek zároveň a každý úsek se na obou svých koncích dále větví, čímž poskytuje možnost zavedení odklonových tras.

Nejvyšší hodnoty užitku dosáhl konkrétně úsek mezi Moravským náměstím a křižovatkou ulic Rašínovou a Joštovou. Obdobně vysokých hodnot dosáhly i další dva navazující úseky na ulici Joštově, a to jak mezi Rašínovou a Českou, tak mezi Českou a Komenského náměstím. Vysoký celkový užitek vykazuje i úsek mezi Malinovského náměstím a zastávkou Hlavní nádraží v ulici Benešově. Vzhledem k uvažování vlivu nekolejové dopravy při sdílení tramvajového tělesa měla poměrně vysokou hodnotu užitku i trať v ulici Křenové.

Na základě hodnot získaných aplikovanými metodami byl pro zavedení typové výluky v modelovém příkladu zvolen úsek Moravské náměstí – Joštova/Rašínova, který v rámci metody WSA obdržel nejvyšší hodnotu užitku.

3.4 Bližší charakteristika zvoleného úseku

Přímý úsek mezi Moravským náměstím a ulicemi Joštovou a Rašínovou je dlouhý přibližně 125 metrů. Na východním konci úseku se nachází kolejové rozvětvení a křižovatka s možností pokračovat třemi směry – na ulice Rooseveltovu, Lidickou nebo Milady Horákové. Na západním konci úseku je možné pokračovat směrem do ulice Rašínovy nebo Joštovy. Z hlediska typu vedení trati v uličním profilu se jedná o nesegregovaný úsek s předjízdnyými pruhy po obou stranách. Intenzita provozu IAD je zde poměrně nízká, jelikož na západním konci úseku je umístěn začátek pěší zóny, do které je automobilům omezován vjezd. Na úseku neplatí žádné zvláštní omezení rychlosti, ale tramvaje zde dosahují pouze nízkých rychlostí vzhledem k výhybkám na obou koncích úseku.

Vybraný úsek sítě zároveň představuje jednu ze dvou spojnic pomyslné východní a západní části sítě. Tou druhou je trať v ulici Benešově mezi Malinovského náměstím a přestupním uzlem u brněnské hlavní železniční stanice. Uzávěrou vybraného úseku dojde k nutnosti převedení veškerého provozu mezi západní a východní částí sítě právě do ulice Benešovy. Z tohoto důvodu lze předpokládat, že ve všech variantách odklonů se tento úsek stane nejkritičtějším místem celé tramvajové sítě, jelikož všechny linky zaústěné do centrálního tramvajového okruhu na Moravském nebo Malinovského náměstí budou nuceny tento úsek využít. Ten se tak stane úzkým hrdlem celé sítě.

Vyloučený úsek je pravidelně využíván pěticí tramvajových linek. V případě linek č. 3, 5, 6 a 9 se jedná o součást mezizastávkového úseku Česká – Moravské náměstí, u linky č. 10 se jedná o součást úseku Česká – Malinovského náměstí.

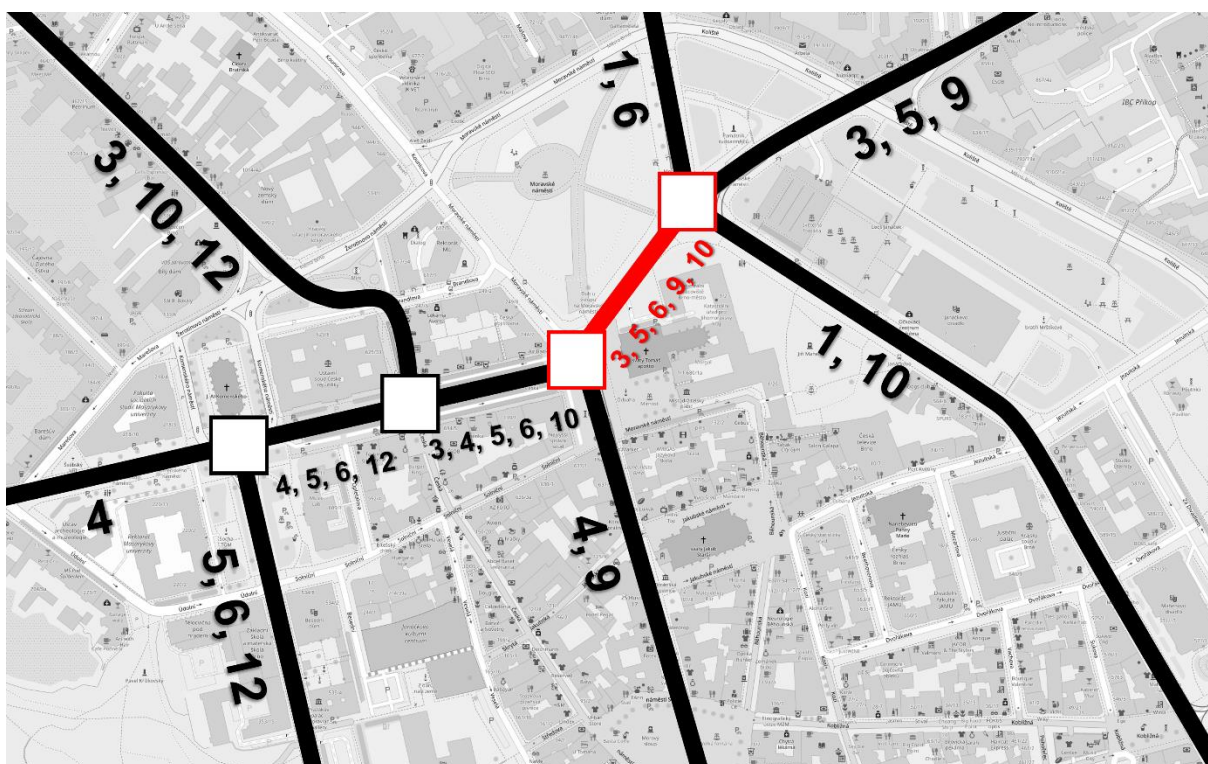
Tabulka č. 18 uvádí směry, ze kterého jsou linky z obou stran do úseku zaústěny.

Tabulka 18 – Zaústění linek do vyloučeného úseku

Linka	Západní zakončení úseku	Východní zakončení úseku
č. 3	Přímý směr (ulice Joštova)	Přímý směr (trať od ulice Milady Horákové)
č. 5	Přímý směr (ulice Joštova)	Přímý směr (trať od ulice Milady Horákové)
č. 6	Přímý směr (ulice Joštova)	Odbočný směr ze severu (trať od ulice Lidické)
č. 9	Odbočný směr z jihu (ulice Rašínova)	Přímý směr (trať od ulice Milady Horákové)
č. 10	Přímý směr (ulice Joštova)	Odbočný směr z jihu (trať od ulice Rooseveltovy)

Zdroj: autor

Na obrázku č. 5 je pak znázorněno linkové vedení v nejbližší blízkosti řešeného úseku.



Zdroj: autor s využitím (3)

Obrázek 5 – Linkové vedení v blízkém okolí vyloučeného úseku

3.5 Zvolené principy plánování výlukových opatření

Při navrhování odklonů dotčených linek bylo základním předpokladem zachování přímého spojení mezi konečnými zastávkami dané linky. Obdobně bylo přistupováno k nabídce přepravní kapacity, kdy byl zachován rozsah provozu linky, počet spojů i interval mezi spoji. Zbývající parametry konstantními nezůstávají a mění se v závislosti na konkrétní variantě. To se týká především kapacity tratí, jízdních dob, dopravních výkonů a dopravní obslužnosti konkrétních lokalit a zastávek.

U ostatních linek, které vyloučený úsek nevyužívají, a nejsou tak výlukou přímo dotčeny, bylo rozhodnuto o neprovádění úprav a ponechání veškerých jejich parametrů v běžném rozsahu.

3.6 Varianta A

V první variantě bylo uvažováno jako nejdůležitější kritérium zachování dopravní obslužnosti v nejvyšší míře, jakou vyloučený úsek umožňuje. Linky byly proto po odklonových trasách vedeny tak, aby obsloužily co nejvíce zastávek na běžné trase a zachovaly co nejvíce

přímých spojení. Vzhledem k tomu tak zpravidla dochází k prodloužení trasy linky z hlediska času i ujeté vzdálenosti.

Úpravy linkového vedení

Linka č. 3 je vedena po odklonové trase mezi zastávkami Moravské náměstí a Česká. Z Moravského náměstí je trasována ulicí Rooseveltovou na Malinovského náměstí. Odtud odklonová trasa pokračuje ulicí Benešovou do zastávky Hlavní nádraží a dále přes Masarykovu třídu, náměstí Svobody, ulici Rašínovu až do ulice Joštovy, kde dochází k souběhu se standardní trasou. Linka v této variantě odklonu obslouží všechny běžné zastávky. Nad rámec bezvýlukového stavu navíc využívá zastávky Malinovského náměstí, Hlavní nádraží, Zelný trh a Náměstí Svobody.

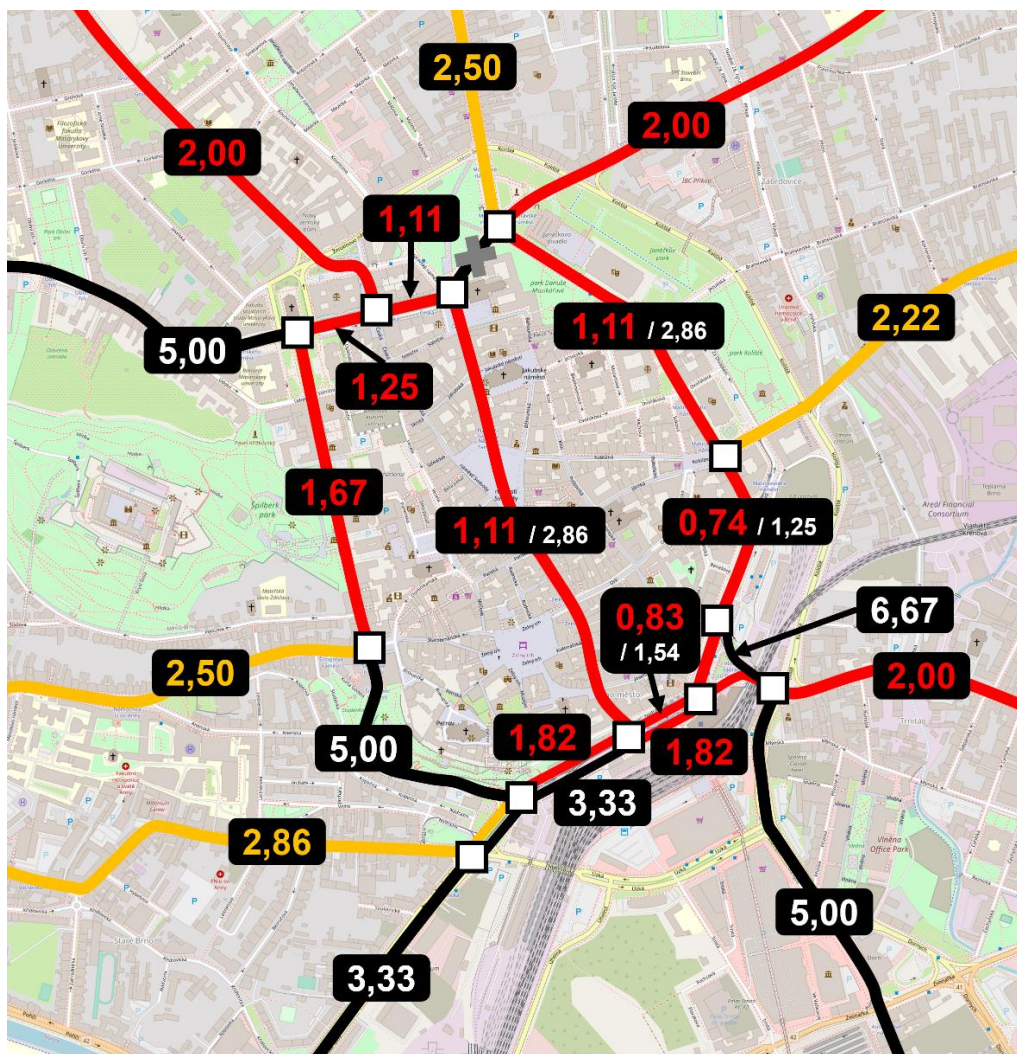
Linky č. 5 a 6 jsou mezi zastávkami Moravské náměstí a Česká trasovány odklonovou trasou shodnou s linkou č. 3. Ze své běžné trasy tímto způsobem taktéž nevynechávají žádnou zastávku, a naopak navíc zastavují v zastávkách Malinovského náměstí, Hlavní nádraží, Zelný trh a Náměstí Svobody.

Linka č. 9 je v alternativní trase navržena v úseku mezi zastávkami Moravské náměstí a Hlavní nádraží. Shodně s linkami č. 3, 5 a 6 je vedena ulicí Rooseveltovou, Malinovského náměstím a ulicí Benešovou do uzlu Hlavní nádraží. Zde se na standardní trasu napojuje pod železničním viaduktem. Vzhledem k vedení linky není při této výluce možné obsloužit trať přes náměstí Svobody. Na odklonové trase tak linka neobsluhuje zastávky Česká, Náměstí Svobody a Zelný trh. Na zastávce Hlavní nádraží oproti běžnému stavu zastavuje na stanovištích v ulici Benešově. Nad rámec běžné trasy obsluhuje zastávku Malinovského náměstí.

Linka č. 10 je odkloněna ze standardní trasy mezi uzly Česká a Hlavní nádraží. Z Joštovy ulice je trasována do ulice Rašínovy, přes náměstí Svobody a po Masarykově třídě do zastávky Hlavní nádraží. Zde namísto stanoviště v ulici Benešově obsluhuje stanoviště přímo před budovou železniční stanice v ulici Nádražní. Z běžné trasy není možné přímým způsobem zajistit obsluhu zastávky Malinovského náměstí. Na odklonové trase zastavuje v zastávkách Náměstí Svobody a Zelný trh.

Vliv na kapacitní parametry

Dopad výlukového linkového vedení na kapacitní zatížení tramvajové sítě je znázorněn na obrázku č. 6.



Zdroj: autor s využitím (3)

Obrázek 6 – Schéma kapacitního zatížení centra ve variantě A

Jak je z grafiky patrné, na většině úseků ke změnám kapacitního zatížení nedochází. To je dáno navrženými odklonovými trasami, které se soustředí do tratí v ulicích Rooseveltově, Benešově, Rašínově a Masarykově třídě. V důsledku této koncentrace odklonů pěti linek do jedné trasy však dochází ke značnému nárůstu kapacitního zatížení právě na této ose. Jak již bylo zmíněno v úvodu této kapitoly, nejvyššího stupně vytížení dosahuje trať v ulici Benešově, kde se následný interval dopravy dostává na hodnotu přibližně 45 sekund. Pod jednu minutu tento interval klesl i v ulici Nádražní na severní dvojici kolejí, a to přibližně na 50 sekund. Vzhledem k tomu, že se jedná o krátký úsek, na kterém se navíc nachází zastávka Hlavní nádraží s intenzivními přepravními proudy cestujících, lze toto považovat za vysoce kritickou hodnotu.

Na centrální spojovací trati přes náměstí Svobody i v ulici Rooseveltově došlo pak ke shodnému snížení hodnoty intervalu z původních 2,86 na 1,11 minuty, což taktéž představuje

velice problematickou zátěž pro tramvajový systém v jeho centrální části. Kritická je tato hodnota především na trati přes náměstí Svobody, jelikož se jedná o pěší zónu s omezenou rychlostí. S tímto kapacitním zatížením by zde mohl místy vznikat téměř nepřetržitý provoz tramvajových vozidel.

Shrnutí změn kapacitního zatížení dotčených úseků je uvedeno v tabulce č. 19.

Tabulka 19 – Úseky se změnou kapacitního zatížení ve variantě A

Úsek		Varianta A		Běžný stav		Rozdíl	
Z	Do	Spoje/ hod	Interval [min]	Spoje/ hod	Interval [min]	Spoje/ hod	Interval [min]
Malinovského náměstí	Benešova	81	0,74	48	1,25	33	0,51
Benešova	Hlavní nádraží	72	0,83	39	1,54	33	0,71
Rašínova	Hlavní nádraží	54	1,11	21	2,86	33	1,75
Moravské náměstí	Rooseveltova/Dvořákova	54	1,11	21	2,86	33	1,75
Rooseveltova/Dvořákova	Malinovského náměstí	54	1,11	21	2,86	33	1,75

Zdroj: autor s využitím (15)

Na základě údajů z tabulky lze vidět, že výrazné zkrácení následných intervalů je způsobeno potřebou trasovat přes tyto úseky 33 spojů za hodinu navíc oproti normálnímu stavu. Celou odklonovou trasu využívají linky č. 3, 5 a 6, v úseku Česká – Hlavní nádraží linka č. 10 a v úseku Moravské náměstí – Hlavní nádraží linka č. 9.

Vliv na dopravní výkony

Vzhledem k orientaci varianty na zachování stávajícího stavu dopravní obslužnosti dochází ke značnému prodloužení tras jednotlivých linek a s tím souvisejícímu nárůstu vozidlových výkonů.

Ke shodnému navýšení celkové délky trasy dochází u linek č. 3, 5 a 6. Vlivem odklonu přes ulice Rooseveltovu, Benešovu, Nádražní, Rašínovu a Masarykovu třídu jsou linky prodlouženy přibližně o 1,9 kilometru oproti bezvýlukovému stavu.

Linky č. 9 a 10 jsou z hlediska tohoto parametru dotčeny pouze minimálně, jelikož jejich odklonová trasa vede souběžně s trasou standardní a linka během odklonu nevykonává žádný závlek. U obou linek tak dochází dokonce k drobnému zkrácení celkové délky trasy, u linky č. 9 přibližně o 150 metrů a u linky č. 10 přibližně o 100 metrů.

Celkový dopad na denní vozidlové výkony v pracovní dny je znázorněn v tabulce č. 20. U linek č. 3, 5 a 6 se tyto hodnoty zvýšily přibližně o 550 kilometrů. U zbývajících linek dochází k drobné úspoře výkonů, konkrétně 43 kilometrů v případě linky č. 9 a 11 kilometrů u linky

č. 10. Celkově se oproti bezvýlukovému stavu jedná o nárůst dopravních výkonů o necelých 1 600 vozidlových kilometrech, což představuje zvýšení přibližně o 5 %.

Tabulka 20 – Změna vozidlových výkonů ve variantě A

Varianta A	Běžný stav [vozkm]	Výluka [vozkm]	Rozdíl [vozkm]
Linka č. 3	3 195	3 728	+533
Linka č. 5	1 928	2 482	+554
Linka č. 6	3 273	3 840	+567
Linka č. 9	2 441	2 398	-43
Linka č. 10	4 258	4 246	-11
Σ	15 095	16 694	+1 599

Zdroj: autor s využitím (14) (17)

Vliv na jízdní doby

Odklonové trasy mají výrazný vliv i na jízdní doby. V této variantě jsou patrné především u linek č. 3, 5 a 6. Standardní jízdní doba mezi zastávkami Moravské náměstí a Česká činí ve směru na východ jednu minutu, ve směru na západ dvě až tři minuty. Vzhledem k délce odklonové trasy přes uzel Hlavní nádraží je vliv na jízdní dobu opravdu značný. Výsledná jízdní doba odklonu byla určena na základě jízdních dob linky č. 1 v úseku Moravské náměstí – Hlavní nádraží a linky č. 4 v úseku Hlavní nádraží – Česká. Jedná se o hodnotu 11 minut v západním směru a 9 minut ve směru východním, což znamená prodloužení jízdních dob na všech třech zmiňovaných linkách o 8 až 9 minut.

Jízdní doba linky č. 9 v úseku Moravské náměstí – Hlavní nádraží činí 7 minut ve směru na Juliánov a 5 minut ve směru na Lesnou. Jízdní doba na odklonové trase přes Malinovského náměstí byla určena dle jízdních dob linky č. 1 v tomto úseku, která činí 6, resp. 4 minuty v jednotlivých směrech. Na lince č. 9 tak dochází k úspoře cestovního času a zkrácení jízdní doby o jednu minutu v obou směrech. Shodný dopad má úprava trasy i pro linku č. 10. Místo stávající jízdní doby v úseku Hlavní nádraží – Česká, která činí 6 minut v obou směrech, absolvuje linka tento úsek v odklonové trase za 5 minut – dle hodnot platných pro linku č. 4.

Srovnání veškerých hodnot jízdních dob je uvedeno v tabulce č. 21.

Tabulka 21 – Dopad na jízdní doby linek ve variantě A

Varianta A	Úsek		Jízdní doba v dotčeném úseku				Celková jízdní doba				Rozdíl	
			Původní		Nová		Původní		Nová			
			→	←	→	←	→	←	→	←	→	←
Linka č. 3	Moravské náměstí	Česká	3	1	11	9	34	33	42	41	+8	+8
Linka č. 5	Moravské náměstí	Česká	2	1	11	9	27	27	36	35	+9	+8
Linka č. 5M	Moravské náměstí	Česká	2	1	11	9	17	17	26	25	+9	+8
Linka č. 6	Moravské náměstí	Česká	2	1	11	9	35	34	44	42	+9	+8
Linka č. 9	Moravské náměstí	Hlavní nádraží	7	5	6	4	31	31	30	30	-1	-1
Linka č. 10L	Hlavní nádraží	Česká	6	6	5	5	42	42	41	41	-1	-1
Linka č. 10S	Hlavní nádraží	Česká	6	6	5	5	43	43	42	42	-1	-1

Zdroj: autor s využitím (14)

Vliv na rozsah dopravní obslužnosti

Tato varianta je koncipována tak, aby byl negativní vliv na kvalitu dopravní obslužnosti co nejnižší. Nejvíce se preference tohoto kritéria projevuje u linek č. 3, 5 a 6, u kterých zůstává zachována obsluha všech zastávek standardní trasy a tím pádem i přímé spojení libovolných lokalit, ve kterých tyto linky dopravní obslužnost zajišťují. U linek č. 9 a 10 nebylo možné zajistit zachování dopravní obslužnosti v plném rozsahu, úpravy se však omezily jen na nezbytně nutnou míru. Linka č. 9 na své trase vynechá celkem tři zastávky, linka č. 10 pouze jednu. Jedinou možností pro zachování dopravní obslužnosti všech zastávek na původní trase by bylo vedení linek přes centrální okruh v okružním či smyčkovém režimu, což by ale negativním způsobem ovlivňovalo všechny ostatní parametry provozu.

Shrnutí silných a slabých stránek varianty

Silnou stránkou varianty A je zachování rozsahu dopravní obslužnosti v rozsahu srovnatelném s bezvýchýlkovým stavem. Jedná se především o nabídku přepravní kapacity a přímých spojení ze zastávek v blízkosti vyloučeného úseku, kdy většina linek i na odklonové trase nevynechává žádnou z běžných zastávek. Na odklonových trasách pak dochází i ke zvýšení nabídky přepravní kapacity.

Slabou stránkou varianty jsou v první řadě parametry kapacity na úsecích odklonové trasy. Dochází tak ke značně nerovnoměrnému zatížení úseků centrálního tramvajového okruhu. Negativně lze vnímat i nárůst délek tras dotčených linek a s tím související nárůst dopravních výkonů, který se posléze podepisuje i na ekonomice provozu. Analogicky dochází k prodloužení jízdních dob.

3.7 Varianta B

Ve variantě B byl jako klíčový parametr uvažován kilometrický proběh jednotlivých linek. Odklonové trasy tak byly navrženy takovým způsobem, aby byla co nejméně navýšena

ujetá vzdálenost každým spojem. Na faktor dopravní obslužnosti nebylo nahlíženo v takové míře, a tak jsou linky v centrální části tramvajové sítě trasovány značně odlišně oproti bezvýlukovému stavu.

Úpravy linkového vedení

U linky č. 3 je navržena odklonová trasa v úseku mezi zastávkami Vojenská nemocnice a Česká. Ze stávající trasy diverguje již v křižovatce ulic Cejl a Vranovské, odkud linka pokračuje na jih ulicí Cejl a dále až na Malinovského náměstí. Z Malinovského náměstí je vedena dále ulicemi Benešovou a Nádražní do uzlu Hlavní nádraží, odkud pokračuje Masarykovou třídou, náměstím Svobody a ulicí Rašínovou do ulice Joštovy v uzlu Česká. Zde dochází k napojení na běžnou trasu. Linka v odklonovém trasování vynechá zastávky Jugoslávská, Dětská nemocnice, Náměstí 28. října a Moravské náměstí. Nad rámec běžné trasy obslouží zastávky Tkalcovská, Körnerova, Malinovského náměstí, Hlavní nádraží, Zelný trh a Náměstí Svobody.

Linka č. 5 je z běžné trasy „vychýlena“ mezi zastávkami Moravské náměstí a Poříčí. Odklonová trasa z Moravského náměstí pokračuje ulicemi Rooseveltovou a Benešovou přes Malinovského náměstí do zastávky Hlavní nádraží. Spoje vedené v relaci Štefánikova čtvrť – Ústřední hřbitov, smyčka odtud pokračují ulicemi Nádražní, Hybešovou a Václavskou do křižovatky s ulicí Křížovou. Zde již dochází k napojení na stávající trasu do zastávky Poříčí. Krátké spoje linky č. 5 v úseku Štefánikova čtvrť – Mendlovo náměstí jsou navrženy v odlišné odklonové trase, ze zastávky Hlavní nádraží Masarykovou třídou, náměstím Svobody a ulicí Rašínovou do ulice Joštovy a zastávky Česká, odkud již pokračují v běžné trasy. K rozdílným odklonovým trasám bylo přistoupeno vzhledem k potřebě zajistit alespoň elementární dopravní obslužnost ulice Pekařské a přilehlé lokality.

Dlouhé spoje linky č. 5 vynechají zastávky Česká, Šilingrovo náměstí, Nemocnice u sv. Anny a Mendlovo náměstí. Nad rámec běžné trasy obslouží zastávky Malinovského náměstí, Hlavní nádraží, Nové Sady, Hybešova a Václavská.

Krátké spoje linky č. 5 zastavují na všech zastávkách standardní trasy. Navíc využijí zastávky Malinovského náměstí, Hlavní nádraží, Zelný trh, Náměstí Svobody.

Na lince č. 6 je navrženo nejvýraznější odchýlení od stávající trasy. Odklonová trasa je uvažována mezi zastávkami Moravské náměstí a Krematorium. Z Moravského náměstí je linka vedena ulicí Rooseveltovou, Malinovského náměstím, ulicemi Benešovou, Nádražní do uzlu Hlavní nádraží. Dále ulicemi Nádražní a Nové sady, Renneskou třídou a segregovanou tratí až

před zastávku Krematorium, kde v blízkosti ulice Jihlavské dochází ke spojení s běžnou trasou. Ze standardní trasy vynechává linka zastávky Česká, Šilingrovo náměstí, Nemocnice u sv. Anny, Poříčí, Nemocnice Milosrdných bratří a Celní. Na odklonové trase zastavuje navíc v zastávkách Malinovského náměstí, Hlavní nádraží, Nové sady, Soukenická, Křídlovická, Vojtova a Vsetínská.

Linka č. 9 je řešena shodně s variantou A. Odkloněna je v úseku Moravské náměstí – Hlavní nádraží přes ulici Rooseveltovu, Malinovského náměstí a ulici Benešovu. Z běžné trasy není možné zajistit obslužnost zastávek Česká, Náměstí Svobody a Zelný trh. Na odklonové trase linka navíc zastavuje v zastávce Malinovského náměstí.

Na lince č. 10 nedochází ke změnám oproti variantě A. Linka je vedena odklonem přes ulici Rašínovu, náměstí Svobody a Masarykovu třídu. Ze stávající trasy vynechává zastávku Malinovského náměstí. Na odklonové trase zastavuje navíc v zastávkách Náměstí Svobody a Zelný trh.

Vliv na kapacitní parametry

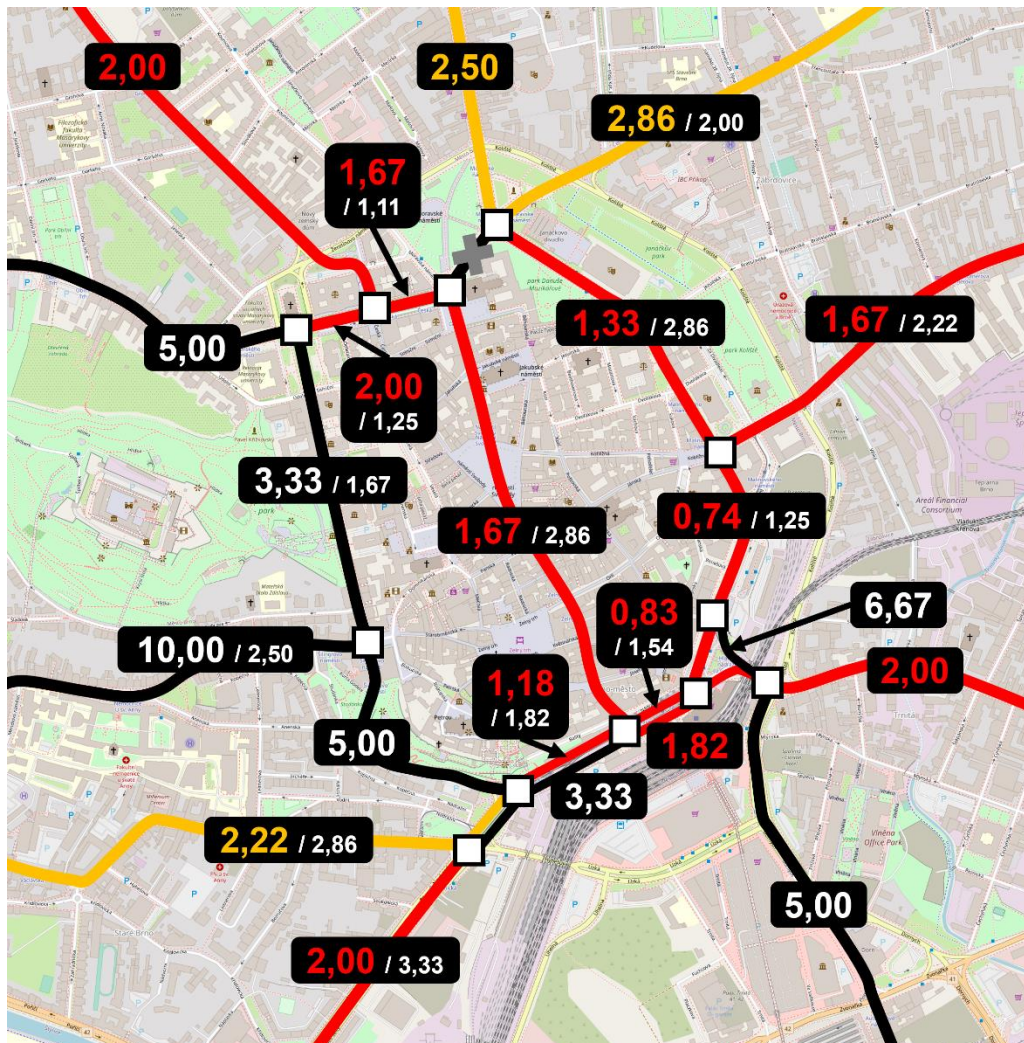
Situaci v centru města při zavedení výlukových opatření dle této varianty znázorňuje obrázek č. 7.

Jak je z parametrů uvedených na schématu patrné, dotčeny jsou v této variantě téměř všechny segmenty trati na centrálním okruhu. V některých případech dochází dokonce ke snížení kapacitního zatížení daných úseků.

Kritickou zůstává situace v ulicích Benešově a Nádražní, kudy musí všechny linky na odklonové trase projet vzhledem k absenci alternativy. Průměrný následný interval zde dosahuje 45, resp. 50 sekund. Na zbytku centrální sítě již k tak radikálním nárůstům nedochází. Třetí nejvyšší hodnotu zatížení lze nově pozorovat na trati mezi Hlavním nádražím a Novými sady, kde interval dosahuje hodnoty až 1,18 minuty z důvodu odklonu linek č. 5 a 6 tímto místem. Vysokých hodnot dále dosahuje kapacitní vytížení v ulici Rooseveltově (1,33 minuty), které alespoň částečně snižuje trasování linky č. 3 mimo tento úsek. Intenzivně zatížena zůstává i spojnice přes náměstí Svobody, kde se i přes absenci linek č. 5 a 6 zkrátil následný interval dopravy na 1,67 minuty.

Odklonová trasa linek č. 5 a 6 má za následek i lokální snížení zatížení a prodloužení následného intervalu. To se týká výhradně úseků v ulicích Joštově a Husově, kde vzhledem

k absenci těchto linek dochází k uvolnění kapacity a nárůstu hodnot intervalů na 1,67 až 3,33 minuty.

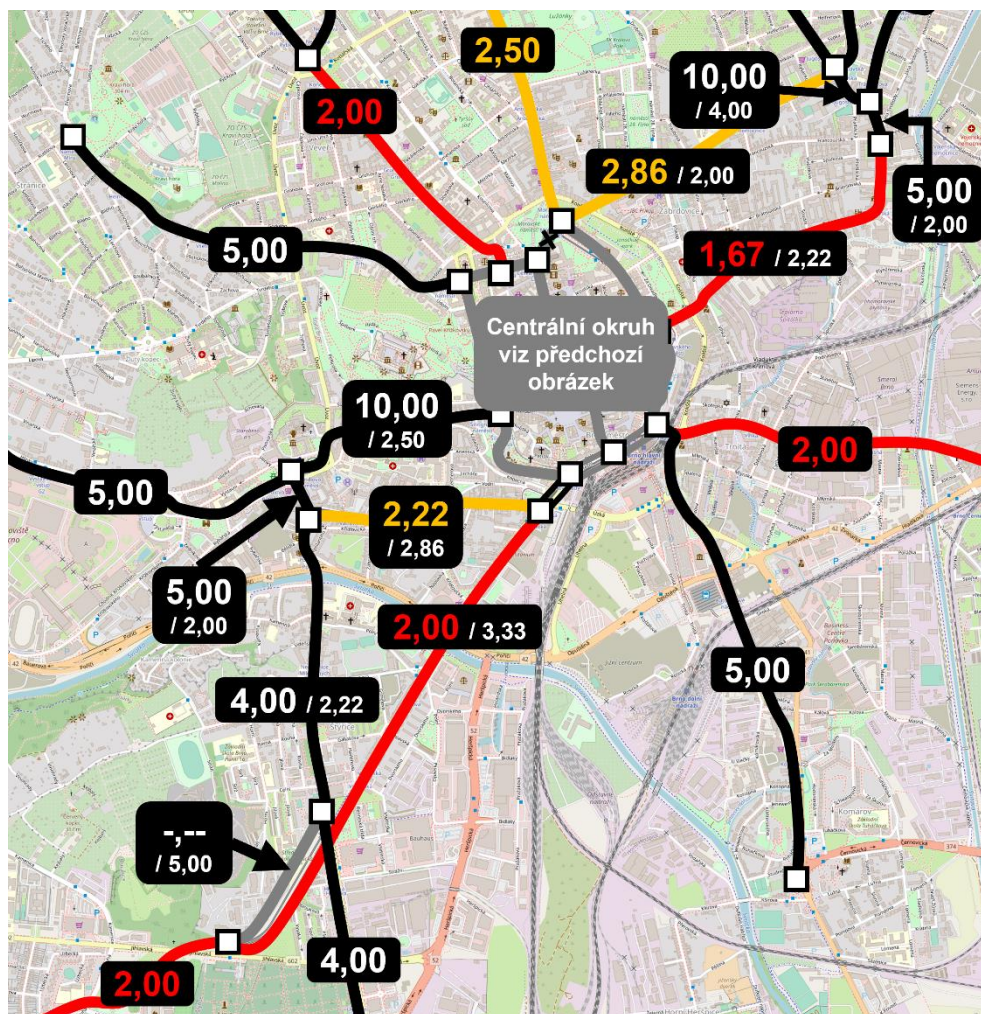


Zdroj: autor s využitím (3)

Obrázek 7 – Schéma kapacitního zatížení centra ve variantě B

Vzhledem k rozsahu odklonových tras, které ovlivňují vedení linek i mimo centrální okruh, je situace na zbytku dotčené sítě zpracována na obrázku č. 8.

V severovýchodní části sítě dotčené výlukovými opatřeními lze pozorovat přesun zatížení vlivem trasování linky č. 3. K uvolnění kapacity dochází na tratích v ulicích Milady Horákové, Merhautově, Jugoslávské a Vranovské. Zatížení ulice Cejl se zvýšilo a následný interval dopravy zde dosahuje hodnoty 1,67 minuty. Jedná se tak o nejvyšší stupeň zatížení úseku tramvajové sítě mimo centrální okruh.



Zdroj: autor s využitím (3)

Obrázek 8 – Schéma kapacitního zatížení úseků mimo centrum ve variantě B

K přesunu zatížení dochází vlivem odklonových tras i v jihozápadní části sítě. Výrazné uvolnění kapacity nastává v ulici Pekařské, kterou využívají pouze zkrácené spoje linky č. 5 v intervalu 10 minut. Pokles vytížení lze pozorovat i v ulicích Křížové a Vídeňské zásluhou vedení linky č. 6 kompletně mimo tuto oblast. Ze stejného důvodu zůstává spojovací trať mezi lískoveckou a modříckou radiálou v této variantě kompletně nevyužita.

Ke zvýšení intenzity tramvajového provozu v této oblasti dochází v ulicích Hybešově a Václavské a také v ulici Nové sady a Renneské třídy. V prvních dvou jmenovaných ulicích je navýšení vytížení způsobeno trasováním nezkrácených spojů linky č. 5, čímž se následný interval v tomto úseku dostává na hodnotu 2,22 minuty. Na trať vedoucí přes druhou dvojici ulic má vliv linka č. 6, což způsobuje zkrácení intervalu na 2 minuty a srovnání se stavem na koncovém úseku lískovecké radiály.

Z pohledu počtu spojů vyplývá, že mimo kritickou sekci Malinovského náměstí – Hlavní nádraží jsou úseky zatíženy přidáním maximálně 24 spojů. Celkově se změna kapacity

v této variantě týká 28 úseků, přičemž u více než poloviny z nich dochází k uvolnění kapacity, nikoliv jejímu dalšímu vytěžování.

Vliv na dopravní výkony

Varianta B měla minimalizaci nárůstu vozidlových kilometrů určenu jako hlavní kritérium plánování odklonových tras. Délky tras jednotlivých linek nejsou z tohoto důvodu navýšeny tak razantně jako u předchozí varianty.

Nejvíce je prodloužena trasa zkrácených spojů linky č. 5, a to konkrétně o 1,9 kilometru. Ostatní spoje této linky, vedené v celé trase, jsou oproti bezvýlukovému stavu prodlouženy pouze přibližně o 450 metrů zásluhou odklonu přes ulice Hybešovu a Václavskou. U linky č. 3 je délka trasy prodloužena přibližně o jeden kilometr. Kilometrické úspory bylo dosaženo trasováním linky přes ulici Cejl místo ulice Milady Horákové.

U zbývajících linek je celková délka nižší než během bezvýlukového stavu. Nejvýrazněji se kilometrická úspora projevuje u linky č. 6, jejíž celková délka je zkrácena přibližně o 250 metrů. Délka linky č. 9 je kratší o 150 metrů, u linky č. 10 dochází ke zkrácení o 100 metrů, obojí shodně s variantou A.

Tabulka 22 – Změna vozidlových výkonů ve variantě B

Varianta B	Běžný stav [vozkm]	Výluka [vozkm]	Rozdíl [vozkm]
Linka č. 3	3 195	3 490	+295
Linka č. 5	1 928	2 212	+284
Linka č. 6	3 273	3 199	-74
Linka č. 9	2 441	2 398	-43
Linka č. 10	4 258	4 246	-11
Σ	15 095	15 545	+450

Zdroj: autor s využitím (14) (17)

Dopad těchto změn na vozidlové výkony linek je zpracován v tabulce č. 22. Nárůst dopravních výkonů lze pozorovat pouze u linek č. 3 a 5, a to o necelých 300 vozidlových kilometrů. U zbývajících linek dochází k drobné úspoře v řádu desítek vozidlových kilometrů. Celkově se denní výkon tramvajového systému navýší pouze o cca 450 vozidlových kilometrů, což představuje nárůst o necelých 1,5 %.

Vliv na jízdní doby

Standardní jízdní doba linky č. 3 v úseku Vojenská nemocnice – Česká, na kterém je odklonová trasa odchylena, činí 11 minut ve směru do centra a 9 minut ve směru z centra. Pro určení jízdní doby platné pro výlukové trasování bylo využito údajů o jízdních dobách linek

č. 2 a 4. Na základě nich byla hodnota pro linku č. 3 stanovena jako 15 minut ve směru do centra a 13 minut ve směru z centra. To znamená prodloužení jízdní doby o čtyři minuty v obou směrech.

Zkrácené spoje linky č. 5 do zastávky Mendlovo náměstí jsou trasovány shodným způsobem, jako v předchozí variantě, a dochází tak k nárůstu délky jízdní doby o 9 minut ve směru na Mendlovo náměstí a o 8 minut v opačném směru.

Cestovní doba spojů linky č. 5 v úseku Moravské náměstí – Poříčí činí 11 minut ve směru na jih a 10 minut ve směru na sever. S využitím hodnot jízdních dob linek č. 1 a 2 byla stanovena jízdní doba na odklonové trase v tomto úseku na úrovni 12 minut v obou směrech. Dochází tak tedy pouze k nepatrnému nárůstu tohoto parametru o jednu, resp. dvě minuty.

Pozitivní vliv na jízdní doby má odklonová trasa linky č. 6. Ta v běžné trase absolvuje úsek Moravské náměstí – Krematorium za 17 minut ve směru na Starý Lískovec a za 16 minut ve směru na Královo Pole. Vzhledem k výlukovému vedení linky přes segregovanou trať lískovecké radiály dochází ke zkrácení jízdních dob na 14 minut obousměrně, což znamená úsporu tří, resp. dvou minut. Hodnota byla určena na základě jízdních řádů linek č. 1 a 7.

U linek č. 9 a 10 dochází, vzhledem k nezměněnému trasování oproti předchozí variantě, k časové úspoře a jízdní doby se na obou linkách zkracují o jednu minutu v obou směrech.

Údaje o jízdních dobách včetně hodnot celkových jízdních dob řešených linek jsou shrnuty v tabulce č. 23.

Tabulka 23 – Dopad na jízdní doby linek ve variantě B

Varianta B	Úsek		Jízdní doba v dotčeném úseku				Celková jízdní doba				Rozdíl	
			Původní		Nová		Původní		Nová			
			→	←	→	←	→	←	→	←	→	←
Linka č. 3	Vojenská nemocnice	Česká	11	9	15	13	34	33	38	37	+4	+4
Linka č. 5	Moravské náměstí	Poříčí	11	10	12	12	27	27	28	29	+1	+2
Linka č. 5M	Moravské náměstí	Česká	2	1	11	9	17	17	26	25	+9	+8
Linka č. 6	Moravské náměstí	Krematorium	17	16	14	14	35	34	32	32	-3	-2
Linka č. 9	Moravské náměstí	Hlavní nádraží	7	5	6	4	31	31	30	30	-1	-1
Linka č. 10L	Hlavní nádraží	Česká	6	6	5	5	42	42	41	41	-1	-1
Linka č. 10S	Hlavní nádraží	Česká	6	6	5	5	43	43	42	42	-1	-1

Zdroj: autor s využitím (14)

Vliv na rozsah dopravní obslužnosti

V této variantě se linky z původních tras odchyľují výrazným způsobem. Linky na odklonových trasách více kopírují trasy linek nedotčených výlukou, což má za následek ztrátu vybraných důležitých přímých vazeb.

V případě linky č. 3 dochází např. ke ztrátě přímého spojení uzlu Stará osada s lokalitami přiléhajícími k ulicím Jugoslávské, Merhautovy či Milady Horákové. Vlivem vedení linek č. 5 a 6 mimo ulici Vídeňskou zaniká spojení městské části Štýřice s Mendlovým náměstím či přestupním uzlem Česká. Se zastávkou Česká ztrácí přímé spojení i Starý Lískovec. Negativní dopad odklonů je v nejvyšší míře patrný v oblasti ulice Pekařské, kde v této variantě zajišťují dopravní obslužnost pouze krátké spoje linky č. 5, které jsou navíc směrem na severozápad ukončeny hned na Mendlově náměstí. Nabídka spojení se zde snížila na čtvrtinu původního stavu.

Shrnutí silných a slabých stránek varianty

Kladným aspektem této varianty je především minimalizace nárůstu dopravních výkonů dotčených linek. Tento parametr má pozitivní dopad i na finanční stránku výluky, jelikož snižuje provozní náklady potřebné pro provoz řešených linek. Kratší odklonové trasy mají vliv i na jízdní doby, které se také nenavysují v takové míře. Odlišné vedení odklonů jednotlivých linek má za následek i rovnoměrnější rozdělení kapacitního zatížení mezi úseky centrálního tramvajové okruhu a přiléhající úseky v širším centru města, což lze taktéž vnímat jako silnou stránku varianty.

Výrazně negativním parametrem této varianty je značná odchylka od stávajícího stavu dopravní obslužnosti a nabídky přepravní kapacity a přímých spojení. Vzhledem k trasování odklonů za účelem úspory najetých kilometrů dochází ke ztrátě celé řady přímých vazeb mezi vybranými lokalitami, a i poklesu počtu spojů ve vybraných úsecích a zastávkách.

3.8 Varianta C

Varianta C nebyla navrhována s preferencí jednoho kritéria. Kombinuje aspekty obou předchozích variant, preference kilometráže či dopravní obslužnosti je u každé linky řešena dle posouzení autora. Klade důraz i na samotnou kapacitu tratí dotčených odklonovými trasami, kdy jsou některé linky odkloněny tak, aby bylo rozmělněno zatížení na více tratí.

Úpravy linkového vedení

Linky č. 3 a 5 jsou vedeny odklonem mezi zastávkami Moravské náměstí a Česká obdobně jako ve variantě A. Odklonová trasa je tedy navržena přes ulici Rooseveltovu, Malinovského náměstí, ulice Benešovu a Nádražní, Masarykovu třídu, náměstí Svobody a ulici Rašínovu. Z běžné trasy obou linek je zachována obsluha všech zastávek na trase. Na odklonové trase linky navíc zastaví v zastávkách Malinovského náměstí, Hlavní nádraží, Zelný trh a Náměstí Svobody.

Linka č. 6 je zde z běžného trasování „vychýlena“ mezi zastávkami Moravské náměstí a Poříčí. Odklonová trasa využívá trať přes ulici Rooseveltovu, Malinovského náměstí, ulice Benešovu, Nádražní, Hybešovu a Václavskou, na jejímž konci se v křižovatce s ulicí Křížovou navrácí do původní trasy. Nezastavuje tak v zastávkách Česká, Šilingrovo náměstí, Nemocnice u sv. Anny a Mendlovo náměstí. Navíc na odklonové trase zastavuje v zastávkách Malinovského náměstí, Hlavní nádraží, Nové sady, Hybešova a Václavská.

Na lince č. 9 ani v této variantě není přistoupeno ke změně odklonové trasy přes ulici Rooseveltovu, Malinovského náměstí a ulici Benešovu. Neobsluhovány jsou zastávky Česká, Náměstí Svobody a Zelný trh. Nad rámec běžné trasy je při odklonu obsloužena zastávka Malinovského náměstí.

U linky č. 10 je v této variantě odklon v úseku Česká – Hlavní nádraží navržen odlišným způsobem oproti variantám. Z ulice České je odklonová trasa vedena po ulici Joštové na západ na Komenského náměstí, ulici Husovu a Šilingrovo náměstí až do ulice Nádražní a dále po této ulici do uzlu Hlavní nádraží. K navrácení do původní trasy dochází pod železničním viaduktem na souběhu ulic Nádražní a Benešovy. Z běžné trasy neobsluhuje zastávku Malinovského náměstí. Na trase odklonové zastavuje navíc v zastávkách Šilingrovo náměstí a Nové sady.

Vliv na kapacitní parametry

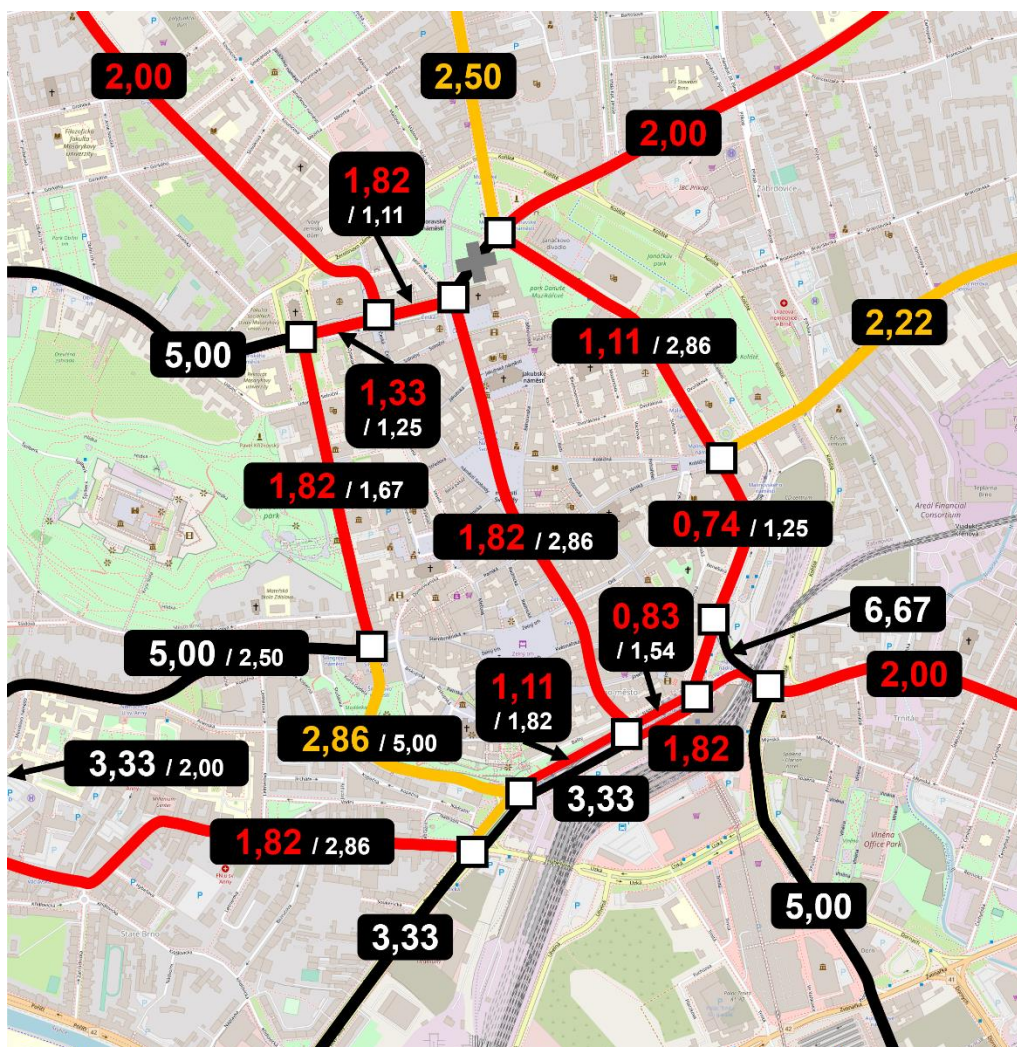
Dopad výlukových opatření ve variantě C na kapacitu sítě je zpracován na obrázku č. 9.

Ze schématu vyplývá, že ke změnám kapacitního vytížení dochází u všech úseků na centrálním tramvajovém okruhu vyjma jižně položené dvojice kolejí čtyřkolejného úseku v ulici Nádražní.

Úroveň vytížení kritického úseku v ulicích Benešově a Nádražní zůstává vzhledem k absenci alternativ neměnná, tedy 45, resp. 50 sekund. Vysoké intenzity provozu je dále dosahováno ve všech navazujících úsecích. Mezizastávkový úsek Hlavní nádraží – Nové sady a trať v Rooseveltově ulici vykazují shodně zkrácení následného intervalu dopravy na 1,11 minuty. Na spojovací trati přes náměstí Svobody dosahuje interval hodnoty 1,82 minuty.

Vlivem odlišného odklonového trasování linky č. 10 je v této variantě navýšeno i zatížení úseku mezi Šilingrovým náměstím a Novými sady. Zkrácení intervalu na 2,86 minuty však v tomto případě nepředstavuje nikterak kritickou hodnotu.

Ve zbývající části centrálního okruhu od ulice Joštovy po Šilingrovo náměstí intenzita provozu klesá. Mezi Komenského náměstím a křížením ulic České a Joštovy následný interval nově dosahuje hodnoty 1,33 minuty, v sousedních úsecích pak 1,82 minuty.



Zdroj: autor s využitím (3)

Obrázek 9 – Schéma kapacitního zatížení centra ve variantě C

Mimo centrální část sítě mají výluková opatření vliv pouze na kapacitu tratí jihozápadně od centra. Z důvodu odklonu linky č. 6 je uvolněna kapacita v ulici Pekařské, kterou tak využívá pouze linka č. 5 s intervalem 5 minut, a v ulici Křížové mezi Mendlovým náměstím a Václavskou, kde hodnota intervalu roste na 3,33 minuty. Odklon linky č. 6 naopak zvyšuje kapacitní zatížení trati v ulicích Hybešově a Václavské. Zde hodnota průměrného následného intervalu dopravy nově dosahuje hodnoty 1,82 minuty, což v této variantě představuje nejvytíženější úsek sítě mimo centrální okruh.

Z hlediska počtu spojů za hodinu dochází k zatížení 33 spojů za hodinu navíc v úseku Moravské náměstí – Hlavní nádraží. Na zbývajících dotčených úsecích, kterých je z důvodu

snahy o dodržení původních tras linek méně než v předchozí variantě, se rozdíly oproti stávajícímu stavu pohybují v intervalu od -12 po +21 spojů za hodinu.

Vliv na dopravní výkony

Celková délka trasy je v této variantě navýšena hned u čtyř z pěti výlukou dotčených linek.

Linky č. 3 a 5, shodně s variantou A, mají vlivem odklonu celkovou délku navýšenu o 1,9 kilometru. Linka č. 6 je z důvodu odklonu ulicemi Hybešovou a Václavskou prodloužena o cca 450 metrů, stejně jako linka č.5 ve variantě B. Délka linky č. 9 je zkrácena o 150 metrů shodně s předchozími variantami. Ke změně dochází v případě linky č. 10, jejíž alternativní odklonové trasování přes Šilingrovo náměstí představuje nárůst délky linky přibližně o 300 metrů.

V tabulce č. 24 lze vidět dopady změn délek dotčených linek na jejich denní vozidlové výkony. Dopravní výkon linek č. 3 a 5 je v pracovní dny vlivem dlouhé odklonové trasy navýšen o cca 550 vozidlových kilometrů. K méně výrazným nárůstům výkonů dochází u linek č. 6 a 10. U linky č. 6 se jedná přibližně o 140 vozidlových kilometrů denně, u linky č. 10 tato hodnota činí přibližně 100 vozidlových kilometrů. K úspoře 43 vozidlových kilometrů dochází pouze u linky č. 9.

Tabulka 24 – Změna vozidlových výkonů ve variantě C

Varianta C	Běžný stav [vozkm]	Výluka [vozkm]	Rozdíl [vozkm]
Linka č. 3	3 195	3 728	+533
Linka č. 5	1 928	2 482	+554
Linka č. 6	3 273	3 412	+139
Linka č. 9	2 441	2 398	-43
Linka č. 10	4 258	4 360	+103
Σ	15 095	16 380	+1285

Zdroj: autor s využitím (14) (17)

Vliv na jízdní doby

Jízdní doby linek č. 3 a 5 jsou ovlivněny shodně s variantou A. Výlukové vedení těchto linek znamená prodloužení jízdních dob o 8 minut obousměrně v případě linky č. 3 a o 9, resp. 8 minut v případě linky č. 5.

Odklonová trasa linky č. 6 kopíruje návrh pro linku č. 5 z varianty B. Jízdní doba na odklonové trase Moravské náměstí – Poříčí tedy činí shodně 12 minut v obou směrech. Běžná jízdní doba linky č. 6 v tomto úseku činí 11 minut ve směru do Starého Lískovce a 10 minut ve

směru do Králova Pole. Dochází tak k nepatrnému navýšení hodnot cestovních časů o jednu, resp. dvě minuty pro jednotlivé směry.

Na lince č. 9 nedochází k žádné změně parametrů, jízdní doba na odklonové trase je tedy o minutu kratší než v případě standardního vedení linky.

Linka č. 10 je v úseku Hlavní nádraží – Česká vedena, odlišně oproti předchozím variantám, přes Šilingrovo náměstí. Hodnoty jízdních dob tak byly určeny na základě údajů o lince č. 12, která je tímto způsobem trasována v bezvýchukovém stavu. Ve směru na sever se jedná o jízdní dobu 6 minut, ve směru na jih 7 minut. Standardní jízdní doba linky č. 10 v tomto úseku činí 6 minut, k rozdílu tak dochází pouze ve směru na jih, kdy je odklonová cestovní doba o minutu delší.

Údaje o změnách jízdních dob jsou zpracovány v tabulce č. 25.

Tabulka 25 – Dopad na jízdní doby linek ve variantě C

Varianta C	Úsek		Jízdní doba v dotčeném úseku				Celková jízdní doba				Rozdíl	
			Původní		Nová		Původní		Nová			
			→	←	→	←	→	←	→	←	→	←
Linka č. 3	Moravské náměstí	Česká	3	1	11	9	34	33	42	41	+8	+8
Linka č. 5	Moravské náměstí	Česká	2	1	11	9	27	27	36	35	+9	+8
Linka č. 5M	Moravské náměstí	Česká	2	1	11	9	17	17	26	25	+9	+8
Linka č. 6	Moravské náměstí	Poříčí	11	10	12	12	35	34	36	36	+1	+2
Linka č. 9	Moravské náměstí	Hlavní nádraží	7	5	6	4	31	31	30	30	-1	-1
Linka č. 10L	Hlavní nádraží	Česká	6	6	6	7	42	42	42	43	0	+1
Linka č. 10S	Hlavní nádraží	Česká	6	6	6	7	43	43	43	44	0	+1

Zdroj: autor s využitím (14)

Vliv na rozsah dopravní obslužnosti

V této variantě zůstává z velké části zachována nabídka spojení a přímých vazeb. Linky č. 3 a 5 obsluhují celou standardní trasu a všechny zastávky v plném rozsahu. U linek č. 9 a 10 dochází k odchytkám pouze v centrální části sítě.

Jedinou výraznější změnou oproti běžnému stavu je odklonová trasa linky č. 6. Ta má za následek pokles nabídky spojení v oblasti ulice Pekařské na polovinu. Poměrně zásadní je i ztráta přímého spojení městských částí Bohunice a Starý Lískovec s významnými přestupními body Mendlovo náměstí a Česká. Dochází tak k velkému nepoměru v porovnání s nabídkou přímých spojení do uzlu Hlavní nádraží.

Shrnutí silných a slabých stránek varianty

Jelikož byla varianta koncipována jako kompromisní mezi variantami A a B, kombinuje jejich nedostatky a přednosti, avšak veškeré vlivy se projevují v menší míře.

Za pozitivní vlastnost této varianty lze považovat zachování většiny přímých vazeb i rozsahu nabídky spojení. Vzhledem ke kompromisnímu řešení však vybrané vazby nejsou zachovány. Kladně lze nahlížet i na kapacitní zatížení tratí v centrální části sítě. I v této variantě je zátěž tramvajovým provozem rozvrhnutá, pokud je to možné, na více úseků tak, aby nedocházelo k přetěžování jednoho úseku na úkor jiných.

Za spíše slabší stránku lze u této varianty určit provozní parametry dotčených linek. Nárůst dopravních výkonů je zde poměrně výrazný, což se následně projevuje i v otázce nákladů na provoz nebo prodlužování jízdních dob.

4 VYHODNOCENÍ ŘEŠENÍ VÝLUKOVÝCH STAVŮ

V předchozí kapitole byly prezentovány tři návrhy řešení organizace linkového provozu tramvají při uvažované výluce úseku mezi Moravským náměstím a ulicí Joštovou. V rámci této kapitoly budou tyto varianty podrobeny vzájemnému srovnání na základě multikriteriálního rozhodování a bude zvoleno nejvhodnější řešení. V další části kapitoly budou zjištěné teoretické hodnoty doplněny o další poznatky a skutečnosti, které souvisí se zaváděním a prováděním výlukových činností v praxi.

4.1 Stanovení kritérií pro srovnání variant

Za účelem porovnání a vyhodnocení jednotlivých variant bylo přistoupeno k využití multikriteriální analýzy. Ke stanovení vah jednotlivých kritérií byla zvolena Fullerova metoda. Na ohodnocení variant ve zvolených kritériích byla následně aplikována metoda váženého pořadí. K této metodě bylo přistoupeno především z důvodu uplatnění spíše kvalitativních kritérií kombinujících více faktorů, které by nebylo možné adekvátně číselně ohodnotit.

Pro srovnání variant byla vybrána kritéria charakterizovaná v následujícím textu.

Kapacita sítě

Z hlediska vlivu na kapacitní zatížení vychází všechny varianty shodně z hlediska nejvytíženějšího úseku. Vzhledem k povaze vyloučeného úseku a nutných opatření je ve všech variantách takovým úsekem trať v ulici Benešově, kde klesá následný interval dopravy až na hodnotu 45 sekund.

Porovnávat varianty je nutné dle vlivu na zatížení okolních úseků. Nejhůře z tohoto srovnání vychází varianta A, která zatížení v kritickém úseku v další části sítě nedistribuuje mezi více úseků a vysoce zatíženými se stávají trať přes náměstí Svobody a v ulici Rooseveltově. Varianty B a C jsou z hlediska vlivu na kapacitu sítě srovnatelné. V obou variantách dochází ke srovnatelnému zatížení provozu v úseku mezi Hlavním nádražím a Novými sady. Varianta B poskytuje lepší řešení situace v ulicích Rooseveltově a Hybešově s Václavskou, kde nedochází k tak vysokému nárůstu intenzity provozu, jako v případě varianty C. Varianta C lépe řeší situaci na trati přes náměstí Svobody a také v ulici Cejl, ve které zůstává zachován provoz v bezvýlukovém rozsahu. Vzhledem k těmto skutečnostem byly obě varianty ve vzájemném srovnání postaveny na stejnou úroveň.

Dopravní obslužnost

V tomto kritériu jsou hodnoceny dopady výluk na rozsah dopravní obslužnosti v dotčených lokalitách. Problematickými jsou z tohoto pohledu především ulice Pekařská a Vídeňská, ale také zastávky Mendlovo náměstí a Česká.

Nejlépe ve srovnání vychází varianta A, která ve zmíněných oblastech zachovává dopravní obslužnosti ve stávajícím rozsahu. Dopady odklonů v centru města jsou v případě této varianty také nižší než u zbývajících návrhů.

Varianta C byla v tomto kritériu vyhodnocena jako druhá nejlepší, jelikož výrazně zasahuje do rozsahu dopravní obslužnosti pouze v ulici Pekařské a na Mendlově náměstí. Na zbytek sítě z tohoto pohledu varianta negativní vliv nemá.

Nejhorší dopad byl přisouzen variantě B, která výrazně oslabuje nabídku spojení v uzlech Mendlovo náměstí a Česká, a dále přepravní nabídku zásadně omezuje i v ulicích Pekařské, Křížové či Vídeňské.

Přímá spojení

Toto kritérium posuzuje míru, jakou navrhované varianty ovlivňují existenci stávajících přímých spojení mezi vybranými lokalitami. Konkrétně se tato problematika týká spojení Starého Lískovce a Bohunic se zastávkou Česká či spojení významných dopravních bodů Moravské náměstí a Stará osada.

Nejméně negativní vliv na toto kritérium má varianta A. Jediným „ztraceným“ přímým spojením je v této variantě relace mezi uzlem Česká a sídlištěm Lesná, kterého však vzhledem k vyloučenému úseku nelze dosáhnout žádným způsobem. Zbytek spojení zůstává zachován v plném rozsahu.

O něco větší vliv představuje varianta C, a to především z důvodu vedení odklonu linky č. 6. To má za následek ztrátu přímých vazeb uzlu Česká s koncovými úseky této linky, tedy městskými částmi Starý Lískovec, Bohunice a Královo Pole.

Nejhůře v tomto kritériu vychází varianta B. Kromě výše zmíněných změn není v této variantě možné přímé spojení Staré osady s Moravským náměstím a lokalitou přilehlou k ulicím Merhautově či Milady Horákové. Uzel Česká dále přichází mj. o přímou vazbu s městskou částí Štýřice.

Jízdní doby

Kritérium hodnotí dopad odklonových tras na celkové změny jízdních dob všech pěti řešených linek.

Nejmenší vliv na jízdní doby představuje varianta B. V jejím případě u třech linek č. 6, 9 a 10 dochází dokonce ke zkrácení časových hodnot o jednu až tři minuty. U zbývajících linek dochází k radikálnímu nárůstu jízdní doby akorát v případě krátké varianty linky č. 5. Standardní spoje této linky a linka č. 3 mají jízdní dobu prodlouženo pouze nepatrně.

Druhou nejlepší variantou dle tohoto kritéria je varianta C. Odklonové trasy v tomto návrhu nemají negativní dopad na linky č. 6, 9, 10, jejichž jízdní doby se oproti běžnému stavu neliší vůbec, nebo maximálně o dvě minuty. Citelnější je vliv na linky č. 3 a 5, které v této variantě mají jízdní doby prodlouženy o 8 až 9 minut.

Nejhůře ze srovnání vlivu na jízdní doby vychází varianta A. U linek č. 9 a 10 sice dochází k úspoře času o jednu minutu, ale na zbývajících linkách č. 3, 5 a 6 je vlivem dlouhé odklonové trasy v centru města hodnota jízdních dob navýšena o 8 až 9 minut.

Srovnání variant vychází především z počtu linek, u kterých dochází k zásadnímu prodloužení jízdních dob. U varianty B se toto týká pouze části spojů jedné linky, u varianty C jsou takto ovlivněny dvě linky a ve variantě A dochází k tomuto nárůstu u tří linek.

Ekonomika provozu

V tomto kritériu byla hodnocena ekonomická náročnost jednotlivých variant z hlediska provozních nákladů. Parametry dopravních výkonů charakterizovaných u jednotlivých variant byly pro potřeby vzájemného srovnání převedeny na provozní náklady přímo odpovídající těmto výkonům.

Pro odhad provozních nákladů byly využity údaje z výroční zprávy DPMB o dopravních výkonech tramvajového provozu a data ze smlouvy mezi DPMB a městem Brnem o závazku veřejné dopravy, kde je k dispozici finanční model nákladů a výnosů pro rok 2023.

Při uvažovaném ročním dopravním výkonu tramvajové dopravy přibližně 14 milionů vozidlových kilometrů a roční výši výkonových položek v tramvajové dopravě přibližně 486 milionů Kč byla hodnota nákladů na jeden vozidlový kilometr pro potřeby této práce stanovena na úrovni cca $35 \text{ Kč} \cdot \text{vozkm}^{-1}$. (18) (19)

Srovnání denních nákladů na výlukový provoz v jednotlivých variantách je uvedeno v tabulce č. 26. U varianty B dochází k nárůstu denních provozních nákladů pouze o necelých

16 tisíc Kč, je tak z hlediska tohoto kritéria nevhodnější. U varianty C jsou denní provozní náklady navýšeny o necelých 45 tisíc Kč, což představuje nárůst nákladů o 4 %. Nejhuře z ekonomického srovnání vychází varianta A, která znamená 5% nárůst provozních nákladů o necelých 56 tisíc Kč.

Tabulka 26 – Dopad výlukových opatření na provozní náklady

	Běžný stav	Varianta A	Varianta B	Varianta C
Dopravní výkon dotčených linek [vozkm/den]	15 095	16 694	15 545	16 380
Dopravní výkon celého systému [vozkm/den]	31 794	33 394	32 245	33 079
Provozní náklady na dotčené linky [Kč/den]	524 444	580 001	540 087	569 085
Provozní náklady celého systému [Kč/den]	1 104 647	1 160 208	1 120 294	1 149 292
Rozdíl nákladů [Kč/den]	-	55 561	15 648	44 646
Poměrné navýšení nákladů	0,00%	5,03%	1,42%	4,04%

Zdroj: autor s využitím (18) (19)

Přehlednost zavedených opatření

Toto kritérium má za účel srovnat srozumitelnost výlukových opatření pro cestující. Z tohoto pohledu je nejlépe řešena varianta A, kde dochází pouze k minimálním změnám a pro cestující nepředstavují zásadní komplikaci. Za nejvíce komplikovanou byla určena varianta B, u které je problematické především dvou variant trasování linky č. 5.

4.2 Srovnání kritérií Fullerovou metodou

Výše charakterizovaná kritéria byla podrobena ohodnocení vah s využitím Fullerovy metody. Výsledek vzájemného srovnání je uveden v tabulce č. 27.

Tabulka 27 – Ohodnocení vah kritérií Fullerovou metodou

Kritéria	Kapacita	DO	Spojení	Jízd. doby	Náklady	Přehlednost	Váha	Norm. váha
Kapacita	1	1	1	1	1	1	6	0,29
DO	0	1	1	1	1	1	5	0,24
Spojení	0	0	1	1	1	1	4	0,19
Jízd. doby	0	0	0	1	0	1	2	0,10
Náklady	0	0	0	1	1	1	3	0,14
Přehlednost	0	0	0	0	0	1	1	0,05
						Σ	21	1,00

Zdroj: autor

Standardní zápis v podobě Fullerova trojúhelníku byl pro přehlednost upraven do formy tabulky a byl doplněn bod za srovnání kritéria se sebou samotným. Ze srovnání vyplynulo jako nejvíce preferované kritérium kapacity, následované dopadem na dopravní obslužnost, zachováním přímých spojení, provozními náklady, změnami jízdních dob a přehledností pro cestující.

4.3 Metoda váženého pořadí

Varianty byly ohodnoceny na základě pořadí v jednotlivých kritériích, jehož stanovení bylo provedeno v předcházejících podkapitolách. Výsledek srovnání metodou váženého pořadí je zpracován v tabulce č. 28.

Na základě metody byla za nejvhodnější variantu řešení výlukového stavu zvolena kompromisní varianta C. Ta se v ani jednom hodnoceném kritériu neumístila na posledním místě. Druhého nejvyššího ohodnocení dosáhla varianta B, především z důvodu negativního dopadu na kvalitu dopravní obslužnosti, a jako nejméně vhodným řešením se ukázala být varianta A, jelikož kritéria, v kterých byla hodnocena nejlépe, měla nižší váhu.

Tabulka 28 – Výsledek metody váženého pořadí

Metoda váženého pořadí			Varianta A		Varianta B		Varianta C	
Kritérium	Váha	Norm. váha	Pořadí	Hodn.	Pořadí	Hodn.	Pořadí	Hodn.
Kapacita	6	0,29	3	1	1	3	1	3
DO	5	0,24	1	3	3	1	2	2
Spojení	4	0,19	1	3	3	1	2	2
Jízd. doby	2	0,10	3	1	1	3	2	2
Náklady	3	0,14	3	1	1	3	2	2
Přehlednost	1	0,05	1	3	3	1	2	2
Součet	21	1,00	12		12		13	
Normované ohodnocení			1,95		2,05		2,29	

Zdroj: autor

4.4 Další prvky systému řešení výlukových stavů

V rámci této práce byl řešen ryze technologický pohled na výlukový stav. Zjištěné hodnoty kapacitního zatížení, které jsou ve variantě C navrženy, je nutné uvažovat jako ideální teoretické hodnoty, kterých by bylo potřeba dosáhnout, aby nedošlo k přetížení tramvajové sítě a jejímu potenciálnímu selhání. Aby byl průměrný následný interval dopravy pod úrovní jedné minuty na odklonové trase v ulici Benešově realizovatelný, je nutná součinnost veškerých prvků, které průběh výluky ovlivňují. (12)

Na schématu na obrázku č. 10 je znázorněna vazba výlukového stavu s prvky, které se podílí na jeho řešení.



Zdroj: autor

Obrázek 10 – Schéma prvků podílejících se na průběhu výlukového stavu

Úloha jednotlivých prvků se v první řadě může lišit na základě charakteru výlukového stavu. V případě, že by uzavření úseku bylo vyvoláno mimořádnou událostí, průběh výluky závisí výhradně na činnosti řídicího informačního systému a spolupráce dispečerského aparátu s řidiči. V případě plánované výluky se vliv ostatních prvků systému zvyšuje a před zahájením výluky je možné projednat a zavést vybraná opatření. U řešené modelové situace lze spíše předpokládat, že byla způsobena mimořádnou událostí, jelikož u plánované výluky by byla snaha provést výlukovou činnost mimo dobu s nejvyšším kapacitním zatížením tramvajové sítě. Nicméně v úvahu je třeba vzít obě varianty.

Možnost realizace výluky ovlivňuje i energetická síť. Pro zvládnutí výlukového stavu je potřebné znát parametry trakčního vedení a souvisejících rozvodů a měníren především z hlediska maximálního možného počtu vozů v jednom úseku. V případě potřeby by bylo nutné koordinovat rozjezdy vozidel tak, aby nedocházelo k přetěžování sítě a poklesu napětí v trakčním vedení. (12)

Důležitou roli v tomto systému zaujímá i samotná jízda vozidla, styl jízdy řidiče a koordinace řidiče a řídicího informačního systému.

Pro průběh výluky je potřeba řešit i vliv světelného signalizačního zařízení na křižovatkách. Jednou z možností by byla např. úprava fázových cyklů dané křižovatky, pokud by se to nabízelo kvůli vyloučení provozu v jedné ze zaústěných komunikací. U modelové výluky by se taková úprava nabízela v křižovatce na Moravském náměstí. Jelikož jsou však

tramvajová síť a SSZ spravována odlišnými správci, bylo by potřeba dosáhnout těsnější koordinace mezi nimi.

Jako jeden z faktorů není možné opomenout ani chování cestujících, a to především v prostoru zastávek. Vzhledem k tomu, že u řešené výluky se na odklonových trasách nachází jedny z nejvytíženějších zastávek brněnské MHD, jako např. Hlavní nádraží, je pro zvládnutí výluky potřebné realizovat výměnu cestujících v prostoru zastávek co nejefektivněji. Každá výraznější komplikace by v tomto případě měla vliv na stabilitu celého tramvajového systému.

4.5 Konkrétní doporučení pro řešený výlukový stav

Na základě poznatků z předchozí kapitoly, zkombinovaných se zjištěnými hodnotami, byl pro variantu C zpracován návrh dalších potenciálních opatření, která by pomohla řešit kritický stav sítě během trvání výluky. Jedná se o řešení aplikovatelná v případě plánované výluky:

- úprava fázových cyklů SSZ na křižovatce na Moravském náměstí – prodloužení vybraných fází na úkor vyloučeného úseku;
- přesun místa zastavení v zastávce Hlavní nádraží do Masarykovy třídy pro linky jedoucí po této trati – pro variantu C by se jednalo o linky č. 3, 4 a 6;
- provozování vozidel o maximální délce 32 metrů v kritickém úseku za účelem možnosti zastavení dvou tramvajových souprav u jedné nástupní hrany – u řešené výluky se toto opatření týká především linky č. 1 a zastávek Malinovského náměstí, Hlavní nádraží nebo Nové sady;
- omezení provozu IAD v ulicích Nádražní a Benešově – pro snížení vlivu automobilové dopravy na přetížený úsek tramvajové sítě;
- hypoteticky lze doporučit i dobudování vybraných kolejových spojek, jejichž absence komplikovala plánování odklonů – např. mezi ulicemi Pekařskou a Husovou ze směru od Nových sadů či mezi ulicí Benešovou a jižní dvojicí kolejí v ulici Nádražní přímo v prostoru přestupního uzlu Hlavní nádraží.

Při zavedení těchto opatření lze předpokládat zvýšení schopnosti sítě zvládat výlukový stav.

4.6 Shrnutí obecných poznatků návrhové části

Na výlukovém stavu bylo demonstrováno, že při vyloučení klíčového úseku sítě, i přes navržení více variant, dosahují hodnoty kapacitního zatížení odklonových tras kritických hodnot, kdy průměrný následný interval dopravy klesá pod jednu minutu. Byl tedy potvrzen předpoklad, že tramvajová síť na centrálním okruhu je značně přetížená a zavedení výluky tuto situaci činí ještě více kritickou.

Tento stav také do budoucna komplikuje další rozvoj tramvajové dopravy v Brně. Zaústění nové radiály do centrálního okruhu by i v bezvýlukovém stavu znamenalo další kapacitní zátěž, kterou by nebylo možné většinou úseků trasovat bez úprav parametrů stávajících linek.

Pro zopakování autor uvádí, že jako nejvhodnější byla doporučena varianta C doplněna o další opatření.

ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá problematikou kapacity tramvajových tratí ve městě Brně při výlukových činnostech. V první části je tramvajový systém charakterizován z pohledu infrastruktury, vozového parku a linkového vedení. V analytické části je přistoupeno k určení kapacitních parametrů všech úseků tramvajové sítě. Zjištěné hodnoty jsou doplněny o dopad sdílení tělesa dráhy s nekolejovou MHD a vliv způsobu vedení trati ve vazbě na okolní prostor na ukazatele týkající se infrastruktury i linkového vedení. Na základě zjištěných parametrů jsou stanoveny nejkritičtější úseky celé tramvajové sítě. S využitím poznatků z úvodních kapitol práce je následně v návrhové části proveden výběr úseku pro zavedení modelového výlukového stavu s aplikací metod multikriteriální analýzy. Pro zvolený úsek jsou následně předloženy tři varianty řešení výlukového stavu, přičemž u každé z variant jsou uplatněny jiná preferenční kritéria, dle kterých je u návrhů postupováno. U všech variant jsou zpracovány jejich dopady na kapacitu sítě, provozní parametry a dopravní obslužnost. Prostřednictvím metod multikriteriální analýzy je posléze vybrána nejvhodnější varianta řešení. Na závěr jsou získané výsledky doplněny o širší pohled na problematiku řešení výlukových stavů na tramvajové síti.

Přínosem práce jsou především získané hodnoty kapacitního zatížení tramvajové sítě. Na základě těchto získaných parametrů bylo poukázáno na vysoký stupeň zatížení tratí, zvláště pak v centru města. Poznatky mohou být přínosné především v oblasti dlouhodobého plánování rozvoje MHD, jelikož zjištěné hodnoty negativně ovlivňují potenciál dalšího rozvoje tramvajové dopravy.

Autor diplomové práce se domnívá, že hlavní cíle práce, tedy zanalyzovat tramvajovou síť z hlediska kapacitního zatížení, namodelovat vybraný výlukový stav, doporučit opatření pro eliminaci negativních dopadů a upozornit na tuto problematiku, byly splněny.

SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- (1) DPMB - tramvaje. In: *Seznam autobusů* [online]. © 2007-2023 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://seznam-autobusu.cz/typy/dpmb/tramvaje>
- (2) VESELÝ, Josef, Lukáš FIDRMUC a Jakub VEVERKA. *Program pro MHD = Program pro Brno: Program optimalizace finančně-provozní náročnosti systému MHD a zvýšení společenské prestiže MHD*. Brno, 2012.
- (3) *OpenStreetMap* [online]. OpenStreetMap Foundation, 2022 [cit. 2022-12-14]. Dostupné z: <https://www.openstreetmap.org/>
- (4) *Mapy.cz* [online]. Praha: Seznam, 2023 [cit. 2022-12-14]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- (5) Síť linek denní dopravy. In: *DPMB* [online]. Brno: Dopravní podnik města Brna, a. s., 2023 [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: https://www.dpmb.cz/sites/default/files/downloads/2023/01/den_230116.pdf
- (6) Provoz na nové tramvajové trati Osová – Nemocnice Bohunice zahájen. In: *BMHD* [online]. Brno, © 2002-2023 [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://www.bmhd.cz/aktuality/aktualita.php?1737>
- (7) 10 let provozu rekonstruovaných tramvajů Vario. In: *BMHD* [online]. Brno, © 2002-2023 [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://www.bmhd.cz/aktuality/aktualita.php?1370>
- (8) Nová vozidla pro MHD v Brně. In: *BMHD* [online]. Brno, © 2002-2023 [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://www.bmhd.cz/aktuality/aktualita.php?1519>
- (9) HINČICA, Libor. Brno pořídí tramvaje (šaliny) Škoda ForCity Smart 45T. In: *Československý dopravák* [online]. 2020 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.cs-dopravak.cz/brno-poridi-tramvaje-saliny-skoda-forcity-smart-34t/>
- (10) HINČICA, Libor. Dalšíh 15 tramvajů Škoda 45T pro Brno. In: *Československý dopravák* [online]. 2020 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.cs-dopravak.cz/dalsich-15-tramvaji-skoda-45t-pro-brno/>
- (11) ŠTURSA, Jiří, Jiří KAZATEL, Jiří MRKOS et al. *150 let MHD v Brně*. [Brno]: Dopravní podnik města Brna, 2019. ISBN 978-80-907245-1-8.
- (12) VESELÝ, Josef, vedoucí Odboru rozvoje DPMB [konzultace].
- (13) DRDLA, Pavel. *Osobní doprava regionálního a nadregionálního významu*. 2. upravené vydání. Pardubice: Polygrafické středisko Univerzity Pardubice, 2018, 420 s. ISBN 978-80-7560-189-6.

- (14) Jízdní řády linek. In: *DPMB* [online]. Dopravní podnik města Brna, a. s., 2023 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.dpmb.cz/jizdni-rady-zastavek-linek>
- (15) CHAPS, spol. s r.o. Zastávkové jízdní řády. In: *DPMB* [online]. 2010 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://pdf.dpmb.cz/LineList.aspx?mi=4&t=2>
- (16) Náš vozový park. In: *DPMB* [online]. Dopravní podnik města Brna, a. s., 2023 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.dpmb.cz/dalsi-informace-o-doprave#vozovy-park>
- (17) *Jízdní řády Brno* [online]. In: [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <http://www.jrbrno.cz/>
- (18) VOCÍLKA, Milan. Výroční zpráva 2021: Dopravní podnik města Brna, a. s. In: *DPMB* [online]. Brno [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://www.dpmb.cz/sites/default/files/inline-files/vz2021.pdf>
- (19) 12. Návrh Dodatku č. 29 Smlouvy o závazku veřejné služby a kompenzaci z veřejné přepravy cestujících, uzavřené mezi statutárním městem Brnem a Dopravním podnikem města Brna, a.s. In: *Brno* [online]. Statutární město Brno [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: https://www.brno.cz/documents/20121/3402559/Materi%C3%A1l_12-12.pdf/e44908ba-7471-2cc0-8a68-569158fd64fd?t=1677013869543
- (20) Vypravenost. In: *BMHD* [online]. Brno, © 2002-2023 [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://www.bmhd.cz/vypravenost/>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Charakteristika linkového vedení.....	76
--	----

Příloha A: Charakteristika linkového vedení

Linka č. 1

Tuto linku lze vzhledem k nabízené přepravní kapacitě ve špičce považovat za jednu z páteřních linek brněnského tramvajového systému i celé MHD. Její význam by v bezvýlukovém stavu byl ještě větší. Z důvodu stavebních prací v úseku Bráfova-Pisárky je na svém západním konci linka ukončena již právě v Pisárkách a nezajišťuje dopravní obslužnost na bystrcké (severozápadní) radiále (5). Nicméně provozní parametry zůstaly víceméně nezměněny, a tak této lince páteřní role připadá i během této výluky.

V současné době linka spojuje Pisárky s Řečkoviciemi. Z Pisárek směřuje na Mendlovo náměstí, odtud ulicemi Václavskou a Hybešovou na Nové sady, kde zaústí do centrálního okruhu. Okruh pojíždí přes zastávky Hlavní nádraží a Malinovského náměstí až na Moravské náměstí. Odtud pokračuje po severní řečkovické radiále až do konečné zastávky Řečkovice (4). Na lince je zaveden 5minutový interval ve špičce, 7minutový interval v sedle a 10minutový interval o víkendech a ve svátky, všechny spoje jsou vedeny v celé délce trasy. (15)

Spoje na lince jsou z 83 % garantovány jako bezbariérově přístupné. Pro tyto potřeby jsou na linku nasazovány soupravy Vario LFR2.E + LFR.E s celkovou kapacitou 265 osob. Spoje, které jako bezbariérové garantovány nejsou, jsou obsazeny kurzy, na něž jsou nasazovány soupravy tří vozů T6A5 s celkovou kapacitou přes 300 osob. Nasazování třívozových souprav je poměrně neobvyklé nejen v měřítku České republiky, ale i celé střední a východní Evropy. Svou kapacitou se pomalu přibližuje parametrům rychlodrážních systémů, nicméně jinými parametry nikoliv (např. cestovní rychlostí se linka aktuálně řadí mezi ty nejpomalejší v Brně). (16) (20)

Linka č. 2

Z hlediska nabízené přepravní kapacity se tato linka řadí k těm méně významným. Zajišťuje spojení mezi přestupním uzlem Stará osada, centrem města a modřickou radiálou. Jedná se tedy o jedinou meziměstskou tramvajovou linku v Brně. Ze Staré osady je vedena dále do ulice Cejl a do centrálního okruhu vstupuje na Malinovského náměstí. Dále pokračuje přes zastávky Hlavní nádraží a Nové sady, odkud pokračuje ulicemi Hybešovou, Václavskou, Křížovou a Vídeňskou až na modřickou radiálu. (4)

Na lince je v pracovní dny zaveden celodenně 6-7minutový interval, v době dopravního sedla je však každý druhý spoj veden pouze v úseku Stará osada-Ústřední hřbitov, smyčka.

O víkendech je interval na této relaci prodloužen na 10 minut, na trati do Modřic na 20 minut. (15)

Na linku s 69% garancí bezbariérovosti je vypravována zpravidla směsice tramvají Škoda 13T a klasických dvouvozových souprav vozů T3 či T6A5, každý spoj tak nabízí kapacitu přes 200 osob (16) (20). Jedná se o jednu z pouhých tří tramvajových linek, jejíž rychlost přesahuje $20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. To je dáno především pojižděním modřické radiály.

Linka č. 3

Tato linka disponuje obdobnými parametry přepravní kapacity, jako linka č. 2. Jedná se o druhou linku výchozí ze zastávky Stará osada, kterou spojuje se zastávkou Rakovecká. Je zároveň jednou ze dvou linek, které aktuálně celou délku trasy (vyjma konečné zastávky Rakovecké) sdílejí s dalšími linkami. To je však v tomto případě částečně dáno probíhající výlukovou činností a trasováním např. linky č. 10. (5)

Ze Staré osady je na rozdíl od linky č. 2 směřována do ulic Merhautovy a Milady Horákové a do okruhu se napojuje na Moravském náměstí. Obsluhuje přestupní uzel Česká a dále směřuje na severozápad ulicí Veverí a dále až k zastávce Vozovna Komín, odkud pokračuje po bystrcké radiály až do zastávky Rakovecká. (4)

Na lince je realizován 6-7minutový interval v průběhu celého pracovního dne po celé délce trasy. V dnech pracovního klidu je pak prodloužen na 10 minut (15). Skladba vozového parku na lince je identická s linkou č. 2, také se zde nasazují nízkopodlažní tramvaje 13T a vysokopodlažní soupravy vozů T3 a T6A5, a to přibližně v poměru 1:1, jelikož garance bezbariérovosti je u 62 % spojů (20). S cestovní rychlostí těsně pod $20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ se řadí hned za linku č. 2.

Linka č. 4

Linka nabízí průměrnou přepravní kapacitu a spojuje oblasti bez panelových sídlišť, konkrétně městské část Stránice a Veverí s Husovicemi, Maloměřicemi a Obřany. Je trasována z náměstí Míru po ulici Údolní a do centrálního tramvajového okruhu zaústí jako jediná linka na Komenského náměstí. V centru města využívá mezi Českou a hlavním nádražím spojnici přes náměstí Svobody. Z okruhu se odpojuje v oblasti Malinovského náměstí a dále pokračuje přes ulici Cejl na obřanskou radiálu přes ulici Vranovskou, Dukelskou, Valchařskou či Obřanskou. (4)

V pracovní dny má linka v relaci Náměstí Míru-Maloměřický Most ve špičce interval 5 minut, na úseku do Obřan 10 minut. V sedle je na lince veden 6-7minutový interval, přičemž každý třetí spoj je taktéž veden pouze ve zkrácené trase Náměstí Míru-Maloměřický Most. O víkendech je platný 10minutový interval po celé délce. (15)

Jako jedna z mála tramvajových linek v Brně je plně garantovaně bezbariérová. Na linku jsou nasazovány středněkapacitní (kapacita cca 160-170 cestujících) nízkopodlažní tramvaje, a to především nejnovější zástupce EVO 2 doplněný o tramvaje 03T, ojediněle o typ LF2R.E. (16) (20)

Vzhledem k parametrům trasy se jedná o tramvajovou linku s nejnižší cestovní rychlostí ze všech aktuálně provozovaných linek.

Linka č. 5

Tato linka zajišťuje přímé spojení Štefánikovy čtvrtě, centra, Mendlova náměstí a ústředního hřbitova. Svou přepravní kapacitou se řadí nad brněnský průměr. Z konečné zastávky Štefánikova čtvrť vede ulicemi Merhautovou a Milady Horákové na Moravské náměstí. Centrální okruh pojíždí v severozápadní části až po Šilingrovo náměstí, odkud vede ulicí Pekařskou na Mendlovo náměstí a dále přes ulice Křížovou a Vídeňskou až do zastávky Ústřední hřbitov, smyčka. (4)

V dobu dopravní špičky se interval v relaci Štefánikova čtvrť-Mendlovo náměstí dostává na hodnotu 5 minut, ve zbývajícím úseku je interval 10minutový. V sedle je zaveden 6-7minutový interval na zkrácené relaci, každý třetí spoj je ukončen na Mendlově náměstí, zbytek je veden v celé trase. V dny pracovního klidu je v úseku Štefánikova čtvrť-Mendlovo náměstí interval 10 minut a na zbytku trasy 20 minut. (15)

Na spoje vedené v celé trase jsou vypravovány výhradně soupravy s kapacitou 200 a více osob, tedy vozy 13T a soupravy tramvají T3 či T6A5. Zkrácené spoje jsou naopak výhradně obsluhovány kurzy, na něž bývají nasazovány středněkapacitní tramvaje EVO 2, 03T či LF2R.E (20). Celkově je 74 % spojů bezbariérových. Z hlediska cestovní rychlosti se řadí k nejpomalejším linkám v Brně.

Linka č. 6

Obdobně jako v případě linky č. 5 i tato linka disponuje nadprůměrnou přepravní kapacitou. Spojuje rozsáhlá sídliště ve Starém Lískovci a Bohunicích s centrem města a městskou částí Královo Pole a místní železniční stanicí. Vede ze zastávky Starý Lískovec,

smyčka po lískovecko-bohunické radiále až do odbočky u ulice Jihlavské, odkud dále pokračuje spojovací tratí na ulici Vídeňskou, kde se napojuje na trať od ústředního hřbitova a dále pokračuje na sever až k ulici Křížové a Mendlovu náměstí. Z tohoto přestupního uzlu je linka trasována ulicí Pekařskou až na Šilingrovo náměstí, kde se napojuje na tramvajový okruh a pokračuje přes Českou až na Moravské náměstí, ze kterého směřuje po řečkovické radiále až do zastávky Semilasso. Odsud již vede do konečné zastávky Královo Pole, nádraží, což je jediná zastávka na její trase, kterou neobsluhuje žádná další tramvajová linka. Kromě toho jako jediná linka využívá spojnici mezi Vídeňskou a Starým Lískovcem. (4)

Všechny spoje linky jsou vedeny v celé trase, a to v sedlovém intervalu 6-7 minut a ve špičkovém intervalu 5 minut. O víkendech je interval prodloužen na 10 minut (15). Na linku jsou vypravovány vysokopodlažní soupravy modifikací tramvají T3. Bezbariérové spoje, kterých je 56 %, jsou zajišťovány tramvajemi 13T, příležitostně i typem K3R-N. Opět se tedy jedná o linku s kapacitou přes 200 osob na spoj. (16) (20)

Linka č. 7

Když pomineme speciální případ linky č. 11, jedná se o linku s výrazně nejnižší hodinovou přepravní kapacitou ze všech tranzitně vedených linek. Na celé trase je minimálně zdvojena alespoň jednou další tramvajovou linkou, čímž se od ostatních linek také odlišuje. Její hlavní přepravní význam spočívá v umožnění přímého spojení koncového úseku lískovecko-bohunické radiály se zastávkou Hlavní nádraží a částečně tak v této relaci nahradit nově odkloněnou linku č. 8. V druhé části trati je od hlavního nádraží vedena na Malinovské náměstí a dále ulicemi Cejl, Vranovská, Jugoslávská a Lesnická do konečné zastávky Zemědělská, případně dále po této radiále až na sídliště Lesná do Čertovy rokle. (4)

V ranní špičce je v 10minutovém intervalu vedena v celé trase. V dopoledním sedle je linka zkrácena do smyčky Zemědělská a provozována je ve 20minutovém intervalu. V odpolední špičce je interval zkrácen opět na 10 minut, provoz linky zůstává pouze v relaci Zemědělská-Starý Lískovec. Do Čertovy rokle se linka vrací až v době večerního sedla v nepravidelném až 20minutovém intervalu. V nepracovní dny není linka v provozu. (15)

Na všech spojích je garantována bezbariérovost, která je zajištěna vypravováním tramvají EVO 2. Z hlediska cestovní rychlosti je linka podprůměrná. (20)

Linka č. 8

Vzhledem ke třetí nejvyšší přepravní kapacitě lze linku č. 8 považovat za jednu z páteřních celého systému MHD v Brně. Spojuje městské části s velkými sídlišti, konkrétně na

východě Líšeň a na západě Starý Lískovec a Bohunice. Ze zastávky Mífkova je vedena líšeňskou radiálou až po ulici Táborskou, a dále ulicemi Životského a Křenovou do zastávky Hlavní nádraží na centrálním okruhu. Od něj se linka odděluje hned za zastávkou Nové sady a pokračuje stejnojmennou ulicí a Renneskou třídou na lískovecko-bohunickou radiálu až do zastávky Osová. Z této zastávky je vedena tunelem po nejnovější brněnské tramvajové trati do přestupního uzlu Nemocnice Bohunice. (4)

Všechny spoje linky jsou vedeny v kompletní trase. V sedle je mezi spoji interval 6-7 minut, v ranní špičce interval 4-6 minut, v odpolední špičce pak pravidelný interval 5 minut (15). Vzhledem k úvrat'ovému ukončení linky na obou konečných zastávkách je nutno linku plně pokrýt obousměrnými vozidly, konkrétně tedy tramvajemi KT8D5, které budou postupně doplňovány typem 45T. Z důvodu tohoto požadavku na vozidla jsou všechny spoje na lince bezbariérové. (20)

V důsledku charakteru úseků tratí, které linka č. 8 využívá, se zároveň jedná o linku s nejvyšší cestovní rychlostí ze všech běžných tramvajových linek (výjimkou je výluková linka č. 11).

Linka č. 9

Tato linka spojuje centrum města s městskými částmi Židenice a Juliánov na jednom konci a Černými Poli a Lesnou na konci druhém. Z hlediska přepravní kapacity se řadí mezi brněnský průměr. Z konečné zastávky Juliánov pokračuje ulicemi Táborskou, Životského a Křenovou do zastávky Hlavní nádraží. Společně s linkou č. 4 využívá v centru trať přes náměstí Svobody. Ze zastávky Česká pokračuje na Moravské náměstí a ulicemi Milady Horákové, Merhautovou, Jugoslávskou a Lesnickou je trasována až na Lesnou a na konečnou zastávku Čertova rokle. (4)

Na lince je v pracovní dny celodenně zaveden 6-7minutový interval. V nepracovní dny je interval prodloužen na standardních 10 minut (15). 96 % spojů na lince je garantovaně bezbariérových, všechny negarantované spoje navíc spadají do večerního sedla, přes den je na lince garance bezbariérovosti kompletní. To je zajištěno nasazováním tramvají Škoda 13T s kapacitou přes 200 osob. Cestovní rychlost na lince je po lince č. 4 druhá nejnižší. (16) (20)

Linka č. 10

Před zahájením dlouhodobé výluky související s rozšířením VMO a přestavby trati v úseku Pisárky-Bráfova se jednalo o posilovou radiální linku mezi centrem města a Stránskou skálou. V současné chvíli má však linka význam mnohem větší, jelikož byla z centra dále

prodloužena až na konečnou zastávku Ečerova do městské části Bystrc, kde zajišťuje páteř dopravní obslužnosti. Z tohoto směru je linka trasována po bystrcké radiále až do zastávky Vozovna Komín, odkud přes Rosického náměstí pokračuje po ulicích Horově, Minské a Veverí do přestupního uzlu Česká. Na centrálním tramvajovém okruhu využívá trať po ulicích Rooseveltově a Benešově až do zastávky Hlavní nádraží. Z okruhu pokračuje ulicemi Křenovou, Životského a Táborskou na líšeňskou radiálu až do odbočky na Stránskou skálu. Část spojů odbočku projíždí v přímém směru právě na Stránskou skálu, jiné spoje jsou trasovány dále po líšeňské radiále do zastávky Novolíšeňská. (4)

Interval na lince v pracovní dny dosahuje v úseku Ečerova – Geislerova hodnoty 6-7 minut po celý den. Výjimku tvoří ranní špička s intervalem 5 minut v úseku Ečerova – Hlavní nádraží a z toho vyplývajícím nepravidelným intervalem ve zbytku trasy. V sedle je ukončeno v blokové smyčce Geislerova celkem 6 spojů z 9 každou hodinu. Během odpolední špičky je těchto šest spojů prodlouženo až do zastávky Novolíšeňská. Pravidelný celodenní interval mají akorát spoje v relaci Ečerova – Stránská skála, a to 20 minut. O víkendu je interval v této relaci 30 minut, v úseku Ečerova – Geislerova pak 10 minut. (15)

Na linku jsou vypravovány soupravy a vozy o kapacitě nad 200 osob. Zpravidla se jedná o soupravy tramvajů T6A5, 52% bezbariérovost na lince zajišťují tramvaje KT8D5 a 13T (20). Linka dosahuje obdobných hodnot cestovní rychlosti, jako linka č. 8. Jedná se taktéž aktuálně o nejdelší tramvajovou linku.

Linka č. 11

V aktuálním stavu se jedná o dočasnou výlukovou linku. Linka č. 11 je v Brně provozována i mimo výlukové stavy, ale v úplně jiné trase. Tato její forma je zřízena z důvodu výluky mezi Pisárkami a zastávkou Bráfovou a zajišťuje alespoň částečně dopravní obslužnost lokality přiléhající k zastávkám Bráfové a Stránského. Je vedena v úseku Komín, smyčka-Bráfova, v zastávce Vozovna Komín je umožněn přestup na standardní linky. (4) (5)

Na lince je zaveden celodenně i celotýdenně 15minutový interval. Vzhledem k jízdě době 4 minuty stačí na obsluhu linky jediné vozidlo. Z důvodu úvratového ukončení v zastávce Bráfova je zde nasazován typ KT8D5RN.2, čímž je také na lince zajištěna 100% garance bezbariérovosti. Kvůli vedení kompletně na samostatném tělese je na této lince dosaženo i nejvyšší cestovní rychlosti. (15) (20)

Linka č. 12

Společně s linkou č. 1 se jedná o jedinou linku, která ve špičce nabízí přepravní kapacitu přes 3 000 osob, jde tedy o jednu z páteřních tramvajových linek. Je orientována severojižně a propojuje městské části Královo Pole a Komárov s centrem města. Linka je z konečné zastávky Technologický park trasována královopolskou radiálou ulicemi Purkyňovou, Jana Babáka, Kounicovou a Nerudovou na Konečného náměstí a dále ulicí Veverí do zastávky Česká. Na centrálním tramvajovém okruhu vede její trasa na Komenského náměstí a dále ulicí Husovou, kdy jako jediná linka pravidelně pojíždí úsek mezi Šilingrovým náměstím a Novými sady. Z okruhu se linka odděluje za zastávkou Hlavní nádraží pod viaduktem Křenové. Odtud pokračuje ulicemi Dornych, Plotní a Svatopetrská do konečné zastávky Komárov. (4)

Sedlový interval nabývá hodnot 6-7 minut, ve špičku je zkrácen na 5 minut. O víkendech, tak jako téměř na všech ostatních linkách, je na lince zaveden 10minutový interval. Z hlediska bezbariérovosti se linka řadí mezi linky se 100% garancí bezbariérovosti spojů (15). Na linku jsou z tohoto důvodu v pracovní dny nasazovány pouze soupravy tramvají Vario LFR.E a LF2R.E o kapacitě 265 osob. (16) (20)