

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Možnosti rozvoje kolejového systému
v brněnské aglomeraci

Bc. Jakub Doležel

Diplomová práce

2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jakub Doležel**
Osobní číslo: **D15425**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy**
Název tématu: **Možnosti rozvoje kolejového systému v brněnské aglomeraci**
Zadávací katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

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

Úvod

1 Analýza současného stavu kolejové sítě

2 Varianty návrhu změny systému

3 Vyhodnocení variant

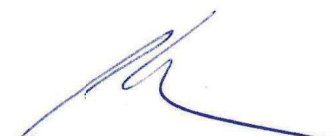
Závěr

Rozsah grafických prací: 4 - 5
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury:


- 1 DRDLA, Pavel. Osobní doprava regionálního a nadregionálního významu. Pardubice: Univerzita Pardubice, Doprovodná fakulta Jana Pernera, 2014. ISBN 978-80-7395-787-2.
- 2 Integrovaný dopravní systém Jihomoravského kraje [online]. Dostupné z: <http://www.idsjmk.cz/>
- 3 Generel veřejné dopravy města Brna. Brno, 2012.

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

Datum zadání diplomové práce: **1. února 2017**
Termín odevzdání diplomové práce: **26. května 2017**


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

L.S.


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

V Pardubicích dne 3. února 2017

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 26. 5. 2017

Bc. Jakub Doležel

PODĚKOVÁNÍ

Chci poděkovat svým rodičům za jejich podporu v době studia a při psaní této diplomové práce. Taktéž chci poděkovat rodině a přátelům za jejich podporu. Poděkování také patří vedoucímu práce, panu doc. Ing. Pavlu Drdlovi, Ph.D. za jeho rady a cenné připomínky při psaní diplomové práce. A také chci poděkovat panu Ing. Josefu Veselému za jeho ochotu, vedení a spolupráci při psaní a věnování se tak obsáhlému tématu.

ANOTACE

Diplomová práce je zaměřena na rozvoj možností systému kolejové dopravy v brněnské aglomeraci, a to jak tramvajové, tak i železniční. Zabývá se analýzou současného stavu sítí a různými návrhy na jejich rozšíření. V závěru práce je pomocí metody párového srovnávání vybrána jedna varianta z každého systému.

KLÍČOVÁ SLOVA

integrováný dopravní systém, tramvajová doprava, železniční doprava, kapacita, metoda párového srovnávání, město Brno

TITLE

Possibilities for progress of the rail system in Brno agglomeration

ANNOTATION

The thesis is targetted at a development of possibilities of track transportation system of both, tram service and railway service in agglomeration of Brno. It deals with analysis of current condition of networks and different projects for their extension. One of variations of every system is chosen by a method of pair-comparison in the end of the thesis.

KEYWORDS

integrated transport system, tram transport, rail transport, capacity, Pair comparison method, Brno town

OBSAH

Seznam obrázků.....	9
Seznam tabulek.....	10
Seznam zkratek.....	11
Úvod.....	12
1 Analýza současného stavu kolejové sítě.....	13
1.1 Tramvajová síť ve městě Brně.....	13
1.1.1 Charakteristika.....	14
1.1.2 Segregované a částečně segregované tratě.....	14
1.1.3 Přestupy.....	16
1.1.4 Bezbariérovost systému.....	17
1.1.5 Kapacita tramvajové sítě.....	19
1.1.6 Aktuální projekty rozvoje tramvajové sítě.....	24
1.1.7 Autobusová a trolejbusová síť.....	25
1.2 Železniční síť na území města Brna.....	25
1.2.1 Charakteristika.....	26
1.2.2 Přestupy.....	29
1.2.3 Kapacita železniční sítě.....	29
1.3 Kombinace tramvajové a železniční sítě.....	30
1.4 Shrnutí analytických poznatků.....	31
2 Varianty návrhu změny systému.....	33
2.1 Charakteristika centrálního uzlu tramvajové dopravy.....	33
2.2 Navrhnuté změny tramvajové dopravy.....	34
2.2.1 Varianta 6 kolejí.....	34
2.2.2 Tramvajový tunel.....	35
2.2.3 Tramvajový viadukt.....	42

2.3	Navrhnuté změny – železniční	46
2.3.1	Lužánecký tunel.....	47
2.3.2	Tunel Příkop	52
2.3.3	Tunel Veverí.....	55
2.4	Shrnutí	58
3	Vyhodnocení variant.....	60
3.1	Vyhodnocení variant tramvajové dopravy	60
3.2	Vyhodnocení variant železniční dopravy	65
	Závěr	69
	Seznam použitých zdrojů.....	70
	Seznam příloh	75

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Oblast s tramvajovou tratí v uličním profilu	15
Obrázek 2 Traťové intervaly tramvajové sítě v centru města.....	19
Obrázek 3 Traťové intervaly tramvajové sítě: Hlavní nádraží – 1. a 2. kolej.....	22
Obrázek 4 Traťové intervaly tramvajové sítě: Hlavní nádraží – 3. a 4. kolej.....	22
Obrázek 5 Traťové intervaly tramvajové sítě: Viadukt Křenová	23
Obrázek 6 Traťové intervaly tramvajové sítě: přestupní uzel Česká.....	24

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1	Vzájemné styky tramvajových linek	16
Tabulka 2	Počet stejných zastávek mezi jednotlivými tramvajovými linkami	17
Tabulka 3	Jízdní doba v dotčených úsecích tramvajového tunelu.....	41
Tabulka 4	Odhadovaná cenová kalkulace tramvajového tunelu variant A a B	42
Tabulka 5	Odhadovaná cenová kalkulace tramvajového tunelu variant C a D	42
Tabulka 6	Jízdní doby v dotčených úsecích Tramvajového viaduktu	45
Tabulka 7	Odhadovaná cenová kalkulace tramvajového viaduktu varianty X.....	46
Tabulka 8	Odhadovaná cenová kalkulace tramvajového viaduktu varianty Y.....	46
Tabulka 9	Odhadovaná cenová kalkulace tramvajového viaduktu varianty Z.....	46
Tabulka 10	Jízdní rychlosti a doby v Lužáneckém tunelu.....	51
Tabulka 11	Odhadovaná cenová kalkulace varianty Lužáneckého tunelu	52
Tabulka 12	Jízdní rychlosti a doby v tunelu Příkop	54
Tabulka 13	Odhadovaná cenová kalkulace varianty tunelu Příkop.....	55
Tabulka 14	Jízdní rychlosti a doby v tunelu Veveří	57
Tabulka 15	Odhadovaná cenová kalkulace varianty tunelu Veveří	58
Tabulka 16	Kritéria s podvariantami tramvajového systému a jejich údaji	61
Tabulka 17	Stanovení vah kritérií tramvajových podvariant.....	61
Tabulka 18	Stanovení vah variant dle kritéria cena.....	62
Tabulka 19	Stanovení vah variant dle kritéria jízdní doba	62
Tabulka 20	Stanovení vah variant dle kritéria počet nástupišť.....	63
Tabulka 21	Stanovení vah variant dle kritéria typ vozidla	63
Tabulka 22	Stanovení vah variant dle kritéria suma traťových intervalů.....	64
Tabulka 23	Výsledné stanovení váhy variant	64
Tabulka 24	Kritéria s podvariantami železničního systému a jejich údaji	65
Tabulka 25	Stanovení vah kritérií železničních podvariant.....	66
Tabulka 26	Stanovení vah variant dle kritéria cena.....	66
Tabulka 27	Stanovení vah variant dle kritéria jízdní doba	67
Tabulka 28	Stanovení vah variant dle kritéria plocha izochron	67
Tabulka 29	Stanovení vah variant dle kritéria obsluha severu centra	67
Tabulka 30	Výsledné stanovení váhy variant	68

SEZNAM ZKRATEK

Brno hl. n.	Brno hlavní nádraží
DPMB	Dopravní podnik města Brna, a.s.
IAD	individuální automobilová doprava
IDS JMK	Integrovaný dopravní systém Jihomoravského kraje
JMK	Jihomoravský kraj
MHD	městská hromadná doprava
OD	osobní doprava
OOSPO	osoby s omezenou schopností pohybu nebo orientace
SAN	staré autobusové nádraží
SFDI	Státní fond dopravní infrastruktury
SJKD	Severojižní kolejový diametr
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty, s.o.
TK	temeno kolejnice
VMO	Velký městský okruh
žst.	železniční stanice
ŽUB	železniční uzel Brno

ÚVOD

Základním pilířem veřejné dopravy v brněnské aglomeraci je kolejový systém, skládající se z tramvajové a železniční sítě. Oba dva systémy jsou vzájemně propojeny díky přestupním a tarifním vazbám, a to především v hlavním přestupním uzlu Brna, na brněnském hlavním nádraží. Železniční doprava přiváží cestující do přestupního uzlu v pravidelném taktovém intervalu a tramvajový systém s krátkými intervaly mezi jednotlivými spoji zajišťuje rozvoz cestujících po městě, na který dále navazují systémy nekolejové dopravy.

Ještě před několika lety stav kolejové sítě tehdejšími požadavkům vyhovoval. Dnes je síť za hranicí svých možností (zejm. kapacitních), kterými je zapotřebí se zabývat a nastalé problémy řešit. Problémy kapacity a propustnosti sítě se nevyřeší rekonstrukcí nástupišť či položením nového kolejového svršku. Je zapotřebí udělat mnohem více než jen povrchové úpravy. Je zapotřebí vyhodnotit současnou situaci, zjistit, jakým směrem se doprava ubírá dnes a jakým se bude ubírat za několik desítek let, a na základě těchto informací navrhnout a následně i zrealizovat případné zlepšení.

Tento významný a důležitý krok bude zásahem do každodenního života obyvatel města Brna a dojíždějících vlakem. A to především ve směru zkvalitnění cestování a zkrácení jízdních dob mezi zdroji a cíli cest. Každá minuta „ušetřená“ při cestování a čekání na spoj může být důležitá v jiných oblastech života cestujících, u každého dle subjektivního vnímání.

Cílem diplomové práce je po analýze současného stavu kolejové sítě na území města Brna jako centra aglomerace navržení možností jeho dalšího rozvoje s tím, že výsledné varianty budou mezi sebou porovnány v rámci druhu dopravy a pomocí vícekritériálního modelu rozhodování pak bude vybrána z každé kategorie ta nejvhodnější.

1 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU KOLEJOVÉ SÍTĚ

Tato kapitola se zabývá analýzou tramvajové a železniční sítě, a to především v oblastech kapacity sítí v centru aglomerace, která určuje celkovou kapacitu v celém systému a věci s ní spojené. Zatížení centra je odrazem historického vývoje výstavby a zprovoznění jednotlivých tratí tramvajového systému ve městě Brně.

Zavedení Integrovaného dopravního systému Jihomoravského kraje (dále jen IDS JMK) přineslo plnohodnotné zapojení železniční osobní dopravy do jednotného dopravního a přepravního systému a plnou integraci všech zastávek a stanic ve funkci přestupních uzlů. S ohledem na historickou konfiguraci železniční kolejové sítě však i nadále vykazuje uzel Hlavní nádraží dominantní postavení v obrazech cestujících s logickými dopady do zatížení navazující tramvajové sítě.

1.1 Tramvajová síť ve městě Brně

V roce 1869 byla zahájena jízda první tramvaje v podobě koněspřežné dráhy. Její trať vedla od Kiosku do Kartouz (od dnešního Moravského náměstí až k Semilassu). Konešpřežná tramvaj byla ukončena roku 1881. (1) (2)

Dalším důležitým milníkem je uvedení parního provozu v roce 1884, který byl založen akciovou společností „Brünner Damf – Tramway“ (Brněnská parní tramvaj). Postupně se provoz rozšiřoval a pokračoval i po své elektrizaci. (1) (2)

Po roce 1900 vznikla rakouská společnost „Österreichische Union Elektrizitäts Gesellschaft,“ která zahájila stavbu a provoz elektrifikovaných sítí a vozidel. Tato společnost je předchůdkyní dnešního Dopravního podniku města Brna (dále jen DPMB), který vznikl v roce 1951. (1)

Od roku 1970 dochází k výstavbám tramvajových radiál do jednotlivých brněnských sídlišť, která začala na okraji města vznikat. Jedná se především o tratě vedené po vlastním tělese a zaústěné do centra města, kde dochází k silné kumulaci jednotlivých linek a nárůstu jízdní doby přes město. V současnosti je tedy velmi náročné stavět nové tratě s ústím v centru města.

Jen od roku 1980 se vybuďovaly především plně segregované tratě až do Starého Lískovce a Líšně, které dnes obsluhuje linka č. 8 provozovaná v pravidelném pětiminutovém intervalu. Stejný případ platí i pro zapojení městské části Bystře, kam taktéž dnes v pravidelném pětiminutovém intervalu zajíždí linka č. 1.

Rozvoj sídlišť na dnešních periferiích města Brna probíhá i nadále. Problematika tramvajového spojení okrajových sídlišť s centrem se proto řeší především prodloužením stávajících tratí a obsluhujících linek. Alespoň taková je současná situace.

Vše z oblasti výstavby a rozvoje lze považovat za správné kroky k využití vyššího kolejového systému v prostředí městské hromadné dopravy (dále jen MHD) pro rychlou tramvaj. Tramvajové stavby přispěly ke zvýšení komfortu cestování a zkrácení jízdní doby s centrem aglomerace. Je tak snaha o segregaci tratí od ostatních druhů dopravy.

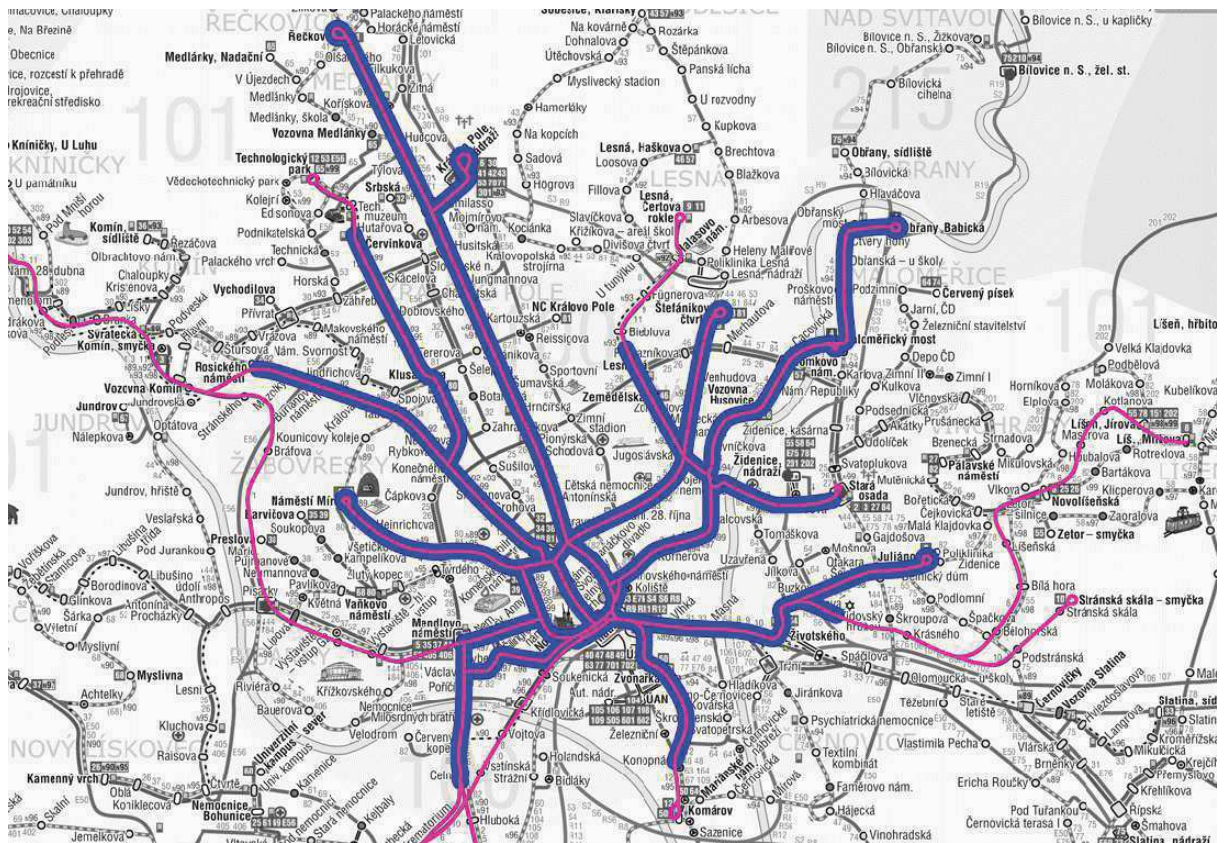
1.1.1 Charakteristika

Kolejová síť na území města Brna je páteřním prvkem MHD, na který navazuje autobusový subsystém MHD. Tramvajová síť je provozována na radiálně – okružním systému, kdy okružní, tzv. tramvajový okruh, je vytvořen v centru aglomerace kopírující původní hradby města Brna zrušené v 19. století. Do něj pak vstupuje 10 radiál, které jsou postupně rozvedeny do šestnácti radiál umístěných na okraji sítě. (3)

Celá tramvajová síť je vedena na konvenčním rozchodu o šířce 1435 mm, převážně ve žlábkových kolejnicích, a to buď souběžně s pojížděným svrškem motorových vozidel (kolejnice jsou zapuštěny do silničního povrchu), anebo zcela oddělené od jakéhokoli jiného provozu. Celková délka pak činí 86,5 km, na které je v současné době provozováno 11 pravidelných tramvajových linek. Délka všech linek dosahuje 119,5 km. Kmenovými (páteřními) tramvajovými linkami jsou č. 1 (Ečerova – Mendlovo náměstí – Hlavní nádraží – Řečkovice), č. 8 (Mífkova – Hlavní nádraží – Starý Lískovec) a č. 12 (Komárov – Hlavní nádraží – Česká – Technologický park). Frekvence spojů těchto linek v dopravní špičce je na nejnižší možné úrovni. Obvyklý časový interval mezi spoji je 5 min. Při maximálním zatížení v rámci dopravní špičky klesá tato hodnota až na 4 min. MHD v Brně je plně zapojena do systému IDS JMK, a to jak v přestupních vazbách, tak i ve vazbě tarifní. Jedná se o zjednodušení cestování a chápání veřejné dopravy, které vedlo ke zvýšení podílu cestujících na používání MHD a zároveň snížení ekologické zátěže individuální automobilové dopravy (dále jen IAD). (4)

1.1.2 Segregované a částečně segregované tratě

Tramvaje se mimo jiné vyznačují poměrně velkou cestovní rychlostí a bezpečností. Ovšem za předpokladu, je-li systém používán na segregované trati vůči ostatní dopravě. V hustě zastavěném centru města není možné vést trať odděleně od ostatních druhů dopravy. Proto je tramvajová trať vedena v uličním profilu, kdy je pojížděná IAD. Tím se také snižuje její



Obrázek 1 Oblast s tramvajovou tratí v uličním profilu

Zdroj: autor s využitím (6)

bezpečnost: hrozí kolize s vozidly nebo také případné kongesce tramvají díky motorovým vozidlům. (5)

Z výše uvedených páteřních linek a linek obecně je nejvíce segregovaná trať linky č. 8, a to z 80 % své délky. Linka č. 1 jezdí po vlastním tělese v 55 % případů a linka č. 12 z pouhých 14 % délky. Za zmínku také stojí linka č. 2, která má téměř polovinu své tratě do města Modřice segregovanou.

Na obrázku 1 jsou znázorněné modrou barvou tratě vedené v uličním profilu. Jedná se především o centrum a sever města. Snahou je co nejvíce segregovat tramvajové tratě od ostatních druhů dopravy, zejm. kvůli bezpečnosti a vysoké cestovní rychlosti, díky které se doba cestování značně sníží.

Některé úseky vedené v uličním profilu jsou částečně segregované, tzn., že jsou přidruženým pásem vedle pozemní komunikace. Jedná se o jasně vytyčený tramvajový prostor, do kterého mají vozidla IAD zakázán vjezd. Mohou jej však využívat ostatní složky hromadné dopravy či dokonce Integrovaný záchranný systém (IZS), který může v případě nouze přijet na místo události včas. I tyto částečně oddělené úseky mají svůj význam pro dodržování jízdních řádů a zkracování jízdních dob oproti tratím sdílejícím stejný prostor s IAD.

Nejsou sice nejlepší variantou, ovšem v hustě zastavěném území se jedná o významný krok ke zkvalitnění cestování.

1.1.3 Přestupy

Všechny tramvajové linky se setkávají nejen v jednotlivých radiálách, v tramvajovém okruhu, ale i na několika společných zastávkách významnějšího charakteru (např. Česká, Hlavní nádraží, Mendlovo náměstí apod.). V maticích tabulek 1 a 2 jsou znázorněny součty společného styku a počet společných zastávek jednotlivých linek. Pro lepší čitelnost jsou data vyplněna pouze nad hlavní diagonálou.

Tabulka 1 Vzájemné styky tramvajových linek

	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12
1		1	2	1	2	2	1	2	1	2	1
2			1	1	1	1	1	1	1	1	1
3				1	1	1	0	1	0	2	1
4					1	1	1	1	1	1	2
5						1	0	1	0	2	1
6							1	1	0	1	1
8								1	1	0	1
9									1	2	2
10										0	1
11											1
12											

Zdroj: autor s využitím (7)

Jak je z tabulky 1 patrné, největší četnost setkávání je především u linky č. 1 s ostatními linkami. V 50 % se setkávají až dvakrát. Ovšem i u dalších linek je možno nalézt stejný počet setkávání/křížení, např. linky č. 3 a 9. Naopak jsou i takové linky, které se do vzájemného „styku“ vůbec nedostávají. Těmi jsou např. linky č. 3 a 5 nebo č. 10 a 11.

Naopak v tabulce 2 je znázorněno, kolikrát linky sdílí stejné zastávky. Ani jednou nemají společnou zastávku ty linky, které nemají ani společný styk (stejně jako v předchozí matici). Naopak nejvyšší počet společných zastávek je mezi linkami č. 3 a 11, a to až 18x. A to z toho důvodu, že téměř 2/3 trasy jedou po shodné trase. Lze tak tvrdit, že čím je číslo ve výše uvedené matici větší, tím je sdílená trasa mezi příslušnými linkami delší. (7)

Tabulka 2 Počet stejných zastávek mezi jednotlivými tramvajovými linkami

	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12
1		5	8	2	2	10	2	2	2	9	2
2			3	4	6	3	2	1	2	3	2
3				1	5	2	0	5	0	18	3
4					1	1	1	4	1	4	2
5						8	0	5	0	2	2
6							6	2	0	1	2
8								5	8	0	2
9									5	2	2
10										0	2
11											3
12											

Zdroj: autor s využitím (7)

Pro cestujícího to znamená, že až v 69 % případů může uskutečnit svoji cestu z výchozí do cílové zastávky po tramvajové síti nanejvýš s jedním přestupem. V 18 % pak musí absolvovat dvojitý přestup a ve zbylých 13 % je potřeba, aby cestující vykonal alespoň přestupy tři pro dosažení svého cíle. Snahou dopravního podniku by měla být minimalizace počtu přestupů, a to v obou případech. Optimálním stavem je využití jedné linky tak, aby dotyčná osoba nemusela vykonat ani jeden přestup. Za udržitelné se taktéž považuje cestování s jedním přestupem.

Důležitý je také jednotný tarif. Dříve cestující hradil poplatek za využití služby v každém dopravním prostředku zvlášť. Po sjednocení tarifu je pak možné zaplatit za zamýšlenou cestu jen jednou a cestovat několika linkami za sebou. Omezením je pak časová platnost a rozloha tarifního pásma. Tím se zrychlilo odbavení cestujících a strávená doba vozidla v zastávce.

1.1.4 Bezbariérovost systému

Jedním z významných faktorů ovlivňující kapacitu systému, a tak i rychlost jeho odbavení, je uspořádání nástupního prostoru, především výška nástupní hrany. Za ideální stav lze považovat výšku nástupní plochy (hrany), která je stejná nebo podobná výšce nástupního prostoru ve vlastním vozidle. Tento způsob řešení je současně sledován v rámci užívání bezbariérovosti systému MHD osobami s omezenou schopností pohybu nebo orientace

(dále jen OOSPO), která je dána dle *Vyhlášky č. 398/2009 Sb., o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb.*

V oblasti přestupního uzlu Česká v roce 2011 byla dokončena rekonstrukce ulice Joštovy, kde na tomto rušném „bulváru“ došlo k naplnění vyhlášky o bezbariérovosti. V rámci rekonstrukce Moravského náměstí došlo i k potřebným úpravám v okolí kostela sv. Tomáše na ulici Rašínova, kde se chodník s pojížděným svrškem nachází v jedné výškové úrovni. Tzn., že stavební úpravy nástupní plochy neposkytují dostatečnou výšku nástupní hrany vůči ploše ve vozidle. I přes nevyhovující požadavky je zde zřízena zastávka využívaná od roku 2014 linkou č. 9 a zahrnutá do uzlu Česká. Není zde vybudované žádné nástupiště ani prvky bezbariérovosti označující tramvajovou zastávku (vyjma zastávkového označníku). Přesto zde zastavuje tramvaj, ze které cestující vystupují na úroveň temene kolejnic (dále jen TK) (velmi vysoký výškový rozdíl) a v opačném směru je výstup pak přímo do kolejiště (zastávka leží na výhybce). Při změně trasování tramvajové linky tak došlo k nevhodnému zvolení místa pro zastavení tramvaje k nástupu a výstupu cestujících v obou udávaných směrech. (8) (9) (10)

Stejný problém je také na ulici Masarykova v zastávce Zelný trh (popř. v manipulační zastávce Hlavní nádraží), kde ani v těchto místech nejsou vybudována bezbariérová nástupiště. Do vozidla se zde nastupuje z úrovně TK.

Oproti rekonstruovanému uzlu Česká však nelze stejně či podobně nahlížet na nejvýznamnější přestupní uzel Hlavní nádraží. Vyjma elektronických panelů a akustických majáčků nesplňuje tento uzel žádné prvky bezbariérovosti. Současný stav přestupního uzlu odpovídá normám z 80. let 20. století, ve kterých probíhala stavba. Nároky tak byly jiné a v dnešní době se jedná o nevyhovující situaci. Neumožňují tak mj. využití nástupní plošiny umístěné ve vozidle pro bezpečný nástup OOSPO z důvodu omezeného úhlového rozsahu vyklápění. Plošina tak nemá oporu na nástupní ploše, se kterou má tendenci svírat vysoký úhel. Již dnes se uvažuje o rekonstrukci přednádražního prostoru a ulice Benešova, která má za cíl tento prostor zatraktivnit a vylepšit. Ovšem pouze z vizuálního hlediska. Nedojde k žádnému řešení ke zvýšení kapacity systému. Dle internetového serveru iDnes.cz má být tato rekonstrukce hotová již v roce 2020. (8) (11)

Prvky bezbariérovosti přispívají svou vahou k rychlejšímu odbavení cestujících. Je žádoucí, aby plánovaná rekonstrukce přednádražního prostoru zahrnovala i úpravu nástupních ploch vč. výšky nástupní hrany. Tento stav je dalším podnětem k řešení situace v centrální části městské aglomerace.

1.1.5 Kapacita tramvajové sítě

Všechny tramvajové linky jsou trasovány z jednotlivých radiál na okraji města do jeho centra do tramvajového okruhu. Spoje všech linek jsou řazeny v určitém intervalu a s blížícím se centrem interval narůstá, tj. zkracuje se posloupnost projíždějících vozidel. Je to způsobené sdílením jedné trasy pro více linek. Setkávání několika linek tak způsobuje velmi nízkou propustnost tratě, snižuje se cestovní rychlost vozidel a výrazně se zvyšuje jízdní doba.

Časový interval jednotlivých linek je odečten z jízdních řádů v době nejvyšší dopravní špičky, protože tyto extrémní časy musí systém být schopen zvládat. Průměrný interval na sdílených tratích je pak vypočítán jako podíl společného násobku intervalu linek a počtem spojů, které projedou za společný násobek. Je uváděn v minutách. Většina intervalů je platná po celou denní dobu pracovního dne. Veškeré odečítání času proběhlo na jízdních řádech platných pro rok 2017.

Na obrázku v příloze A1 jsou uvedeny traťové intervaly jednotlivých radiál vedoucích do centra. Jak je patrné, na okrajích sítě jsou intervaly vyhovující. I po shluknutí několika linek do jedné trasy lze pozorovat zvýšený nárůst intenzity, ovšem stále přijatelný. Nejčastější interval na okraji sítě je 4 – 5 min.

Problém všech radiál na vnější síti se však přenáší do vnitřní sítě, kde se také silně projevuje. Na podrobnějším schématu centra (obrázek 2) jsou vidět mnohem více zkrácené průměrné intervaly dosahující až hodnoty 1,11 min. Nejvíce zatíženými přestupními uzly jsou Hlavní nádraží a Česká.



Obrázek 2 Traťové intervaly tramvajové sítě v centru města

Zdroj: autor s využitím (6) (12)

V uzlu Hlavní nádraží dosahuje interval až 1,3 min, do kterého vstupuje 7 tramvajových linek. Stejný problém je v uzlu Česká, ve kterém je interval až 1,3 min a taktéž do něj vstupuje 7 linek. Zde lze aplikovat první Kirchhoffův zákon: algebraický součet proudů v uzlu je nulový. I v případě přestupních uzlů platí, že všechny linky do nich vstupující musejí také z nich vystoupit. (13)

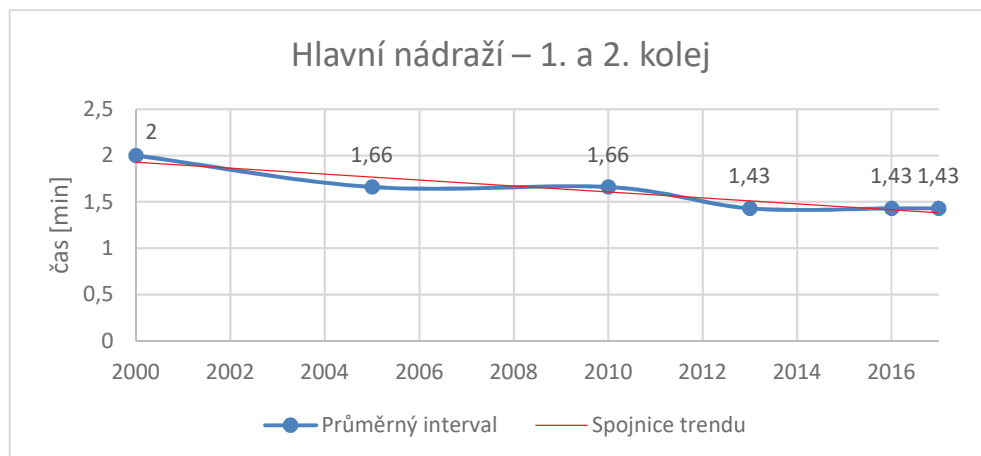
Rozdíl mezi uzlem Hlavní nádraží a Česká je ten, že v prvním případě je průjezd tímto územím umožněn po čtyřech kolejích (pro každý směr dvě koleje). Oproti uzlu Česká, kde jsou koleje pouze dvě (pro každý směr jedna). Pokud by se oba uzly měly právoplatně porovnat, muselo by na Hlavním nádraží dojít k teoretickému „shluknutí“ čtyř průjezdných kolejí do dvou. Pak by interval v tomto přestupním uzlu klesl až na hodnotu 0,8 min (na České se jedná o interval 1,3 min). V opačném případě porovnávání vždy čtyř kolejí v obou místech by pak v uzlu Česká byl interval 1,8 min (na Hlavním nádraží se jedná o interval 1,05). Z toho plyne skutečnost, že uzel Hlavního nádraží je mnohem více zatížen průjezdem linek než uzel Česká.

V tuto chvíli je možno navázat na předchozí podkapitolu 1.1.4 zmiňující se o rekonstrukci přednádražního prostoru v uzlu Hlavní nádraží. Jak již bylo řečeno, jedná se především o vizuální opravy, které nijak neřeší a ani řešit nebudou zvýšení propustnosti tramvajové sítě v této lokalitě. Nejvýznamnější tzv. bulvár města Brna s provozem tramvajů tak i nadále zůstane z pohledu dopravního ve stejně špatném stavu jako doposud. Je to špatný krok do budoucnosti, do kterého se plánuje investovat několik miliónů korun, a přitom nepřinese žádné výrazné dopravní zlepšení, ba naopak. Při jeho stavbě se bude jednat pouze o komplikace. Jediným efektem zamýšleného projektu je vzhled, který v současné chvíli není nejlepším vizitkou města Brna. Má-li se problém řešit, ať se řeší ve vztahu ke všem složkám místního bulváru, tedy i dopravě.

Překročení volné kapacity sítě doplnilo nevhodné nové trasování tramvajových linek. V roce 2014 došlo ke zrušení linek č. 7 a 13. Linka č. 13 byla vedena přes Hlavní nádraží a ulici Husovou, která volnou kapacitu nabízela. Především se pak s linkou č. 12 (Komárov – Hlavní nádraží – Technologický park) vzájemně doplňovaly s jízdou do Technologického parku, kam denně zajíždí tisíce studentů. Po novém trasování a změnách jízdního řádu došlo ke zkrácení intervalu u linky č. 12 na 5 min, která nahradila doplňující linku č. 13, a ta pro změnu byla nahrazena linkou č. 9, trasovanou přes samotné historické „pěší jádro“ Náměstí Svobody směrem do čtvrtě Lesná (původně byla trasována do Komárova, tím doplňovala linku č. 12). Další nevýhodou je trasování linky č. 9 v případě uzavření centra (např. vánoční trhy – vysoká koncentrace lidí). Linka tak mívá samotný přednádražní prostor

a cestující ztrácí přímé spojení s přednádražním prostorem a přímým přestupem na další tramvajové linky. Jsou tak nuceni buď uskutečnit další jízdu pro komfortnější přestup nebo překonat vzdálenost 200 metrů. Nejedná se sice o žádnou velkou vzdálenost, ale nespĺňují se tak nastavené cíle komfortnějšího a důstojnějšího cestování. Další nevýhodou trasování přes samotné centrum je nutné sdílení nástupiště č. 1 a 2 v uzlu Hlavní nádraží linky č. 9 (přijíždí z jižní strany) s ostatními linkami přijíždějícími ze severu. Dochází tak k nešťastnému křížení ve špatném místě. Díky tomuto kroku bylo zatíženo centrum města více, než je žádoucí. Jedná se především o pěší bulvár s mnoha obchody.

Každý řetěz je vždy natolik pevný, nakolik je silný jeho nejslabší článek. Stejně pravidlo platí i v případě kapacity tramvajové sítě. Nejsilnějším „hráčem“ sítě jsou samotné radiály vedoucí do jednotlivých sídlišť, nejslabším článkem je pak samotný střed města. Proto samotná okružní tramvajová síť, a především uzel Hlavního nádraží jsou ty, jež určují kapacitu celé sítě jako takové. Jednak všechny radiály ústí do okružního systému a jednak spoje každé linky mají své intervaly, které se s blížícím se centrem a shlukování jednotlivých linek do jedné tratě zkracují. Ve chvíli vjetí do okružního systému se doba průjezdu výrazně zvyšuje. Dalším důkazem postupného zatěžování sítě je náhled do jízdnic řádů let předchozích. Pro bližší analýzu byly vybrány jízdnicí řády z let 2000, 2005, 2010, 2013, 2016 a 2017, ze kterých bylo vybráno několik kritických míst. Nachází se mezi nimi Hlavní nádraží (1. a 2. kolej a 3. a 4. kolej), viadukt Křenová a přestupní uzel Česká (úsek mezi Červeným kostelem a ulicí Českou a mezi ulicemi Česká a Rašínova). Při pohledu na grafy je možno vidět dlouhodobě klesající spojnicí trendu neboli průměr grafu. Od výrazné změny jízdnicí řádů z r. 2012 (změna trasování linek, zrušení linky č. 7) se intervaly nepatrně zlepšily. Ovšem od této změny došlo k opětovnému snížení průměrného intervalu a některé hodnoty dnešní doby jsou podobné hodnotám z období před změnou, jak ukazují časy z r. 2010.

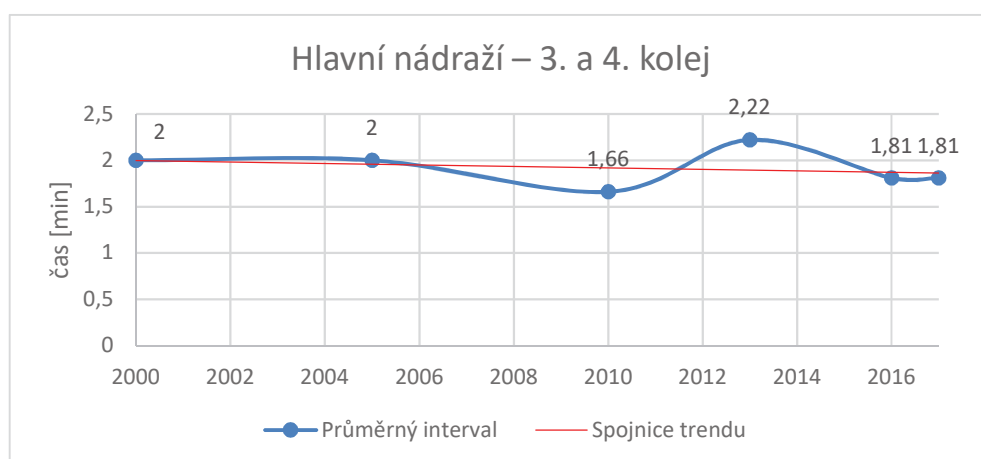


Obrázek 3 Traťové intervaly tramvajové sítě: Hlavní nádraží – 1. a 2. kolej

Zdroj: autor s využitím (14)

Z obrázku 3 je patrné výrazné snižování průměrného intervalu v daném úseku. Po změně jízdních řádů z r. 2012 došlo ke zrušení linky 13, která byla vedena po 3. a 4. koleji. Ta byla nahrazena linkou 9 s přejezdem přes manipulační výhybky na 1. a 2. kolej, čímž došlo k většímu zatížení těchto kolejí a ke snížení celkového průměrného intervalu průjezdu všech tramvajových linek. I spojnice trendu ukazuje dlouhodobé snižování průměrného průjezdu tramvajového vlaku daným úsekem.

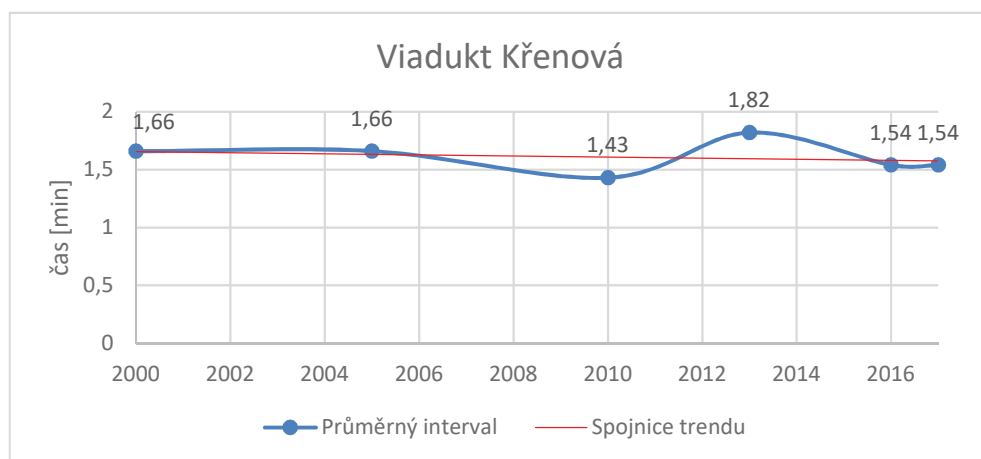
Na obrázku 4, kde je znázorněn interval na 3. a 4. koleji Hlavního nádraží, je patrné menší vychýlení v r. 2013, které je způsobeno již uvedenými důvody z r. 2012. I přes to, že spojnice trendu je v tomto případě mírně klesající, stále pomalu klesá a snižuje tak průměrnou velikost intervalu.



Obrázek 4 Traťové intervaly tramvajové sítě: Hlavní nádraží – 3. a 4. kolej

Zdroj: autor s využitím (14)

Stejně je to i v případě obrázku 5 v místě Viaduktu Křenová, kde jsou výkyvy podobné vč. pomalu klesající spojnice trendu. Opět se v dnešní době toto místo dostává na nižší časové intervaly, jež zvyšují dobu průjezdu kritickým úsekem.



Obrázek 5 Traťové intervaly tramvajové sítě: Viadukt Křenová

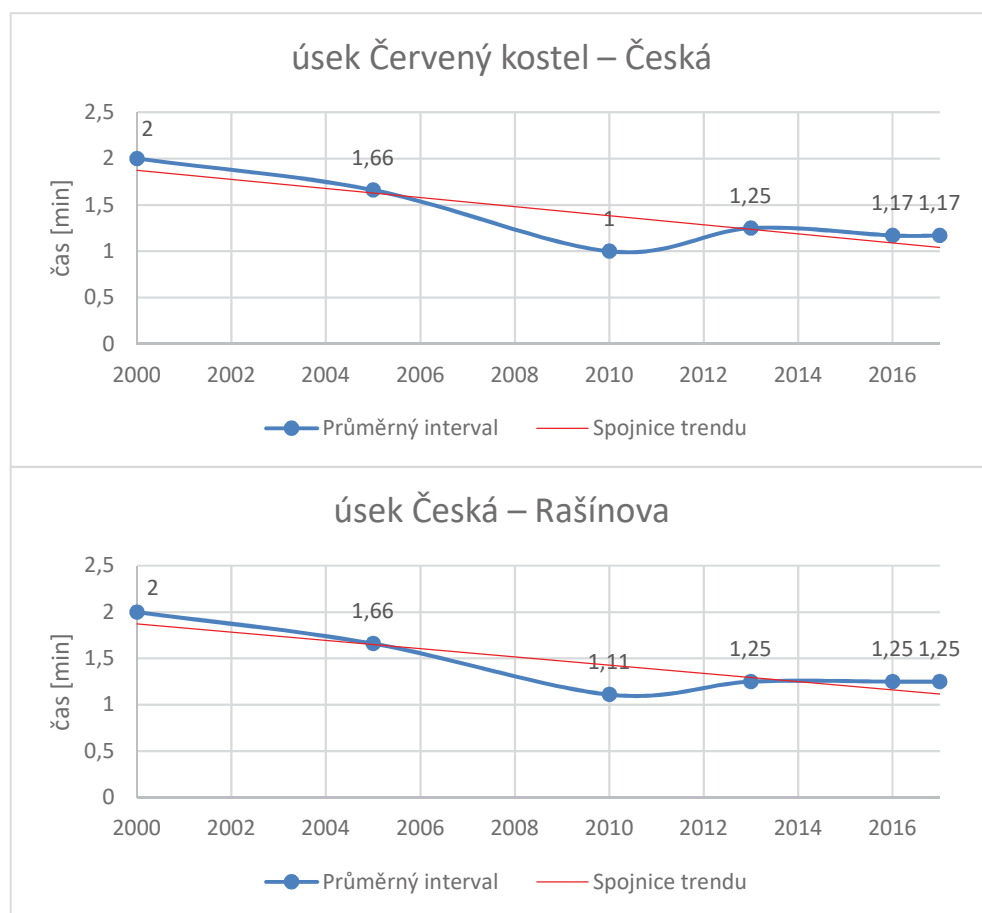
Zdroj: autor s využitím (14)

Jak je možno vidět na obrázku 6, v obou úsecích byl nejnižší průměrný interval v r. 2010. V úseku Červený kostel – Česká byl interval 1 min a v úseku Česká – Rašínova pak 1,11 min. Od změn v jízdním řádu v r. 2012 došlo k mírnému zlepšení, pouze v prvním zmiňovaném úseku je v posledních letech tento interval o něco nižší. Nedosahují však extrémně nejnižších hodnot, jak již tomu bylo dříve. Z dlouhodobého hlediska je průměr obou grafů výrazně klesající.

Na základě výše zjištěného lze usoudit, že kapacita současného stavu tramvajové sítě v centru města Brna je za hranic svých možností. Samotný reálný průzkum v terénu dokázal kumulaci linek před vjezdem do uzlu Hlavního nádraží z obou směrů, kdy linky musejí čekat až několik minut, než se jim podaří obsadit kolej u nástupiště. Už toto je samotným signálem překročení propustnosti sítě a jejího výrazného přetěžování. Není-li schopná síť disponovat alespoň rezervou kapacity v nejužším místě, není pak schopná disponovat kvalitním spojením okolních sídlišť s centrem aglomerace.

Není tedy možné již další zkracování intervalů mezi spoji u jednotlivých linek a nepřipadá v úvahu ani žádné další zaústění nových tramvajových tratí. Důsledkem může být natolik velká kongesce, jejímž výsledkem bude „zkolabování“ systému tramvajové dopravy. To proto, že tramvajová síť tak velký nárůst tramvajové intenzity jednoduše nezvládne.

Současný stav je již nevyhovující, a tudíž je důležité se zabývat jednotlivými vizemi a návrhy na zvýšení propustnosti tramvajové sítě v centru aglomerace. Tento krok však měl být udělán již v minulosti a dnes se mělo přejít k samotné realizaci.



Obrázek 6 Traťové intervaly tramvajové sítě: přestupní uzel Česká

Zdroj: autor s využitím (14)

1.1.6 Aktuální projekty rozvoje tramvajové sítě

Město Brno a DPMB sleduje a zpracovává různé možnosti rozvoje tramvajové sítě, čímž může přispět ke zkvalitnění a zrychlení cestování, především v okrajových oblastech města.

Univerzitní kampus

Tramvajová trať je plánována za účelem spojení centra aglomerace s univerzitním kampusem, nemocnicí Bohunice a rozlehlým nákupním střediskem. V současné době má získané územní rozhodnutí a jsou vytvářeny plány stavby.

Na této síti je zamýšlen provoz linky č. 8, která bude i zde nadále jezdit ve svých pravidelných intervalech, které jsou na této lince doposud obvykle, tj. až 5 min ve špičce. Proto zde není předpokládán žádný nárůst intenzity, která by zatížila samotné centrum. (15)

Líšeň

Jedná se o „Znovuzprovoznění tramvajové dráhy Stránská skála – Líšeň, Holzova“ v původní poloze z r. 1905, kdy v r. 1964 byla doprava ze Stránské skály do Líšně zastavena. Obnovení bylo zařazeno do strategického projektu města Brna. (16) (17) (18)

Po zamýšlené obnovené trati by měla být provozována prodloužená linka č. 10 v časovém intervalu 10 min. Nárůst intenzity tak bude dvojnásobný oproti dnešnímu dvacetiminutovému intervalu. Předpokládá se, že zkrácení intervalu bude doplněno analýzou možností průjezdu souprav centrální částí.

Tramvaj Plotní

Ve strategickém projektu města Brna se jedná pouze o přeložení tramvajové dráhy z ulice Dornych do ulice Plotní, která tak propojí centrum města (železniční stanice) s autobusovým nádražím.

Vzhledem k současnému stavu, kdy je po ulici Dornych provozována linka č. 12, bude i nadále touto cestou jezdit stejná linka. I zde se bude nadále jezdit ve stávajících intervalech, nedojde tedy ani ke zvýšení její intenzity a tlaku na střed aglomerace. (19)

Lesná

V případě tramvaje do městské části Lesná se jedná o prodloužení stávající tratě vedenou ulicí Merhautova. Dlouhodobě sledovaný záměr je rozdělen do dvou etap.

V první etapě dojde ke spojení smyčky Štefáníkova čtvrť se smyčkou Čertova rokle. Jednak dojde k umožnění přestupu z tramvaje na vlak v zastávce Brno-Lesná a jednak přibude lepší spojení s poliklinikou, bazénem a nákupního střediska s využitím stávající silniční infrastruktury.

Ve druhé zamýšlené etapě pak dojde k prodloužení tratě až do zastávky Haškova, vedenou ulicí Seifertova.

Vzhledem k zamýšlenému stavu se také prodlouží linka č. 5, která i nadále bude jezdit ve stejném časovém intervalu jako doposud. Nedojde tedy ke zvýšení intenzity ani přenosu zátěže do středu města.

1.1.7 Autobusová a trolejbusová síť

Na páteřní systém tramvajové dopravy navazuje autobusový a trolejbusový subsystém. Ve městě je provozováno celkem 39 autobusových a 13 trolejbusových linek. Autobusová síť je znázorněna na obrázku v příloze A2 a trolejbusová síť pak na obrázku v příloze A3. (4) (12)

1.2 Železniční síť na území města Brna

V roce 1839 přijel do Brna jako prvního města na území dnešní České republiky parní vlak po Severní dráze císaře Ferdinanda. Tento rok se dá považovat za zahájení železničního provozu na území města Brna. Od tohoto roku docházelo k rozmachu železniční sítě, kdy se stavěli jednotlivé větve propojující město s městy jinými.

Dnešní trať do České Třebové byla otevřena v r. 1849, Brno s Olomoucí s odbočkou do Přerova bylo propojeno v r. 1869. V roce 1885 byl otevřen úsek Brno – Tišnov, který byl původně veden přes Zábrdovice a Husovice (je nazývána jako tzv. stará Tišnovka). V r. 1953 byla postavena železniční trať přes Maloměřice a Obřany, kudy je trasována dodnes. Trať staré Tišnovky byla zrušena r. 1962, po jejíž trase na mnoha místech vznikla zahrádkářská kolonie. Po nahlédnutí do mapy je i dnes vidět původní trasování již neexistující trati a dodnes zůstaly v některých místech různé segmenty trati. Trať z Brna do Veselí nad Moravou byla zprovozněna v roce 1887. Kromě výstavby tratí různými směry došlo i k dobudování jednotlivých brněnských propojek, např. Komárovská spojka či Židenická spojka. (20) (21)

Počátkem 20. století byla přestavěna výpravní budova Hlavního nádraží do současné podoby a vybudována nástupiště s podchodem. V r. 2016 byly zahájeny postupné opravy současného stavu. Dále se v současné době uvažuje o přestavbě a přesunu brněnského hlavního nádraží, které je vážně řešeno již od r. 1924. (22)

1.2.1 Charakteristika

Železniční síť na území města je vedena na normálním rozchodu o šířce 1435 mm na širokopatní kolejnici, plně elektrifikovaná a segregovaná od veškeré ostatní dopravy. Je zapojená do systému IDS, slouží tedy jako příměstská a regionální doprava pro dojížděku do škol a zaměstnání. Ústí do něj celkem šest tratí, z toho dvě ze severu a východu a po jedné z jihu a západu. Městem je také veden první tranzitní koridor.

Vyjma trati č. 240 a 244 (Brno – Střelice) jsou všechny ostatní tratě elektrifikovány. Jedná se o tratě č. 250 (Havlíčkův Brod – Brno – Břeclav), č. 260 (Česká Třebová – Brno), č. 300 (Brno – Přerov) a č. 340 (Brno – Uherské Hradiště). Na katastrálním území města Brna se nachází celkem 56 km traťových kolejí. (4) (23)

V rámci IDS je provozováno celkem 6 dálkových relací s označením R a příslušným číslem (např. R8) a 18 relací místních s označením S a příslušným číslem (např. S4). Všechny dálkové vlaky jsou trasovány přes Brno, ovšem u místních vlaků je přes Brno vedeno pouze 5 z nich.

Žst. Brno hlavní nádraží

Železniční stanice (dále jen žst.) Brno hlavní nádraží (dále jen Brno hl. n.) leží v samotném centru aglomerace a je nejdůležitějším a největším přestupním uzlem v Jihomoravském kraji (dále jen JMK). Denně tuto žst. využije přes 60 tisíc cestujících. Jedná se pouze o osobní žst. Nákladní doprava je přes tuto žst. vyloučena. (24)

Stanice má 6 průjezdných dopravních kolejí a 4 kusé dopravní koleje, u celkem 6 nástupišť. Setkává se zde několik vlakových linek, mezi kterými jsou R8, R9, R11, R12, R13, R19, R56, S2, S3, S4, S6, S41 a dále vlaky mezinárodní dopravy. Je zde umožněn přestup na několik tramvajových linek, především na linky páteřní, dále na autobusový a trolejbusový subsystém MHD.

V roce 2016 probíhala oprava II. a III. nástupiště, která byla prý již nutná z důvodu hrozícího havarijního stavu. Kromě zachování podpěr střechy došlo k výměně dlažby, akustického a informačního systému, odpadkových košů a bylo instalováno kvalitní a řádné osvětlení. A protože se jednalo pouze o opravu, zůstala nástupiště v původní úrovni, jak byla postavena počátkem 20. let 20. století. Jedná se o výšku 350 mm nad TK, která je pro dnešní dobu již nevyhovující a do budoucna nepoužitelná. Stále je tak potřeba překonávat zbytečně velký výškový rozdíl při nástupu do železničního vozidla, zvláště není-li nízkopodlažní. Jednalo se však pouze o opravu a ne rekonstrukci. V roce 2017 pak postupně bude docházet k opravám I. a IV. nástupiště. (25) (26)

Rozdíl mezi těmito dvěma pojmy je ten, že v případě opravy dochází pouze ke zlepšení stavu, přičemž rekonstrukce znamená uvedení do původního stavu či samotnou přestavbu. Proto nedošlo ke zvýšení hrany nástupiště nad TK na alespoň 550 mm, protože se nejednalo o rekonstrukci. (27) (28)

Natolik diskutovatelné téma, jako je železniční uzel Brno (dále jen ŽUB), rozděluje obyvatele města Brna na dvě části. Ty, kteří chtějí zachovat žst. v původní poloze, a ty, jež se dožadují přesunu. Zatím nebylo dosaženo jednotného názoru, tedy ani jedna strana nepřesvědčila stranu druhou o opaku. Výhoda brněnského hlavního nádraží je v jeho poloze. Nachází se přímo v centru města, odkud cestující po městě rozveze MHD. V případě odsunutí varianty je pak nutné řešit další dopravu z centra aglomerace do nově postavené žst. Otázkou zůstává, která z variant je optimální a přinese více výhod než nevýhod. (22)

Žst. Brno-Královo Pole

Tato žst. leží na trati č. 250 směrem na Havlíčkův Brod, odkud je možné pokračovat až do Prahy. Po žst. Brno hl. n. se jedná o druhou největší žst. v Brně. (23)

Stanice obsahuje 9 průjezdných kolejí, z toho 5 kolejí je určeno především pro osobní dopravu (dále jen OD), situovaných u 3 nástupišť (z toho jedno nástupiště leží u výpravní budovy). I zde zastavují vyjma místních vlaků také rychlíky. Jedná se o vlaky S3 a R9. I zde je umožněn přestup na tramvajovou linku a několik linek autobusových a linku trolejbusovou. (29) (30)

Železniční vzdálenost mezi touto žst. a žst. Brno hl. n. je 10,8 km, kterou překoná za 10 min. Přičemž přímá vzdálenost mezi těmito dvěma body je pouhých 4,6 km. Je to způsobené tím, že trať je vedena závlekem kolem druhého a třetího městského okruhu, tedy přes čtvrtě Lesná, Obřany a Maloměřice. Chybí tedy přímé a rychlé spojení mezi dopravně-významnými uzly. (29)

Správa železniční dopravní cesty (dále jen SŽDC) plánuje na rok 2020 rekonstrukci železniční stanice, která již taktéž neodpovídá současným požadavkům, především prvkům bezbariérovosti. Oproti žst. Brno hl. n. zde není důvod ke zbytečnému odkladu zamýšlené rekonstrukce. (32)

Žst. Brno-Židenice

Stanice leží na trati č. 240 a 250 ve směru do Havlíčkova Brodu a do České Třebové. Jsou zde 4 průjezdné koleje a 2 kusé koleje u dvou ostrovních nástupišť a jednoho nástupiště u výpravní budovy. Zastavují zde místní vlaky linek S2, S3 a S6. Je zde umožněn přestup na tramvajové (chůze přibližně 5 min) a autobusové linky. (29) (30)

Také je vytvořena vize o přesunutí žst. jižněji o několik desítek metrů blíže k ulici Bubeníčková. Samotné stanici není věnována velká „péče“, možná i toto je známka plánovaného přesunu. Více informací k tomuto plánu však není známo. (32)

Za zmínku také stojí událost z 18. 9. 1941, kdy se v této stanici stalo železniční neštěstí. Přijíždějící rychlík zde najel velmi brzo ráno do velké skupiny cestujících – dělníků, jenž čekali na vlak na neosvětleném nástupním prostoru z důvodu tehdejších probíhajících událostí. Zemřelo zde osmnáct lidí, z toho bylo 5 žen. (33)

Žst. Brno-Horní Heršpice

Železniční stanice Brno–Horní Heršpice leží na trati č. 240, 244 a 250 směrem do Střelice a Břeclavi. Stanice má 4 dopravní koleje, kdy každá z nich má i vlastní nástupiště. Počet nástupišť tedy odpovídá počtu dopravních kolejí. Mimo jiné je zde také depo kolejových vozidel. Stanice je obsluhována linkami S3, S4 a S41. Rychlíky zde nezastavují. (29) (30)

Žst. Brno-Slatina

Slatinská žst. leží na trati č. 340 (Brno – Uherské Hradiště). Stanici má 6 dopravních kolejí a jen u 4 z nich se nachází vždy jednostranné nástupiště. Zastavují zde místní vlaky linky S6, ostatní vlaky stanicí projíždí. Je zde umožněn přestup na autobusové linky MHD. (29) (30)

Žst. Brno-Chrlice

Vede přes ni trať č. 300 (Brno – Přerov) se 4 průjezdnými dopravními kolejemi. Ovšem jenom dvě dopravní koleje jsou přivedeny ke dvěma nástupišťům. Stanice je obsluhována místní vlakovou linkou S2, ze které je možno přestoupit na autobusový systém MHD. (29) (30)

Železniční doprava na území JMK zahrnuje segment dálkové, regionální i příměstské dopravy. Role příměstské a regionální dopravy je především v přepravě cestujících do centra aglomerace za prací či do školy a zároveň je přiblížit k jejich cíli tak, aby v průběhu cestování byly minimalizovány přestupy. V současné podobě je dosažení cílů cestujících stále stejné a několik desítek let neměnné. Ani podoba jednotlivých stanic se výrazně nezměnila.

1.2.2 Přestupy

V žst. Brno hl. n. dochází k návaznosti jednotlivých železničních linek. Je zde tedy možnost přestoupit z místních vlaků na rychlíky či dokonce vlaky mezinárodní a naopak. Výhodou tohoto přestupního uzlu je koncentrace všech vlakových spojů do jednoho místa, kde je možné „započít“ novou cestu.

V ostatních žst. je většinou umožněn přestup mezi místními vlakovými linkami, pokud jich tam však jezdí více. Jedná se o stanice Brno-Horní Heršpice (S3, S4 a S41), Brno-Židenice (S2, S3 a S6) a Brno-Královo Pole (R9 a S3). Naopak stanice neumožňující přestup na jiné vlakové spoje jsou Brno-Slatina (S6) a Brno-Chrlice (S2). (33)

V rámci procesu hledání nejvhodnějšího řešení ŽUB by proto mělo být jedním z rozhodujících parametrů především uspořádání vzájemných vazeb mezi regionální a městskou dopravou.

1.2.3 Kapacita železniční sítě

Železniční trať disponuje určitým množstvím kapacity, která je dána počtem kolejí, způsobem použití zabezpečovacího zařízení, traťovou rychlostí a dalšími různými specifiky. Železniční síť v brněnské aglomeraci obsahuje především vždy 2 traťové koleje, a to pro každý směr jednu. Jsou však i dvě tratě na území Brna, které jsou jenom jednokolejné. Jedná se o Komárovskou spojku a trať č. 300 (Brno – Přerov), na které leží žst. Brno-Chrlice. Jednokolejné tratě výrazně omezují dostupnou kapacitu, která přenáší negativní vliv na další dopravu. Jde především o zbytečné prodlužování jízdní doby vlaku, z čehož plyne delší doba strávená cestováním. (10)

Z obrázku v příloze B1 je patrné časové zatížení jednotlivých tratí v minutách. Jedná se pouze o OD, kdy tyto výsledky byly zjištěny z dostupných jízdních řádů. Vzhledem k umístění seřadovací stanice v Brně-Maloměřicích se jedná také o využití dostupné kapacity pro nákladní dopravu, tedy ve zbylých volných minutách je po tratích provozována tato doprava. Současná kapacita tak začíná dosahovat svých možností na jednotlivých tratích.

Po všech tratích, vyjma jedné, je osobní regionální doprava provozována po 12 až 15 min. Pouze trať vedoucí přes brněnskou Slatinu má dvojnásobnou periodu. Tato trať

se totiž setkává později s tratí vedoucí přes Chrlice, proto se jeho zatížení snižuje. Ovšem volnou kapacitou disponuje a snad bude i více využívána po zavedení vysokorychlostní dvojkolejné tratě směrem do Přerova.

S blížícím se centrem, stejně jako v případě tramvajové dopravy, se velikost průměrného odstavu na železniční dopravní síti značně snižuje až na 4 min v obou směrech – ze směru od žst. Brno-Židenice a ze směru žst. Brno-Horní Heršpice s žst. Brno-Chrlice. To znamená, že v průměru každou čtvrtou minutu vozidlo do stanice vjíždí a vyjíždí. Provoz je tak zde velmi vysoký.

Kapacita železničního uzlu Brno hl. n. je taktéž na hranici svých možností a je zapotřebí nastalou situaci řešit. Ovšem takovým způsobem, který bude vyhovovat dostatečně dlouho a nabízet vysokou kapacitu. Stanice se nebuduje pouze a jen na následujících 20 let, ale na desítky let. Zvláště ve velkém dopravním uzlu jako je ten brněnský. (10) (34)

1.3 Kombinace tramvajové a železniční sítě

Funkčnost IDS JMK je založena na jednotlivých návaznostech a přestupech z páteřního kolejového systému na systémy další, především autobusový. Možnost přestupů je umožněn i mezi systémy kolejové dopravy, tudíž mezi železniční a tramvajovou sítí.

V přestupním uzlu Hlavního nádraží se jich setkává mnoho. Z celé aglomerace se jedná o jedinou přestupní stanici, ve které je možné využít široké nabídky výběru různých směrů. Jedná se vedle vlaků místních a rychlých také o mezinárodní vlakové spoje jak na Slovensko a do Rakouska, tak i do Německa. Všechny vlakové linky v této žst. ústí nebo projíždí, tudíž je samozřejmý přestup na jednotlivé tramvajové linky projíždějícími přestupním uzlem.

Velkým problémem uzlu je především ukončení některých vlakových linek na kusých kolejích u 5. a 6. nástupiště, kde všichni cestující musí bezpodmínečně z vlaku vystoupit a přestoupit na tramvaj. Přitom průměrná doba pěší chůze při přestupu činí 6,6 min (za předpokladu vzdálenosti 550 metrů a rychlosti chůze $5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$). Vzdálenost byla odečtena na mapě z nejbližšího místa nástupiště k nejbližším prvním dveřím tramvaje. V případě zastavení vlaku na průjezdných kolejích se časová hodnota přesunu o mnoho nesníží.

V přestupním uzlu Královo Pole, nádraží už takový výběr možností přestupů mezi kolejovými systémy není. Zastavují zde pouze dvě vlakové linky v průměrném intervalu 12 min, z kterých je možné přestoupit na tramvajovou linku č. 6 s taktovým intervalem 4 – 5 min. Přestup je zde umožněn především na linky autobusové.

V přestupním uzlu v Židenicích jsou vazby částečně lepší než v Králově Poli. Zastavují zde spoje třech železničních linek s možností přestupu na dvě linky tramvajové. Vlakové linky

jsou zde vedeny v průměrném intervalu 6 – 7 min, tramvajové linky pak v průměrném intervalu 3 – 4 min. I zde je umožněn přestup na několik autobusových linek. Pro přestup mezi kolejovými systémy je však nutné ujít přibližně 460 metrů. Nejedná se tak o pohodlný a komfortní přestup, jako je umožněn např. v Králově Poli, a cestující s touto chůzí tak musí počítat. Pokud by ovšem došlo k přesunu této stanice o několik desítek metrů blíže k ulici Bubeníčková, po které jsou vedeny tramvaje, došlo by jistě k lepším návaznostem, provázanosti celého systému a komfortního cestování.

P+R parkoviště

Pro zvýšení podílu cestování kolejovými systémy a využívání IDS JMK přispívají také záchytná parkoviště P+R (park and ride), kde je možno odstavit vozidlo IAD a dále v cestě pokračovat vlakem. Moderní trend budování záchytných parkovišť je na vzestupu a jeho cílem je snížit množství vozidel IAD v centru města Brna. Tím také roste podíl cestujících na přepravním proudu směřujících do centra aglomerace. Budou-li se i nadále budovat tato odstavná parkoviště, dojde ke zvýšení poptávky po tomto systému a do středu města tak bude i nadále proudit více cestujících. V případě podpory přesunu cestujících z IAD na IDS JMK tímto způsobem je pak vyvíjen větší tlak na zkapacitnění hlavního přestupního uzlu.

1.4 Shrnutí analytických poznatků

Důsledkem neustálého zatěžování sítí v jejich jednotlivých radiálách se problematika kapacity přenáší vždy do určitého bodu. V případě dopravy v brněnské aglomeraci se jedná o přestupní uzel Brno hl. n., a to jak v případě železniční, tak i tramvajové sítě. U tramvají je traťový interval až na jedné minutě, u vlaků pak na čtyřech minutách. Zatěžováním se má na mysli především snižování intervalů mezi jednotlivými spoji téměř až na maximální únosnou mez.

Snaha o přechod uživatelů z IAD na veřejnou dopravu má za následek zvyšování přepravních proudů, díky kterému dochází k zatížení hlavního brněnského uzlu. Je jenom dobře, že cestující více využívají hromadnou dopravu, ale nabízeným službám už neodpovídá potřebné zázemí a ani potřebná kapacita. Jedná se především o propustnost dopravní sítě.

Výsledkem je více jak saturovaný střed města bez rezervy kapacity na obou kolejových sítích. Kapacita v centru brněnské aglomerace je již vyčerpána a žádné další zvyšování spojů či zaústění nových tratí nepřipadá v úvahu do doby, než bude vyřešeno zkapacitnění sítě.

Výhodou v oblasti tarifu JMK je jeho sjednocení. Již je možné na jeden jízdní doklad využít více spojů, což má za následek zvýšení poptávky po nabízených veřejných přepravních službách.

Lze konstatovat, že město Brno i Jihomoravský kraj disponují propracovaným dopravním systémem. Jeho další vývoj je však výrazně podmíněn řešením kapacity jeho jednotlivých prvků.

2 VARIANTY NÁVRHU ZMĚNY SYSTÉMU

Z důvodů uvedených v kapitole 1, ze které vyplývá nedostačující kapacita železniční i tramvajové sítě v centrální části města, je zapotřebí se zamyslet a navrhnout jejich rozšíření. Na zvýšení kapacity sítě se již zamýšleli naši předkové ve druhé polovině 20. století. Od té doby nedošlo k žádné změně v kolejové infrastruktuře, a tak se jezdí po „stejném“ svršku dodnes. Jednotlivé varianty jsou ve vazbě k hlavnímu nádraží.

Rozšíření kolejové dopravy v centru města však komplikuje několik faktorů. Jedním z nich je prostorový nedostatek. Samotný přestupní uzel hlavního nádraží se nachází v hustě zastavěném území. Není tedy možné přistavení neomezeného počtu nových kolejí řazených paralelně. Je tedy nutno pracovat pouze se stávající šířkou. Dalším problémovým aspektem je geografie sídel a zásah do urbanismu. V našich poměrech je nutné respektovat vzhled města a není tedy přijatelné stavět nadzemní dráhy v ulicích, jako je zvykem např. v Americe či asijských státech. Výsledný vzhled by byl nedůstojný a nepříjemný širokou veřejností. Dalším úskalím je v případě podzemních návrhů problém s podzemím města Brna. Jednak je zde hustá síť podzemních chodeb, a to pod celým historickým jádrem, a dále se jedná o bahnité podloží, na kterém je město vybudováno.

Varianty návrhu na rozšíření je možno rozdělit na několik skupin. První skupina je dle časového hlediska. Především jsou to návrhy z předchozího století a dále jsou to návrhy vlastní. Druhou skupinou je pak prostorové hledisko, kdy jsou návrhy rozloženy do horizontální a vertikální podoby. Důležité je zmínit skutečnost, že se jedná o návrhy rozšíření ve stávající podobě brněnského hlavního nádraží, o jehož přesunu se jedná téměř jedno století.

2.1 Charakteristika centrálního uzlu tramvajové dopravy

Současné umístění tramvajového uzlu je situováno do třech poloostrovních nástupišť, které obklopují celkem 4 tramvajové koleje. Z těchto nástupišť je na východní straně vstup do podchodu pomocí krytého schodiště v téměř celé šířce nástupiště. Tato nástupiště jsou uprostřed veřejného prostranství a jsou po severní a jižní straně oddělena jízdním pruhem IAD spolu s parkovištěm podélného stání a vyhrazenými místy pro Taxi službu.

V nejužším místě mezi OC Letmo a hlavní výpravní budovou je přibližně 50 metrů šířky. Naopak nejširší místo má pak přibližně 55 metrů. Samotný přivaděč ulicí Nádražní v oblasti mezi zastávkou Nové sady a poštovní budovou je přibližně 28 metrů.

Podchod je realizován pod úrovní terénu a začíná u OC Letmo, pokračuje pod tramvajovými tratěmi s odbočkou k trolejbusové smyčce, dále vede pod žst. a ústí u NC Tesco.

Bližší pohled příčného uspořádání je znázorněn na obrázku v příloze C1, které je doplněno kótami nejdůležitějších částí, jako je celá šířka prostoru, šířky tramvajového pásu, nástupišť a jízdních pruhů. Z pohledu výšky se pak jedná o podchody a tramvaje. Všechny rozměry uvedené v jednotlivých obrázcích jsou uvedené v milimetrech.

2.2 Navrhnuté změny tramvajové dopravy

Tato podkapitola se zabývá návrhy přednádražního prostoru, jenž je z pohledu tramvajové dopravy nejvytíženějším bodem celé aglomerace. Právě zde je zapotřebí přistoupit k několika různým variantám, která by mohla být potenciální pro skutečnou realizaci.

2.2.1 Varianta 6 kolejí

Tato varianta počítá s rozšířením počtu tramvajových kolejí ze současných čtyř na šest průjezdných kolejí. Pro naplnění vize je zapotřebí několika důležitých změn. První předpoklad spočívá ve zrušení IAD, která v současné době má přes nádraží umožněno projíždět oběma směry vč. veškerého parkování v přednádražním prostoru. Jedná se o parkování pro veřejnost za úplatu, vozidla taxislužby, Policii ČR a parkoviště K+R.

Zásadní změnou celé varianty je záměna nástupišť za tramvajový prostor a naopak. Díky tomuto kroku přibude v přednádražním prostoru více místa, které bude využito na další dvě tramvajové koleje.

Číslování nástupišť je řazeno od severní k jižní straně, tj. stejné pořadí, jako ve stávajícím systému. Navrhované nástupiště 2 a 3 vč. přístupu do podchodu je rozšířeno na podobnou šířku jako stávající nástupiště 2. Nástupiště 1 vč. přístupu do podchodu zůstává na stejné šířce jako současné nástupiště 1, které je oddělené od chodníku. Nepochází tak ke kolizi mezi chodci a čekajícími cestujícími. Nově vzniklému nástupišti 4 je věnován prostor cca 4 metrů vč. přístřešku a dalšího vybavení vhodného pro tramvajovou zastávku.

Celé schéma varianty je znázorněno v příloze D1, kde je možno vidět celé uspořádání přednádražního prostoru, tj. prohození nástupišť s tramvajovým pásem, šířka nástupiště a podchodů vč. nejdůležitějších kót.

První kolej je určena pro směr do Masarykovy ulice, tj. přes centrum města (náměstí Svobody) a směrem na Nové sady, druhá kolej je pro směr do ulice Benešova. Třetí kolej je určena pouze pro směr na Nové sady do ulice Hybešova a na ulici Husovou. Čtvrtá kolej

je vedena taktéž do ulice Benešova. Pátá a šestá kolej zůstává pro stejný účel jako současná třetí a čtvrtá kolej, tj. pro směr k viaduktu Křenová a opačný směr pro tramvaje jedoucí do Starého a Nového Lískovce.

S tím souvisí dobudování dalších dvou kolejí v ulici Benešova, kde by se již tramvaje v dostatečně vzdáleném místě od přestupního uzlu řadily do jednotlivých kolejí dle svých směrů. Bylo by nutné i vybudování kolejových propojek.

Pro zachování plynulosti tramvajové dopravy je nutné ponechat maximálně 3 tramvajové linky u jednoho nástupiště, a to z toho důvodu, že přes hlavní nádraží projíždí celkem 5 linek ze 7 v taktovém intervalu 5 min. Za předpokladu zachování současného linkového vedení by kolej č. 1 a 2 využívala linka 2 a 4. Kolej č. 3 a 4 by sloužila pro linky 1 a 12. Kolej č. 5 a 6 by byla určena pro linky 8, 9 a 10.

Jednotlivé intervaly zatížení by u 1. a 2. koleje byly 2,5 min, u koleje č. 3 a 4 pak 2,2 min a u 5. a 6. koleje by pak průměrný interval byl 2,5 min. V porovnání se současným stavem se zvýší propustnost tramvajových tratí.

Z této varianty vyplývá několik skutečností. Především se jedná o zrušení průjezdů a parkovacího stání pro IAD a pro vozidla TAXI služby. Také by bylo znemožněno průjezdu autobusům obsluhující staré autobusové nádraží (dále jen SAN) u hotelu Grand. Obsluha tohoto místa v dané oblasti by vyžadovala přijetí další dopravních opatření, především pak v oblasti severního zakončení ulice Benešovy.

Dále by muselo dojít k celkovému přeřešení stropní desky podchodu, která je nosnou konstrukcí tramvajové dopravy.

Zásah do veřejného prostoru přidáním dalších dvou kolejí by přednádražní prostor kapacitně nezvládl. Mohly by nastat potíže s křížením tratí a nedostatečným prostorem pro poloměry oblouků. Návrh o šesti kolejích je nepřijatelný už jen z důvodu, že nepřináší výrazné zlepšení do budoucna. Celý návrh by tak vyústil k přetíženému veřejnému prostranství, které je už zatížené dostatečně samo o sobě v současné době.

Z výše uvedeného vyplývá, že není vhodné se tímto návrhem dále zabývat a rozšiřovat jeho myšlenky. Námět tak autor ponechává jen v teoretické rovině.

2.2.2 Tramvajový tunel

Tramvajový tunel jako dvoupatrový přestupní uzel je jedna z reálných možností pro zvýšení kapacity tramvajové sítě v centru Brna.

Tunel je navržen ze směru od Starého Lískovce ve směru do Juliánova a Líšně s možností pokračovat ve směru do Řečkovic a Králova Pole. Navrhovaný kolejový systém

s podzemním vedením v oblasti přes hlavní nádraží by bylo vedeno shodně, jako je stávající stav kolejové infrastruktury na zemském povrchu. Možnost vjet do tramvajového tunelu by umožňovaly celkem 3 tunelové portály. Změnu směru jízdy by umožňovala pouze jedna výhybka v každém směru.

Tím se zajistí dostatečná kapacita pro křižování tramvají v uzlu Hlavního nádraží ze severní části města (Řečkovice, Královo Pole) do nově vznikajícího jižního centra, kde se počítá do budoucna s novou tramvajovou tratí. S tou je počítáno v územním plánu města Brna. Zároveň se do podzemí přesune i spojení mezi Líšní a Starým Lískovcem (páteřní linka 8) a uvolní tak kapacitu na povrchu páteřní lince 12, která je další křižující linkou z jihovýchodní do severozápadní části Brna v uzlu Hlavního nádraží. (43)

Návrh však nemá jen jedno řešení, podvariant se nabízí více. V následující kapitole jsou popsány čtyři podvarianty. První je vedení tramvajové tratě pod povrchem podchodu a druhá varianta je vedení tramvaje v podobné poloze jako je podchod. Obě podvarianty se pak dělí dle polohy nástupiště, a to na nástupiště vnější a na nástupiště ostrovní.

Samotná pozemní plocha přednádražního prostoru zůstává nezměněná v současné podobě a poloze tak, jak ji známe dnes. Všechny úpravy a návrhy se odehrávají v podzemí.

Varianta A – Tramvaj pod podchodem s vnějšími nástupišti

Ve variantě A také zůstává v nezměněné poloze i podchod. Právě prostor podchodu by umožňoval vertikální spojení mezi pozemním a podzemním tramvajovým patrem a zároveň by plnil funkci spojení mezi oběma podzemními nástupišti.

Druhým podzemním patrem je pak navržena tramvaj pod povrchem ve stejné kilometrové poloze, jako je na zemském povrchu. V této variantě jsou navržena vnější nástupiště s úroňovým přístupem a kolejištěm mezi nimi. Kolej 5 a 6 se nachází pod nástupištěm 2, podzemní nástupiště 4 pod kolejemi 1 a 2 a nástupiště 5 pak pod kolejemi 3 a 4. Všechna schodiště jsou navržena s osazením jezdících schodů pro zvýšení komfortu cestování, zvláště je to vhodné při překonávání výškové vzdálenosti v městském prostředí.

Výhodou je rozlišení cestujících dle směru jízdy, kdy jsou již rozhodnutí o své následující cestě a nedochází tak k jejich střetu v podzemí. Nutnou podmínkou následující cesty je rozhodnutí již v podchodu. Další výhodou je provoz klasických tramvají, nejsou zde tedy vyžadovány specifické úpravy vozů.

Ilustrační obrázek příčného řezu návrhu vč. uvedení některých kót je uveden v příloze E1. V příloze E2 je pak uvedena ilustrace podélného řezu přestupní stanice, na kterém lze vidět stejnou polohu nástupních hran jako na povrchu. Její délka v podzemí je delší přibližně

o 10 m, a to o vzdálenost délky vstupu do podchodu na povrchu. I tento obrázek je uveden vč. nejdůležitějších kót.

Varianta B – Tramvaj pod podchodem s ostrovním nástupištěm

Tato varianta vychází z předchozí varianty A, kdy podchod taktéž zůstává nezměněn, a ve které je poloha ostrovního nástupiště 4 shodná s polohou poloostrovního nástupiště 2. Stejně je na tom poloha kolejí, kdy kolej 5 se nachází pod kolejí 2 a kolej 6 pak pod kolejí 3. Ilustrace příčného řezu vč. uvedení důležitých kót je v příloze E3, v případě podélného řezu je ilustrační obrázek stejný jako v případě varianty A, který je uveden v příloze E2.

Výhoda návrhu tkví v počtu nástupišť v podzemní části. Zde se nachází pouze jedno nástupiště, odkud může cestující nastoupit na tramvaj jedoucí do obou směrů. Odpadá zde tak již změna nástupiště při změně jízdy směru, jako tomu bylo u varianty A. Uživatel již nemusí překonávat dvoje schodiště. Rozhodnutí při volbě směru učiní tedy až přímo na samotném nástupišti, kde může kdykoli po pár krocích v horizontální úrovni nastoupit do dopravního prostředku jedoucího opačným směrem.

Toto ostrovní nástupiště však neumožňuje provoz klasických tramvají s dveřmi umístěnými pouze na pravé straně. V tuto chvíli by cestující vystupovali na opačnou stranu, než je žádoucí, tedy do zdi. Nutnou a postačující podmínkou je provoz tramvají, které mají kromě dveří na pravé bočnici také dveře na bočnici levé ve směru jízdy.

V současné době splňují požadavek na oboustranné dveře pouze oboustranné tramvaje typu KT8, se kterými je možné se setkat primárně na lince 8 z důvodu úvratí tratě v brněnské Líšni, na konečné zastávce Mífkova. (44)

Je také možné, že by z tohoto důvodu byly v Brně zavedeny tramvaje s obousměrným provozem poskládaných z jednosměrných tramvají. Vzorem může být např. Olomouc, kde jsou provozovány obousměrné vozy poskládané z typu Vario. Vozy jsou spřažené zadními čely k sobě a dveře jsou vybudovány na obou bočnicích. To umožňuje výstup cestujících na obě strany. (45)

Varianta C – Tramvaj v úrovni podchodu s vnějšími nástupišti

Druhým typem je tramvajový tunel vč. nástupišť navržen v úrovni podchodu. Samotné pěší spojení mezi oběma stranami je pak realizováno pomocí podchodu pod úroveň tramvajového tunelu.

Navržené koleje 5 a 6 se zde nacházejí pod kolejemi 3 a 4 umístěnými na povrchu. Shodná poloha je i u nástupišť, kdy nástupiště 4 se nachází pod nástupištěm 2 a nástupiště 5 odpovídá nástupišti 3.

Výhodou tramvaje vedoucí v úrovni podchodu jsou lehčí stavební práce, kdy není nutné se s celým tramvajovým tunelem dostat až pod úroveň podchodu. Výšková odchylka úrovně tramvajového tunelu v nejnižším bodě je výrazně menší než u tunelu pod úrovní podchodu. Výsledkem je menší traťové klesání.

Podchod by však nebyl zrušen úplně. Byl by realizován pod úrovní nových tramvajových nástupišť pouze na délku nezbytně nutnou. Překonání tramvajové zastávky při cestě chodce od OC Letmo do NC Tesco tak znamená zdolat dvě výškové vzdálenosti. Jedná se tedy o složitější pěší docházku. Zároveň při změně podzemního nástupiště je cestující nucen překonat část cesty vč. dvou schodišť.

Ilustrace příčného řezu vč. kót je zobrazen v příloze E4, podélný řez je pak znázorněn v příloze E5, který je shodný pro varianty C a D.

Varianta D – Tramvaj v úrovni podchodu s ostrovním nástupištěm

Tato varianta vychází z předchozí varianty C, kdy je realizována změna polohy z vnějšího nástupiště na ostrovní. Koleje 5 a 6 jsou navržena pod kolejemi 2 a 3 umístěnými na povrchu a poloha podzemního nástupiště 4 odpovídá nástupišti 2. Současný podchod zůstává ve své stejné poloze na obou stranách, pouze v úseku tramvajového tunelu je podchod rozdělen a veden pod ním, jak je uvedeno na ilustračním obrázku v příloze E6. V příloze E5 je pak znázorněný podélný řez, který je shodný pro varianty C a D.

Výhodou je opět jedno nástupiště v podzemí, ze kterého je možné zvolit směr jízdy. Další výhodou je možnost přístupu k podzemnímu nástupišti i z podchodu pod tramvajovým tunelem. Výhodou zmíněnou v předchozí variantě jsou lehčí stavební práce a menší odchylka tramvajové tratě.

Značná nevýhoda je opět v umístění dveří u tramvají jako tomu je u varianty B. I zde by tak bylo nutné provozovat oboustranné tramvaje nebo upravit stávající jednosměrné tramvaje s dveřmi umístěnými na levé bočnici. Již zmíněným problémem je podchod pod tramvajovým tunelem, který rozděluje současný podchod na dvě části a výrazně snižuje komfort pěší docházky ze strany OC Letmo k OD Tesco.

Vjezd Soukenická

Prvním tunelovým portálem je vjezd u zastávky Soukenická. S vjezdem je počítáno ještě před světelnou křižovatkou ulic Hybešova, Nové sady a Nádražní. Opuštěním povrchu ještě před křižovatkou je možno snížit jízdní dobu tramvaje o dobu čekání na znak povolující jízdu za návěstidlo odpovídající přibližně jedné minutě. Zde je navržena i možnost v pokračování tramvaje po povrchu ve stávající trase, jak je možno pozorovat na ilustračním obrázku v příloze E7.

Aby však před křižovatkou byla i nadále zachována zastávka Soukenická a zároveň bylo umožněno klesání tramvaje do podzemí, je navržen přesun zastávky blíže k ulici Soukenická, s větší vzdáleností od samotné křižovatky Hybešova x Nádražní. Za touto zastávkou ve směru do centra je navrženo umístění výhybky, odkud povedou dále čtyři koleje. Dvě vnitřní koleje budou zachovány pro současné použití, tj. pro povrchovou dopravu a spojení s pozemní zastávkou Hlavní nádraží, a obě vnější koleje jsou pak určeny pro vstup, resp. výstup z podzemního tramvajového tunelu tak, aby ještě před křižovatkou Hybešova x Nádražní již byly pod úroveň terénu. Vjezdový a výjezdový portál vč. sklonu tratě se nachází ve stejné kilometrické poloze.

Autor na vnější koleje vedoucí do tunelu navrhuje využít maximální povolený sklon 70 ‰ dle *Vyhláška č. 341/2014 Sb., Vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích*, na kterém při délce 104 m sklesá o celých 8 výškových metrů níž. Průjezdový průřez tramvaje je zde bezproblémový, tj. dostatečná výška i šířka. Zároveň je zachován dostatečný prostor pro průjezd vozidel IAD a chodníku. Na příčném pohledu v příloze E7 je pak možno vidět navrhované uspořádání veřejného prostranství. Na obrázku v příloze E8 je uveden podélný pohled vjezdu do tunelu. (46) (47)

Vjezd Benešova

Druhý vjezd do tunelu je na ulici Benešova. Nachází se mezi SAN a budovou Všeobecné zdravotní pojišťovny. Jak je možno pozorovat na ilustračním obrázku v příloze E9, jsou zde navrženy vždy tři koleje vedle sebe z důvodu nízké šířky ulice. Jedná se tedy o délkově náročné spojení s tunelem. Dvě koleje jsou vedené v pozemní výšce a třetí kolej je pak určena pro spojení s podzemní tratí. V severní části ulice Benešova je umístěn výjezdový portál, v jižní části pak portál vjezdový.

Výjezdový portál autor navrhl v rovném úseku tak, aby bylo možno odbočit vozidly IAD i nadále z ulice Benešova do ulice Novobranská a naopak. Při sklonu tratě 70 ‰ a délce 88 m je výška průjezdného průřezu 5,4 m, která dostačuje pro průjezd tramvaje. Sklon tratě však pokračuje dále v křižovatce Benešova x Novobranská, kde rozdíl mezi pozemní a podzemní niveletou tratě dosáhne 8 m. Ilustrační obrázek podélného pohledu vjezdu z tunelu je uveden v horní části příloze E10. Výhybka pro vjezd do smyčky kolem bývalého tuzexu a magistrátu je koncipována tak, aby do ní bylo možno zajet jak z povrchu, tak i z výjezdového tunelu. (46) (47)

Vjezdový portál se pak nachází mezi křižovatkou Benešova x Novobranská a přechodem u hotelu Grand. Zde je při stejném sklonu a délce 100 m dosaženo výšky

průjezdného průřezu 6,2 m, která je zároveň i výškou v tramvajovém tunelu. I zde tak je dostatečná průjezdná výška. Podélný pohled na vjezd do tunelu je uveden na spodní části obrázku v příloze E10.

Na příčném pohledu v příloze E9 je možno pozorovat šířkové uspořádání ulice. Kromě tramvajového pásu je zde i dostatečná šířka jak pro průjezd vozidel IAD, tak i obsluhu SAN.

Z ulice Benešova z důvodu vjezdových a výjezdových míst z tramvajového tunelu autor odebral možnost parkování vozidel IAD. Jako náhradní řešení autor navrhuje přemístit vozidla a vybudovat parkovací dům v současné poloze parkoviště u SAN.

Vjezd Křenová

Třetí a zároveň poslední tunelový portál je navržen v ulici Křenová. Vzhledem k úzkému uspořádání ulice i zde autor navrhuje uspořádání vjezdového a výjezdového portálu za sebou stejně jako v případě ulice Benešova, jak je uvedeno na obrázku v příloze E11. Dvě koleje jsou vedeny po ulici Křenová a třetí kolej je pak určená pro spojení s tramvajovým tunelem. Vjezdový portál je navržen mezi křižovatkou Křenová x Vlhká a Křenová x Rumiště tak, aby bylo možno využít vždy odbočení z vedlejšího směru do hlavního. Výjezdový portál je pak autorem navržen mezi křižovatkou Křenová x Rumiště a Křenová x Koliště.

Vjezdové spojení s tunelem je uvedeno v horní části obrázku v příloze E12. Při sklonu 70 ‰ a délce 80 metrů dosáhne trať průjezdné výšky 4,8 m, která je nejnižší ze všech vjezdů. Tato průjezdná výška je stále dostatečná. Při dalším klesání dosáhne niveleta tratě hloubky 8 m pod zemí. (46) (47)

Výjezdové spojení je navrženo v délce 104 m. Při maximálním sklonu 70 ‰ je zachována průjezdná výška 6,2 m i na konci samotného tunelu. Ilustrace je uvedena v příloze E12 ve spodní části obrázku.

Příčný řez je pak uveden na obrázku v příloze E11, na kterém je možno vidět šířkové uspořádání ulice.

Traťové intervaly

V případě současného linkového vedení tramvajových linek by pak zatížení jednotlivých úseků vypadalo následovně. Na pozemní 1. a 2. koleji by i nadále zastavovaly linky 1, 2 a 4, kde by se interval zvýšil ze současných 1,4 min na 1,7 min. Na 3. a 4. koleji by zastavovaly linky 9 a 12 v průměrném intervalu 2,9 min (v současnosti 1,8 min). V případě podzemní 5. a 6. koleje, kde by zastavovaly linky 8 a 10, by průměrný časový interval ve špičce jejich průjezdu byl 3,3 min. Tento čas tak ještě nabízí volnou kapacitu pro zamýšlenou trať do jižního centra uvedenou v územním plánu Brna.

Pokud by nová linka po zamýšlené trati do jižního centra a dále k nádraží v Modřicích, dle platného územního plánu měst Brna a Modřic, byla provozována v intervalu 5 min, pak by průměrný nový interval na podzemních kolejích byl 2 min. Pokud by došlo k teoretickému propojení se současnou tratí vedenou do Modřic po ulici Vídeňská, je také možné, že trať vedenou přes jižní centrum bude obsluhovat linka č. 2. Přesunem této linky do podzemí by došlo k ulehčení 1. a 2. koleje, kde by se průměrný interval zvýšil na 2,5 min. Na 5. a 6. koleji by i nadále zůstal interval ve výši 2 min. (43) (48)

Jízdní doba

Jak je možno vidět v následující tabulce 3, dojde díky tramvajovému tunelu ke zkrácení jízdních dob v jednotlivých dotčených úsecích vč. obsluhy zastávek. Např. v úseku Hlavní nádraží – Vlhká je jízdní doba kratší o více než polovinu současného stavu, tedy ze 3 min se čas potřebný k průjezdu úseku sníží na přibližně 1,5 min vynecháním přetížené křižovatky Vlhká x Koliště. Stejný způsob zkrácení jízdní doby při podjezdu dvou křižovatek dojde v úseku Soukenická – Nové sady, kde je již počítáno s novou variantou polohy zastávky Soukenická. I přes nárůst vzdálenosti tohoto úseku ze 183 na 299 m dojde ke snížení jízdní doby díky odpadnutí průjezdu světelnými křižovatkami.

Tabulka 3 Jízdní doba v dotčených úsecích tramvajového tunelu

úsek	vzdálenost [km]	rychlost [km·h ⁻¹]	jízdní doba [s]
Soukenická – Nové sady	0,299	50	34
Nové sady – Hlavní nádraží	0,32	50	36
Hlavní nádraží – Vlhká	0,469	40	52
Hlavní nádraží – Malinovského náměstí	0,59	40	63

Zdroj: autor s využitím (12)

Použitá metodika výpočtu využívá fáze rozjezdu, jízdy a zastavení a předpokládá nulový sklon nivelety. Postup výpočtu úseku Soukenická – Nové sady s použitými časy zrychlení je uveden v příloze F1.

Kromě zvýšení kapacity zastávky Hlavní nádraží a zvýšení intervalů následné jízdy dojde také ke snížení jízdní doby mezi zastávkami uvedenými výše, a to díky vedení tramvajové trati mimo úroveň křižovatek.

Finanční hledisko

V následujících tabulkách jsou finančně ohodnoceny varianty tramvajového tunelu na základě cenového normativu ve stupni záměru.

Tabulka 4 Odhadovaná cenová kalkulace tramvajového tunelu variant A a B

Název položky	Cena za jednotku	Počet jednotek	Celkem
Trat' v tunelu [Kč·km ⁻¹]	48 230 452	1,3	62 699 588 Kč
Tramvajová zastávka [Kč·km ⁻¹]	1 200 000	1	1 200 000 Kč
Tunel ražený [Kč·bm ⁻¹]	825 000	1300	1 072 500 000 Kč
Celková cena [Kč·km ⁻¹]			1 136 399 588 Kč

Zdroj: autor s využitím (53) (54)

Tabulka 5 Odhadovaná cenová kalkulace tramvajového tunelu variant C a D

Název položky	Cena za jednotku	Počet jednotek	Celkem
Trat' v tunelu [Kč·km ⁻¹]	48 230 452	1,3	62 699 588 Kč
Tramvajová zastávka [Kč·km ⁻¹]	1 200 000	1	1 200 000 Kč
Tunel hloubený [Kč·bm ⁻¹]	750 000	550	412 500 000 Kč
Tunel ražený [Kč·bm ⁻¹]	825 000	700	577 500 000 Kč
Celková cena [Kč·km ⁻¹]			1 053 899 588 Kč

Zdroj: autor s využitím (53) (54)

Z tabulek 4 a 5 je patrný odhad ceny výstavby tramvajového tunelu ve dvou variantách. Varianta A a B vychází přibližně 1,14 mld. Kč a varianta C a D pak na 1,05 mld. Kč. Průměrná cena je pak 1,095 mld. Kč.

2.2.3 Tramvajový viadukt

Kromě možnosti tramvajového tunelu existuje i varianta pozemního řešení s pracovním názvem „tramvajový viadukt,“ ve kterém autor navrhuje kromě zvýšení kapacity tramvajové sítě i propojení severovýchodní části města s jihozápadní, kdy se v územním plánu města Brna počítá s novou tramvajovou tratí do jižního centra s pokračováním dále k nádraží do Modřic. (43) (48)

Celá varianta tramvajového viaduktu je pomyslně rozdělena pomocí oblouků do třech částí. Prvním úsekem je prostor mezi přednádražím a viaduktem, druhým úsekem je trat' vedoucí za SAN v různém variantním provedení a třetím úsekem je trat' navazující v přímém směru na koleje v ulici Divadelní.

Návrh počítá s několika specifiky. První odlišností od současného stavu je napřimění všech kolejí v prvním úseku mezi zastávkou Hlavní nádraží a viaduktem Křenová. V současné době musí tramvaj k nástupištím z tohoto směru projet vždy obloukem. Návrh se obloukům na této straně vyhýbá, protože počítá s napřiměním kolejí, tj. koleje vedoucí rovným úsekem zastávky Hlavní nádraží budou dále pokračovat směrem k viaduktu Křenová přímo bez zbytečného oblouku. Tím se sníží jízdní doba o dobu průjezdu tramvaje obloukem nízkou rychlostí a v případě tratě vedené k bývalému tuzexu bude zajištěno rychlé uvolnění zastávky bez zbytečné čekací doby na průjezd kolem snímače výhybky. Vedení současné tratě po ulici Benešova kolem hotelu Grand zůstává i nadále nezměněno.

S tím se pojí počet kolejí v prvním úseku, kde autor navrhuje rozšíření tratě ze současných dvou kolejí na čtyři. Dvě severní koleje by i nadále zajišťovala spojení mezi místem pod viaduktem a přednádražím prostorem (a zároveň také výhybku do ulice Benešova, jak je tomu dnes). Pouze by došlo k jejich přeložení blíže k trolejbusové smyčce tak, aby i tyto koleje byly v rovném směru ve shodě s 1. a 2. kolejí Hlavního nádraží. Další dvě koleje – jižní by pak zajišťovala spojení se směrem k Malinovskému náměstí.

Jižní koleje jsou navrhovány ve stejné výškové úrovni jako je Hlavní nádraží či ulice Benešova, popř. s malým sklonem tak, aby byly v přibližné úrovni železniční tratě vedoucí po viaduktu Křenová a mohly tak v dostatečné výšce umožnit průjezd vozidel pod viaduktem. Most s jižními kolejemi tak překoná tramvajovou trať vedoucí pod viaduktem pokračující s polohou za SAN s napojením na současnou trať v křižovatce ulic Benešova x Divadelní u bývalého tuzexu. Zajistí tak další tramvajové spojení mezi 3. a 4. nástupištěm Hlavního nádraží, které není možno v současné době obsluhovat z ulice Benešova, se zastávkou Malinovské náměstí, a to jak ve směru do ulice Cejl, tak i ve směru k Moravskému náměstí.

Druhým úsekem jsou napřiměné koleje v různých variantách, která jsou rozebrána níže, a za třetí úsek jsou považované koleje navazující na tramvajové vedení v ulici Divadelní, taktéž v přímém směru.

Příjezd na 3. a 4. nástupiště zastávky Hlavního nádraží z pod viaduktu bude řešeno pomocí spojovacího oblouku umístěného v oblasti parkoviště u SAN propojující ulici Benešova s jižními kolejemi vedenými po tramvajovém viaduktu. Tramvaj podjede viadukt, vystoupá po současné trati ke Grandhotelu, napojí se na spojovací oblouk, na jehož druhé straně najede na jižní koleje druhého úseku, po kterých dojede až do přednádražního prostoru k 3. a 4. nástupišti. Touto možností odpadne zbytečné čekání na uvolnění koleje tramvajů jedoucích k 1. nástupišti jiné tramvaji pokračující k 3. nástupišti. Naopak mírně vzroste jízdní doba, kdy tramvaj bude nucena ujet větší vzdálenost přes spojovací oblouk. Délka ujeté

vzdálenosti navíc tak dosáhne přibližně 420 metrů. Kromě funkce trasování linek může spojovací oblouk plnit také účel záložní smyčky, kdy v těsné blízkosti Hlavního nádraží bude mít tramvaj možnost změnit směr jízdy.

Vedení jižních kolejí ve druhém úseku za starým autobusovým nádražím je navrženo ve třech různých variantách. Písmena jednotlivých variant (X, Y, Z) jsou zvolena tak, aby nedošlo k záměně s variantami v kapitole 2.2.2.

Varianta X – jižní koleje na účelové komunikaci

Jižní koleje spojující tramvajový viadukt s Malinovským náměstím je možné vést po účelové komunikaci mezi SAN a provozními halami, a to v délce 498 m. Účelová komunikace však neslouží pouze pro spojení mezi 1. nástupištěm žst. Brno hl. n., ale i jako parkoviště či odstavná plocha pro vozidla IAD. Ilustrační obrázek varianty X je uveden v příloze G1.

Varianta Y – jižní koleje v poloze provozních hal

Varianta Y počítá s vedením kolejí ve druhém úseku přes provozní haly a budovami umístěnými mezi účelovou komunikací a železničním svrškem. Délka úseku vč. spojovacího oblouku je 521 m. Ilustrační obrázek je uveden v příloze G2.

Varianta Z – jižní koleje vedené ve stávajícím prostoru železnice

Poslední variantou je návrh propojení železničního svršku s tramvají, kdy tramvaj v místě viaduktu využije části prostoru stávajícího železničního kolejiště (po jeho optimalizaci) tak, aby se trať mohla napojit na ulici Divadelní, jak je možno pozorovat na obrázku v příloze G3. S využitím železničního svršku pro provoz tramvají dojde ke snížení nákladu na případnou realizaci a demolici budov, řešení je však podmíněno prověřením rozsahu kolejiště v blízkosti stávající celostátní dráhy. Délka celého úseku je 551 m, délka na železničním svršku pak 87 m.

Traťové intervaly

Zatížení přednádražního a přilehlého prostoru při současném vedení tramvajových linek by zůstal podobný dnešnímu trasování. Pokud by byla do okružního systému zapojena nová zátěž – linka trasovaná ze severní aglomerace města a s intervalem 5 min, pak by průměrný interval na 3. a 4. koleji Hlavního nádraží klesl z 1,8 min na 1,3 min. Koleje 1 a 2 by tak zůstaly i nadále se stejným zatížením, tedy s intervalem 1,4 min. Pokud by ovšem nová trať byla propojena s tratí do Modřic, pak by ji teoreticky mohla obsluhovat linka 2 i nadále v taktu 5 min. Došlo by tak k nepatrné změně vedení linky, kdy trasování linky by muselo být zvoleno přes jižní koleje. Místo jízdy po samotné ulici Benešova a obsluhy 1. a 2. koleje by tak linka

využila jižní skupinu kolejí a obsloužila nástupiště 3. a 4., kde by se intervaly snížily taktéž na 1,3 min a na 1. a 2. koleji naopak zvýšily na 2 min.

Sice v obou udávaných případech dojde ke snížení intervalu o 0,5 min oproti stávajícímu stavu (1,8 min), ovšem je zde zajištěno poměrně rychlé opuštění zastávky a rozjezd tramvajové soupravy do následujícího úseku (vynechají se tak zbytečné oblouky snižující průjezdní dobu). Zároveň zde odpadá průjezd nad snímačem výhybky, který je taktéž příčinou delšího obsazení zastávky.

Jízdní doba

Jak je možno si všimnout v tabulce 6, jsou v ní uvedené vypočítané přibližné teoretické časy jízdní doby mezi zmíněnými zastávkami přes spojovací oblouk a jižní koleje. Při výpočtu jízdní doby autor uvažoval nižší průměrnou rychlost z důvodů průjezdu spojovacím obloukem a výhybek a přičetl zároveň 60 s z důvodu prodloužení na světelné křižovatce Vlhká x Koliště.

V případě úseku Hlavního nádraží a Malinovského náměstí autor taktéž přičetl rezervní čas, ovšem pouze 20 s z důvodu zdržení a snížení rychlosti přes výhybky. Ve zbylé části počítal s rychlostí o něco menší, než je běžná traťová.

Při výpočtu jízdních dob bylo počítáno s nulovým sklonem nivelety a bylo uvažováno s jízdou v rovině. Postup výpočtu je uveden v příloze F1.

Tabulka 6 Jízdní doby v dotčených úsecích Tramvajového viaduktu

úsek	vzdálenost [km]	rychlost [km·h ⁻¹]	jízdní doba [s]
Hlavní nádraží – Vlhká: varianta X	0,749	35	146
Hlavní nádraží – Malinovského náměstí (přes jižní koleje): varianta X	0,649	45	83
Hlavní nádraží – Vlhká: varianta Y	0,780	35	149
Hlavní nádraží – Malinovského náměstí (přes jižní koleje): varianta Y	0,665	45	85
Hlavní nádraží – Vlhká: varianta Z	0,768	35	148
Hlavní nádraží – Malinovského náměstí (přes jižní koleje): varianta Z	0,675	45	85

Zdroj: autor

Finanční hledisko

V tabulkách níže je vypočítána odhadovaná finanční náročnost jednotlivých variant.

Tabulka 7 Odhadovaná cenová kalkulace tramvajového viaduktu varianty X

Název položky	Cena za jednotku	Počet jednotek	Celkem
Samostatná trať [Kč·km ⁻¹]	38 523 206	0,498	19 184 557 Kč
Mostní konstrukce [Kč·ks ⁻¹]	15 000 000	1	15 000 000 Kč
Celková cena [Kč·km ⁻¹]			34 184 557 Kč

Zdroj: autor s využitím (53) (54)

Tabulka 8 Odhadovaná cenová kalkulace tramvajového viaduktu varianty Y

Název položky	Cena za jednotku	Počet jednotek	Celkem
Samostatná trať [Kč·km ⁻¹]	38 523 206	0,521	20 070 590 Kč
Demolice budov	5 000 000	1	5 000 000 Kč
Mostní konstrukce [Kč·ks ⁻¹]	15 000 000	1	15 000 000 Kč
Celková cena [Kč·km ⁻¹]			40 070 590 Kč

Zdroj: autor s využitím (53) (54)

Tabulka 9 Odhadovaná cenová kalkulace tramvajového viaduktu varianty Z

Název položky	Cena za jednotku	Počet jednotek	Celkem
Samostatná trať [Kč·km ⁻¹]	38 523 206	0,464	17 874 768 Kč
Trakční vedení na žel. trať [Kč·km ⁻¹]	7 700 000	0,87	6 699 000 Kč
Mostní konstrukce [Kč·ks ⁻¹]	15 000 000	1	15 000 000 Kč
Celková cena [Kč·km ⁻¹]			39 573 768 Kč

Zdroj: autor s využitím (53) (54)

Z tabulek 7, 8 a 9 vyplývá odhadovaná cena jednotlivých variant tramvajového viaduktu. Ceny se liší v délce tratě vč. spojovacího oblouku a dalších položek vyplývajících z jednotlivých variant. Průměrná částka za tramvajový viadukt je 37,94 mil. Kč.

2.3 Navrhnuté změny – železniční

Využití potenciálu stávající železniční sítě na území města Brna spočívá v nalezení několika vhodných lokalit pro vybudování železničních zastávek a zvýšení atraktivity páteřní železniční sítě s krátkou jízdou do centra brněnské aglomerace. Vytípaná místa jsou na obrázku v příloze B1, kde jsou znázorněna modrým kruhem.

Na trati č. 300 se jedná o oblast Holásky s Brněnskými Ivanovicemi a oblast Hněvkovského, na trati č. 340 by se mohlo jednat o lokalitu Černovická terasa a na trati č. 250 pak o oblast Obřan s Maloměřicemi. Vytipované oblasti je však nutné jednotlivě prověřit. Další potenciál lze předpokládat na uvažované trati sever – jih, kde se tento potenciál jeví a nabízí jako největší.

Propojením uvažované trati sever – jih by mělo za následek snížení přepravních proudů cestujících v přestupním uzlu Hlavního nádraží, kdy páteří železniční síť by mohla plnit úlohu rozvozu cestujících po městě Brně. Tím se zabývá následující podkapitola, ve které je navrženo několik možností, jak docílit zvýšení rozvozu cestujících po městě Brně díky železniční síti a zároveň snížení zatíženého centrálního bodu města chodeckými proudy.

Návrhy rozšíření vychází z koncepce z roku 1939, kdy již bylo uvažováno o podzemním propojení mezi brněnským hlavním nádražím a žst. Brno-Královo Pole, popř. v části Řečkovice, tedy propojení severu s jihem. Další inspiraci využil autor v sousedním německém státě Lipsku, kde právě podzemním železničním tunelem bylo propojeno Hlavní a Bavorské nádraží zprovozněné v roce 2013. Do té doby bylo hlavní nádraží pouze úvrat'ové, nyní je však průjezdné. (49)

Následující názvy navrhovaných tunelů jsou uvedeny pouze pod pracovními názvy.

2.3.1 Lužánecký tunel

Návrh se zabývá vedením železniční trati převážně v železničním tunelu pod centrem města Brna, který je zamýšlen mezi žst. Brno hl. n. a žst. Brno-Královo Pole pod Lužáneckým parkem a Ponavou. Úsek mezi brněnským hlavním nádražím až k plaveckému bazénu Za Lužánkami je vedení tratě navrhováno v podzemí v délce 54 %. Povrchovou cestou není možné vést železniční trať z důvodu husté městské zástavby. Úsek mezi plaveckým stadionem až po napojení na vlečku autor navrhuje se zářezem do terénu v místě travnatého pásu (12 %). Od napojení na vlečku až po královopolskou žst. je pak niveleta tratě zamýšlena již po stávajícím železničním tělese (34 %). Navrhované spojení navazuje na trať č. 250 ve směru od Modřic a navazuje na stejnou trať v Králově Poli ve směru na Tišnov. Vedení navrhované tratě i se vzdálenostmi jednotlivých úseků je zobrazen na obrázku v příloze H1.

Celá nově navrhovaná trať je zamýšlená jako dvoukolejná železniční trať s klasickým železničním rozchodem o velikosti 1435 mm.

Traťové úseky

První úsek mezi žst. Brno hl. n. a zastávkou Brno-Moravské náměstí je zamýšlen celý v tunelu. U brněnského hlavního nádraží se niveleta varianty napojí již na prověřenou variantu Severojižního kolejového diametru (dále jen SJKD) zpracovanou firmou METROPROJEKT Praha a.s. Ta se však u Moravského náměstí stáčí a pokračuje pod ulicí Veverí kolem Královopolského tunelového portálu a ulicí Hradeckou s vyústěním a napojením na současnou trať v Řečkovících. Tento první úsek mezi žst. Brno hl. n. a zastávkou Brno-Moravské náměstí je dlouhý 1,1 km. Z celé délky trasy zaujímá 22 %. (50)

V druhém úseku mezi navrhovanými zastávkami Brno-Moravské náměstí a Brno-Lužánky je taktéž navrženo vedení nivelety v železničním tunelu pod Lužáneckým parkem. Délka úseku mezi železničními zastávkami je přibližně 1,2 km, tedy 24 %.

Třetí úsek je nejkratší vzdáleností z celé své trasy. Mezi navrhovanými zastávkami Brno-Lužánky a Brno-Ponava je možno niveletu tratě vést v zářezu mezi hlavní silniční komunikací a souběžnou vedlejší silniční komunikací na ulici Sportovní. Šířka travnatého pásu oddělující obě komunikace je se svojí šířkou přibližně 18 m dostačující pro dvoukolejnou trať, kdy autor počítá s minimální osovou vzdáleností 4000 mm a vzdáleností od osy koleje ke kraji v délce 3000 mm na obě strany, celkem minimálně 10 000 mm. Trať v zářezu tak výrazně sníží stavební náklady. Zároveň autor navrhuje zářez v dostatečné hloubce tak, aby bylo možné pomocí mostů v úrovni silniční komunikace propojit hlavní silnici s NC Královo Pole a s velkým městským okruhem (dále jen VMO). Jednalo by se tak vždy o mimoúrovňové křížení pozemní komunikace s železniční tratí. Délka mezi železničními zastávkami je 1 km, to odpovídá 20 % délky celé trasy.

Posledním čtvrtým úsekem je úsek mezi navrhovanou zastávkou Brno-Ponava a žst. Brno-Královo pole. Zde se navrhovaná trať napojí na teplárenskou a královopolskou vlečku napojenou na trať č. 250. Vzdálenost mezi zastávkami je přibližně 1,7 km. (34 %).

Využití vleček

Trať vedená Lužáneckým tunelem je navržena k napojení na teplárenskou vlečku, provoz Červený mlýn (nachází se vedle NC Královo Pole). To má vlastní předávací kolejiště o dvou kolejích. Vlečka vede z teplárny po mimoúrovňovou křižovatku VMO přes úrovňové přejezdy ke Královopolské vlečce, na kterou navazuje. (51)

Královopolská vlečka je vedena od mimoúrovňové křižovatky VMO podél silnice I/43, kde dříve byla vedena trať staré Tišnovky, až do žst. Brno-Královo Pole. V těchto místech je předávací kolejiště o několika kolejích, které se slučují v jednu kolej a navazují na trať nové Tišnovky. (52)

Obě tyto na sebe navazující vlečky jsou z převážné části dvoukolejné, v místech jednokolejné tratě je dostatečný prostor na vybudování druhé koleje.

Tunelové portály

Napojení do tunelu v oblasti hlavního nádraží je možno navrhnout ve dvou variantách. První varianta využívá rovný úsek tratě vč. odstavného kolejiště podél Malé Ameriky, vedle které by se nacházel tunelový portál. Klesání nivelety tratě započne již za mostem přes řeku Svratku a ulicí Opuštěná. V místě mostu ulice Úzká již niveleta tratě bude v podzemí. Tato varianta sleduje historickou polohu tratě a v oblasti kusých kolejí žst. se na první úsek varianty napojí na prověřený SJKD. Názorný obrázek umístění první varianty tunelového portálu v oblasti hlavního nádraží je uveden v příloze H2.

Druhou možností vstupu do podzemí je využití stávajícího dolního nákladového nádraží, kdy opět hned za mostem překonávající řeku Svratku započne klesání nivelety tratě. Ještě v oblasti tohoto nádraží se již v tunelu napojí na prověřenou variantu SJKD ve směru do centra města. Názorný obrázek tunelového portálu druhé varianty vstupu do podzemí je možno nalézt v příloze H3.

Oba dva způsoby se výrazně liší v dopravně-provozní oblasti. První varianta využívá trasy vlakových linek přijíždějících od jihu. Druhá varianta však zužuje výběr vlakových linek pouze na skupinu z břeclavského a střelického směru. Využívání druhé varianty přes dolní nákladové nádraží ostatními vlakovými spoji vyžaduje další prověření.

Umístění druhého tunelového portálu v oblasti Ponavy je autorem navrženo v oblasti travnatého pásu mezi plaveckým bazénem Za Lužánkami a hotelem Bobycentrum v oblasti travnatého pásu. Detail umístění druhého tunelové portálu je uveden na obrázku v příloze H4.

Zastávky

Po trase železničního Lužáneckého tunelu je navrženo vybudovat železniční zastávky, které mohou plnit zamýšlenou funkci rozvozu příměstských cestujících po městě Brně. Jednak se zkrátí dojíždějícím cestujícím cestovní doba do zaměstnání či do škol a jednak dojde k odlehčení přepravních proudů v přestupním uzlu brněnského hlavního nádraží.

První místo k zastavení by bylo přímo žst. Brno hl. n., kde by měli cestující možnost i nadále přestoupit na linky MHD, jak je tomu v současné době. Zastávku autor navrhuje pod ulicí Nádražní mezi budovami České pošty a Čedok tak, aby pomocí podzemního systému chodeb mohl cestující bezpečně přejít na danou tramvajovou zastávku a nemusel zbytečně stoupat na povrch. Význam podzemních chodeb je v přenesení proudu chodců z železniční stanice k tramvajové zastávce z povrchu do podzemí. Díky tomuto kroku se sníží

pravděpodobnost kolize tramvaje s chodcem, cestující se nebude cítit ohrožen pozemní dopravou a dojde k odlehčení přetíženého přestupního uzlu na povrchu.

Druhá zastávka je navrhována v oblasti Moravského náměstí, odkud je možnost návaznosti na některé tramvajové linky, krátká vzdálenost s přestupním uzlem Česká či dobrá dostupnost severní strany centra města. Autor navrhuje umístění železniční zastávky Brno-Moravské náměstí pod tramvajovou zastávku.

Třetí navrhovaná železniční zastávka Brno-Lužánky by se nacházela u křižovatky Drobného x Sportovní, poblíž fotbalového stadionu, hotelu Bobycentra, parku Lužánky a plaveckým bazénem Za Lužánkami. Místo autor navrhuje v návaznosti na systém MHD a jednak v návaznosti na plánovaná fotbalová utkání při fotbalovém stadionu, o jehož stavbě se reálně uvažuje, a dalších okolních cílů cest.

Čtvrtou železniční zastávkou je pak Brno-Ponava, která může vést ke zvýšení atraktivity místa. Nejen příměstský cestující může využít nabízených služeb v okolí navrhované zastávky, kde později využije vlakového spojení pro další cestu. Samotnou zastávku autor navrhuje umístit mezi křižovatkou Sportovní x Cimburkova a kruhovým objezdem pod VMO před napojením na teplárenskou vlečku. Zastávku autor zamýšlí v zářezu bez stropní desky.

Poslední pátou stanicí v návaznosti na Lužánecký tunel je pak přímo samotné žst. Brno-Královo Pole.

Vzhledem k návrhu dvoukolejného tunelu autor dále navrhuje všechny železniční zastávky vybudovat s ostrovním nástupištěm. Cestující tak bude přiveden na jedno konkrétní místo, ze kterého může využít jízdu vlakem oběma směry. Vlak má oproti tramvaji tu výhodu, že všechny železniční osobní vozy mají dveře vybudované na obě strany. Je tedy možné vystupovat jak vpravo ve směru jízdy, tak i vlevo ve směru jízdy. Ostrovní nástupiště má v podzemí oproti vnějšímu nástupišti několik výhod. Stačí vybudovat jedno nástupiště místo dvou, postačí také jedno schodiště k přístupu na nástupiště, popř. dvě na každé straně, z pohledu bezpečnosti se snižuje riziko napadení cestujícího, kdy jsou na jednom nástupišti všichni cestující z obou směrů apod.

Jak je možné si na obrázku v příloze H1 všimnout, celková vzdálenost navrhovaného železničního tunelu vč. vedení po obou vlečkách mezi žst. Brno hl. n. a Brno-Královo Pole je 5 km, současná délka mezi oběma žst. vedenou přes obřanský závlak je 10,8 km. Navrhovaný Lužánecký tunel je tak o 54 % kratší, to se také projevuje na jízdní době.

Jízdní doba

Jak lze pozorovat v tabulce 10, jsou jízdní doby při vybraných rychlostech (počítáno s veličinami rozjezdu, jízdy a zastavení s nulovým sklonem nivelety) v daném úseku podobné. První úsek Hlavní nádraží – Moravské náměstí železniční vozidlo překoná přibližně za 1 min 45 s, druhý úsek Moravské náměstí – Lužánky přibližně za 1 min 52 s, třetí úsek Lužánky – Ponava za 1 min 40 s a poslední úsek Ponava – Královo Pole zvládne železniční vozidlo ujet za 2 min 22 s. Při připočtení délky doby zastavení 1,5 min pro tři zastávky pro výstup a nástup cestujících (0,5 min na zastávku), překoná osobní vlak celý navrhovaný úsek za přibližně 9 min 10 s. Postup výpočtu je uveden v příloze F1.

Tabulka 10 Jízdní rychlosti a doby v Lužáneckém tunelu

úsek	vzdálenost [m]	rychlost 1 [km·h ⁻¹]	jízdní doba 1 [s]	rychlost 2 [km·h ⁻¹]	jízdní doba 2 [s]
Hlavní nádraží – Moravské náměstí	1100	60	106	70	105
Moravské náměstí – Lužánky	1200	60	112	70	111
Lužánky – Ponava	1000	60	100	70	99
Ponava – Královo Pole	1700	60	142	70	141

Zdroj: autor

Jízdní doba mezi zmíněnými žst. po současné trati je 13 min (i se dvěma zastávkami na trati: Brno-Lesná a Brno-Židenice). Jízdní doba Lužáneckým tunelem i se zastavením ve dvou zastávkách vychází na 9 min 10 s. Jízda se tak zkrátí o 30 %, což znamená, že o 4 min méně stráví cestující při jízdě vlakem v úseku mezi Brno-Královo Pole a Brno hl. n. Zároveň je vyšší šance bližšího cíle cestujícího při této variantě. To znamená také celkově kratší dobu strávenou při cestě do zvoleného cíle.

Mezi oběma krajními žst. bez obsluhy navrhovaných zastávek je při rychlosti 70 km·h⁻¹ jízdní doba vozidla přibližně 5 min 39 s.

Izochrony

Docházková vzdálenost pomocí izochron je znázorněna na obrázku v příloze H5. Autor uvažoval s časovou izochronou v délce 5 min (plná čára), která při rychlosti chůze 1,33 m·s⁻¹ (4,8 km·h⁻¹) odpovídá vzdálenosti 300 m. Při této velikosti je dostupné nejbližší okolí navržených zastávek. Izochrony s časovou dostupností 10 min (tečkovaná čára) odpovídají při stejné rychlosti chůze vzdálenosti 600 m, které kromě pokrytí větší plochy mají tendenci

vzájemného překrývání. Vzdálenost mezi železničními zastávkami je tak v městské zástavbě dostačující.

Finanční hledisko

Na základě veřejně dostupné databáze Státního fondu dopravní infrastruktury (dále jen SFDI) bylo možno určit odhadované náklady celé výstavby. Jedná se z daného výběru cen pro určitou kategorii o ceny maximální.

Tabulka 11 Odhadovaná cenová kalkulace varianty Lužáneckého tunelu

Název položky	Cena za jednotku	Počet jednotek	Celkem
Dvukolejná trať nová [Kč·km ⁻¹]	134 500 000	3,3	443 850 000 Kč
Dvukolejná trať modernizace [Kč·km ⁻¹]	114 700 000	1,3	149 110 000 Kč
Železniční zastávka dvukolejná [Kč·km ⁻¹]	106 500 000	3	319 500 000 Kč
Tunel dvukolejný ražený [Kč·bm ⁻¹]	825 000	2700	2 227 500 000 Kč
Silniční nadjezd silnice II. třídy [Kč·ks ⁻¹]	22 500 000	2	45 000 000 Kč
ETCS [Kč·km ⁻¹]	2 400 000	5	12 000 000 Kč
Střídavá dvukolejná trakce [Kč·kpř ⁻¹]	115 000 000	1	115 000 000 Kč
Celková cena [Kč·km ⁻¹]			3 311 960 000 Kč

Zdroj: autor s využitím (53)

Jak je možno v tabulce 11 vidět, největší odhadovanou finanční položkou je ražba tunelu, která vyjde přibližně na 2,2 mld. Kč. Naopak nejmenší finanční položkou je zavedení evropského vlakového zabezpečovače (ECTS). Celková výše odhadované sumy je pak 3,31 mld. Kč.

2.3.2 Tunel Příkop

Autor navrhuje vedení tratě ze žst. Brno hl. n. přes pražské zhlaví (viadukt Křenová), dále přes odstavné koleje, kde trať sklesá do tunelu, dále pokračuje v podzemí pod ulicí Ponávka, Příkop, náměstí 28. října, Drobného, hotelem Bobycentrum a bazénem Za Lužánkami. V oblasti mezi teplárnou Brno, provozem Červený mlýn, a NC Královo Pole niveleta tratě vystoupá zpátky na povrch, kde naváže na teplárenskou a královopolskou vlečku s vyústěním v žst. Brno-Královo Pole a napojením na současnou trať č. 250. Trať v tunelu je o délce 2,5 km (49 %) a na povrchu pak v délce 2,6 km (51 %).

Celá varianta tunelu Příkop je taktéž navrhována jako dvukolejná trať s dvěma tunelovými portály a třemi zastávkami na trati, které rozdělují variantu na čtyři úseky. Názorné schéma vedení tratě je uvedeno na obrázku v příloze I1.

Traťové úseky

První úsek varianty tunelu Příkop mezi žst. Brno hl. n. a zastávkou Brno-Příkop je dlouhý 1,3 km (26 %), z čehož je 0,6 km (12 %) navrhováno po povrchu s využitím odstavného kolejiště v blízkosti viaduktu Křenová.

Druhý úsek mezi zastávkami Brno-Příkop a Brno-Lužánky je v délce 1,1 km (22 %) a je celý zamýšlen v tunelu. Trasa je navrhována přibližně pod parkem nám. 28. října a ulicí Drobného.

Třetí úsek mezi zastávkami Brno-Lužánky a Brno-Ponava je dlouhý 1 km (20 %), který je autorem navrhován s niveletou tratě mezi provoz Červený mlýn brněnských tepláren a NC Královo Pole. Tento úsek je částečně navrhován v zářezu tak, aby došlo k mimoúrovňovému křížení železnice se silniční sítí.

Čtvrtý a poslední úsek je shodný se čtvrtým úsekem varianty Lužáneckého tunelu, který je navrhován mezi zastávkou Brno-Ponava a žst. Brno-Královo Pole v délce 1,7 km (33 %). Od zastávky bude dále pokračovat v zářezu pod VMO z důvodu dalšího mimoúrovňového křížení pozemní komunikace s železniční dráhou u kruhového objezdu. V žst. Brno-Královo Pole se připojí na stávající trať č. 250, tzv. novou Tišnovku.

Tunelové portály

V oblasti odstavného nádraží u pražského zhlaví je navržen první tunelový portál, který by umožnil vjetí železničního vozidla do tunelu s pokračováním k zastávce Brno-Příkop. Obrázek autorem navržený tunelovým portálem v blízkosti brněnského hlavního nádraží je znázorněn v příloze I2.

Druhý tunelový portál je autorem navržen v proluce mezi teplárnou Brno, provozem Červený mlýn, a NC Královo Pole v zářezu (ilustrační obrázek je v příloze I3).

Zastávky

Po celém úseku jsou navrženy tři zastávky plnící funkci rozvozu cestujících po městě. Páteřními žst. je Brno hl. n. a Brno-Královo Pole. Všechny navrhované zastávky autor navrhuje vybudovat s ostrovním nástupištěm.

První zastávka je Brno-Příkop umístěná v oblasti u křižovatky Příkop x Milady Horákové, kde je možnost návaznosti na tramvajový systém MHD a krátké docházkové vzdálenosti k lékařské péči.

Druhá zastávka je pak Brno-Lužánky, kde je opět možnost využít přestupu na MHD, především pak na autobus a trolejbusy. Zároveň je zastávka v blízkosti fotbalového stadionu, o kterém se vážně hovoří z důvodu oprav a obnovení ke svému účelu. Železniční spojení tak

může sloužit k přivozu a odvozu příznivců fotbalu v době utkání, zvláště s rychlým a pohodlnějším spojením hlavního nádraží, a ulehčí tak pozemnímu systému MHD.

Třetí navrhovaná zastávka je se svojí polohou podobná zastávce z varianty Lužáneckého tunelu. Autor navrhuje umístit zastávku v této variantě mezi mimoúrovňové křížení dráhy s pozemní komunikací v zářezu v místě předávacího kolejiště teplárenské vlečky.

Délka celé trasy mezi žst. Brno hl. n. a Brno-Královo Pole je 5,1 km. Délka přes obránský závlak je 10,8 km. Jedná se tak v případě tunelu Příkop o 53 % kratší trasu. Ujetá vzdálenost se také projevuje v jízdě době.

Jízdě doba

Jízdě doba se odráží na rychlosti, kterou je možno stanovit na základě zjištěné vzdálenosti. Čas potřebný pro průjezd jednotlivých úseků je uveden v tabulce 12, ve kterém je počítáno s rozjezdem, brzděním a jízdou s nulovým sklonem nivelety. Postup výpočtu je uveden v příloze F1.

Tabulka 12 Jízdě rychlosti a doby v tunelu Příkop

úsek	vzdálenost [m]	rychlost 1 [km·h ⁻¹]	jízdě doba 1 [s]	rychlost 2 [km·h ⁻¹]	jízdě doba 2 [s]
Hlavní nádraží – Příkop	1300	60	118	70	117
Příkop – Lužánky	1100	60	106	70	105
Lužánky – Ponava	1000	60	100	70	99
Ponava – Královo Pole	1700	60	142	70	141

Zdroj: autor

Jízdě doba v prvním úseku mezi žst. Brno hl. n. a Brno-Příkop vychází přibližně na 1 min 58 s, průjezd druhým úsekem Brno-Příkop a Brno-Lužánky pak přibližně na 1 min 46 s. Třetím úsekem je možno projet za cca 1 min 40 s a posledním čtvrtým úsekem Brno-Ponava a žst. Brno-Královo Pole pak za 2 min 22 s.

S připočítáním pobytu v každé zastávce v délce 0,5 min (dohromady za tři zastávky 1,5 min) vychází délka jízdy tunelem Příkop na 9 min 16 s. V porovnání současné jízdě doby obránským závlakem (13 min) se jedná o 29% úsporu času mezi žst. Brno hl. n. a žst. Brno-Královo Pole.

V případě přímého průjezdu mezi žst. Brno hl. n. a Brno-Královo Pole bez zastavení v navrhovaných zastávkách, pak železniční vozidlo ujede za 5 min 45 s při rychlosti 70 km·h⁻¹.

Izochrony

Pomocí izochron je znázorněna docházková vzdálenost uvedena na obrázku v příloze I4. Při rychlosti chůze $1,33 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($4,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) a času 5 min je izochrona o průměru 300 m (plná čára). Při stejné rychlosti chůze a času 10 min je izochrona dvakrát větší a dosahuje délky 600 m (tečkovaná čára).

Stejně jako v případě izochron u varianty Lužáneckého tunelu, pokrývá i zde 5 min izochrona nejbližší dostupné území. Při 10 min izochroně je pokrytá plocha od dané zastávky 4x větší než u 5 min izochrony. Větší izochrony se mezi jednotlivými zastávkami překrývají.

Finanční hledisko

Na základě Cenového normativu pro železniční stavby ve fázi záměru od SFDI byla stanovena odhadovaná kalkulace této varianty. I zde byly v rámci rozsahu cen vzaty ceny maximální.

Tabulka 13 Odhadovaná cenová kalkulace varianty tunelu Příkop

Název položky	Cena za jednotku	Počet jednotek	Celkem
Dvukolejná trať nová [$\text{Kč}\cdot\text{km}^{-1}$]	134 500 000	2,8	376 600 000 Kč
Dvukolejná trať modernizace [$\text{Kč}\cdot\text{km}^{-1}$]	114 700 000	1,3	149 110 000 Kč
Železniční zastávka dvukolejná [$\text{Kč}\cdot\text{km}^{-1}$]	106 500 000	3	319 500 000 Kč
Tunel dvukolejný ražený [$\text{Kč}\cdot\text{bm}^{-1}$]	825 000	2500	2 062 500 000 Kč
Silniční nadjezd silnice II. třídy [$\text{Kč}\cdot\text{ks}^{-1}$]	22 500 000	2	45 000 000 Kč
ETCS [$\text{Kč}\cdot\text{km}^{-1}$]	2 400 000	5,1	12 240 000 Kč
Střídavá dvukolejná trakce [$\text{Kč}\cdot\text{kp}^{-1}$]	115 000 000	1	115 000 000 Kč
Celková cena [$\text{Kč}\cdot\text{km}^{-1}$]			3 079 950 000 Kč

Zdroj: autor s využitím (53)

V tabulce 13 je možno si všimnout kalkulovaných položek. Stejně jako v předchozí železniční variantě je největší finanční položkou ražba tunelu a nejnižší zavedení systému mezinárodního vlakového zabezpečovače ETCS. Celková odhadovaná cena varianty je 3,08 mld. Kč.

2.3.3 Tunel Veverí

Třetí alternativou je železniční spojení s pracovním názvem tunel Veverí, kdy je niveleta tratě navrhována s vedením pod centrem města, ulicí Veverí, kolem Právnické fakulty Masarykovy univerzity a ulicemi Kartouzská a Antonína Macka s napojením na stávající

královopolskou vlečku. Spojení je tedy navrženo opět mezi žst. Brno hl. n. a žst. Brno-Královo Pole, které je znát na obrázku v příloze J1.

Navrhovaná trať má délku 5,5 km, přičemž značná část je navržena pro vedení v tunelu, a to v délce 4,7 km (84 %) s napojením na stávající železniční vlečku vedoucí až k žst. Brno-Královo Pole v délce 0,9 km (16 %).

Stejně jako u předchozích dvou variant autor navrhuje železniční tunel jako dvoukolejný v celé své délce s dvěma tunelovými portály a třemi zastávkami na trati, které rozdělují celou trať na čtyři úseky.

Traťové úseky

První úsek je mezi žst. Brno hl. n. a navrženou zastávkou Brno-Česká. Délka úseku je 1 km, z celé trasy zaujímá 18 %. (50)

Navazující podzemní úsek je mezi navrženými zastávkami Brno-Česká a Brno-Veveří, která kopíruje ulici Veveří, a to až k akademické půdě brněnských vysokých škol. Délka úseku je 2 km (36 %).

Třetím úsekem je taktéž podzemní úsek mezi navrhovanými zastávkami Brno-Veveří a Brno-Kartouzská se svojí délkou 0,8 km (15 %).

Poslední úsek varianty tunelu Veveří propojuje navrhovanou zastávku Brno-Kartouzská se stávající žst. Brno-Královo Pole taktéž v tunelu. Navržené vedení tratě zde kopíruje niveletu již zrušené vlečky oděvního skladu dříve umístěnou na náspu. Trať dále pokračuje k mimoúrovňové křižovatce VMO s napojením na královopolskou vlečku, kde niveleta tratě opět vystoupá na povrch. Délka celého úseku je 1,7 km (31 %). (56)

Tunelové portály

Vstup do tunelu v oblasti hlavního nádraží je shodný s oběma navrhovanými variantami jako u Lužáneckého tunelu. V prvním případě vstupu do podzemí je klesání nivelety tratě mezi mostem přes řeku Svratku a budovou Malé Ameriky. Obrázek první varianty vstupu je znázorněn v příloze H2. Druhý vstup do podzemí je navržen přes dolní nákladové nádraží, které je znázorněno na obrázku v příloze H3.

Tunelový portál na opačné straně je navržen v oblasti královopolské vlečky, na které niveleta tratě vystoupí zpátky na povrch. Ten je znázorněn na obrázku v příloze J2.

Zastávky

Železniční zastávky jsou na celé trase tři. První je navržená zastávka v oblasti Česká / Moravské náměstí. Jedná se o důležitý přestupní uzel tramvajové a trolejbusové dopravy. Odtud je možné využít spoje různými směry.

Druhou zastávkou je navrhované Brno-Veveří na křižovatce ulic Veveří x Hrnčířská, která svojí polohou umožňuje spojení na akademickou půdu několika univerzit, dále k magistrátu města Brna a lékařské péči.

Poslední navrhovanou zastávkou je Brno-Kartouzská na ulici Antonína Macka mezi ulicemi Štefánikova a Poděbradova. Zde je možno napojení a přestup na tramvajový subsystém MHD a případnou dopravu studentů na akademickou půdu.

Zároveň je na trase navržena ještě jedna možná zastávka v oblasti Konečného náměstí. Zahrnutí oblasti do plánování této varianty je však nutné podrobit dalšímu prověření.

Jízdní doba

Úseky mezi železničními zastávkami je možno překonat za určité časové období, které je znázorněno v následující tabulce 14. Při výpočtu bylo postupováno dle postupu uvedeném v příloze F1, kdy autor využil fáze rozjezdu, jízdy a zastavení s nulovým sklonem nivelety.

Tabulka 14 Jízdní rychlosti a doby v tunelu Veveří

úsek	vzdálenost [m]	rychlost 1 [km·h ⁻¹]	jízdní doba 1 [s]	rychlost 2 [km·h ⁻¹]	jízdní doba 2 [s]
Hlavní nádraží – Česká	1000	60	100	70	99
Česká – Veveří	2000	60	160	70	159
Veveří – Kartouzská	800	60	88	70	87
Kartouzská – Královo Pole	1700	60	142	70	141

Zdroj: autor

Z tabulky je patrné, že při vybraných rychlostech se jízdní doba moc nemění. První úsek mezi žst. Brno hl. n. ujede vlak za 1 min 40 s, druhý úsek Brno-Česká a Brno-Veveří zvládne železniční vozidlo ujet za 2 min 40 s a třetí úsek mezi Brno-Veveří a Brno-Kartouzská je možno projet za 1 min 28 s. Délka posledního čtvrtého úseku zvládne ujet železničního vozidlo za 2 min 22 s.

Při připočítání doby zastavení pro jednu zastávku 0,5 min je doba zdržení na všech třech zastávkách ve výši 1,5 min. Celková doba jízdy vlaku i se zastavením v zastávkách je 9 min 40 s. Jedná se tak o úsporu času ve výši 26 % oproti jízdě vozidla přes obřanský závlak.

Pokud ovšem bude vlak všemi zastávkami projíždět bez zastavení, odpadne několikrát časová položka rozjezdu a brzdění. Vozidlo se tak rozjede a zastaví jen jednou. Úsek mezi oběma žst. pak vlak zdolá za 6 min 9 s při 70 km·h⁻¹.

Izochrony

Na obrázku v příloze J3 je možno vidět docházkovou vzdálenost opět ve dvou variantách. Izochrona s plnou čarou o velikosti 5 min představuje při rychlosti chůze $1,33 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ vzdálenost přibližně 300 m. Izochrona s větším průměrem (tečkovaná čára) představuje docházkovou vzdálenost 600 m v čase 10 min při stejné rychlosti chůze. I zde se větší izochrona protíná se stejnou izochronou vedlejší zastávky. Děje se tak hned dvakrát. V prvním případě pokrývá 10 min docházkovou vzdálenost centra města žst. Brno hl. n. se zastávkou Brno-Česká a ve druhém případě pokrývají stejnou vzdálenost zastávky Brno-Veveří a Brno-Kartouzská oblast s vysokými školami.

Finanční hledisko

Ceny byly převzaty z cenového normativu projektu ve fázi záměru od SFDI. Stejně jako v předchozích dvou železničních variantách, i zde autor zvolil z nabízeného rozsahu maximální peněžní částku.

Tabulka 15 Odhadovaná cenová kalkulace varianty tunelu Veveří

Název položky	Cena za jednotku	Počet jednotek	Celkem
Dvukolejná trať nová [$\text{Kč}\cdot\text{km}^{-1}$]	134 500 000	4,8	645 600 000 Kč
Dvukolejná trať modernizace [$\text{Kč}\cdot\text{km}^{-1}$]	114 700 000	0,7	80 290 000 Kč
Železniční zastávka dvukolejná [$\text{Kč}\cdot\text{km}^{-1}$]	106 500 000	3	319 500 000 Kč
Tunel dvukolejný ražený [$\text{Kč}\cdot\text{bm}^{-1}$]	825 000	4800	3 960 000 000 Kč
ETCS [$\text{Kč}\cdot\text{km}^{-1}$]	2 400 000	5,5	13 200 000 Kč
Střídavá dvukolejná trakce [$\text{Kč}\cdot\text{kp}^{-1}$]	115 000 000	1	115 000 000 Kč
Celková cena [$\text{Kč}\cdot\text{km}^{-1}$]			5 133 590 000 Kč

Zdroj: autor s využitím (53)

U varianty tunelu Veveří činí celková odhadovaná cena stavby 5,13 mld. Kč, jak je možno vidět v tabulce 15.

2.4 Shrnutí

V kapitole navržených změn systému se autor zaměřil na možnosti rozvoje tramvajové a železniční sítě. V případě tramvajového systému byly navrženy dvě možnosti řešení. První variantou je tramvajový tunel, který je složen ze čtyř podvariant. Dvě podvarianty se liší ve způsobu polohy nivelety tramvajové tratě a další dvě podvarianty pak v druhu nástupiště. Druhou variantou je tramvajový viadukt spočívající v napřímění kolejí z přednádražního

prostoru směrem k viaduktu a kolejí z ulice Divadelní s vybudováním spojovacího oblouku. I v tomto případě jsou možné celkem tři podvarianty lišící se dle polohy vedení tramvajové tratě.

U železničního systému byly vytipovány oblasti nových zastávek na stávající železniční infrastruktuře. Další potenciál lze předpokládat na trati sever – jih, kde autor navrhl tři možnosti vedení tunelů. První variantou je Lužánecký tunel, který zajišťuje pokrytí centra města Brna ze severní oblasti. Druhá varianta tunelu Příkop severní obsluhu centra nezajišťuje a má tak výrazně menší budoucí potenciál, především pak chybí silná návaznost na systém MHD. Poslední variantou je tunel Veverčí, který pokrytí severní oblasti centra zajišťuje.

Jednotlivé navržené varianty pak jsou zakončené odhadovanou finanční kalkulací. U tramvajové sítě je průměrná cena obou variant 73,72 mil. Kč a u navržených železničních tunelů pak 3,8 mld. Kč.

3 VYHODNOCENÍ VARIANT

V rámci předchozí kapitoly bylo navrženo několik variant, popř. podvariant, pro rozšíření tramvajové a železniční sítě. Na výběr vhodnější varianty bude aplikována Fullerova metoda.

Fullerova metoda je založena na porovnávání vybraných kritérií všech variant mezi sebou. O každém kritériu se rozhoduje, zda je v první variantě lepší než ve druhé. Následně se sečte počet vybraných důležitějších kritérií vztahených k dané variantě a podělí se součtem všech nabízených kritérií. Výsledné číslo je velikost váhy kritéria a součet těchto vah musí být roven jedné. Stejný postup se aplikuje na jednotlivé varianty. Součty součinů vah kritérií s variantou určí výslednou váhu varianty. Nejlepší varianta je pak ta s vyšší velikostí váhy.

Váhy jsou vypočítány podle vztahu:

$$v_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^k n_i} = \frac{n_i}{\frac{k \cdot (k - 1)}{2}}$$

kde:

(1)

n_i počet důležitých kritérií,

k kritérium.

(57)

3.1 Vyhodnocení variant tramvajové dopravy

Mezi vybraná kritéria pro porovnávání u tramvajové dopravy byla vybrána následující:

- cena,
- jízdní doba,
- počet nástupišť,
- typ vozidla,
- suma traťových intervalů.

V případě typu vozidla je v podvariantách B a D nutno použít vozidla s dveřmi na levé bočnici, jinak není možné tyto podvarianty použít. Proto číslo 0 značí, že není potřeba užít vozidla s dveřmi na levé bočnici, číslo 1 pak značí nutnost použití těchto vozidel.

Suma traťových intervalů je součet intervalů v zastávce Hlavní nádraží. Při výběru lepšího kritéria je proto vybírána suma s vyšším číslem.

Kritéria a porovnávané hodnoty jsou znázorněny v tabulce 16. V tabulkách 18 – 22 je stanovení vah variant dle vybraných kritérií.

Tabulka 16 Kritéria s podvariantami tramvajového systému a jejich údaji

Tabulka hodnot	Podvarianty						
	A	B	C	D	X	Y	Z
cena	1,13 mld.	1,13 mld.	1,13 mld.	1,13 mld.	0,34 mld.	0,40 mld.	0,39 mld.
jízdní doba	115 s	115 s	115 s	115 s	229 s	234 s	233 s
počet nástupišť	5	4	5	4	3	3	3
typ vozidla	0	1	0	1	0	0	0
suma trať. inter.	7,9 min	7,9 min	7,9 min	7,9 min	3,2 min	3,2 min	3,2 min

Zdroj: autor s využitím (57)

Tabulka 17 Stanovení vah kritérií tramvajových podvariant

	cena	jízdní doba	počet nástupišť	typ vozidla	suma trať. inter.	
cena	1					
jízdní doba	1	0,5				
počet nástupišť	1	0,5				
typ vozidla	1	1	1			
suma trať. inter.	1	0,5	1	0,5		
	cena	jízdní doba	počet nástupišť	typ vozidla	suma intervalů	suma
součet bodů	4	1	0,5	2,5	2	10
váha kritéria	0,4	0,1	0,05	0,25	0,2	1

Zdroj: autor s využitím (57)

Tabulka 18 Stanovení vah variant dle kritéria cena

kritérium	podvarianta	A	B	C	D	X	Y	Z	
cena									
	A								
		0,5							
	B	0,5							
	C	1	1						
				0,5					
	D	1	1	0,5					
	X	1	1	1	1				
						1			
	Y	1	1	1	1				
						1			
Z	1	1	1	1		1			
	podvarianta	A	B	C	D	X	Y	Z	suma
	součet bodů	0,5	0,5	2,5	2,5	6	4	5	21
	váha podvarianty	0,02	0,02	0,12	0,12	0,29	0,19	0,24	1

Zdroj: autor s využitím (57)

Tabulka 19 Stanovení vah variant dle kritéria jízdní doba

kritérium	podvarianta	A	B	C	D	X	Y	Z	
jízdní doba									
	A								
		0,5							
	B	0,5							
		0,5	0,5						
	C	0,5	0,5						
		0,5	0,5	0,5					
	D	0,5	0,5	0,5					
		1	1	1	1				
	X								
		1	1	1	1	1			
	Y								
		1	1	1	1	1			
Z							1		
	podvarianta	A	B	C	D	X	Y	Z	suma
	součet bodů	4,5	4,5	4,5	4,5	2	0	1	21
	váha podvarianty	0,21	0,21	0,21	0,21	0,10	0,00	0,05	1,00

Zdroj: autor s využitím (57)

Tabulka 20 Stanovení vah variant dle kritéria počet nástupišť

kritérium	podvarianta	A	B	C	D	X	Y	Z	
počet nástupišť	A								
	B	1							
	C	0,5	1						
	D	0,5							
	X		0,5						
	Y	1	0,5	1					
	Z	1	0,5	1					
	X	1	1	1	1				
	Y					0,5			
	Z					0,5	0,5		
						0,5	0,5		
						0,5	0,5		
	podvarianta	A	B	C	D	X	Y	Z	suma
součet bodů	0,5	2,5	0,5	2,5	5	5	5	21	
váha podvarianty	0,02	0,12	0,02	0,12	0,24	0,24	0,24	1,00	

Zdroj: autor s využitím (57)

Tabulka 21 Stanovení vah variant dle kritéria typ vozidla

kritérium	podvarianta	A	B	C	D	X	Y	Z	
typ vozidla	A								
	B	1							
	C	0,5							
	D	0,5	1						
	X	1	0,5	1					
	Y	0,5		0,5					
	Z	0,5		0,5					
	X	0,5	1	0,5	1				
	Y	0,5		0,5		0,5			
	Z	0,5	1	0,5	1	0,5	0,5		
						0,5	0,5		
						0,5	0,5		
	podvarianta	A	B	C	D	X	Y	Z	suma
součet bodů	4	0,5	4	0,5	4	4	4	21	
váha podvarianty	0,19	0,02	0,19	0,02	0,19	0,19	0,19	1,00	

Zdroj: autor s využitím (57)

Tabulka 22 Stanovení vah variant dle kritéria suma traťových intervalů

kritérium	podvarianta	A	B	C	D	X	Y	Z	
suma trať. inter.	A	0,5							
	B	0,5							
	C	0,5	0,5						
	D	0,5	0,5	0,5					
	X	1	1	1	1				
	Y	1	1	1	1	0,5			
	Z	1	1	1	1	0,5	0,5		
podvarianta	A	B	C	D	X	Y	Z	suma	
součet bodů	4,5	4,5	4,5	4,5	1	1	1	21	
váha podvarianty	0,21	0,21	0,21	0,21	0,05	0,05	0,05	1,00	

Zdroj: autor s využitím (57)

Tabulka 23 Výsledné stanovení váhy variant

	váha kritéria	váha podvarianty							suma
		A	B	C	D	X	Y	Z	
cena	0,4	0,02	0,02	0,12	0,12	0,29	0,19	0,24	
jízdní doba	0,1	0,21	0,21	0,21	0,21	0,10	0,00	0,05	
počet nástupišť	0,05	0,02	0,12	0,02	0,12	0,24	0,24	0,24	
typ vozidla	0,25	0,19	0,02	0,19	0,02	0,19	0,19	0,19	
suma trať. inter.	0,2	0,21	0,21	0,21	0,21	0,05	0,05	0,05	
									suma
	váha výsledku	0,12	0,09	0,16	0,12	0,19	0,15	0,17	1,00
	váha v [%]	12	9	16	12	19	15	17	100
	pořadí	5.	7.	3.	6.	1.	4.	2.	

Zdroj: autor s využitím (57)

Z Tabulka 23 je patrná váha kritéria. Na prvním místě dle Fullerovy metody je podvarianta X s 19 %, tedy tramvajový viadukt s kolejemi mezi provozními halami a starým autobusovým nádražím.

3.2 Vyhodnocení variant železniční dopravy

Pro výběr varianty z návrhů železniční dopravy byla autorem vybrána následující kritéria pro porovnávání:

- cena,
- jízdní doba,
- plocha izochron,
- obsluha severu centra.

Pro porovnávání ploch izochron byla použita docházková vzdálenost 10 min. Obsluha severu centra pak znamená, zda je přímé spojení na severní část centra města, tedy do oblasti Moravské náměstí / Česká.

Pro zkrácení označení variant byly použity zkratky:

L – Lužánecký tunel,

P – tunel Příkop,

V – tunel Veveří.

V tabulce 24 je možno vidět údaje jednotlivých podvariant rozdělených dle kritérií. V tabulkách 25 – 29 je pak stanovení vah kritérií a variant.

Tabulka 24 Kritéria s podvariantami železničního systému a jejich údaje

Tabulka hodnot	Podvarianty		
	L	P	V
cena	3,31 mld.	3,08 mld.	5,13 mld.
jízdní doba	9 min 10 s	9 min 16 s	9 min 40 s
plocha izochron	5,48 km ²	5,51 km ²	5,25 km ²
obsluha severu centra	ANO	NE	ANO

Zdroj: autor s využitím (57)

Tabulka 25 Stanovení vah kritérií železničních podvariant

	cena	jízdní doba	plocha izochron	obsluha severu centra	
cena					
jízdní doba	1				
plocha izochron	1	0,5			
		0,5			
obsluha severu centra					
	1	1	1		
	cena	jízdní doba	plocha izochron	obsluha severu centra	suma
součet bodů	2	0,5	0,5	3	6
váha kritéria	0,33	0,08	0,08	0,50	1

Zdroj: autor s využitím (57)

Tabulka 26 Stanovení vah variant dle kritéria cena

kritérium	varianta	L	P	V	
cena					
	L				
	P	1			
		1	1		
	V				
	varianta	L	P	V	suma
součet bodů		1	2	0	3
váha varianty		0,33	0,67	0,00	

Zdroj: autor s využitím (57)

Tabulka 27 Stanovení vah variant dle kritéria jízdní doba

kritérium	varianta	L	P	V	
jízdní doba					
	L				
		1			
	P				
		1	1		
	V				
	varianta	L	P	V	suma
	součet bodů	2	1	0	3
	váha varianty	0,67	0,33	0,00	

Zdroj: autor s využitím (57)

Tabulka 28 Stanovení vah variant dle kritéria plocha izochron

kritérium	varianta	L	P	V	
plocha izochron					
	L				
	P	1			
		1	1		
	V				
	varianta	L	P	V	suma
	součet bodů	1	2	0	3
	váha varianty	0,33	0,67	0,00	

Zdroj: autor s využitím (57)

Tabulka 29 Stanovení vah variant dle kritéria obsluha severu centra

kritérium	varianta	L	P	V	
obsluha severu centra					
	L				
		1			
	P				
		0,5			
	V	0,5	1		
	varianta	L	P	V	suma
	součet bodů	2	0	2	3
	váha varianty	0,50	0,00	0,50	

Zdroj: autor s využitím (57)

Tabulka 30 Výsledné stanovení váhy variant

	váha kritéria	váha varianty			
		L	P	V	
cena	0,33	0,33	0,67	0,00	
jízdní doba	0,08	0,67	0,33	0,00	
plocha izochron	0,08	0,33	0,67	0,00	
obsluha severu centra	0,50	0,50	0,00	0,50	
				suma	
váha výsledku		0,44	0,31	0,25	1,00
váha v [%]		44	31	25	100
pořadí		1.	2.	3.	

Zdroj: autor s využitím (57)

V tabulce 30 je uvedena váha jednotlivých variant s pořadím. Vítěznou variantou z navrženého železničního rozšíření je varianta Lužáneckého tunelu se 44 %.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce je po analýze současného stavu kolejové sítě na území města Brna jako centra aglomerace navržení možností jeho dalšího rozvoje s tím, že výsledné varianty budou mezi sebou porovnány v rámci druhu dopravy a pomocí vícekritériálního modelu rozhodování pak bude vybrána z každé kategorie ta nejvhodnější.

V první kapitole byl analyzován současný stav kolejové dopravy, a to jak tramvajového, tak i železničního systému. Důležitým faktorem je zatěžování sítě v centrálním bodě města Brna – v oblasti hlavního nádraží. Traťové intervaly jsou postupně snižovány až na maximální únosnou mez.

Ve druhé kapitole se autor zabýval možnostmi rozšíření kolejového systému a navrhl několik variant pro tramvajový a železniční systém. Pro tramvajovou oblast byly navrženy celkem tři varianty, z čehož jednu ponechal autor v teoretické rovině. Další dvě varianty jsou složené z několika podvariant. Pro páteřní železniční síť byly vytipovány oblasti pro vybudování železničních zastávek na stávající kolejové síti. Další potenciál je však možné očekávat na uvažované trati sever – jih. Proto autor navrhl tři varianty rozšíření železničního systému založeného na železničním tunelu. Dvě varianty jsou situovány pro obsluhu severní oblasti centra města Brna. Pro všechny varianty pak bylo stanoveno přibližné finanční ohodnocení.

V poslední kapitole byly všechny varianty pomocí několika vybraných kritérií porovnány metodou párového srovnání – Fullerovou metodou. Z navržených tramvajových možností rozšíření byla vybrána jako nevhodnější pozemní podvarianta X tramvajového viaduktu s kolejemi vedenými mezi SAN a provozními halami. Z železničních možností se pak dle metody jeví jako nejlepší varianta Lužáneckého tunelu. Výsledkem je menší zatížení a odlehčení přepravních proudů cestujících v oblasti brněnského hlavního nádraží, a to jak železniční stanici, tak i přednádražnímu prostoru linek MHD.

Autor diplomové práce se domnívá, že cíl práce, stanovený v části Úvod, byl splněn.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- (1) Historie MHD v Brně. *Brněnská MHD* [online]. 2008 [cit. 2016-11-13]. Dostupné z: <http://www.bmhd.cz/historie/historie.php>
- (2) Historie firmy. *Dopravní podnik města Brna* [online]. Brno [cit. 2016-12]. Dostupné z: <http://www.dpmb.cz/?seo=historie-firmy>
- (3) Historie středověkých hradeb v Brně. *Středověké hradby: mojebrno* [online]. [cit. 2016-11-12]. Dostupné z: <http://mojebrno.jecool.net/inka--brno-dalsi-zajimavosti-hradby.html>
- (4) Generel veřejné dopravy města Brna. Brno, 2012.
- (5) DRDLA, Pavel. *Osobní doprava regionálního a nadregionálního významu*. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2014. ISBN 978-80-7395-787-2.
- (6) Plán sítě Brno: Síť linek městské dopravy v Brně. *IDS JMK* [online]. Brno, 2016 [cit. 2016-08-11]. Dostupné z: <http://www.idsjmk.cz/mapa/Plan-site-Brno.gif>
- (7) Schéma sítě linek ED. *Dopravní podnik města Brna* [online]. Brno [cit. 2016-08-11]. Dostupné z: <http://www.dpmb.cz/?seo=download&id=2991>
- (8) VYHLÁŠKA Č. 398/2009 SB. O OBECNÝCH TECHNICKÝCH POŽADAVCÍCH ZABEZPEČUJÍCÍCH BEZBARIÉROVÉ UŽÍVÁNÍ STAVEB. *Ministerstvo pro místní rozvoj ČR* [online]. 2009 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: [https://www.mmr.cz/cs/Uzemni-a-bytova-politika/Uzemni-planovani-a-stavebni-rad/Pravo-a-legislativa-\(1\)/Archiv-sekce-Pravo-a-legislativa/Vyhlaska-c-398-2009-Sb-o-obecných-technických-po](https://www.mmr.cz/cs/Uzemni-a-bytova-politika/Uzemni-planovani-a-stavebni-rad/Pravo-a-legislativa-(1)/Archiv-sekce-Pravo-a-legislativa/Vyhlaska-c-398-2009-Sb-o-obecných-technických-po)
- (9) Opravy brněnské Joštovy ulice skončily, přibyl i záchod za tři miliony. *IDnes.cz: Brno a jižní Morava* [online]. 2011 [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: http://brno.idnes.cz/opravy-jostovy-ulice-skoncily-pribyly-lavicky-i-zachod-za-tri-miliony-1mq-/brno-zpravy.aspx?c=A110901_1644018_brno-zpravy_bor
- (10) Rekonstrukce historického jádra. *Brno* [online]. Brno [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: <https://www.brno.cz/doprava2/doprava-ve-meste/rekonstrukce-historickeho-jadra/>
- (11) Velké zlepšování brněnského nádraží. Začne se důkladným úklidem. *IDnes.cz: Brno a jižní Morava* [online]. 2016 [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: http://brno.idnes.cz/zmeny-na-brnenskem-hlavnim-nadrazi-duc-/brno-zpravy.aspx?c=A161201_2289737_brno-zpravy_vh
- (12) Jízdní řády linkové. *Dopravní podnik města Brna* [online]. [cit. 2016-11-10]. Dostupné z: <http://www.dpmb.cz/?seo=jizdni-rady-linkove>

- (13) *Kirchhoffovy zákony* [online]. , 5 [cit. 2016-12-13]. Dostupné z:
<http://www.realisticky.cz/ucebnice/02%20Fyzika%20S%C5%A0/04%20Elekt%C5%99ina%20a%20magnetismus/02%20Elektrick%C3%BD%20proud/18%20Kirchhoffovy%20z%C3%A1kony.pdf>
- (14) Interní materiály DPMB: Jízdní řády
- (15) Projekt Tramvaj do kampusu. *Brno* [online]. [cit. 2016-12-03]. Dostupné z:
<https://www.brno.cz/strategieprojekty/tramvaj-do-kampusu/>
- (16) ING. VESELÝ, Josef. *Příprava a realizace strategického projektu města Brna – Projekt svěřený k přípravě Dopravnímu podniku města Brna, a.s.* [online]. 2015, , 34 [cit. 2016-12-03]. Dostupné z: <http://www.brno-lisen.cz/materialy-trat/f8719>
- (17) Projektované prodloužení Líšeňské dráhy do Jedovnic. *Vítejte na stránkách železniční dopravy a elektroniky* [online]. [cit. 2016-12-03]. Dostupné z: <http://skrebi.msd-doprava.eu/clanky/lj.html>
- (18) Strategické projekty. *Brno* [online]. Brno [cit. 2016-12-03]. Dostupné z:
<https://www.brno.cz/strategieprojekty/>
- (19) Projekt Tramvaj Plotní. *Brno* [online]. [cit. 2016-12-03]. Dostupné z:
<https://www.brno.cz/strategieprojekty/tramvaj-plotni/>
- (20) BC. BINKO, Marek. *Železniční uzel Brno - 175 let bohaté historie a zajímavá budoucnost* [online]. 2014, , 5 [cit. 2016-11-15]. Dostupné z: Historie ŽUB (EUROPOINTBRNO). Brno [online]. [cit. 2016-11-15]. Dostupné z:
<http://www.brno.cz/doprava/velky-mestsky-okruh/prestavba-zeleznicniho-uzlu-brno-europointbrno/historie-zub-europointbrno/>
- (21) ZEITHAMMER, Karel, Bohumil SKÁLA, František PALÍK, et al. *Dvě století českého železničního průmyslu*. Praha: ACRI - Asociace podniků českého železničního průmyslu, 2015. ISBN 978-80-904737-9-9.
- (22) Historie ŽUB (EUROPOINTBRNO). *Brno* [online]. [cit. 2016-11-15]. Dostupné z:
<http://www.brno.cz/doprava/velky-mestsky-okruh/prestavba-zeleznicniho-uzlu-brno-europointbrno/historie-zub-europointbrno/>
- (23) Železniční mapy ČR: Mapy pro širokou veřejnost. *SŽDC* [online]. [cit. 2016-11-15]. Dostupné z: <http://www.szdc.cz/o-nas/zeleznicni-mapy-cr.html>
- (24) Hlavní nádraží v Brně není nafukovací, některé vlaky proto končí v Židenicích. *IDnes.cz: Brno a jižní Morava* [online]. 2010 [cit. 2016-12-06]. Dostupné z:
http://brno.idnes.cz/hlavni-nadrazi-v-brne-neni-nafukovaci-nektere-vlak-y-proto-konci-v-zidenicich-1vy-/brno-zpravy.aspx?c=A101214_1498652_brno-zpravy_bor

- (25) Brno, hlavní nádraží - celková oprava II. a III. nástupiště [online]. 2016, , 11 [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <http://dokumenty.szdc.cz/smlouvy/2016/3108.pdf>
- (26) Oprava nástupišť na nádraží v Brně je za polovinou. *České noviny* [online]. 2016 [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <http://www.ceskenoviny.cz/zpravy/oprava-nastupist-na-nadrazi-v-brne-je-za-polovinou/1377212>
- (27) Význam oprava. *Význam slova* [online]. [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <http://www.vyznam-slova.com/oprava>
- (28) Pojem rekonstrukce. *Slovník cizích slov* [online]. [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <http://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/rekonstrukce>
- (29) Jízdní řád. *SŽDC* [online]. [cit. 2016-12-10]. Dostupné z: <http://www.szdc.cz/provozovani-drahy/knizni-jizdni-rady.html>
- (30) Materiály DFJP UPCE: *Železniční stanice Brno*. 2015.
- (31) OpenStreetMap [online]. [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://www.openstreetmap.org>
- (32) Nádraží v Brně-Králově Poli čeká rozsáhlá oprava za 1,8 miliardy. *E15.cz* [online]. 2016 [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <http://zpravy.e15.cz/byznys/doprava-a-logistika/nadrazi-v-brne-kralove-poli-ceka-rozsahla-oprava-za-1-8-miliardy-1323235>
- (33) ŽELEZNIČNÍ NEŠTĚSTÍ NA NÁDRAŽÍ V BRNĚ-ŽIDENICÍCH. *Encyklopedie dějin města Brna* [online]. 2016 [cit. 2016-12-09]. Dostupné z: http://encyklopedie.brna.cz/home-mmb/?acc=profil_udalosti&load=4432
- (34) Jízdní řády IDS JMK. *IDS JMK* [online]. 2016 [cit. 2016-11-18]. Dostupné z: <http://www.idsjmk.cz/linky.aspx>
- (35) Nahlížení do katastru nemovitostí. *Státní správa zeměměřictví a katastru* [online]. [cit. 2017-02-20]. Dostupné z: <http://nahlizeniidokn.cuzk.cz/>
- (36) Městské komunikace: Návrhové a odvozené kategorie místních komunikací. Městské komunikace a křižovatky [online]. [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: <http://kds.vsb.cz/mkk/mk-kategorie.htm>
- (37) Škoda superb: rozměry. Autopůjčovna Rentík [online]. [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: http://www.autopujcovnarentik.cz/img/skoda_superb_rozmary.jpg
- (38) GRAFICKÉ INFORMAČNÍ LED PANELY PRO VELKÉ UZLY – ELP ŘADA 30X. Herman elektronika [online]. [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: <http://www.herman.cz/produkty/isrd/terminaly-a-zastavky/zastavkove-led-panely/graficke-elp/elp-rada-30x/>
- (39) Pražce: přehled typů. Ing. Petr Litomyský: železniční modely [online]. [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: <http://www.litomysky.cz/drahy/prazce0.htm>

- (40) Kolejnice. Třinecké železářny [online]. [cit. 2017-03-15]. Dostupné z:
https://www.trz.cz/web/trzocel.nsf/link/kolejnice_cz
- (41) Street furniture 2016–2017. Mmcite: městský mobiliář [online]. [cit. 2017-03-15].
Dostupné z:
http://www.mmcite.com/user_uploads/pdf/mmcite/CZ/01mmcite_zastavkove_pristresky.pdf
- (42) Tramvaje: Vozidla brněnské městské dopravy. Tramvaj.cz [online]. [cit. 2017-03-15].
Dostupné z: <http://www.tramvaj.cz/historie/>
- (43) Územní plán města Brna. *Brno - oficiální web statutárního města Brna* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://gis.brno.cz/ags/upmb/>
- (44) Vozidla brněnské městské dopravy. *Dopravní podnik města Brna* [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.dpmb.cz/cs/vozidla>
- (45) Pražské tramvaje. *Vozy Vario LF plus/o aneb olomoucká tramvajová rarita* [online]. [cit. 2017-04-23]. Dostupné z:
<http://www.prazsketramvaje.cz/view.php?cislocianku=2013102801>
- (46) Vyhláška č. 341/2014 Sb.: Vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. *Zákony pro lidi* [online]. 2015 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-341>
- (47) ČSN 28 0318. *Průjezdny průřezy tramvajových tratí a obrisy pro vozidla provozovaná na tramvajových dráhách*. Praha, 2015.
- (48) Územní plán Modřice. *Město Modřice* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z:
http://www.mesto-modrice.cz/sites/default/files/ext/uzemni-plan/modrice_03-doprava.pdf
- (49) Ražba městského železničního tunelu v Lipsku startuje. *ŽelPage* [online]. 2007 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.zelpage.cz/clanky/razba-mestskeho-zeleznicniho-tunelu-v-lipsku-startuje?lang=cs>
- (50) SEVEROJIŽNÍ KOLEJOVÝ DIAMETR. Portál Jihomoravského kraje [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://www.kr-jihomoravsky.cz/Default.aspx?ID=164918&TypeID=2>
- (51) Vlečka Teplárna Královo Pole. *ŽELEZNIČNÍ VLEČKY BRNO* [online]. [cit. 2017-02-20]. Dostupné z: <http://www.vlecky-brno.czweb.org/teplarna1.html>
- (52) Vlečka Královopolská strojárna a VÚCHZ Brno. *ŽELEZNIČNÍ VLEČKY BRNO* [online]. [cit. 2017-02-20]. Dostupné z: <http://www.vlecky-brno.czweb.org/krpole.html>

- (53) Cenové normativy pro ocenění železničních staveb ve stupni Záměr projektu pro předprojektovou přípravu staveb. *Státní fond dopravní infrastruktury* [online]. 2013 [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: http://www.sfdi.cz/soubory/obrazky-clanky/cenove-databaze/2013_cenove_normativy_2012-09.pdf



- (54) Metodika Sdružení dopravních podniků, 2015. [cit. 2017-05-19].
- (55) Územní plán města Brna. *Brno - oficiální web statutárního města Brna* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://gis.brno.cz/ags/upmb/>
- (56) Komunikace: Bývalá vlečka v Brně - Králově Polí. *Badatelna: Výpravy do minulosti* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: http://davar.cz/badatelna/xref/kom_brno_kenik_vlecka.htm
- (57) BULÍČEK, Josef. *Systémová analýza: studijní opora*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013. ISBN 978-80-7395-630-1.
- (58) Semestrální práce: Návrh nákrešného jízdního řádu. *Školní předmět: Technologie a řízení dopravy – železniční doprava*. [cit. 2017-05-16].

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A1: Intervaly na jednotlivých úsecích tramvajové sítě

Příloha A2: Síť autobusových linek

Příloha A3: Síť trolejbusových linek

Příloha B1: Traťové intervaly železniční sítě ve městě Brně

Příloha C1: Příčný řez přednádražním prostorem

Příloha D1: Příčný řez ve variantě 6 kolejí

Příloha E1: Příčný řez varianty A – Tramvaj pod podchodem s vnějšími nástupišti

Příloha E2: Podélný řez variant A a B – Tramvaj pod podchodem s vnějšími nástupišti, popř.
s ostrovním nástupištěm

Příloha E3: Příčný řez varianty B – Tramvaj pod podchodem s ostrovními nástupišti

Příloha E4: Příčný řez varianty C – Tramvaj v úrovni podchodu s vnějšími nástupišti

Příloha E5: Podélný řez variant C a D – Tramvaj pod podchodem s vnějšími nástupišti, popř.
s ostrovním nástupištěm

Příloha E6: Příčný řez varianty D – Tramvaj v úrovni podchodu s ostrovním nástupištěm

Příloha E7: Vjezd Soukenická: letecký a příčný pohled

Příloha E8: Vjezd Soukenická: podélný pohled

Příloha E9: Vjezd Benešova: letecký a příčný pohled

Příloha E10: Vjezd Benešova: podélný pohled

Příloha E11: Vjezd Křenová: letecký a příčný pohled

Příloha E12: Vjezd Křenová: podélný pohled

Příloha F1: Postup a způsob výpočtu jízdní doby v tramvajové a železniční dopravě

Příloha G1: Varianta X – jižní koleje na účelové komunikaci

Příloha G2: Varianta Y – jižní koleje v poloze provozních hal

Příloha G3: Varianta Z – jižní koleje vedené ve stávajícím prostoru železnice

Příloha H1: Navrhované vedení tratě Lužáneckého tunelu

Příloha H2: Detail první varianty tunelového portálu v oblasti žst. Brno hl. n. Lužáneckého
tunelu

Příloha H3: Detail druhé varianty tunelového portálu v oblasti žst. Brno hl. n. Lužáneckého
tunelu

Příloha H4: Detail druhého tunelového portálu v oblasti Ponavy Lužáneckého tunelu

Příloha I1: Navrhované vedení tratě tunelu Příkop

Příloha I2: Detail prvního portálu v oblasti Brno hl. n. tunelu Příkop

Příloha I3: Detail druhého portálu v oblasti Ponavy tunelu Příkop

Příloha I4: Izochrony z navržených železničních zastávek varianty tunel Příkop

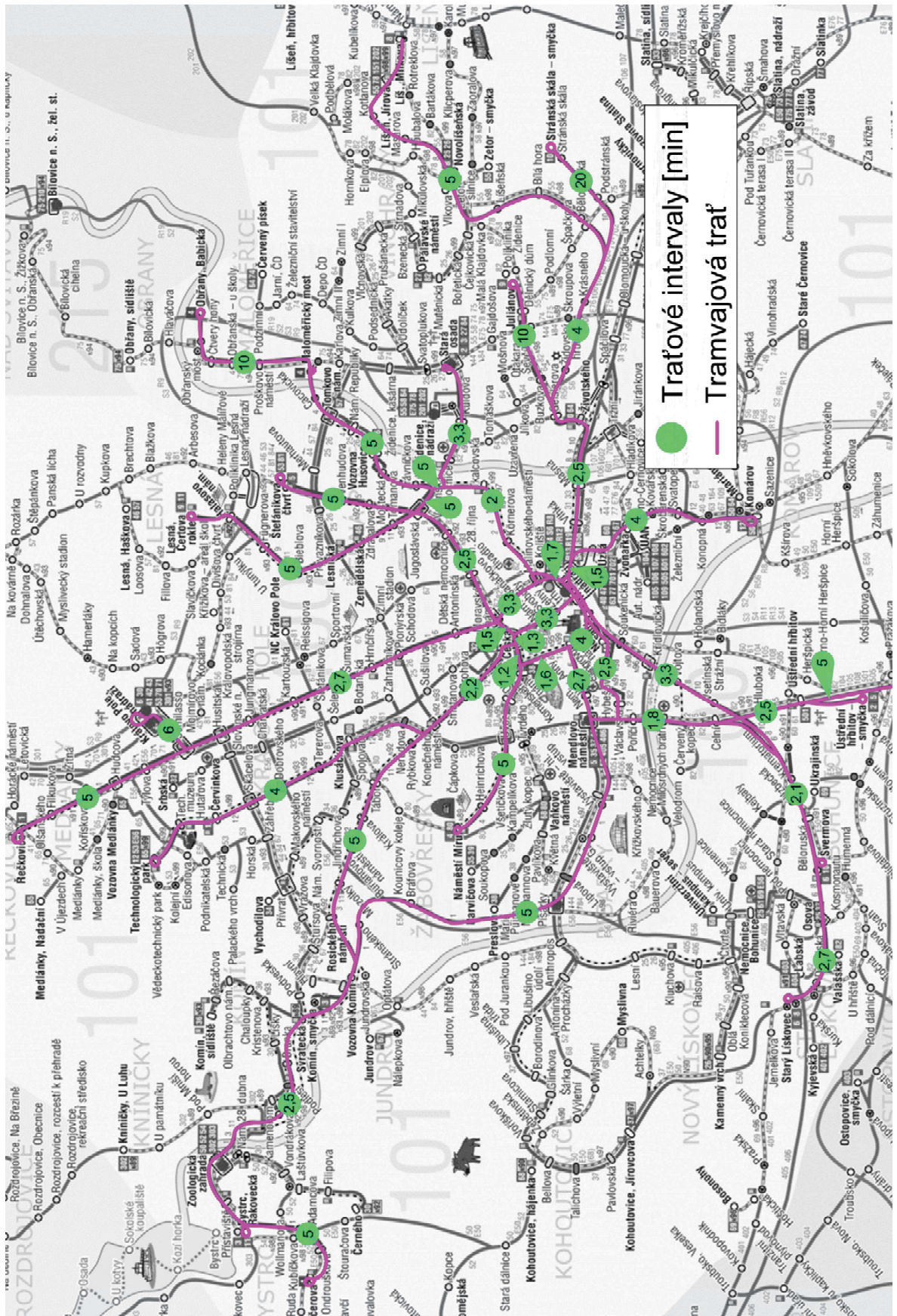
Příloha J1: Navrhované vedení tratě varianty tunel Veveří

Příloha J2: Druhý portál varianty tunel Veveří

Příloha J3: Izochrony z navržených železničních zastávek varianty tunel Veveří

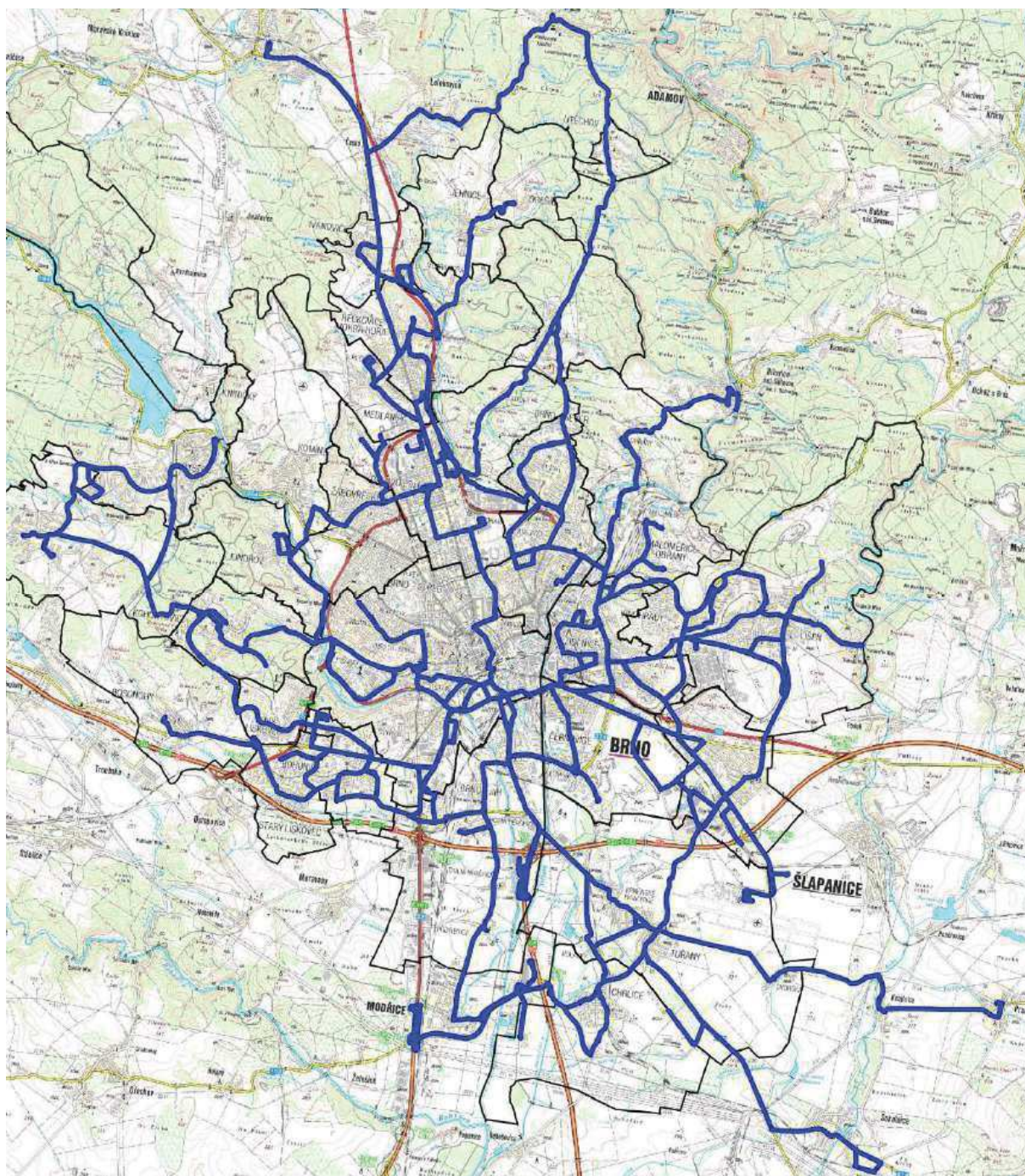
PŘÍLOHY

Příloha A1: Intervaly na jednotlivých úsecích tramvajové sítě



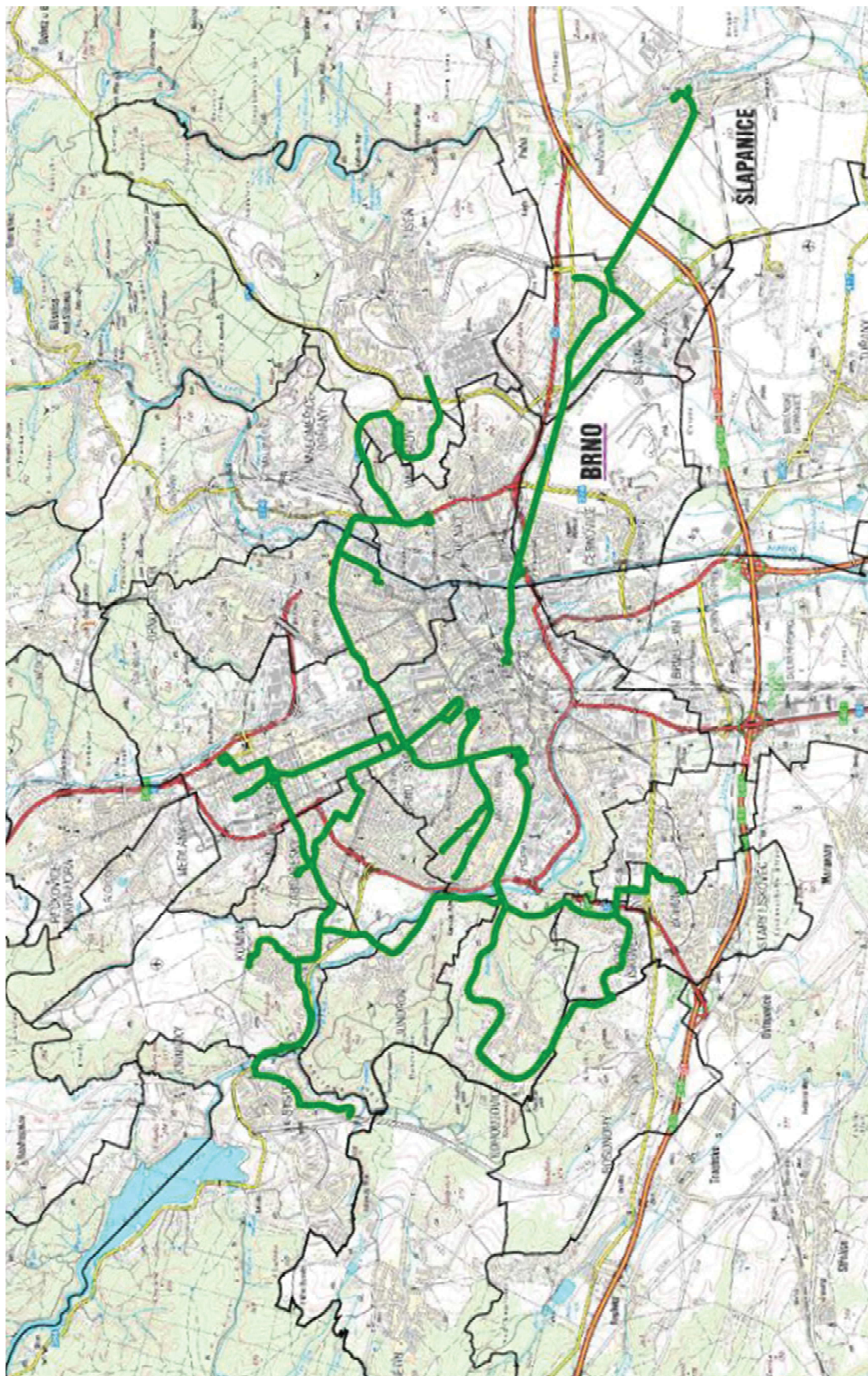
Zdroj: autor s využitím (6) (12)

Příloha A2: Síť autobusových linek



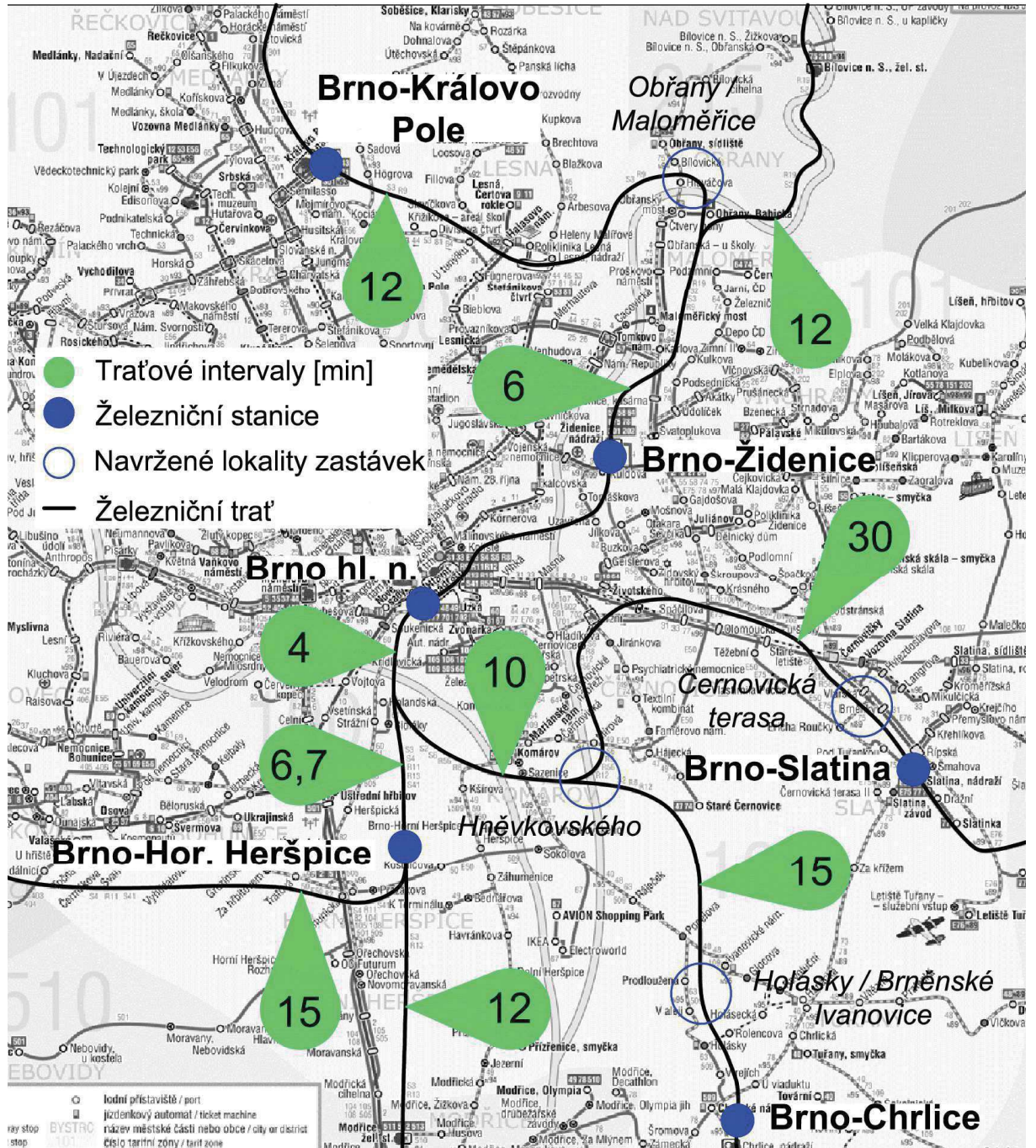
Zdroj: (4)

Příloha A3: Síť trolejbusových linek



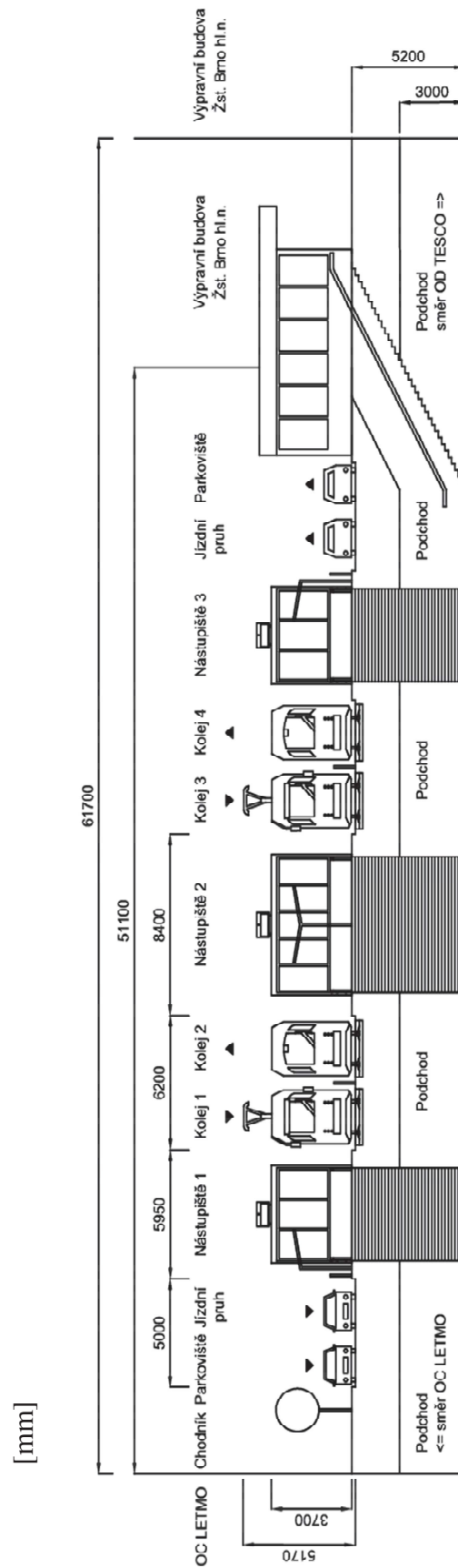
Zdroj: (4)

Příloha B1: Traťové intervaly železniční sítě ve městě Brně



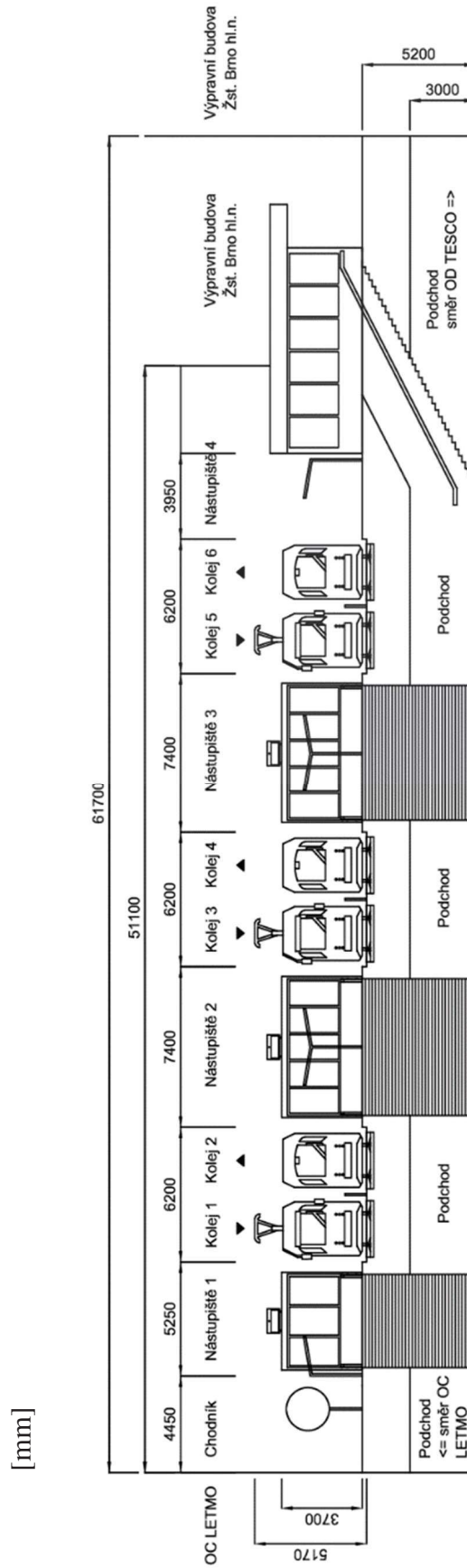
Zdroj: autor s využitím (6) (29) (34)

Příloha C1: Příčný řez přednádražním prostorem



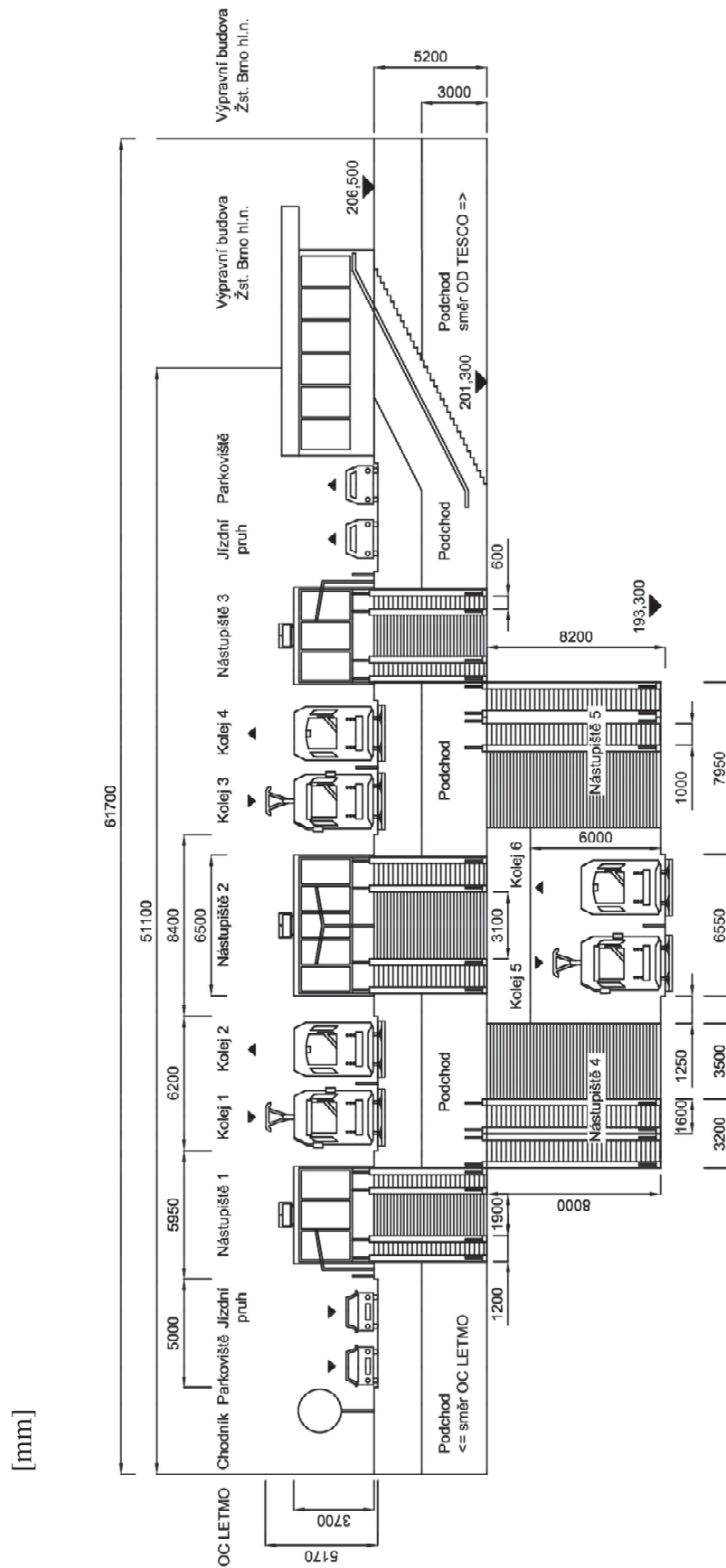
Zdroj: autor s využitím (35) (36) (37) (38) (39) (40) (41) (42)

Příloha D1: Příčný řez ve variantě 6 kolejí



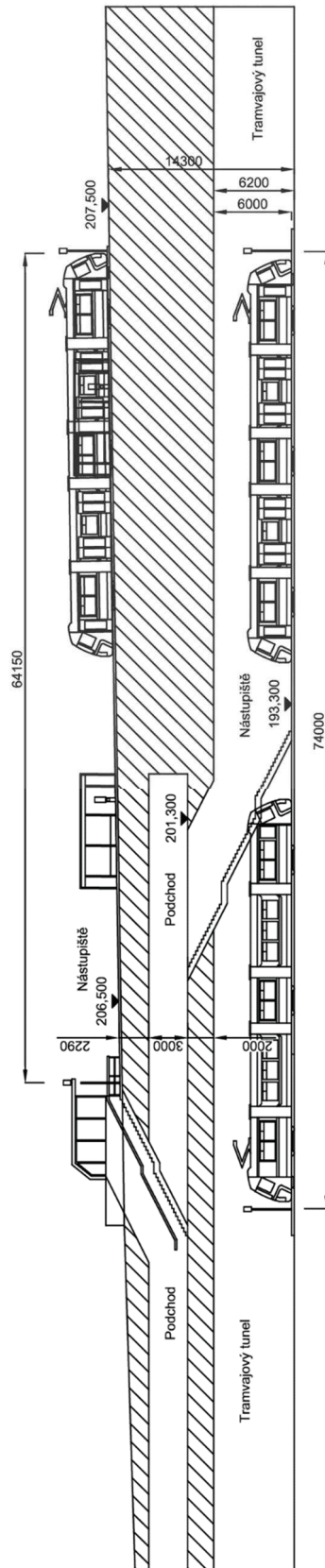
Zdroj: autor s využitím (35) (36) (37) (38) (39) (40) (41) (42)

Příloha E1: Příčný řez varianty A – Tramvaj pod podchodem s vnějšími nástupišti



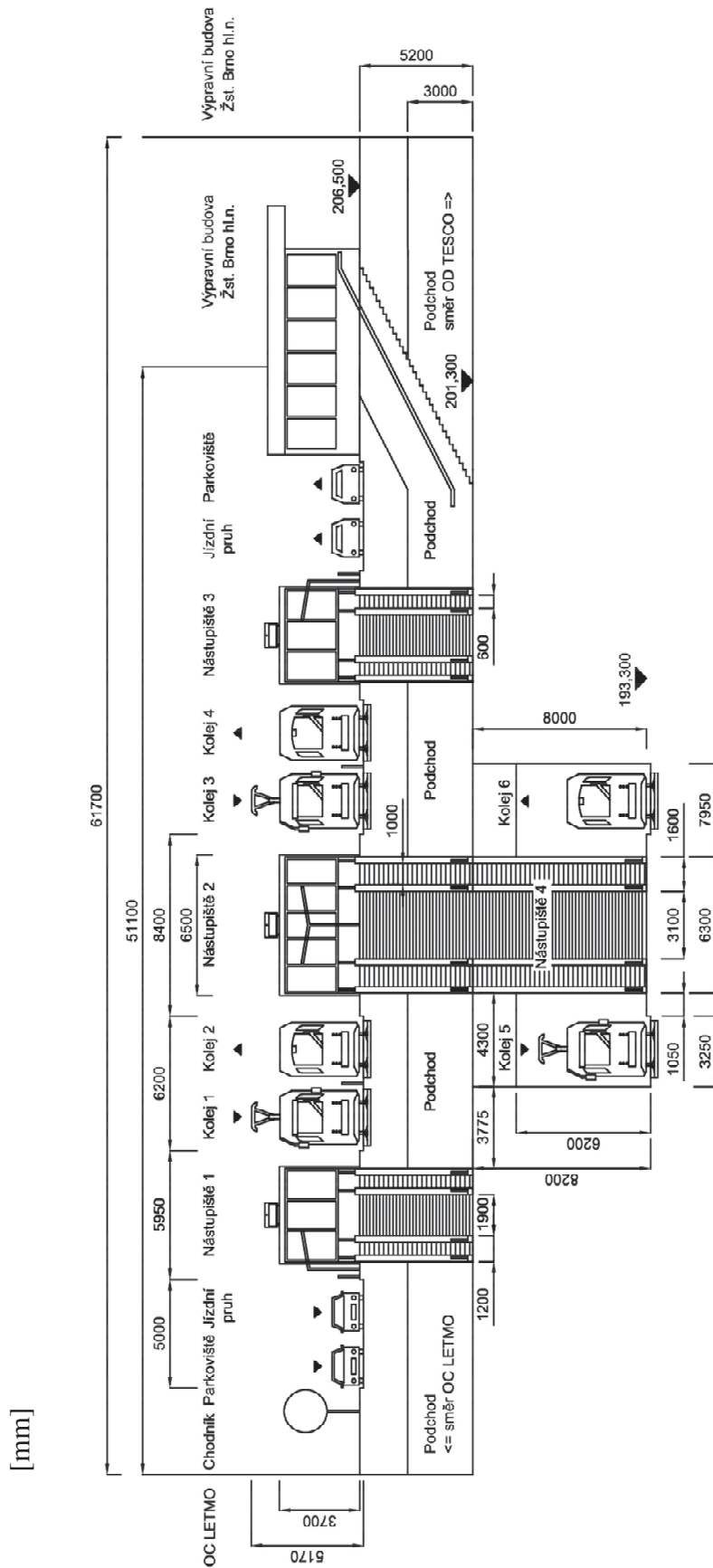
Zdroj: autor s využitím (35) (36) (37) (38) (39) (40) (41) (42) (47)

Příloha E2: Podélný řez variant A a B – Tramvaj pod podchodem s vnějšími nástupišti, popř. s ostrovním nástupištěm



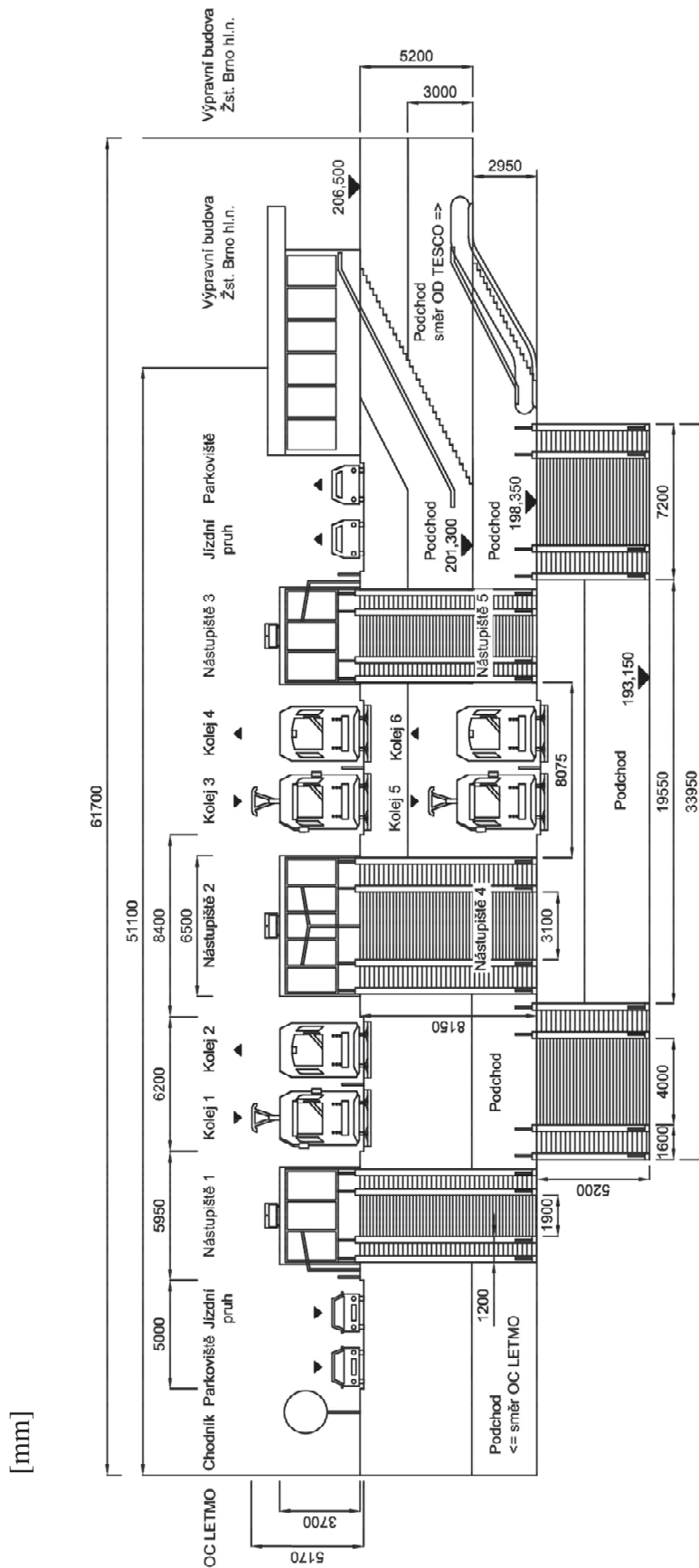
Zdroj: autor s využitím (35) (36) (38) (39) (40) (41) (42) (47)

Příloha E3: Příčný řez varianty B – Tramvaj pod podchodem s ostrovními nástupišti



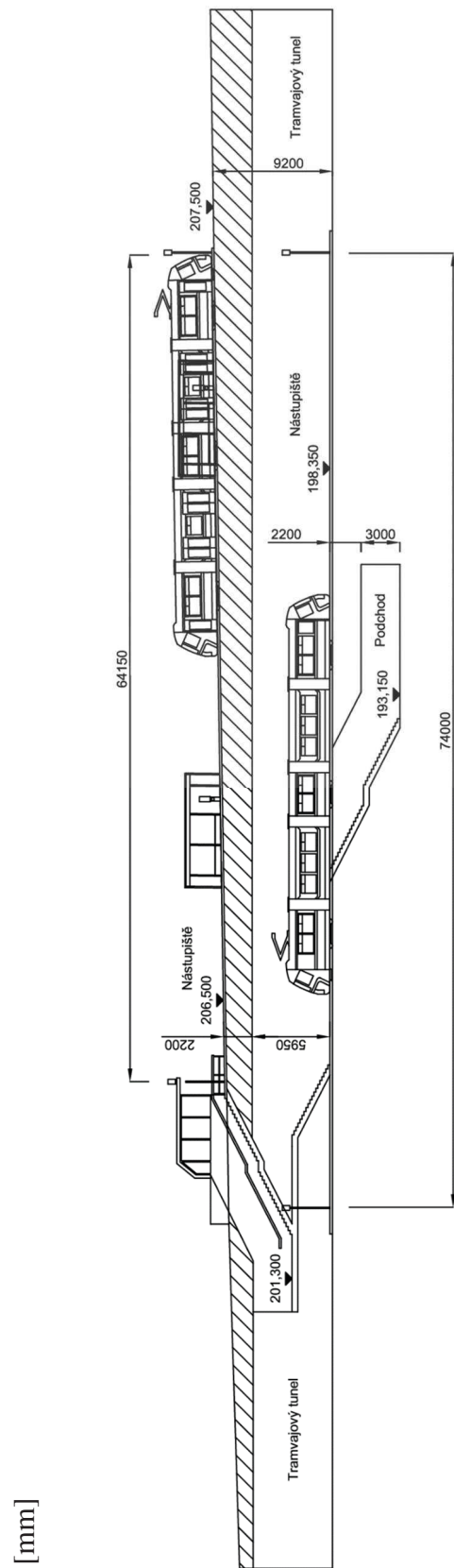
Zdroj: autor s využitím (35) (36) (37) (38) (39) (40) (41) (42) (47)

Příloha E4: Příčný řez varianty C – Tramvaj v úrovni podchodu s vnějšími nástupišti



Zdroj: autor s využitím (35) (36) (37) (38) (39) (40) (41) (42) (47)

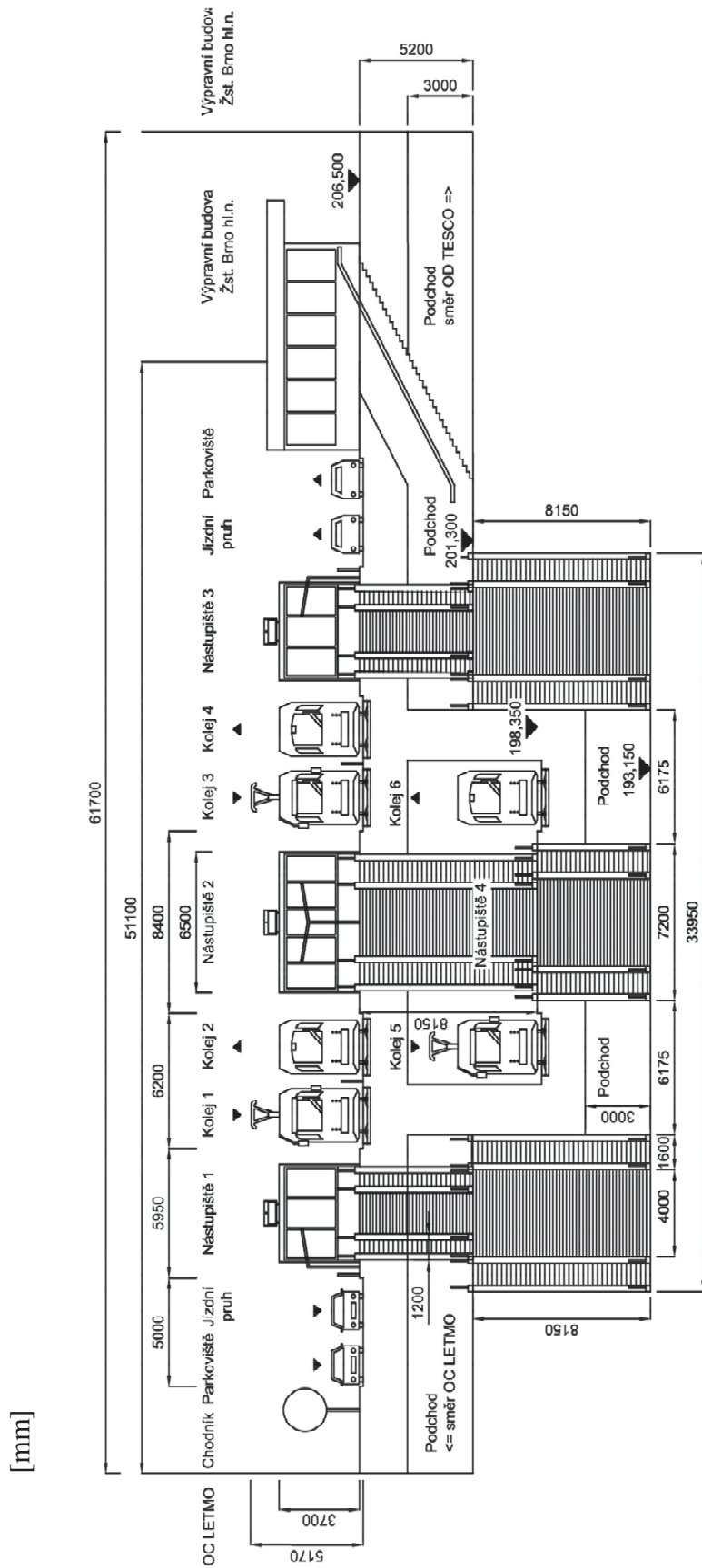
Příloha E5: Podélný řez variant C a D – Tramvaj pod podchodem s vnějšími nástupišti, popř. s ostrovním nástupištem



[mm]

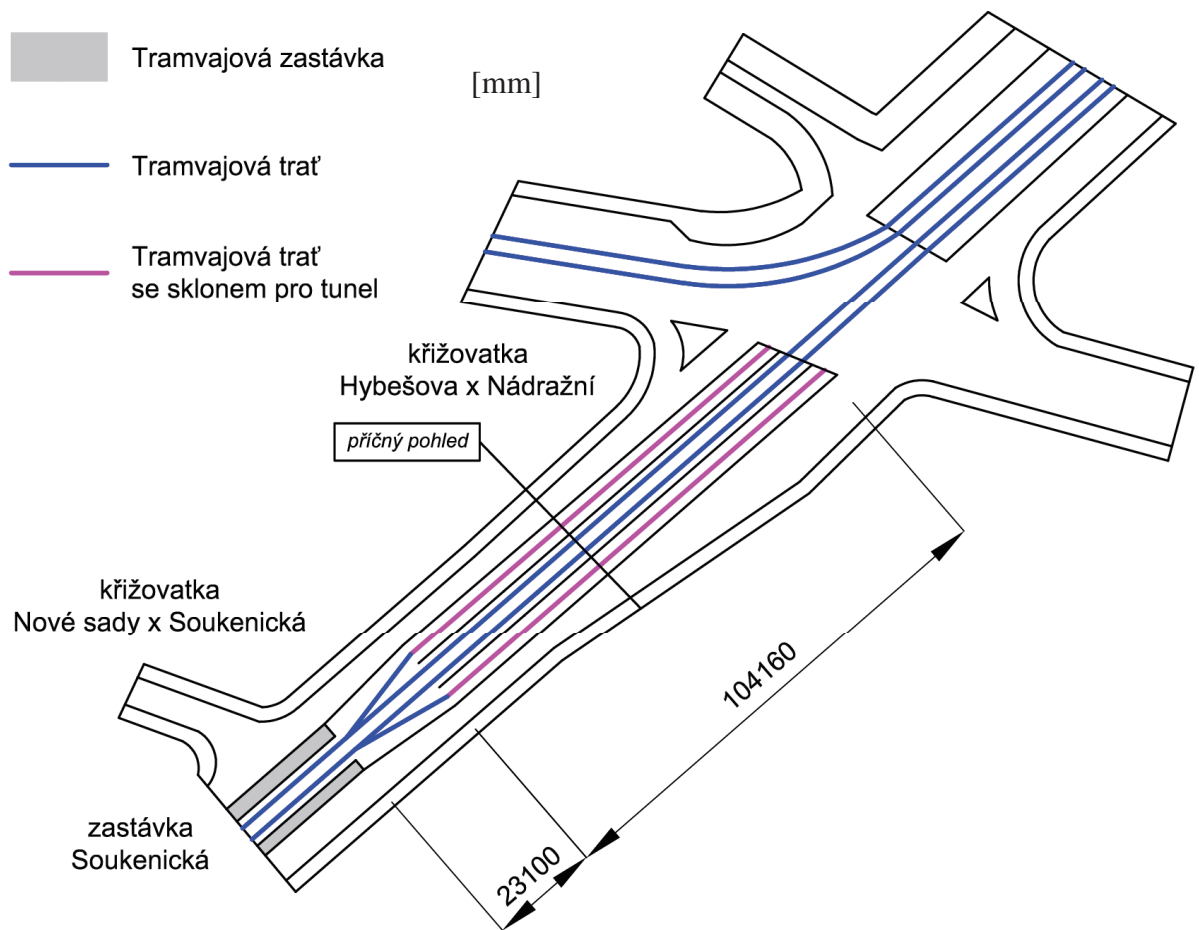
Zdroj: autor s využitím (35) (36) (38) (39) (40) (41) (42) (47)

Příloha E6: Příčný řez varianty D – Tramvaj v úrovni podchodu s ostrovním nástupištěm

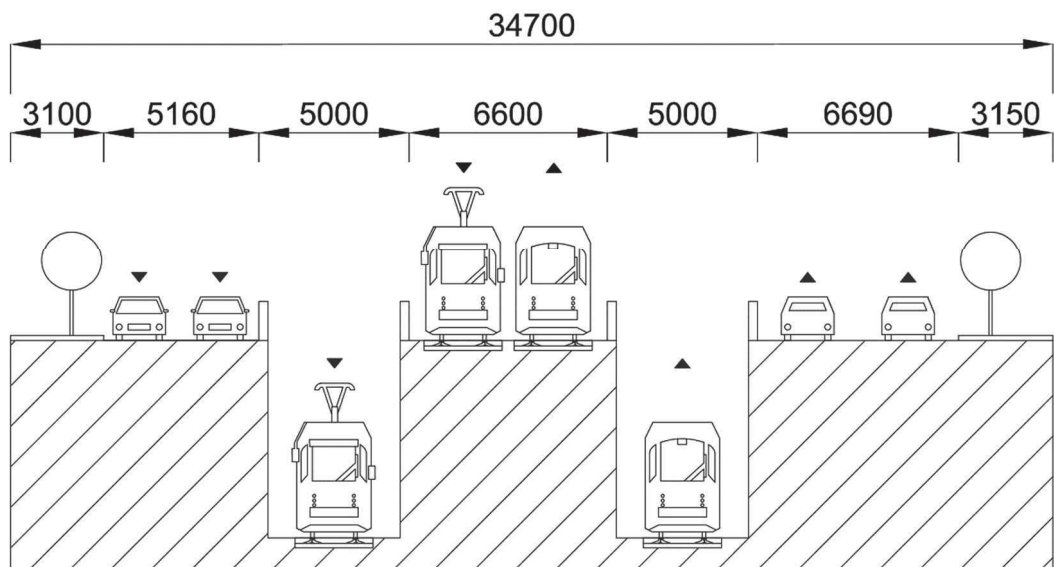


Zdroj: autor s využitím (35) (36) (37) (38) (39) (40) (41) (42)

Příloha E7: Vjezd Soukenická: letecký a příčný pohled



příčný pohled

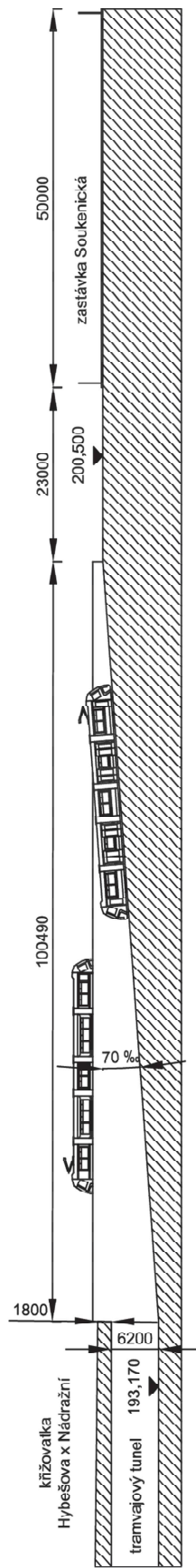


Zdroj: autor s využitím (35) (36) (37) (38) (39) (40) (41) (42) (47)

Příloha E8: Vjezd Soukenická: podélný pohled

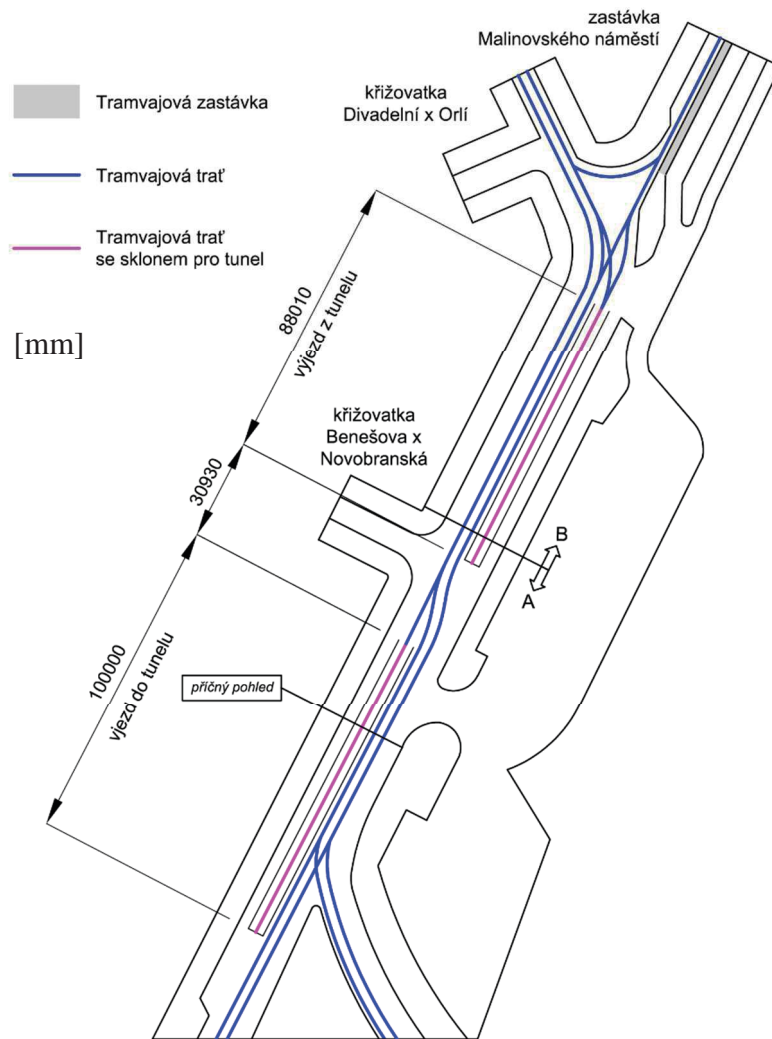
[mm]

Tramvajový portál – Soukenická

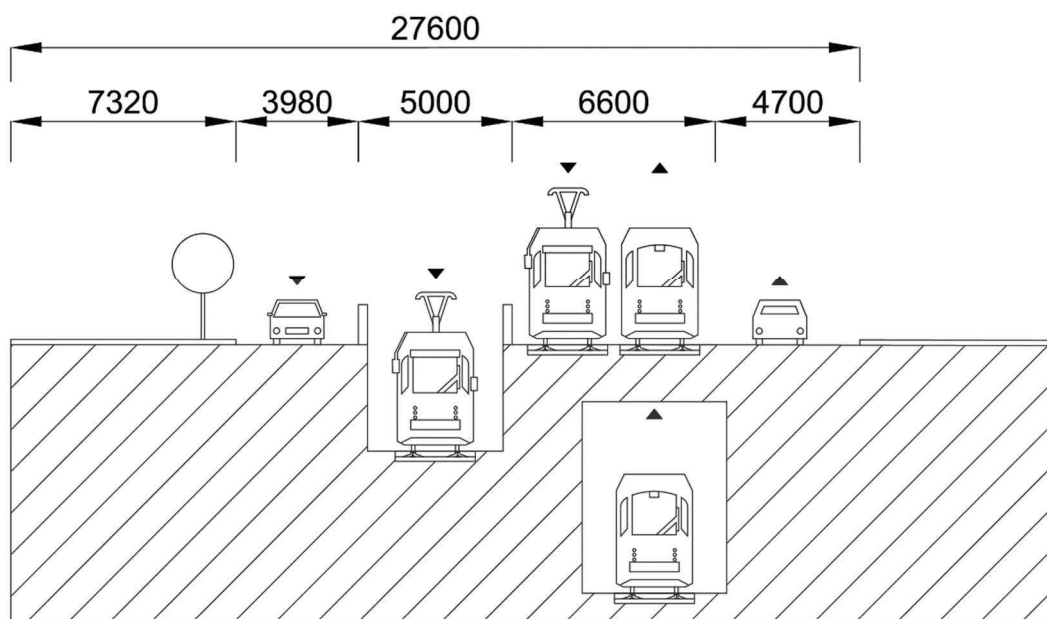


Zdroj: autor s využitím (35) (36) (41) (42) (47)

Příloha E9: Vjezd Benešova: letecký a příčný pohled

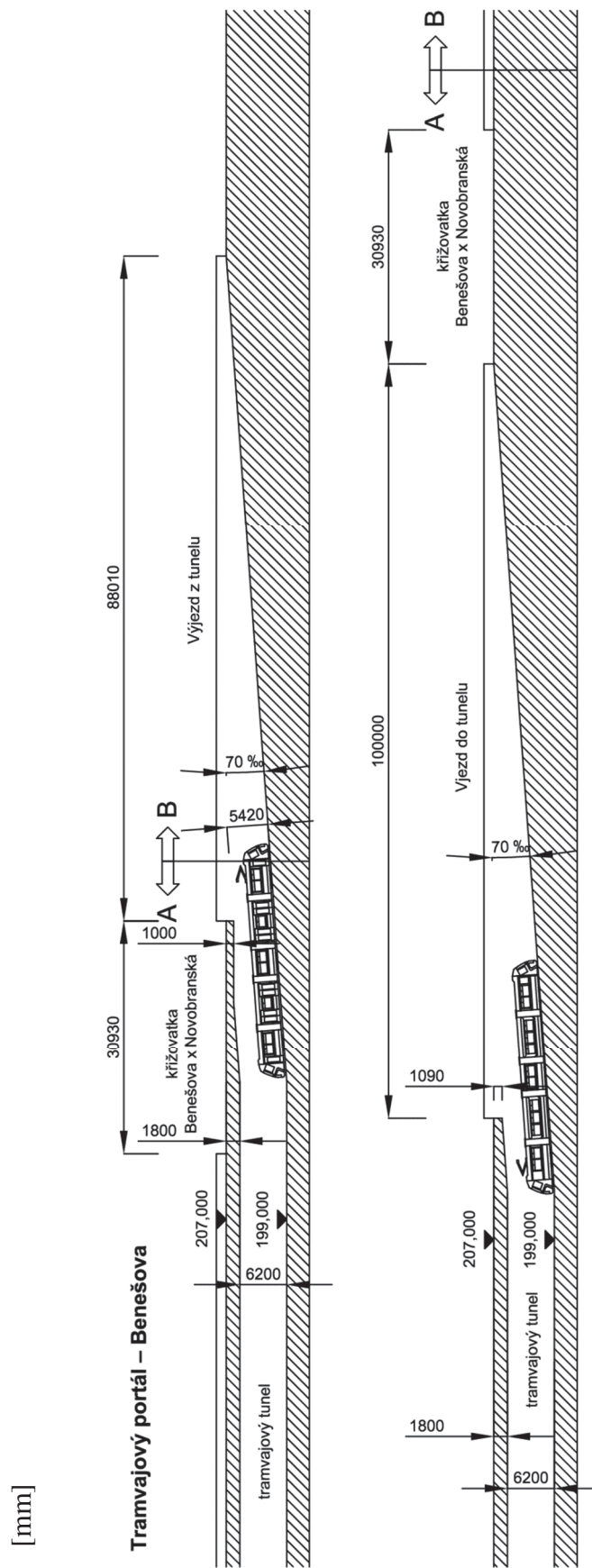


příčný pohled



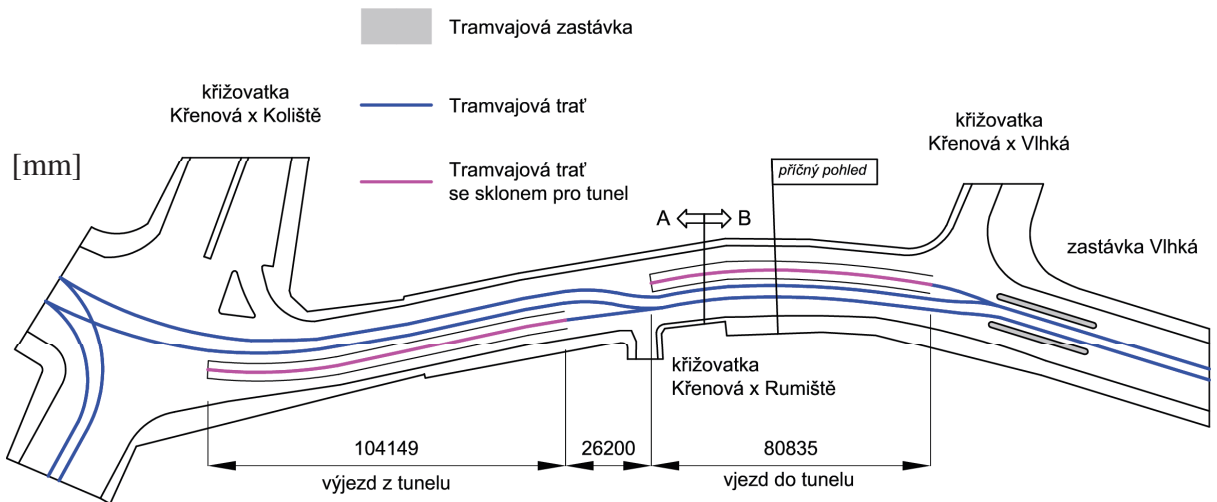
Zdroj: autor s využitím (35) (36) (37) (38) (39) (40) (41) (42) (47)

Příloha E10: Vjezd Benešova: podélný pohled

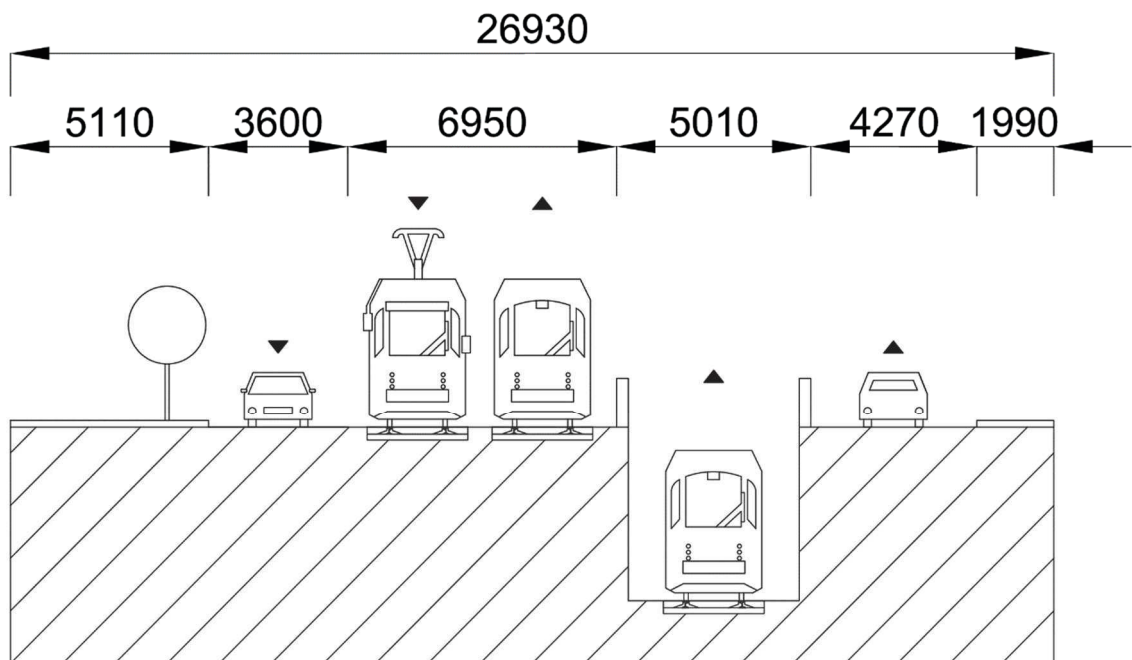


Zdroj: autor s využitím (35) (36) (41) (42) (47)

Příloha E11: Vjezd Křenová: letecký a příčný pohled

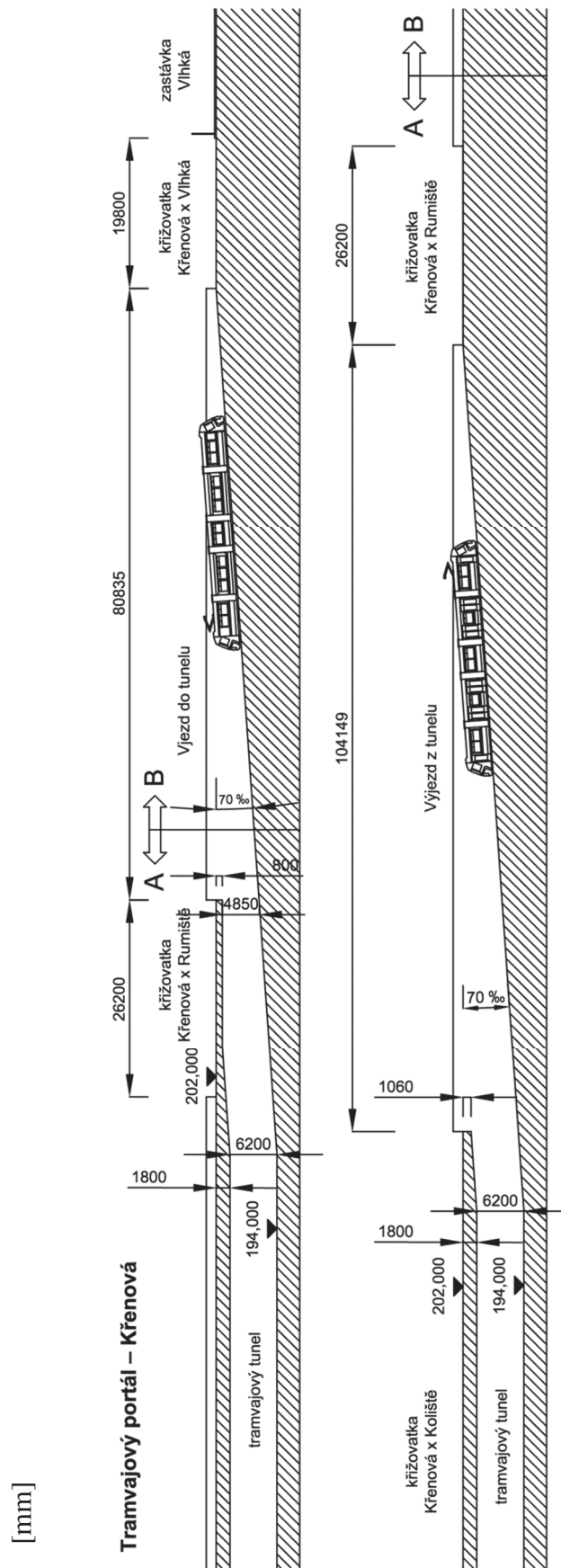


příčný pohled



Zdroj: autor s využitím (35) (36) (37) (38) (39) (40) (41) (42) (47)

Příloha E12: Vjezd Křenová: podélný pohled



Zdroj: autor s využitím (35) (36) (41) (42) (47)

Příloha F1: Postup a způsob výpočtu jízdní doby v tramvajové a železniční dopravě

Tramvajová doprava

příklad výpočtu úseku Soukenická – Nové sady:

$$s = 0,299 \text{ km}$$

$$v = 50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$a = 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$b = 1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Rozjezd

$$t = \frac{v}{a} = \frac{50:3,6}{1} = \mathbf{14 \text{ s}}$$

$$s = \frac{1}{2}at^2 = 0,5 * 1 * 14^2 = \mathbf{0,096 \text{ km}} < 0,299 \text{ km} - 0,096 \text{ km}$$

Zastavení

$$t = \frac{v}{b} = \frac{50:3,6}{1,2} = \mathbf{12 \text{ s}}$$

$$s = v_0t - \frac{1}{2}bt^2 = \frac{50}{3,6} * 12 + 0,5 * 1,2 * 12^2 = \mathbf{0,080 \text{ km}} < 0,203 \text{ km} - 0,080 \text{ km}$$

Jízda (s = 0,122 km)

$$t = \frac{s}{v} = \frac{0,299 - 0,096 - 0,080}{50} * 3600 = \mathbf{9 \text{ s}}$$

$$\sum \text{jízdní doby} = \sum 14 + 12 + 9 = \mathbf{34 \text{ s}}$$

Železniční doprava

v = uvedena v tabulkách v textu

s = uvedena v tabulkách v textu

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

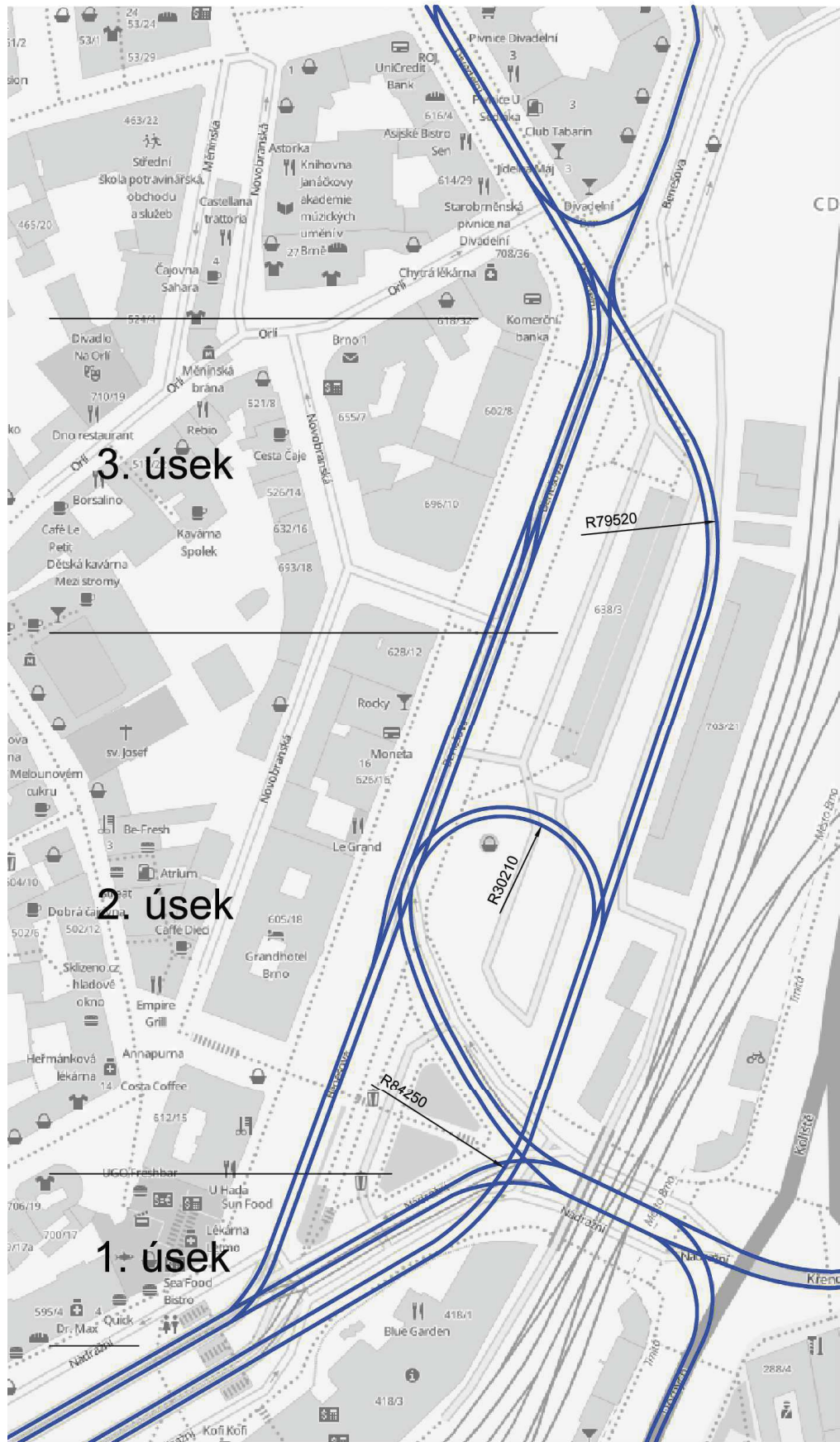
$$b = 0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Postup výpočtu stejný jako u tramvajové dopravy.

Zdroj: autor s využitím (58)

Příloha G1: Varianta X – jižní koleje na účelové komunikaci

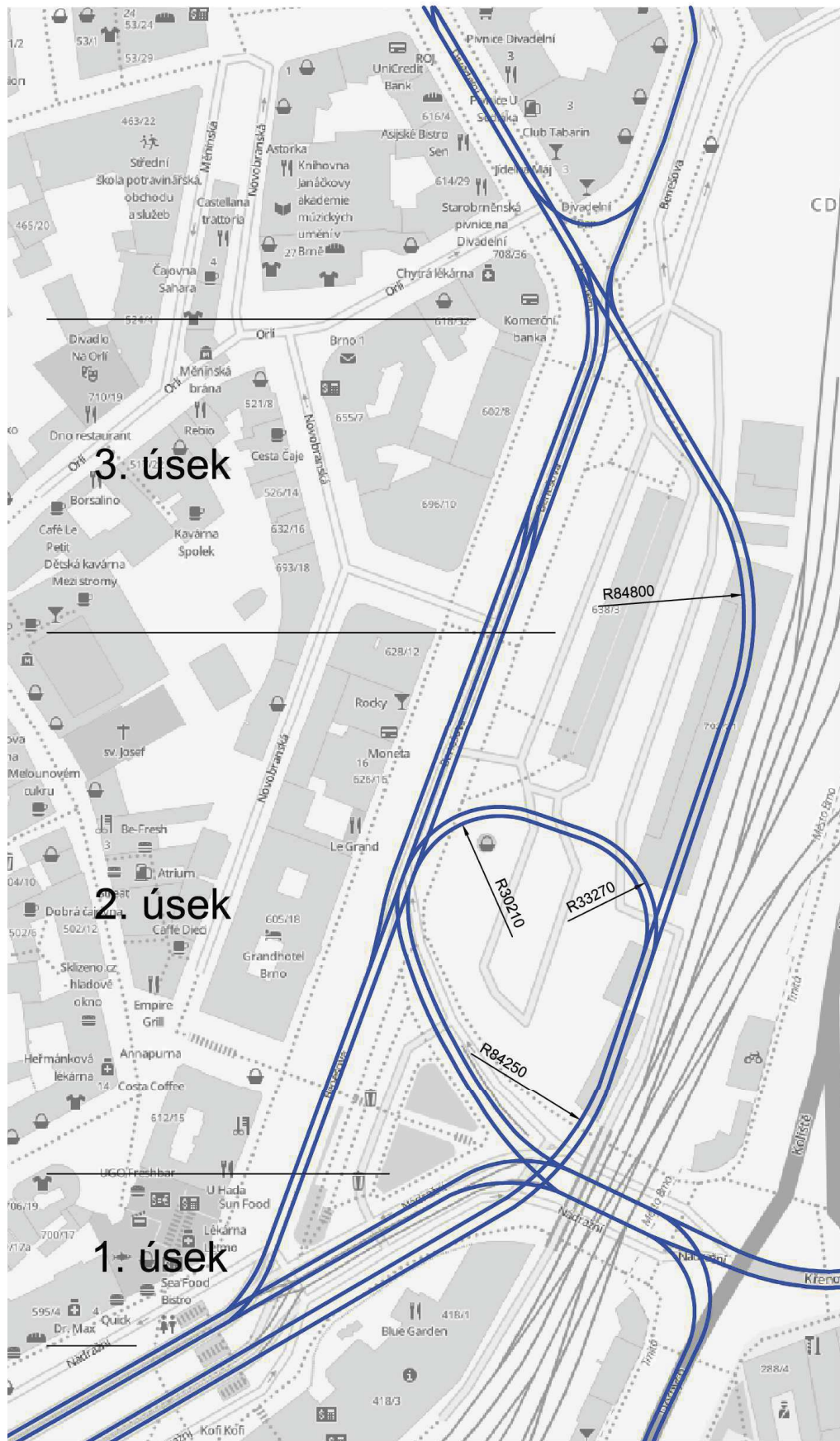
[mm]



Zdroj: autor s využitím (31)

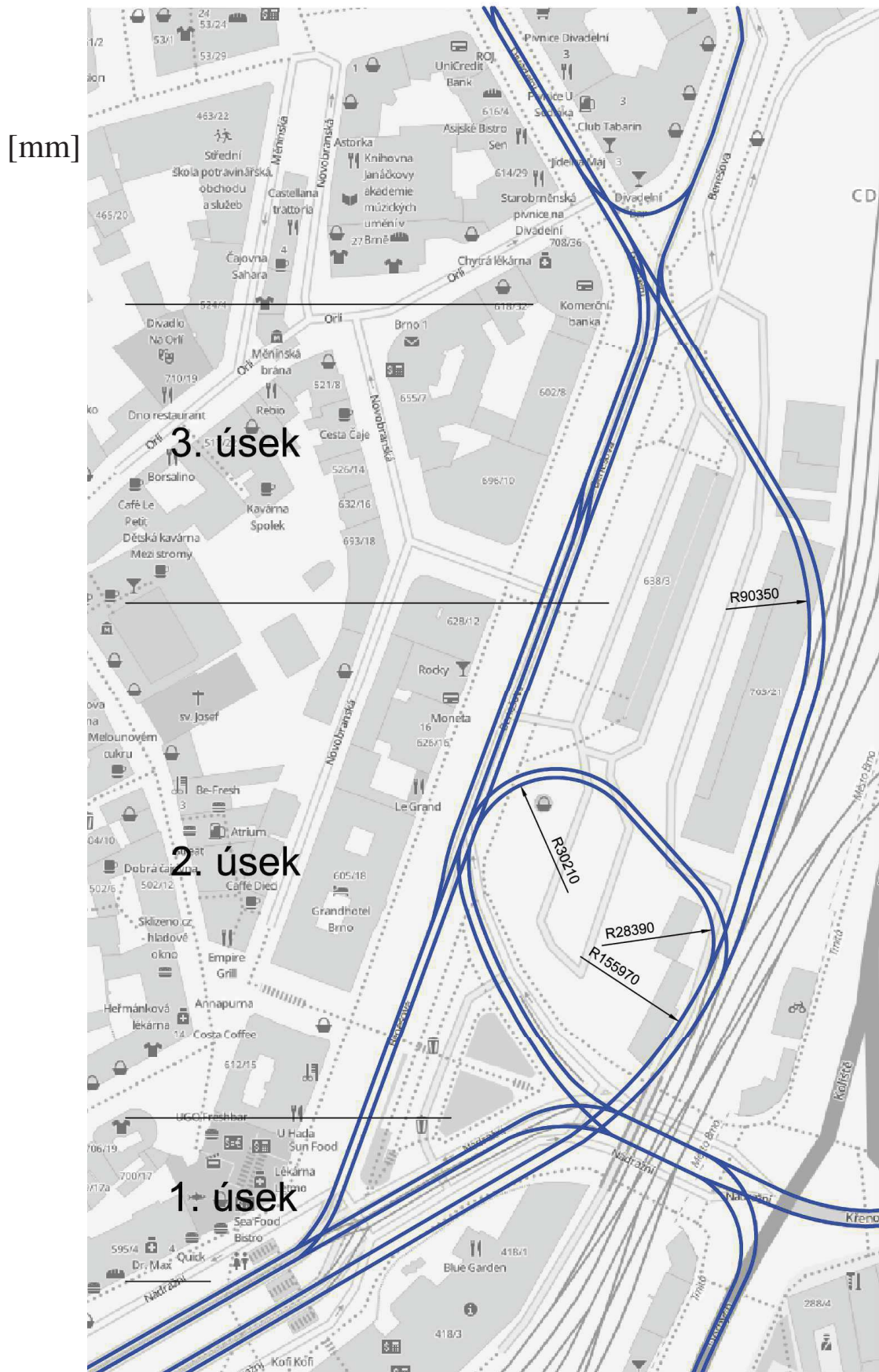
Příloha G2: Varianta Y – jižní koleje v poloze provozních hal

[mm]



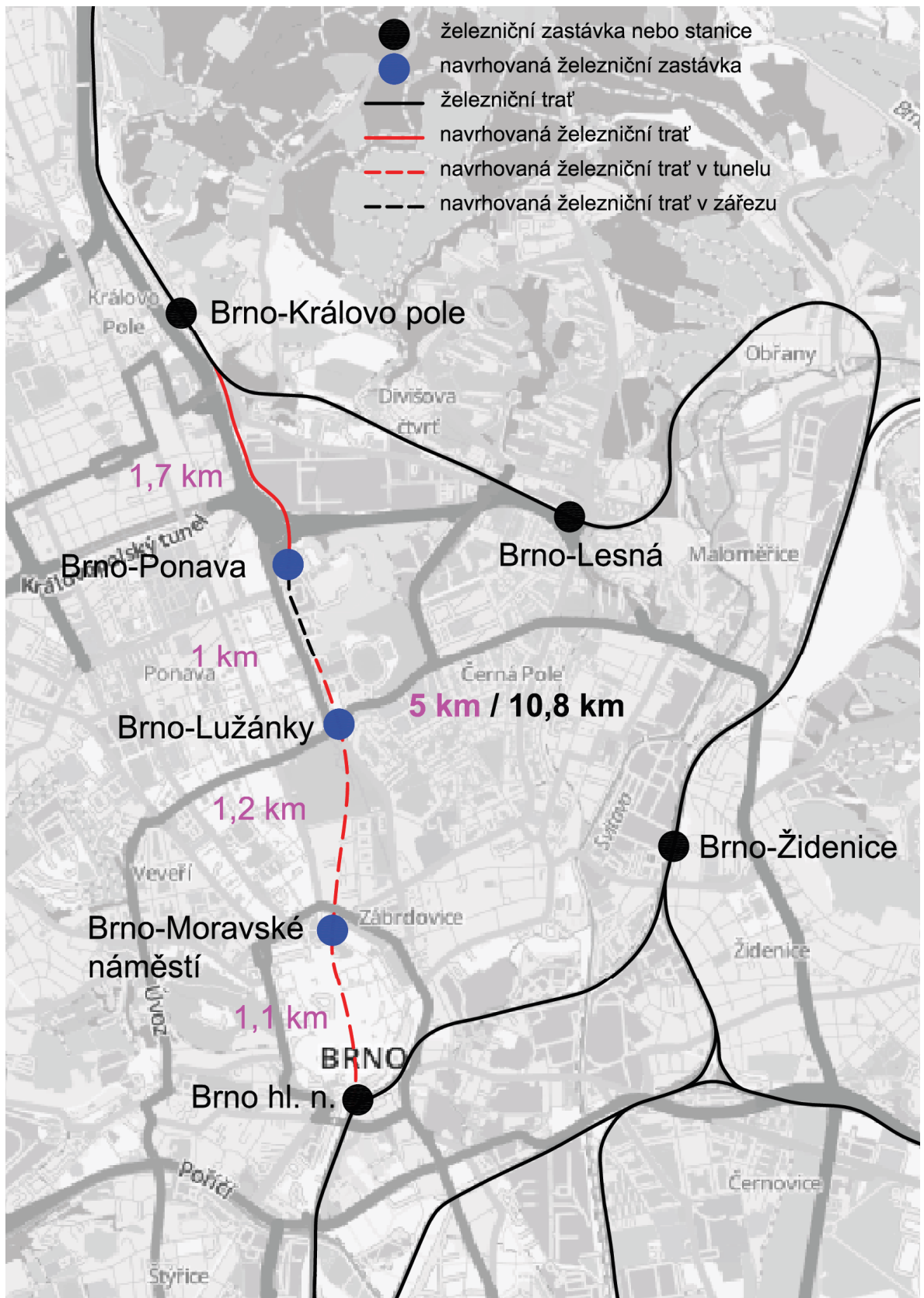
Zdroj: autor s využitím (31)

Příloha G3: Varianta Z – jižní koleje vedené ve stávajícím prostoru železnice



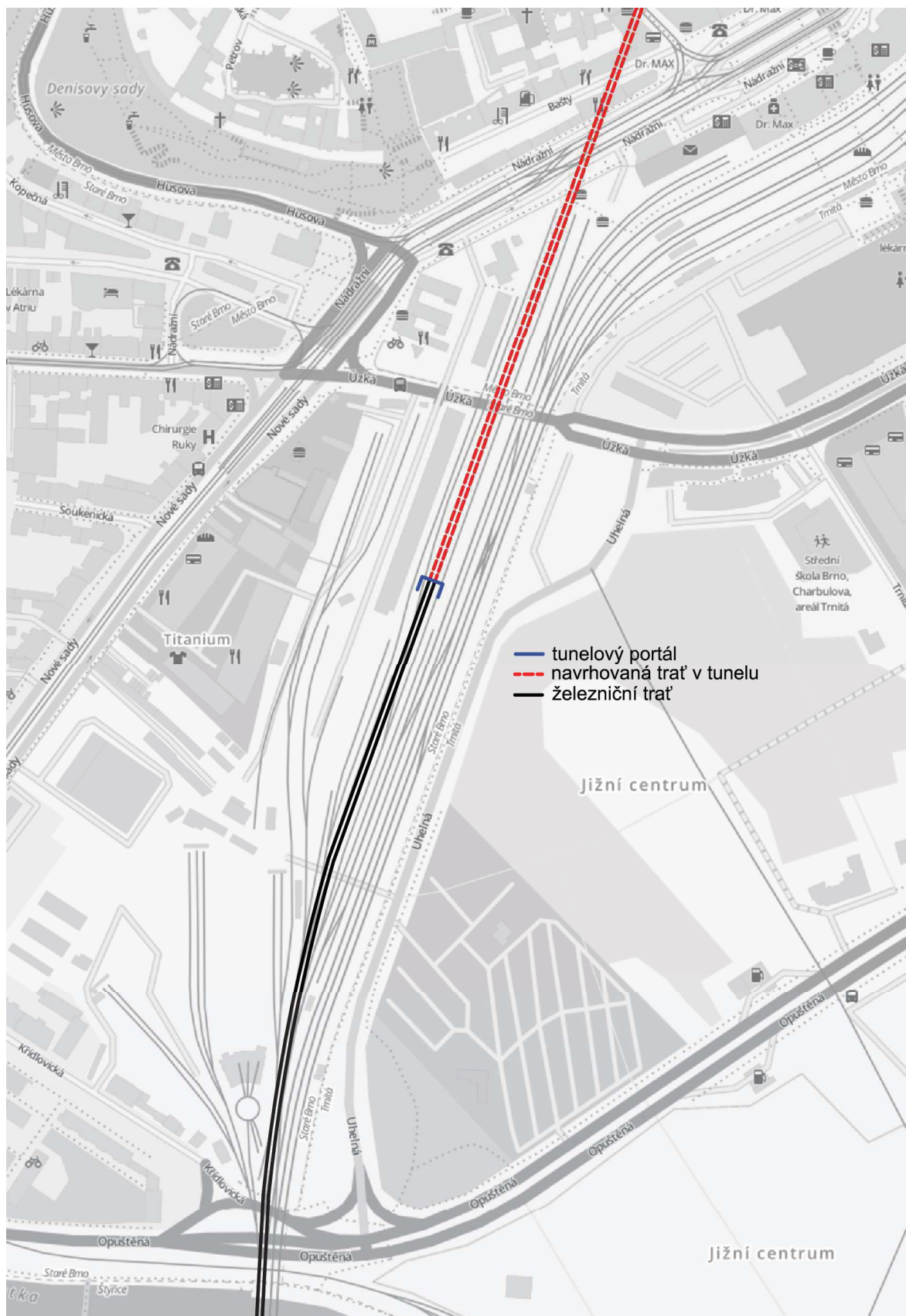
Zdroj: autor s využitím (31)

Příloha H1: Navrhované vedení tratě Lužáneckého tunelu



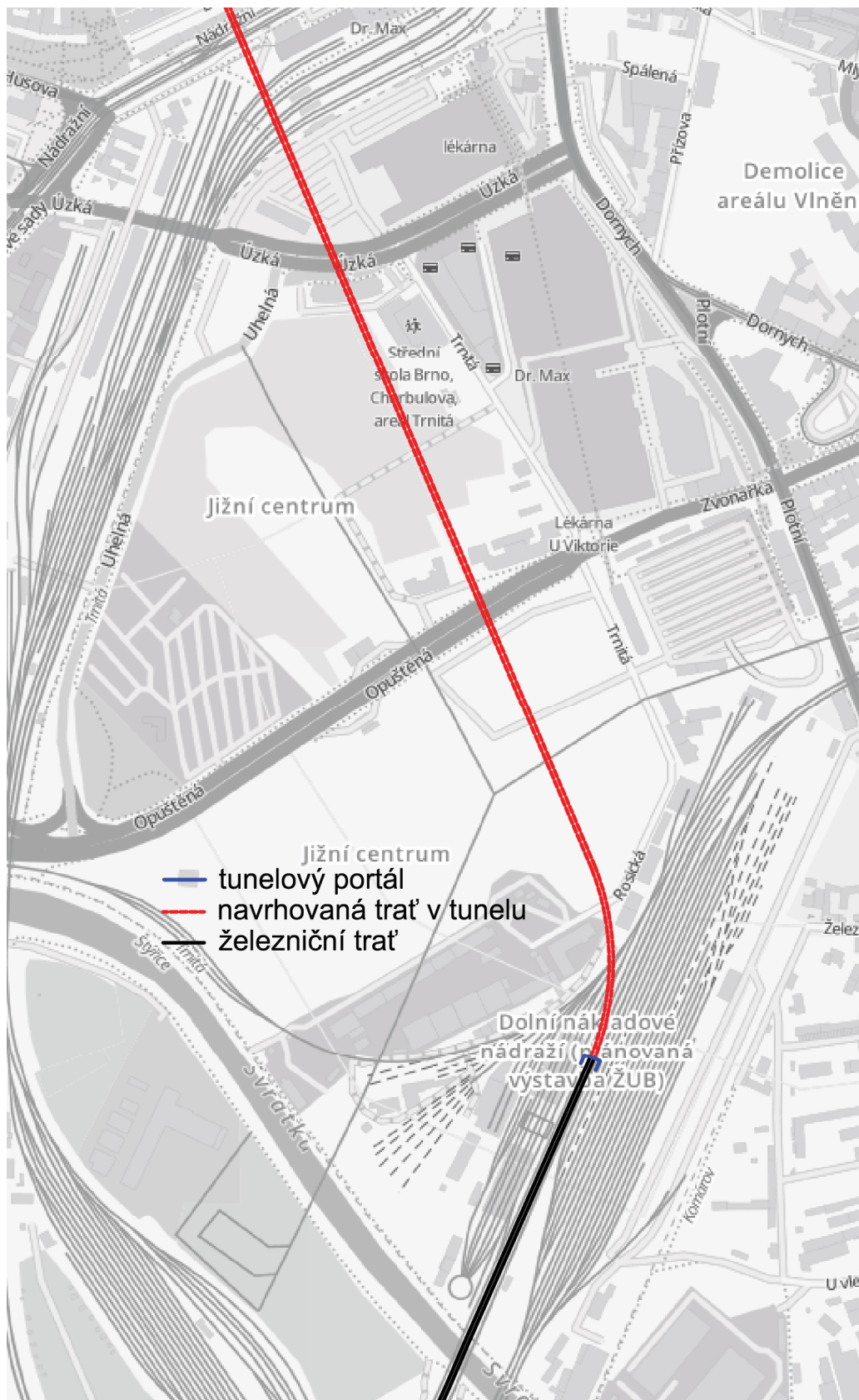
Zdroj: autor s využitím (31)

Příloha H2: Detail první varianty tunelového portálu v oblasti žst. Brno hl. n. Lužáneckého tunelu



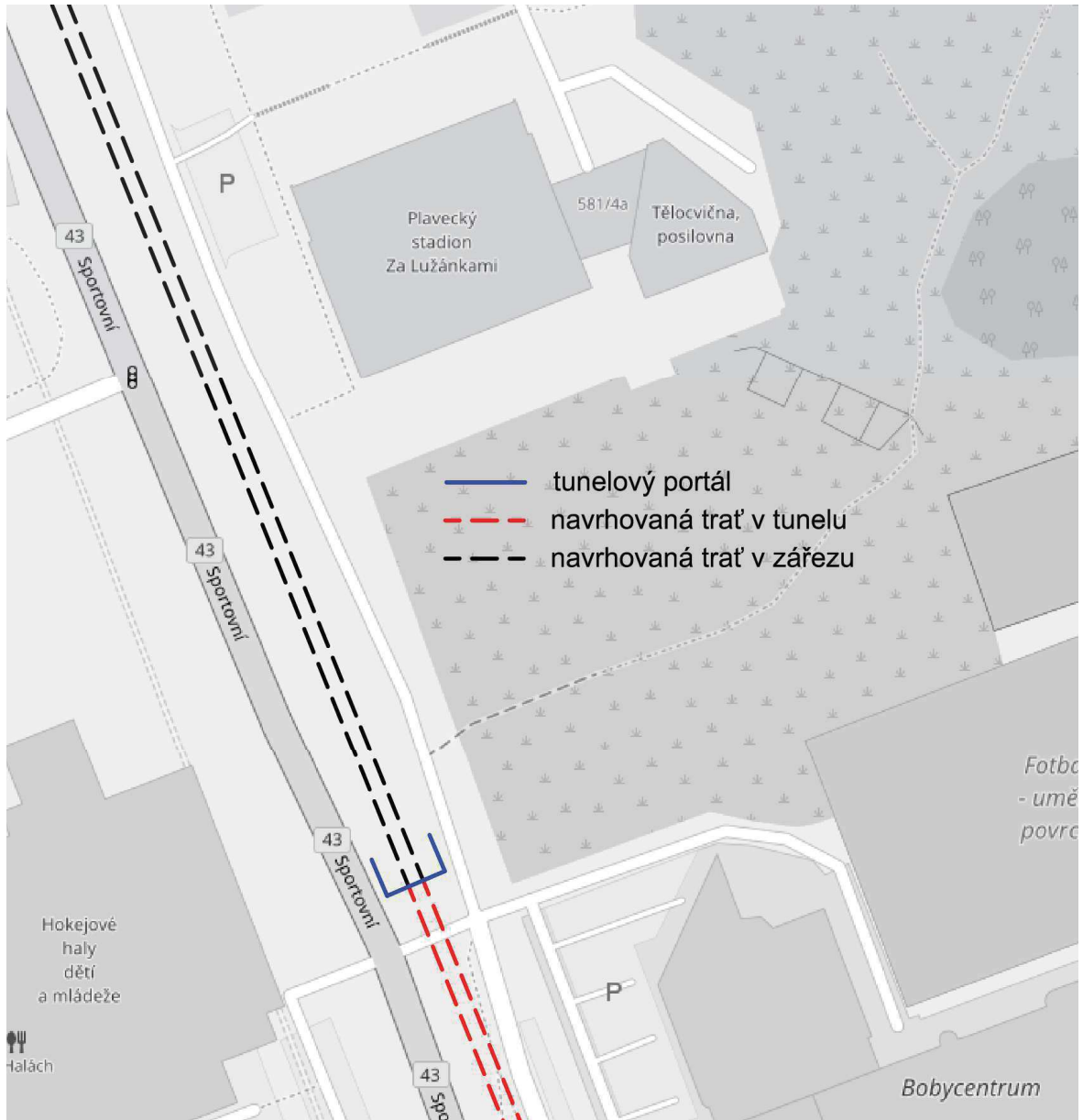
Zdroj: autor s využitím (31)

Příloha H3: Detail druhé varianty tunelového portálu v oblasti žst. Brno hl. n. Lužáneckého tunelu



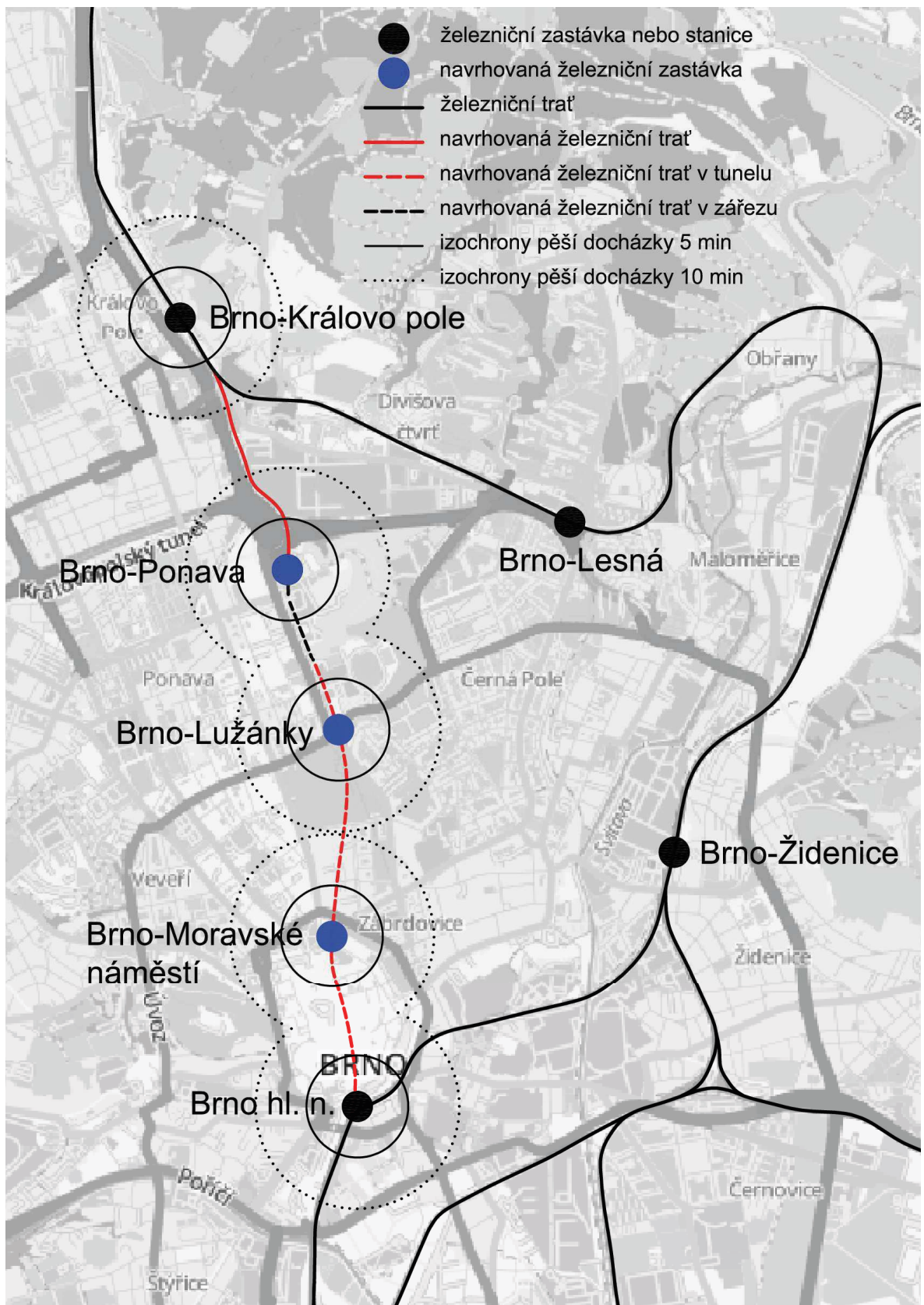
Zdroj: autor s využitím (31)

Příloha H4: Detail druhého tunelového portálu v oblasti Ponavy Lužáneckého tunelu



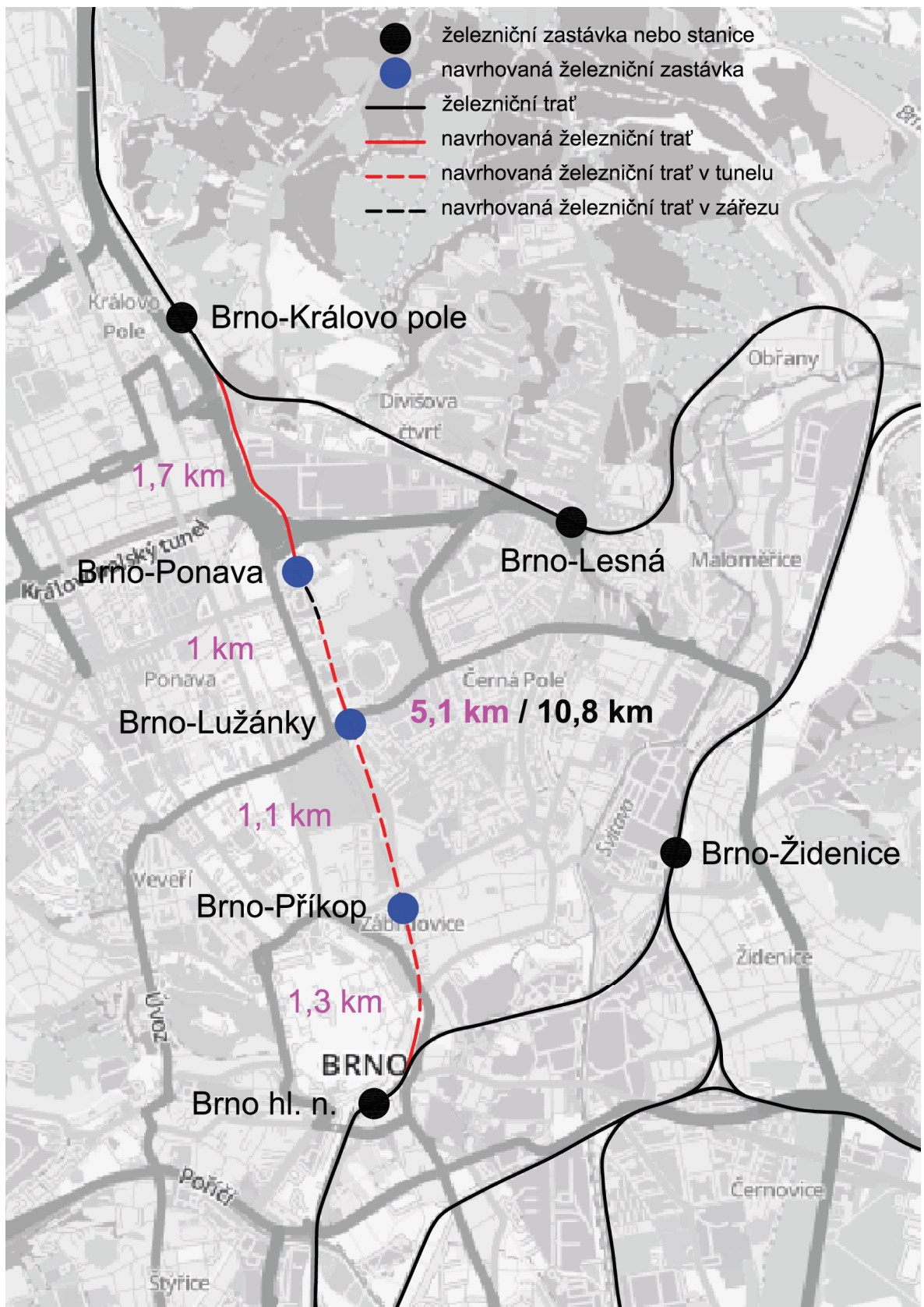
Zdroj: autor s využitím (31)

Příloha H5: Izochrony z navržených železničních zastávek varianty Lužáneckého tunelu



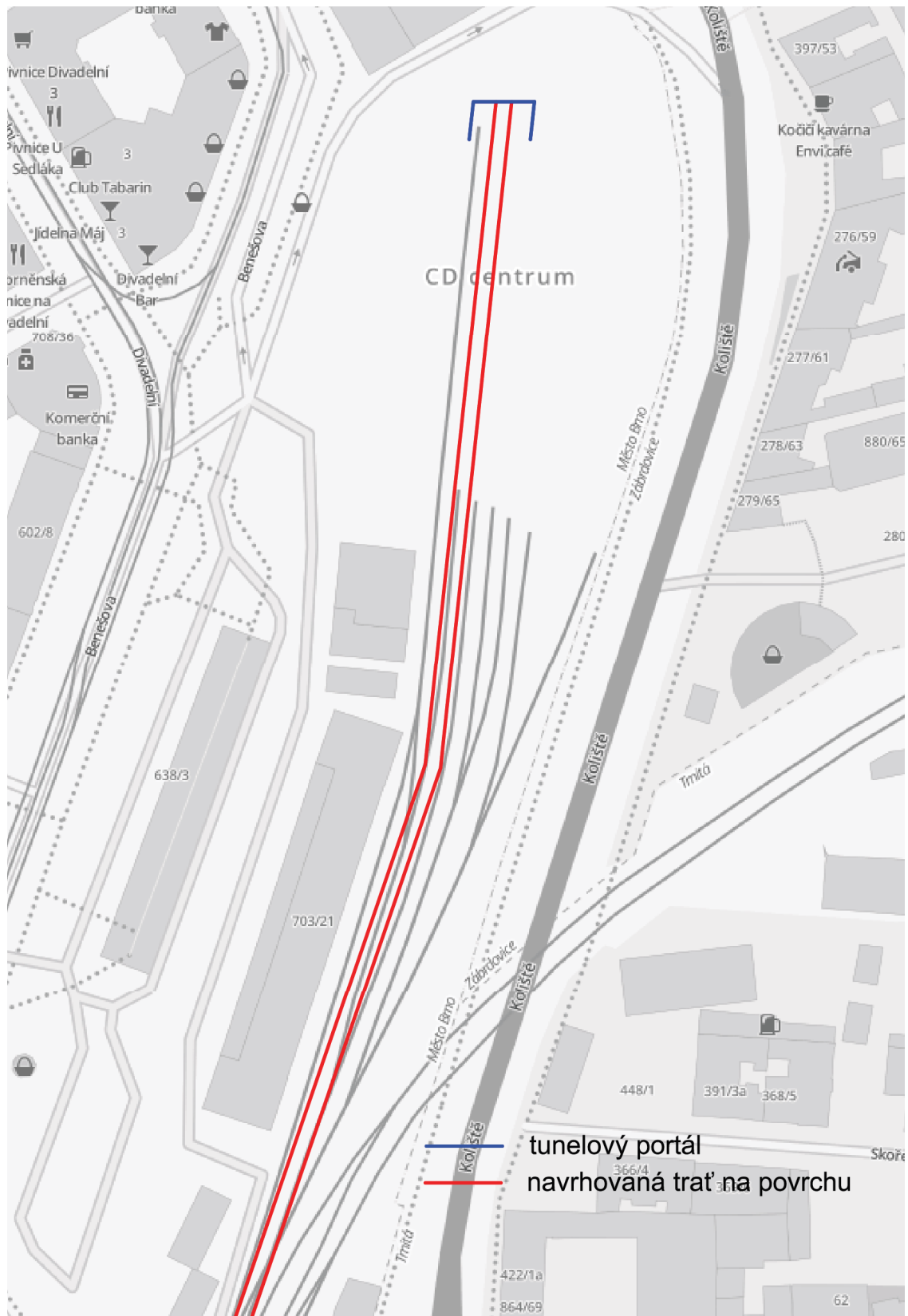
Zdroj: autor s využitím (31)

Příloha II: Navrhované vedení tratě tunelu Příkop



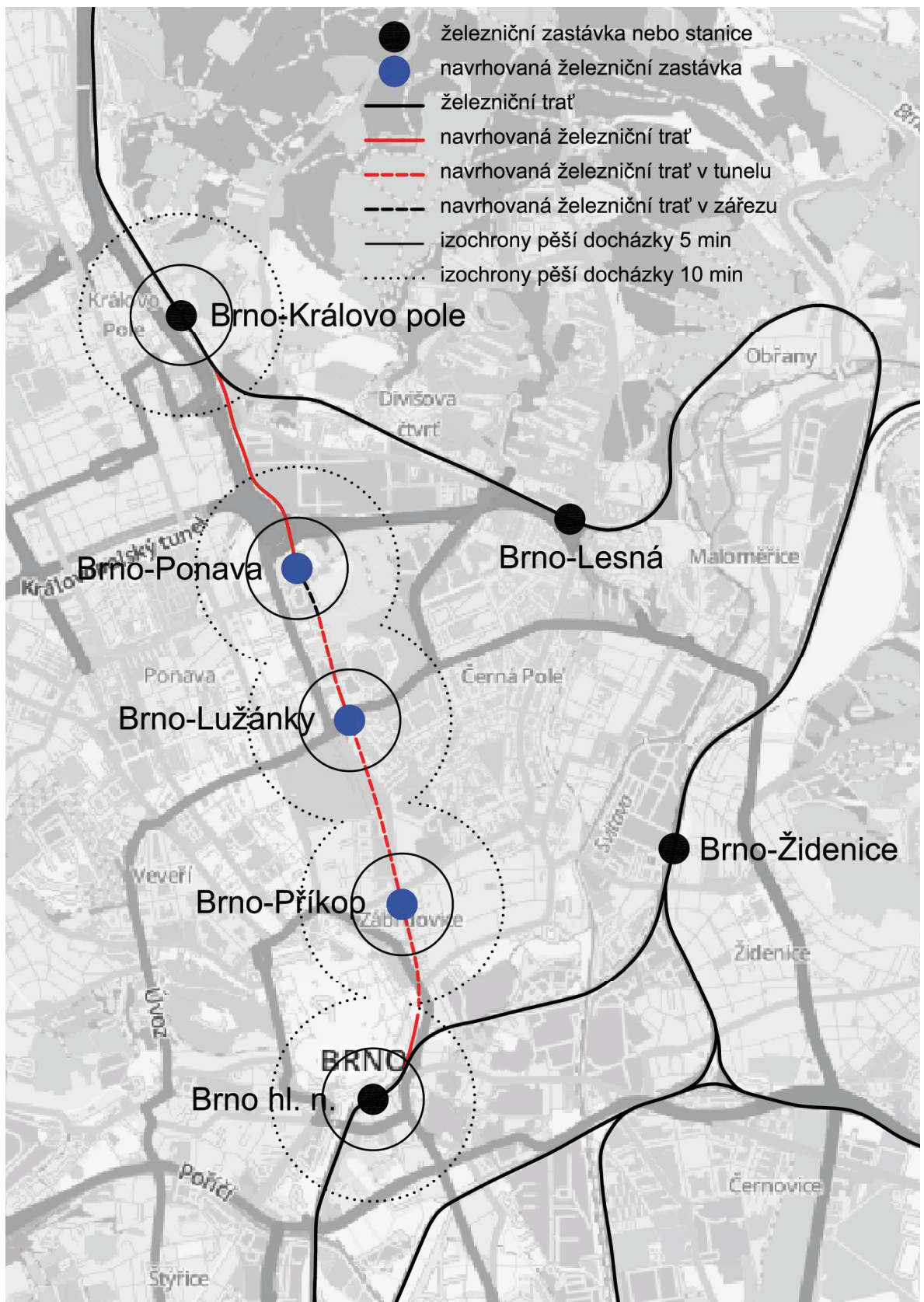
Zdroj: autor s využitím (31)

Příloha I2: Detail prvního portálu v oblasti Brno hl. n. tunelu Příkop



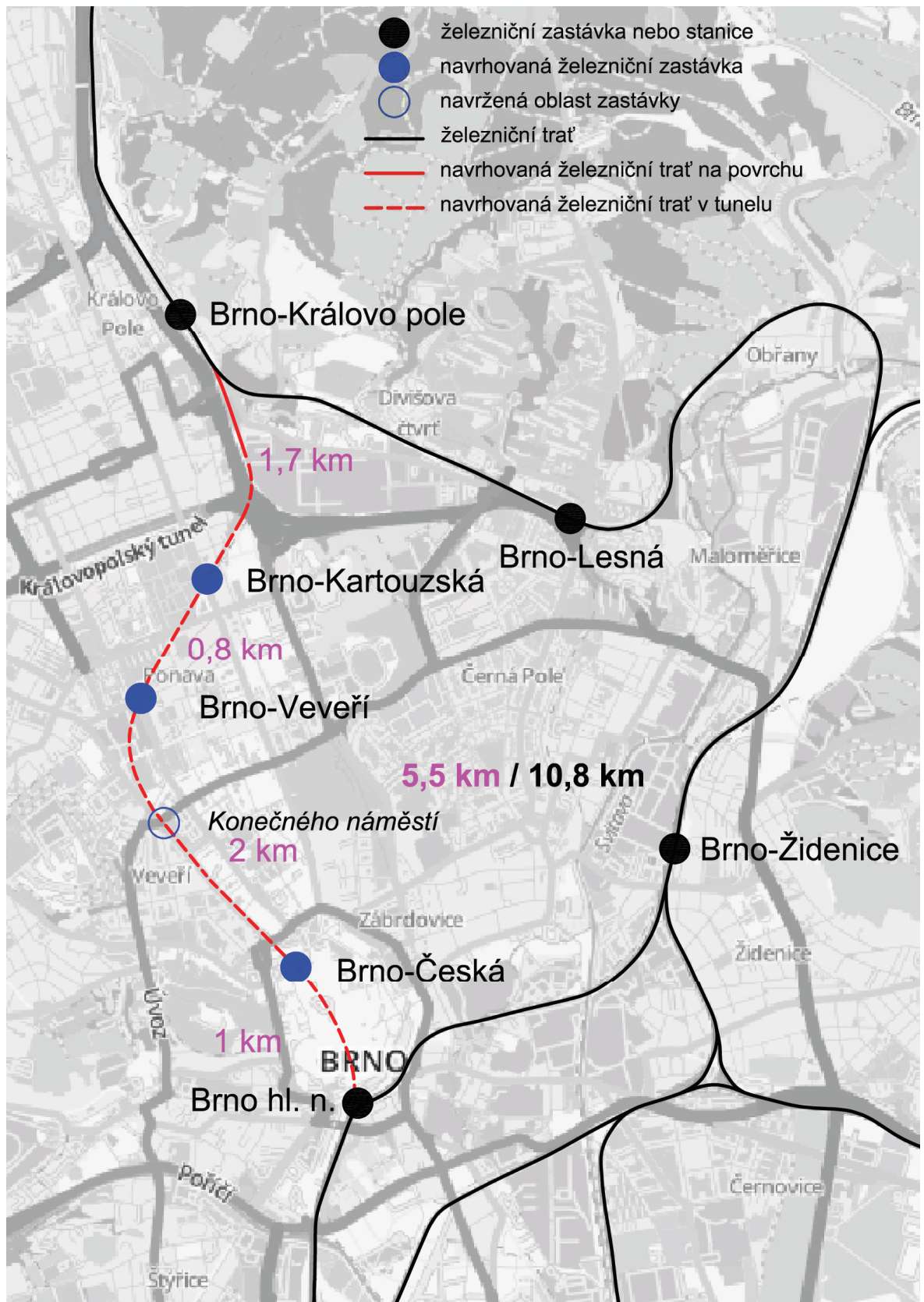
Zdroj: autor s využitím (31)

Příloha I4: Izochrony z navržených železničních zastávek varianty tunel Příkop



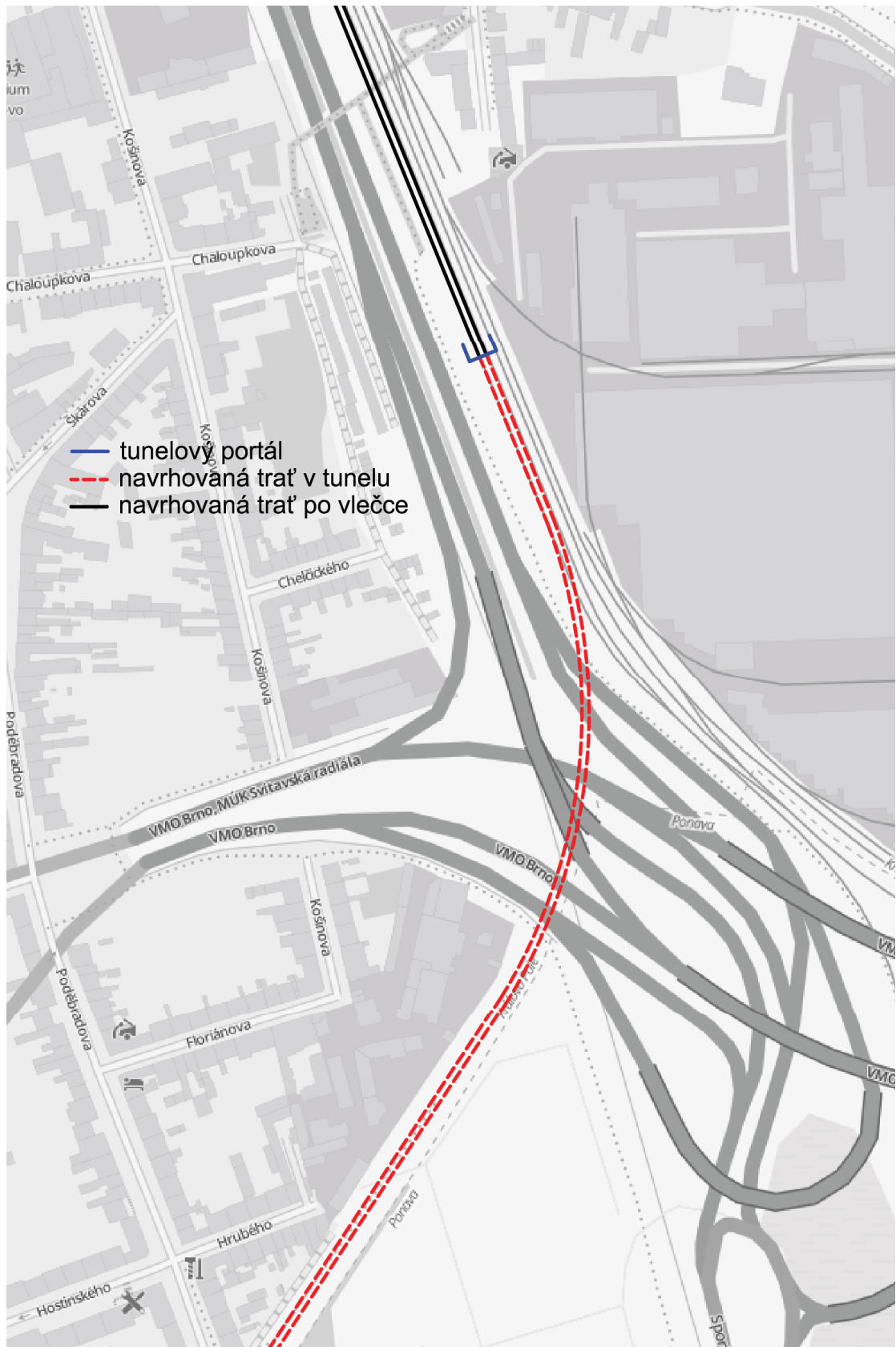
Zdroj: autor s využitím (31)

Příloha J1: Navrhované vedení tratě varianty tunel Veverí



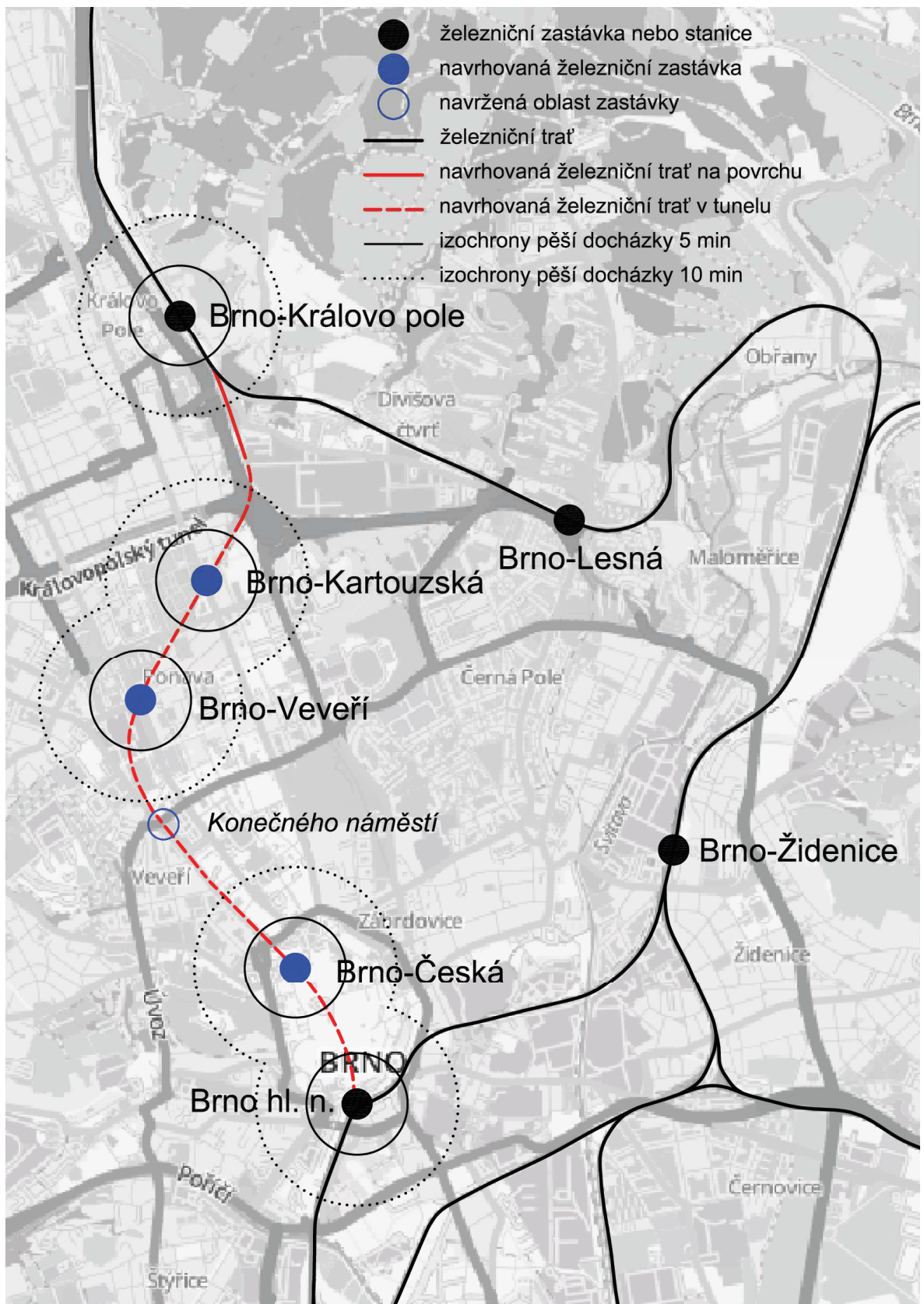
Zdroj: autor s využitím (31)

Příloha J2: Druhý portál varianty tunel Veveří



Zdroj: autor s využitím (31)

Příloha J3: Izochrony z navržených železničních zastávek varianty tunel Vevří



Zdroj: autor s využitím (31)