



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Kristýna Hlubučková

PREFERENCE MHD NA VÍDEŇSKÉ ULICI A JEJÍ
DOPRAVNÍ OVLIVŇOVÁNÍ JIŽNÍ SPOJKOU

Bakalářská práce

2017

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K620..... Ústav dopravní telematiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Kristýna Hlubučková

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – DOS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Preference MHD na Vídeňské ulici a její dopravní
ovlivňování Jižní spojkou**

Název tématu (anglicky): Public Transport Preferences on Vídeňská street and How
Jižní Spojka Influences

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- rešerše a analýza používaných způsobů preference MHD v ČR a v zahraničí
- zkušenosti s aplikacemi preference na dopravních uzlech v ČR a v zahraničí
- měření zdržení a analýza průjezdnosti MHD na vybrané lokalitě Vídeňské ulice
- návrh a ověření průjezdnosti MHD v simulačním SW se zahrnutím dopravy z Jižní spojky v definované lokalitě



Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Jirava P., Slabý P.: Pozemní komunikace 10 -Dopravní inženýrství, skripta ČVUT, 1997.
Příbyl P., Svítek M.: Inteligentní dopravní systémy, BEN, Praha 2001, ISBN 80-7300-029-6.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **28. října 2016**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **28. srpna 2017**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravní telematiky



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Kristýna Hulubučková
jméno a podpis studenta

V Praze dne 28. října 2016

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této bakalářské práce. Velké poděkování patří vedoucímu práce doc. Ing. Tomáši Tichému Ph.D. za odborné vedení, konzultování a věcné rady při vypracovávání této práce. Dále bych ráda poděkovala svým blízkým a přátelům, kteří mě při psaní této práce podporovali, zejména Ing. Patriku Horažďovskému a Martinu Šmelíkovi za mnoho trpělivosti, četné poznámky a konzultace, které mi při psaní této práce poskytovali.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 28.8.2017

.....

Kristýna Hlubučková

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá preferencemi MHD, rešerší týkající se druhů preference, jejich skutečnými aplikacemi v několika městech. Práce obsahuje návrh optimalizace světelného signalizačního zařízení na křižovatce v Praze s využitím znalostí o pohybech vozidel MHD. Návrh je ověřen v mikrosimulačním software.

Abstract

This bachelor thesis analyzes the public transport preferences, background research concerning types of preferences and their real applications in several cities. The thesis includes the design of the optimization of traffic light control at the intersection in Prague using knowledge of the movement of public transport vehicles. The design is verified in a microsimulation software.

Klíčová slova

Městská hromadná doprava, preference městské hromadné dopravy, křižovatka, dopravní průzkum, světelné signalizační zařízení, úroveň kvality dopravy, mikrosimulace

Key words

Public transport, public transport preferences, intersection, traffic survey, traffic light control, level of the transport quality, microsimulation

Obsah

Seznam zkratk	8
1 Úvod	9
2 Preference MHD	9
2.1 Dělení preferencí	9
2.1.1 Prostorová opatření	10
2.1.1.1 Vyhrazený jízdní pruh	10
2.1.1.2 Jízda vozidel MHD po tramvajovém tělese	11
2.1.1.3 Autobusový a/nebo trolejbusový pás	12
2.1.1.4 Systémová přednost v jízdě	13
2.1.1.5 Výlučný směr v řadicím pruhu	13
2.1.1.6 Jízda autobusů MHD nesprávným směrem v jednosměrné ulici	14
2.1.2 Preference MHD na SSZ	14
2.1.2.1 Rozhodování při řízení mimo průběh signálního plánu	15
2.1.2.2 Rozhodování při řízení v průběhu signálního plánu	16
2.1.2.3 Prodlužování a zkracování fází (B2)	16
2.1.2.4 Změna pořadí fází (B3)	16
2.1.2.5 Vložení fáze navíc (B4)	16
2.1.2.6 Okamžité doplnění nekolizního volna do probíhající fáze (B5)	17
2.1.2.7 Volná tvorba signálního plánu (B6)	17
2.1.3 Detekce vozidla	17
2.1.3.1 Pasivní preference (preference s pasivní detekcí vozidel)	17
2.1.3.2 Aktivní preference	17
2.1.4 Typy preference MHD na SSZ	20
2.1.4.1 Absolutní preference	20
2.1.4.2 Podmíněná preference	21
3 Aplikované preference	22
3.1 Praha	22
3.1.1 Preference tramvají	23
3.1.2 Preference autobusů	24
3.1.3 Zkušenosti s aplikací	25
3.2 Brno	26
3.2.1 Preference MHD v Brně	26
3.2.2 Preference tramvají	27
3.2.3 Preference trolejbusů a autobusů	28
3.3 Drážďany	29

3.3.1	Preference MHD v Drážďanech.....	29
4	Řešená lokalita	31
4.1	Širší vztahy.....	31
4.2	MHD v oblasti	33
4.2.1	Autobusové linky.....	33
4.3	Dopravní průzkum.....	34
4.3.1	Průzkum intenzit a směrovosti vozidel.....	34
4.3.1.1	Ranní špička (7.30 – 8.30)	36
4.3.1.2	Odpolední špička (16.30 – 17.30).....	38
4.3.2	Průzkum doby jízdy autobusů	39
4.3.2.1	Průjezd Budějovická – Vídeňská.....	41
4.3.2.2	Směr Michelská – Vídeňská.....	42
5	Simulační model křižovatky.....	43
5.1	Současný stav	44
5.1.1	Dopravní uspořádání.....	44
5.1.2	Tabulka mezičasů	45
5.1.3	Signální programy.....	45
5.1.4	Fáze a fázové přechody P10/100 s.....	46
5.1.5	Kapacitní posouzení	47
5.1.6	Současný stav	49
5.1.6.1	Vyhodnocení délek front – ranní špička, současný stav.....	50
5.1.6.2	Vyhodnocení délek front – odpolední špička, současný stav.....	51
5.1.6.3	Vyhodnocení časového zdržení – současný stav.....	51
5.1.6.4	Shrnutí simulace současného stavu	52
5.2	Návrh úpravy	52
5.2.1	Dopravní uspořádání.....	53
5.2.2	Tabulka mezičasů	53
5.2.3	Fáze a fázové přechody.....	53
5.2.4	Signální programy.....	53
5.2.4.1	Signální program P20/100 s	54
5.2.4.2	Signální program P21/100 s	54
5.2.5	Kapacitní posouzení	55
5.2.6	Výsledky simulace	56
5.2.6.1	Vyhodnocení délek front – ranní špička, návrhový stav	56
5.2.6.2	Vyhodnocení délek front – odpolední špička, návrhový stav	58
5.2.6.3	Vyhodnocení časového zdržení – návrhový stav.....	59

5.2.7	Shrnutí simulace návrhových stavů.....	59
6	Závěr.....	61
A.	Seznam použitých zdrojů	63
B.	Seznam tabulek	64
C.	Seznam grafů.....	64
D.	Seznam obrázků	65
E.	Přílohy	65
	Příloha 1. Pentlogramy křižovatek	65
	Příloha 2. Tabulka mezičasů	65
	Příloha 3. Pořadí fází	65
	Příloha 4. Fázové přechody	65
	Příloha 5. Signální plány	65

Seznam zkratk

ČSN	Česká státní norma
DMPB	Dopravní podnik města Brno
Fx	Fáze číslo x
FP x.y	Fázový přechod z fáze x na fázi y
GNSS	Global navigation satellite system
GPS	Global positioning system
IAD	Individuální automobilová doprava
IDS JMK	Integrovaný dopravní systém Jihomoravského kraje
JŘ	Jízdní řád
MHD	Městská hromadná doprava
MÚK	Mimoúrovňová křižovatka
PID	Pražská integrovaná doprava
RIS	Řídící a informační středisko
ROPID	Regionální organizátor pražské integrované dopravy
SPZ	Státní poznávací značka
SSZ	Světelně signalizační zařízení
TP	Technické podmínky
TSK	Technická správa komunikací
ÚKD	Úroveň kvality dopravy

1 Úvod

Doprava je neoddělitelnou součástí dnešního světa. Zejména ve městech denně volíme mezi veřejnou hromadnou dopravou a individuální automobilovou. Volbu druhu dopravy ovlivňuje mnoho aspektů. Těmi mohou být rychlost daného druhu dopravy, dostupnost, cena dopravy, cestovní komfort, plynulost jízdy apod. Aby byla veřejná hromadná doprava schopná konkurovat té individuální automobilové, musí být pro cestující dostatečně atraktivní a nabízet cestujícím takové podmínky, že jí dají přednost. Jednou z možností, jak zatraktivnit veřejnou hromadnou dopravu jsou preference MHD.

Právě preferencím MHD je věnována tato bakalářská práce, konkrétně využití preference na SSZ při řízení křižovatky ulice Vídeňská s Jižní spojkou na Praze 4. Tato křižovatka a Vídeňská ulice celkově jsou velmi zatíženy IAD i vozidly MHD. Problémem této oblasti jsou velmi vysoké intenzity ve většině směrů a různé manévry vozidel MHD. Cílem této práce je navrhnout změnu pevných signálních plánů pro dané SSZ tak, aby došlo ke kompromisu mezi snížením zpoždění autobusů při průjezdu touto křižovatkou a zároveň aby neadekvátním způsobem snížena kvalita IAD v oblasti.

2 Preference MHD

Preference MHD je soubor prvků, které cíleně zvyšují plynulost jízdy dopravního prostředku a tím dochází ke zvýšení atraktivity a komfortu pro cestující využívající MHD, v některých případech se tak děje na úkor individuální automobilové dopravy. Zvyšováním plynulosti jízdy vozidel MHD dochází ke zkracování jízdních dob, zvyšování cestovní rychlosti, snižování energetické náročnosti a finančních nákladů. [2]

2.1 Dělení preferencí

Preferenci, resp. preferenční nástroje můžeme rozdělit na přímé a nepřímé. Přímé nástroje jsou vázány na vozidla a infrastrukturu. Nepřímé nástroje jsou vázány především na uživatele MHD, tedy cestujícího z hlediska nabídky služeb upřednostnění jízdy v MHD před IAD díky vzdálenosti, rychlost apod.

Mezi nepřímé nástroje patří dostatečná nabídka spojů, funkční integrovaný systém, nasazování nových vozidel a obměna vozového parku, řešení zastávek z hlediska pohodlnosti, pocitu bezpečí či informování cestujících o poloze vozidel v on-line režimu (zpoždění, předpokládaný příjezd, možnost přestupu apod.). [1]

Přímé nástroje můžeme rozdělit na prostorová opatření a preference MHD na SSZ.

2.1.1 Prostorová opatření

Prostorová opatření mají za úkol vytvořit prostor pro vozidla MHD tak, aby nebyla zdržována vozidly IAD. V ideálním případě prostorová opatření segregují vozidla MHD od ostatního provozu a tím zamezují ovlivňování, především zdržování, vozidel MHD možnými kongescemi plynoucími z vysokých intenzit v městské uliční síti.

Následující opatření se týkají autobusů a trolejbusů. U tramvají se předpokládá, že tramvajová trať je oddělená od IAD pomocí fyzicky oddělených jízdních pásů, nebo je vedena po přidruženém či dokonce samostatném tramvajovém tělese. To můžeme považovat za prostorové opatření vyplývající z podstaty tramvaje jako kolejového vozidla. Společný jízdní prostor sdílí tramvaje s ostatní dopravou většinou pouze v křižovatkách (kde jsou instalována SSZ nebo má tramvaj přednost) a ve stísněných prostorech historických center měst.

- Vyhrazený jízdní pruh
- Jízda autobusů MHD po tramvajovém tělese
- Autobusový pás
- Systémová přednost v jízdě
- Výlučný směr v řadicím pruhu
- Jízda autobusů MHD nesprávným směrem v jednosměrné komunikaci [3]

2.1.1.1 Vyhrazený jízdní pruh

Vyhrazený jízdní pruh je takový jízdní pruh v hlavním dopravním prostoru komunikace, do kterého je povolen vjezd pouze určeným vozidlům, v Praze např. vozidlům MHD, IZS, taxislužby a cyklistům. Tento jízdní pruh musí být vyznačen vodorovným i svislým dopravním značením. Úprava povolení vjezdu do pruhu může být časově omezená (např. Po-Pá 6-10 14-19) nebo neomezená. Vyhrazený jízdní pruh lze zřídit pouze na vícepruhových komunikacích. Fotka vyhrazeného jízdního pruhu u zastávky Nemocnice Krč v Praze je na následujícím obrázku.



Obrázek 1 Vyhrazený jízdní pruh u Nemocnice Krč

2.1.1.2 Jízda vozidel MHD po tramvajovém tělese

Podmínkou k jízdě autobusů MHD po tramvajovém tělese musí být jeho pojízditelnost, tj. tramvajové těleso musí mít takový povrch, aby po něm mohl jezdit i autobus a/nebo trolejbus. Kromě jízdy v mezizastávkových úsecích lze využít možnosti sdružených zastávek pro tramvaje, autobusy a trolejbusy. (čímž lze dosáhnout i nepřímé preference MHD). Sdružené zastávky mají tzv. přestup „hrana-hrana“, což znamená, že cestující přijede na zastávku jedním typem vozidla MHD (např. tramvají) a odjede jiným (např. autobusem) z téže zastávky bez nutnosti přesunu. Tím dojde ke zvýšení pohodlnosti a bezpečnosti MHD. Cestující není nucen se přesouvat (pohodlnost) a zároveň nehrozí, že ve snaze doběhnout jiný spoj nebude respektovat pravidla provozu na PK a bude ohrožovat sebe i okolní účastníky provozu (bezpečnost).

Jízdou vozidel MHD po tramvajovém tělese se nesníží kapacita komunikace (nedojde ke snížení jízdních pruhů) a zároveň dojde k oddělení prostředků MHD a vozidel IAD. Tato opatření lze zavést dodatečně do provozu či na časově omezené období (např. po dobu rekonstrukce části vozovky).



Obrázek 2 Jízda autobusu po tramvajovém tělese, Vozovna Střešovice

2.1.1.3 Autobusový a/nebo trolejbusový pás

Autobusový a/nebo trolejbusový pás je ekvivalentem fyzicky odděleného tramvajového pásu v hlavním dopravním prostoru komunikace. Autobusový a/nebo trolejbusový pás je samostatná komunikace určená pouze pro provoz autobusů/trolejbusů. Od vyhrazeného jízdniho pruhu se liší tím, že je fyzicky oddělený a může být zřízen osamoceně bez dalších pruhů pro IAD.



Obrázek 3 Autobusový pruh, Marseille, Francie

2.1.1.4 Systémová přednost v jízdě

Systémová přednost v jízdě je takové opatření, kdy pomocí stavebních úprav a/nebo kombinací vodorovného a svislého dopravního značení vyplývá přednost vozidla MHD před ostatními. Tato opatření v praxi zajišťují lepší výjezd ze zastávky a lepší příjezd ke stopčáře na křižovatce nebo dokonce dovoluje vozidlu MHD pokračovat v jízdě bez projetí stopčáry.



Obrázek 4 Systémová přednost v jízdě, České Budějovice, autor fotografie: Patrik Horažďovský

2.1.1.5 Výlučný směr v řadicím pruhu

Výlučný směr v řadicím pruhu je alternativní opatření, které může doplňovat vyhrazené jízdni pruhy. Jde o úpravu řadicího pruhu před křižovatkou, který je určen pro vozidla IAD v daných směrech a pouze pro vozidla MHD v jiném odlišném směru. Typickým příkladem je řadicí pruh pro odbočení vlevo, kde je pouze autobusům MHD povolen přímý směr. Při nízkých intenzitách odbočujících vozidel lze i bez vyhrazeného jízdniho pruhu zastavit vozidlem MHD přímo/blízko u/od stopčáry. Příklad použití výlučného směru v řadicím pruhu (resp. povolené odbočení jen pro vozidla MHD) ze Strossmayerova náměstí v Praze je na následujícím obrázku.



Obrázek 5 Úprava řadicího pruhu na Strossmayerově náměstí

2.1.1.6 Jízda autobusů MHD nesprávným směrem v jednosměrné ulici

Jízda autobusů MHD nesprávným směrem v jednosměrné ulici je opatření, které pomocí vodorovného a svislého dopravního značení povoluje vozidlům MHD vjezd do jednosměrné komunikace v obou směrech. Tím umožňuje linkám MHD jet stejnou trasou v obou směrech bez nutnosti objíždění právě jednosměrné komunikace. Jednosměrná ulice nutně musí mít dva pruhy, aby nedošlo k čelnímu střetu autobusu s jinými vozidly jedoucími ve správném směru. Velmi často je tato úprava spojena s jízdou po tramvajovém tělese.

2.1.2 Preference MHD na SSZ

Princip preference MHD na křižovatkách a přechodech řízených pomocí SSZ spočívá ve včasné lokalizaci vozidla a následného zásahu do signálního plánu dopravního řadiče křižovatky. Tyto zásahy musí být provedeny dle předem definovaných pravidel, které jsou popsány dále.

Tato pravidla určují možné dopravně závislé změny průběhu signálních plánů. Změny probíhají zhruba v sekundových krocích a jsou dle aktuálních nároků vozidel MHD. Jedná se o typy řízení B2-B6 dle TP 81 (Navrhování SSZ pro řízení provozu na PK). Tyto typy řízení jsou dále popsány v tabulce č.1.

Změny v signálním plánu mohou probíhat okamžitě nebo v optimální době závislé na předpokládané rychlosti vozidla tak, aby byla zachována plynulost provozu a minimalizován dopad na kolizní proudy.

Tabulka 1: Přehled způsobů řízení pomocí SSZ, [4]

A	ROZHODOVÁNÍ PŘI ŘÍZENÍ MIMO PRŮBĚH SIGNÁLNÍHO PLÁNU V delších časových intervalech V krocích řádově desítek minut až hodin		
Volba signálních plánů a režimů řízení		A1	ČASOVĚ ZÁVISLÁ Podle předem zadaného časového nastavení programů
		A2	DOPRAVNĚ ZÁVISLÁ Podle aktuálních dopravních nároků v reálném čase
B	ROZHODOVÁNÍ PŘI ŘÍZENÍ V PRŮBĚHU SIGNÁLNÍHO PLÁNU V krátkých časových intervalech V krocích řádově několika sekund		
Pevné řízení	Pevný signální plán	B1	ŽÁDNÁ MOŽNOST ZMĚN Podle aktuálních dopravních nároků
Dopravně závislé (dynamické) řízení	Modifikace signálního plánu	B2	PROMĚNNÁ DÉLKA VOLNA
		B3	ZMĚNA POŘADÍ FÁZÍ
		B4	VKLÁDÁNÍ FÁZE NA VÝZVU
		B5	OKAMŽITÉ DOPLNĚNÍ NEKOLIZNÍHO VOLNA DO PROBÍHAJÍCÍ FÁZE
	Tvorba signálního plánu	B6	VOLNÁ MĚNITELNOST PRVKŮ Podle aktuálních dopravních nároků

2.1.2.1 Rozhodování při řízení mimo průběh signálního plánu

Tento způsob řízení mimo průběh signálního plánu slouží k zohlednění dlouhodobých změn zatížení v komunikační síti i na jednotlivých křižovatkách. Zvolené režimy řízení a signální plány z předem připravených (částí) signálních plánů jsou spínány v závislosti na čase (A1) nebo v závislosti na dopravě (A2) a zůstávají aktivní delší dobu. Časově a dopravně závislá výběrová kritéria lze též vzájemně kombinovat.

2.1.2.2 Rozhodování při řízení v průběhu signálního plánu

Rozhodování při řízení v průběhu signálního plánu zohledňuje krátkodobé změny stavu dopravy na křižovatce, pokud nejsou používány pevné signální plány. Všechny způsoby předpokládají předem vypočtené signální plány nebo alespoň části signálních plánů.

Při dynamických způsobech řízení jsou v rámci signálního plánu měněny jeho jednotlivé prvky v závislosti na dopravě. Změny stavu dopravy na jednotlivých křižovatkách jsou zohledněny krátkodobě, po dobu několika vteřin, respektive po dobu jednoho cyklu. Během charakteristických denních dob mohou být použity různé způsoby řízení.

U žádného způsobu řízení nesmějí být z důvodů bezpečnosti měněny mezičasy a minimální doby signálů „Volno“.

2.1.2.3 Prodlužování a zkracování fází (B2)

Tento princip má tři varianty. V okamžiku přihlášení vozidla MHD probíhá fáze se signálem „Volno“, které si nárokuje i dané vozidlo. V tomto případě je fáze prodloužena o čas, které vozidlo potřebuje na projetí úseku od aktuální pozice ke stopčáře křižovatky. Pokud by tímto prodloužením došlo k přesažení maximální doby fáze, dojde k okamžitému ukončení fáze a nastává druhá varianta. Maximální doba fáze musí být definovaná a nesmí být překročena, aby nebyly ostatní kolizní proudy příliš omezovány. Po předčasném ukončení fáze následuje takový výběr kolizní fáze, aby bylo možné co nejdříve opět zařadit původní nárokovanou fázi. Třetí variantou je přihlášení vozidla MHD v průběhu kolizní fáze. V tomto případě je kolizní fáze ukončena a následuje fáze, ve které má detekované vozidlo signál „Volno“.

2.1.2.4 Změna pořadí fází (B3)

Řadič křižovatky vhodně změní pořadí fází tak, aby požadovaná fáze byla do signálního plánu zařazena v optimální době (tj. době příjezdu vozidla MHD ke stopčáře) či co nejdříve po jeho příjezdu. Tím se změní pravidelný sled fází. Tento způsob řízení přichází v úvahu u třífázového a vícefázového řízení křižovatky.

2.1.2.5 Vložení fáze navíc (B4)

Vložení fáze navíc neboli na výzvu je v souvislosti s preferencí používáno tehdy, pokud daný manévr v křižovatce využívá pouze vozidlo MHD. Může se jednat o odbočení pouze pro tramvaje či vjezd vozidel MHD do ulice, kam není povolen vjezd ostatním vozidlům. Zařazení této fáze je na úkor délky ostatních fází nebo na úkor prodloužení cyklu.

2.1.2.6 Okamžité doplnění nekolizního volna do probíhající fáze (B5)

Tato varianta je využívána tehdy, když nárokové „Volno“ není kolizní s aktuálně probíhající fází. Vozidlo MHD nemusí čekat na zařazení běžné fáze s tímto volnem.

2.1.2.7 Volná tvorba signálního plánu (B6)

Nejvyšší stupeň dynamického řízení. Nicméně jeho využití je možné pouze na izolovaných křižovatkách. Koordinované křižovatky jsou svázány délkou cyklu a jednotné délky cyklu při volném skládání fází není možné dosáhnout.

2.1.3 Detekce vozidla

Velmi důležitou součástí preference vozidel MHD na SSZ je včasná detekce vozidla. Aby byla preference možná, je třeba aby řadič SSZ měl informace o blížícím se vozidlu MHD, jinak není možné tato vozidla při průjezdu křižovatkou upřednostňovat. Systémy preference lze dělit dle způsobu detekce vozidel.

2.1.3.1 Pasivní preference (preference s pasivní detekcí vozidel)

Při pasivní preferenci je detekován pouze průjezd vozidla. Nejčastěji se využívají trolejové kontakty pro detekci drážních vozidel, protože drážní vozidla mají pevně definovanou dráhu, kterou musejí projet (nejedná-li se o křižovátku). Trolejové kontakty se využívají pro tramvaje a trolejbusy. Pro autobusy lze využít běžné indukční smyčky či videodetekci. Aby tato pasivní detekce pro autobusy fungovala, je třeba, aby autobusy přijížděly ke křižovatce ve vyhrazeném jízdním pruhu nebo autobusovém pásu. Nevýhodou této varianty je, že každé vozidlo, které v tomto případě vyhrazeným jízdním pruhem přijíždí ke křižovatce, je považováno za vozidlo MHD. U tramvajů a trolejbusů tato nevýhoda neexistuje, protože jiná než drážní vozidla nejsou pomocí trolejových kontaktů detekována.

Dále řadič nezná směr vozidla MHD, kterým chce vozidlo projet křižovatkou (pokud není definovaný pouze jeden). Vhodné využití pasivní preference je ideální v kombinaci s dalšími prvky preference, např. u časových ostrůvků řízených pomocí SSZ nebo s již zmíněnými vyhrazenými jízdními pruhy či autobusovými pruhy.

2.1.3.2 Aktivní preference

Detekce vozidla je založená na komunikaci vozidla s řadičem SSZ. Spočívá ve včasném přihlášení vozidla do křižovatky, projetí křižovatky a následném odhlášení.

Při přihlášení vyše vozidlo pomocí palubního počítače do křižovatky informaci o čísle linky, požadovaném směru a časové poloze vůči jízdnímu řádu. Řadič tyto informace vyhodnotí

a upraví dle nich pořadí či délku fází (viz Tabulka 1). Podmínkou pro fungování tohoto systému je rychlá komunikace mezi vozidlem a řadičem a dostatečný čas mezi detekcí vozidla a křižovatkou. Vozidlo by mělo být detekováno cca 150-350 m před křižovatkou. Pokud je těsně před křižovatkou umístěna zastávka, je vhodné, detekovat zavření dveří vozidla, neboť doba staničení může být poměrně rozdílná. Tyto podmínky platí také pro trolejové kontakty.

Odhlásování by mělo probíhat těsně za stopčárou, aby v případě prodlužování dané fáze pro vozidlo MHD či fáze na výzvu byla fáze neprodleně ukončena a ostatní účastníci provozu nebyli zdržováni déle, než je nezbytně nutné. Viz následující schéma komunikace vozidla s řadičem.



Obrázek 6: Schéma komunikace vozidlo-řadič pro průjezd křižovatkou

Pro výše zmíněný způsob preference vozidel MHD existují dva základní principy, jak vozidla MHD lokalizovat.

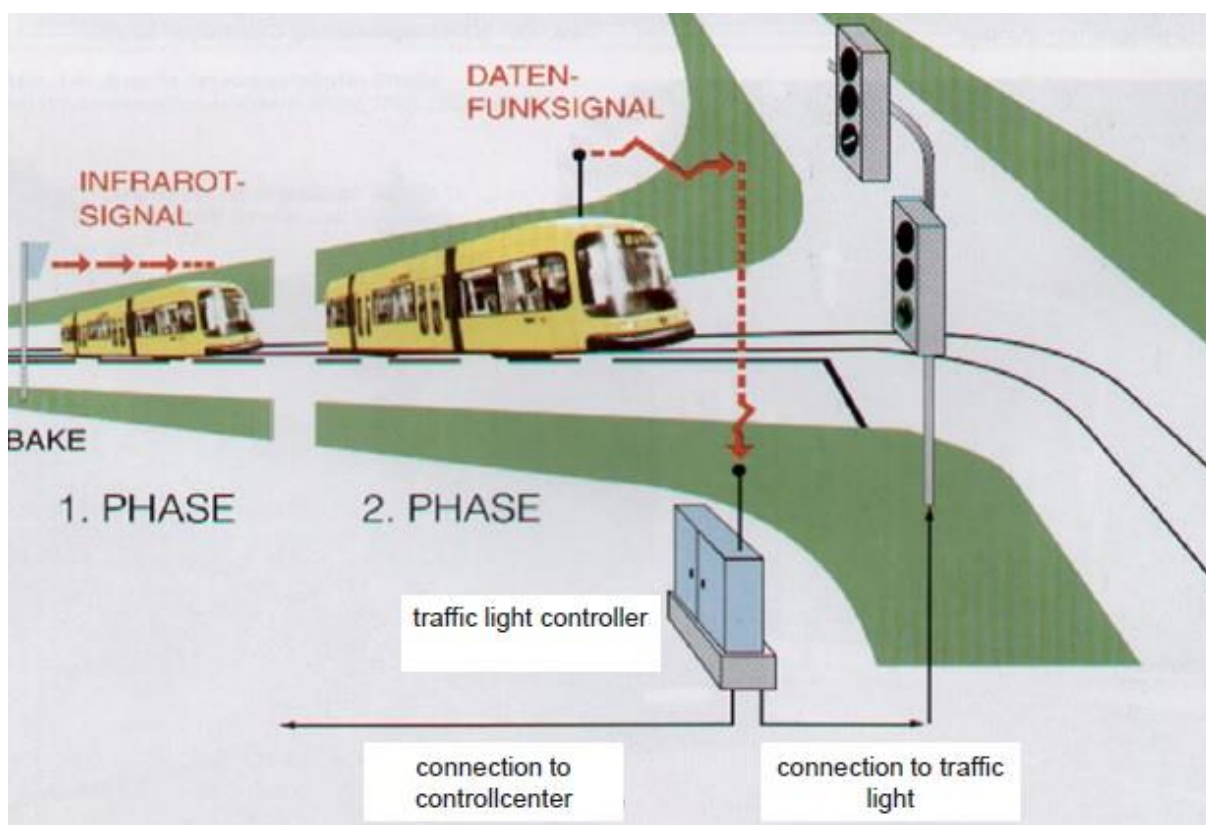
Fyzická detekce

Pro detekci vozidel se využívají detektory, které jsou instalované v uliční síti. Běžně užívané detektory (indukční smyčky, videodetekce, trolejové kontakty) nestačí, protože nejsou schopné přenášet informace o přesné poloze do vozidla MHD. Proto se využívá komunikace pomocí infračervených majáků.

Tyto majáky jsou umístěny v infrastruktuře. Vozidlo MHD získává svou přesnou polohu při projetí kolem majáku. Maják zná svou přesnou vzdálenost od křižovatkou a tuto informaci předá palubnímu počítači vozidla. V tento okamžik se ve vozidle spustí odometr a palubní počítač na základě informací o ujeté vzdálenosti z odometru odesílá rádiové zprávy do řadiče SSZ. Maják tedy slouží k získání přesné polohy vozidla vůči křižovatce, následně komunikuje palubní počítač vozidla MHD s řadičem SSZ přímo (decentralizované řízení) nebo přes dopravní ústřednu (centralizované řízení). Toto předběžné přihlášení proběhne cca 300 m před křižovatkou. Pokud je před křižovatkou ještě zastávka, může vozidlo, resp. palubní

počítač odeslat i informaci o zavření dveří, jinak se opakovaně přihlásí bezprostředně před křižovatkou. Schéma fungování této technologie ukazuje [Obrázek 7]

Výhodou této technologie je přesné určení polohy, která je určována bodově pomocí majáků. Nevýhodou je nutnost budování sítě majáků v infrastruktuře a nutnost vybavení vozidel speciálním zařízením schopným komunikace s majáky. Tato technologie je instalována např. v Praze.



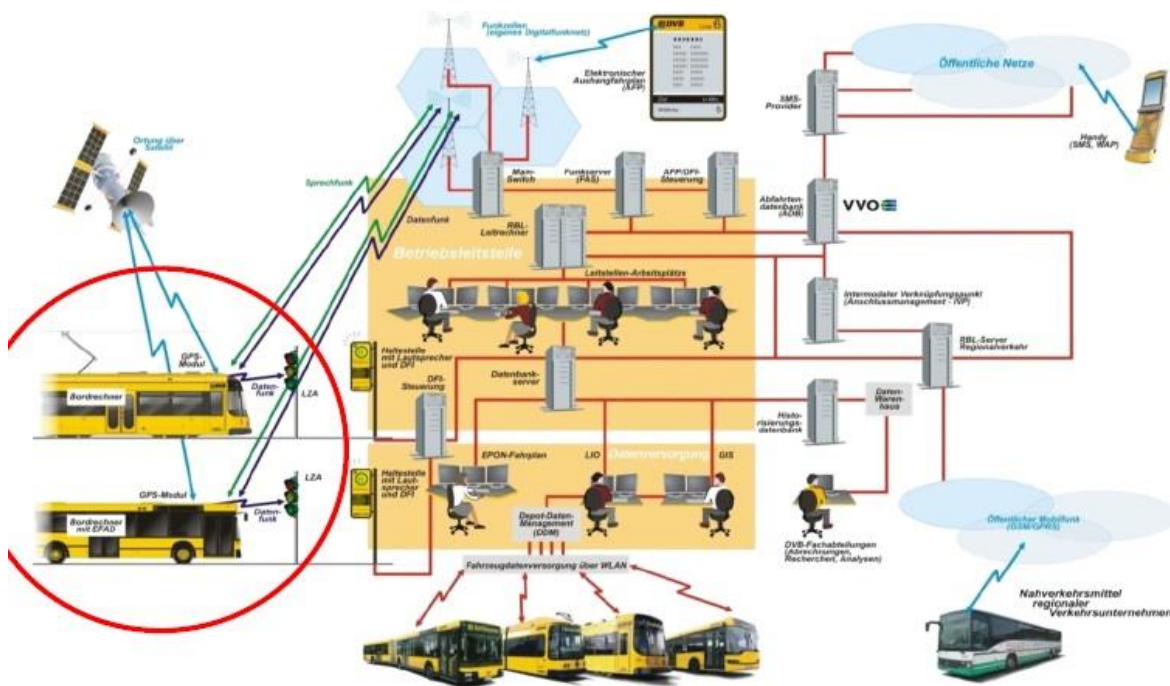
Obrázek 7 Schéma fungování přihlašování pomocí IR majáků [13]

Virtuální detekce

Pro lokalizaci vozidel je využíván družicový signál (zejména GNSS). Jde tedy o centrální systém, ve kterém probíhá rádiová komunikace vozidla s řadičem SSZ přes centrálu – vozidlo v určitých virtuálních bodech či definovaných časových intervalech odesílá zprávu o své poloze do centrály, centrála dle údajů o pohybech vozidel MHD odesílá povely do řadičů SSZ.

Poloha vozidla se tedy určuje z údajů GPS, které jsou odesílány centrále, centrála automaticky vyhodnocuje požadovaný směr jízdy (dle linky), srovná jeho skutečnou polohu s jízdním řádem a vyšle pokyn do řadiče SSZ. Pro projetí křižovatky se vozidlo opět virtuálně odhlásí, resp. oznámí svou polohu za křižovatkou. Schéma fungování virtuálního systému je na následujícím obrázku.

Výhodou tohoto systému je, že polohu přihlašovacích a odhlašovacích bodů lze měnit softwarově bez nutnosti zásahu do městské infrastruktury. Nevýhodou je nižší přesnost při určování souřadnic polohy (stínění vysokými budovami), nicméně tato nevýhoda se postupným vývojem stále zmenšuje. Také nelze opomenout, že je nutné využívat systém GPS, který spravuje Ministerstvo obrany USA. Tyto nevýhody se změní ve chvíli, kdy začne fungovat evropský systém GALILEO. Systém virtuálního přihlašování využívá pro preference město Brno.



Obrázek 8 Schéma fungování přihlašování pomocí GNSS technologie [13]

2.1.4 Typy preference MHD na SSZ

Z hlediska doby zastavení vozidel MHD v křižovatkách se rozlišuje absolutní a podmíněná preference. [4]

2.1.4.1 Absolutní preference

Při absolutní preferenci je vozidlům MHD umožněn průjezd křižovatkou bez zastavení, a tedy bez zdržení s výjimkou případů, kdy dojde k současnému příjezdu více vozidel MHD, která mají nárok na absolutní preferenci a případů, kdy by došlo k neúnosnému prodloužení signálu „Stůj“ pro IAD, cyklisty a chodce. Při příjezdu většího počtu vozidel MHD naráz či v krátkých časových intervalech je tedy vždy umožněn plynulý průjezd „prvnímu“ z vozidel, zatímco dalším vozidlům je umožněn pouze vejdou-li se do maximálního prodloužení daného signálu „Volno“, protože i při absolutní preferenci je nelze prodloužovat signál „Volno“ „donekonečna“. [4]

V praxi nemusí absolutní preference při současném příjezdu více vozidel MHD preferovat právě „první“ přijíždějící vozidlo, jak uvádějí TP 81. Záleží na nastavení preference, SSZ může preferovat nejvíce zpožděné vozidlo (pokud tato informace existuje) či vozidlo, kterému je dána největší priorita (pátevní spoje).

„Absolutní preference je vhodná v místech, kde

- *jsou SSZ řízena izolovaně (bez koordinace) nebo kde se připouští výraznější narušení koordinace IAD ve prospěch plynulejšího průjezdu vozidel MHD,*
- *je intenzita provozu IAD na křižovatkách nízká až střední,*
- *vozidla MHD jsou vedená na vlastním tělese ve vyhrazených jízdnicích pruzích, tj. nic nebrání příjezdu vozidla MHD přímo ke stopčáře,*
- *existují dostatečně dlouhé řadící pruhy na vjezdech kolizních s MHD pro eventuální vzdutí vozidel IAD.“ [4]*

2.1.4.2 Podmíněná preference

Při podmíněné (částečné) preferenci není zaručen plynulý průjezd vozidla MHD křižovatkou, ale v závislosti na aktuální intenzitě dopravy a zpoždění vozidla je umožněn průjezd vozidla co nejdříve. Je zaručen pokles zdržení a počtu zastavených vozidel MHD před SSZ oproti řízení SSZ bez preference. Míra poklesu zdržení (a přiblížení se k absolutní preferenci) závisí na konkrétním řešení a způsobu řízení dané křižovatky.

„Podmíněná preference je vhodná v místech, kde

- *jsou SSZ řízena v koordinaci a není žádoucí připustit výraznější narušení koordinace pro IAD,*
- *je intenzita provozu IAD na křižovatce vysoká nebo dochází k přetížení křižovatky,*
- *nejsou k dispozici dostatečně dlouhé řadící pruhy na vjezdech kolizních s MHD pro eventuální vzdutí vozidel IAD,*
- *existují vzájemně konfliktní pohyby vozidel MHD.“ [4]*

Obecně se více používá absolutní preference pro tramvaje a podmíněná pro autobusy a trolejbusy. Tramvaj je kapacitnější než zbylá vozidla a její brzdná dráha je delší než brzdná dráha autobusů a trolejbusů. Navíc velmi často může tramvaj díky oddělené jízdnicí dráze přijet až ke stopčáře, což je jedna z podmínek, zmíněná v [2.1.4.1] pro vhodnost aplikace absolutní

preferenci. Autobusy a trolejbusy mohou ke křižovatce přijíždět ve větších počtech, požadovat různé, konfliktní průjezdy křižovatkou a ve většině případů se nedostanou privilegovaně na stopčáru. Proto je pro ně vhodnější podmíněná preference viz předchozí odstavec.

3 Aplikované preference

Pro popis aplikací preferencí MHD byly vybrány města hl. město Praha, Brno a Drážďany a jejich systémy MHD. Ve všech případech se jedná o města, kde MHD funguje velmi dobře, mimo jiné i díky instalovaným preferencím.

Města jsou vzájemně rozdílná svou velikostí, sítí MHD i přístupem k preferenci. Největší z nich je Praha s 1,2 milióny obyvatel, Drážďany a Brno mají obě přes 500 tisíc obyvatel. Nejvíce rozvinutou síť preferencí mají Drážďany, kde např. první SSZ s preferencí MHD byl zřízen již v roce 1992. Největším podílem MHD na modal splitu se pyšní Brno s 57 %. [14]

3.1 Praha

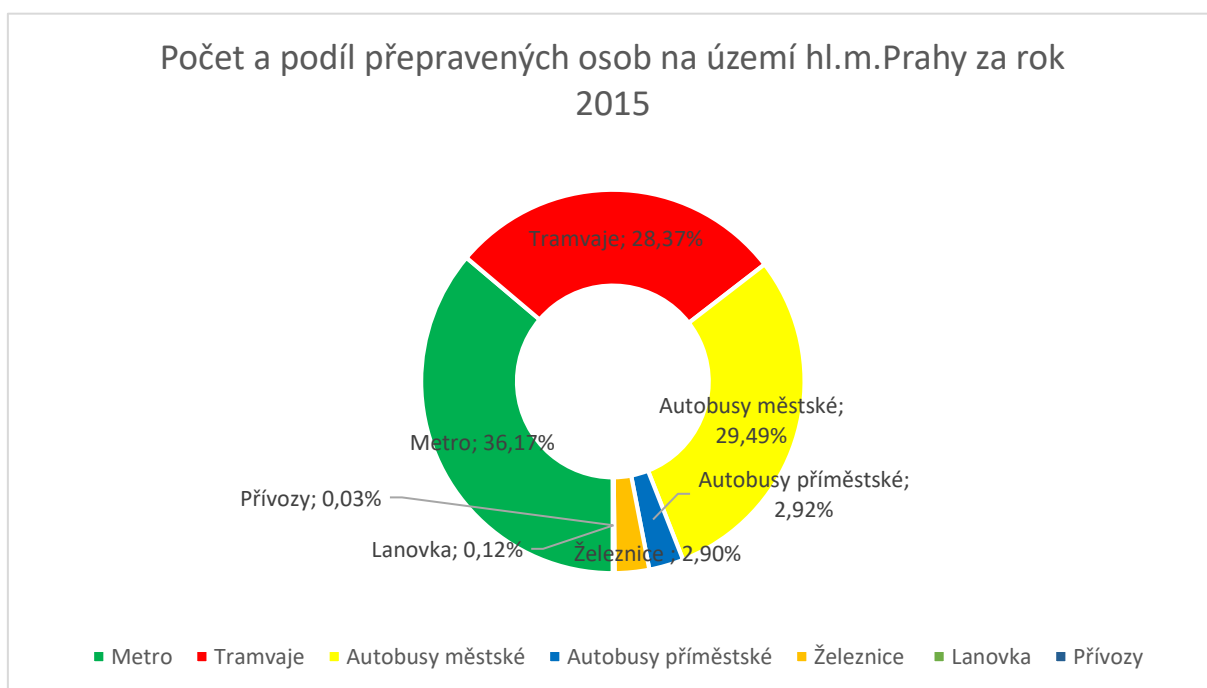
MHD v Praze neboli PID zajišťuje magistrál Prahy skrze příspěvkovou organizaci ROPID. Počátky PID spadají do roku 1992, resp. roku 1996, kdy byl zaveden přestupní pásmový tarif a od tohoto roku se průběžně rozšiřuje oblast, kterou PID obsluhuje.

Páteří systém PIDu tvoří tři linky metra v celkové délce 65,1 km, na tento systém jsou navázány tramvaje. Jedná se celkem o 25 denních linek (stav k 24.3.2017 bez výlukových linek) a celková délka tramvajové sítě je 142,7 km. Metro i tramvaje jsou diagonálního charakteru. Autobusy doplňují tuto základní síť a zajišťují plošnou obsluhu území. Autobusové linky jsou radiálního, diagonálního i tangenciálního charakteru. Do systému PID je zahrnuta i železnice. Jedná se o tzv. linky S, které radiálně či diagonálně spojují Prahu se Středočeským krajem, v některých případech i s jinými kraji (Ústeckým). Dále se do integrace zapojují některé další tratě, resp. rychlíky, ve kterých lze na území obsluhovaného PID cestovat na jízdní doklady PID. Lanová dráha na Petřín je spíše atrakcí pro turisty a společně s přívozy je jejich podíl na přepravě cestujících či významu v systému velmi minoritní. [9] Podíl na přepravě je v následující tabulce a grafu.

Tabulka 2 Počet a podíl cestujících přepravených na území hl.m.Prahy v roce 2015, [16]

Druh dopravy	Osob/rok	Druh dopravy	Osob/rok
Metro	456 820 000	Železnice	36 669 000
Tramvaje	358 284 000	Lanovka	1 480 000
Autobusy městské	372 435 000	Přívozy	402 700
Autobusy příměstské	36 855 000	celkem	1 262 945 700

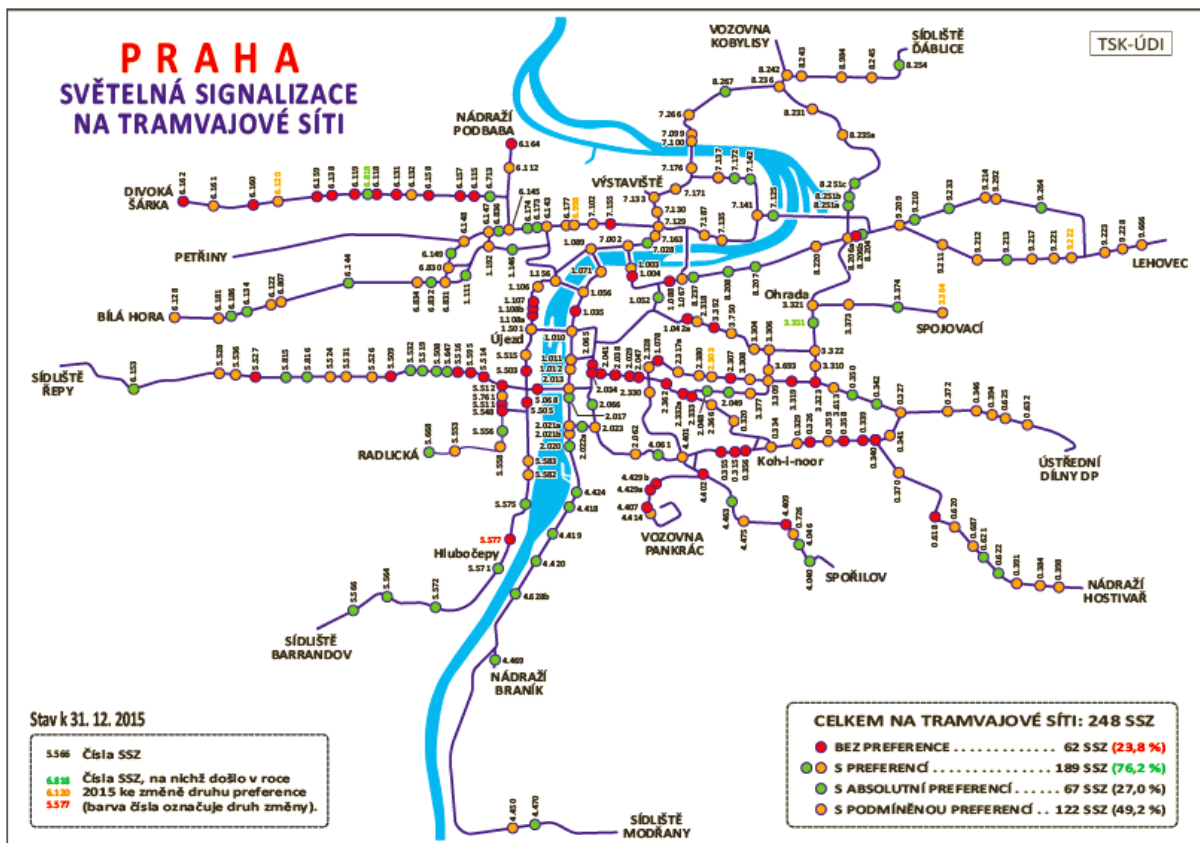
Graf 1 Počet a podíl přepravených osob na území hl.m.Prahy, [16]



Z grafu podílu přepravených cestujících je evidentní, že nejvíce jich přepraví metro, autobusy a tramvaje, a proto je vhodné se u těchto přepravních prostředků zabývat preferencemi MHD. Metro je plně segregovaný systém MHD, proto lze v případě metra pracovat pouze s nepřímými nástroji pro preferenci MHD, viz [2.1]. Tramvaje a především autobusy jsou ovlivněny IAD, proto je vhodné je preferovat před IAD pomocí již zmiňovaných opatření.

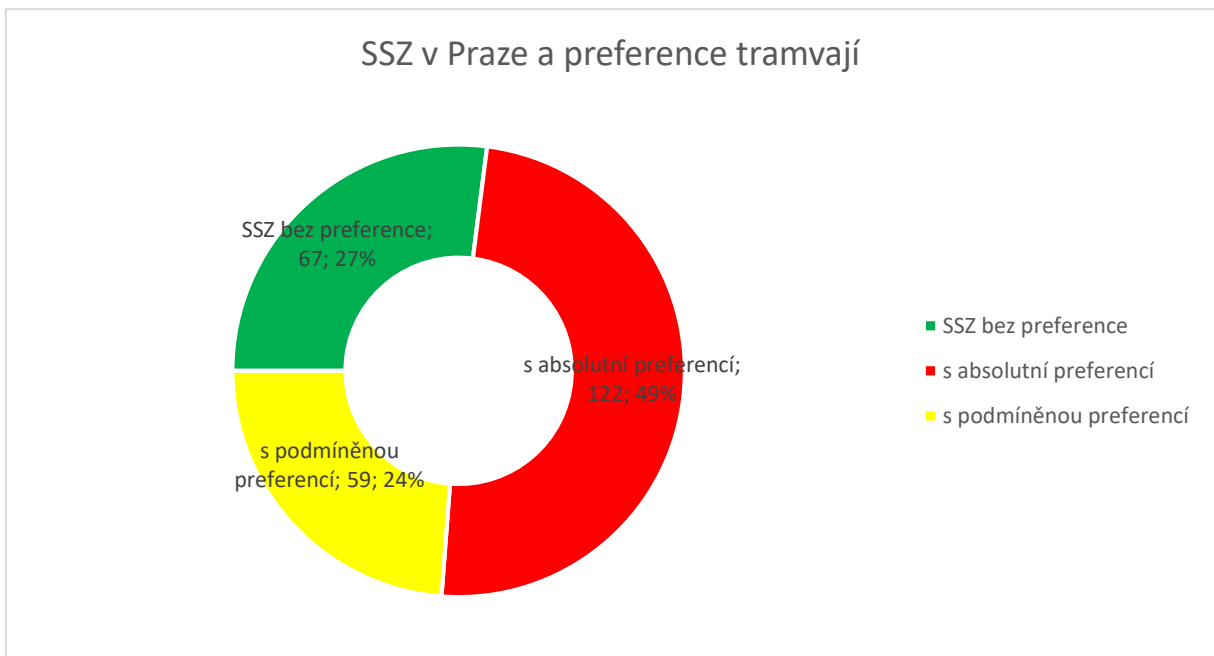
3.1.1 Preference tramvají

Tramvaje mají na svých tratích celkem 248 SSZ, z čehož na 189 (76,2 %) z nich je zajištěna preference. V celkové délce 12 160 m je tramvajová trať oddělena podélnými tvarovkami, tzv. bumlíky, od jízdních pruhů. V roce 2015 došlo k nárůstu o 910 m. Následující tabulka a graf znázorňují, kolik SSZ je na tramvajových tratích a zda a jakou preferenci poskytují.



Obrázek 9 Mapa SSZ v Praze na tramvajových tratích, [16]

Graf 2 Počet SSZ v Praze na tramvajových tratích, [16]



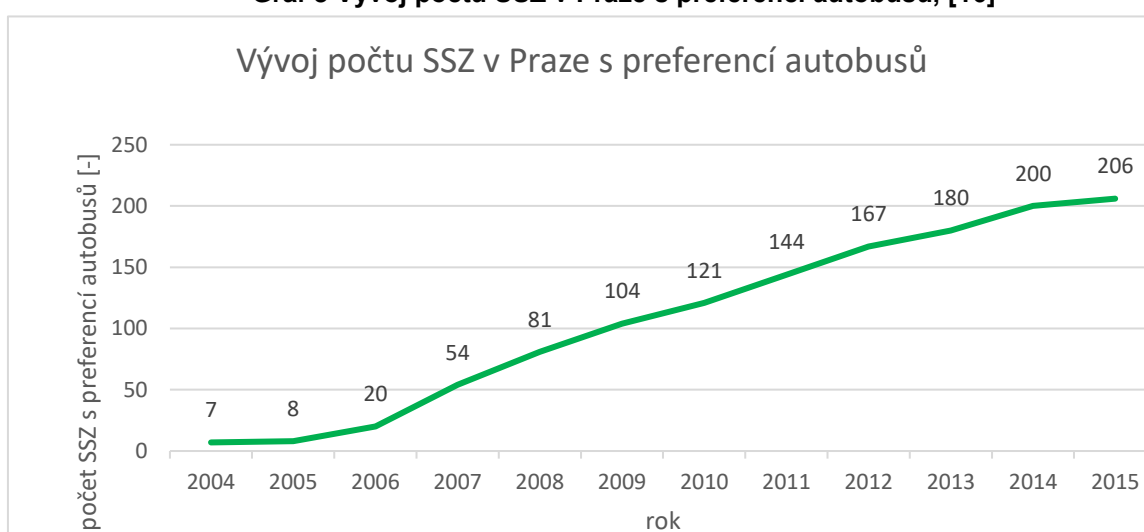
3.1.2 Preference autobusů

Preference pro autobusy se v Praze postupně zřizuje od roku 2003, kdy se Praha zapojila do evropského projektu Trendsetter. Do tohoto projektu se kromě Prahy zapojili Stockholm (SWE), Graz (AUT), Lille (FRA) a Pecs (HUN). Projekt si dává za cíl zlepšovat

mobilitu, kvalitu života ve městech, kvalitu ovzduší, a minimalizovat hluk z dopravy a dopravní kongesce. V reakci na zapojení do projektu se začaly instalovat preference do SSZ zejména v okolí stanic metra. Dnes je zavádění preferencí do SSZ standardní u nových i obnovovaných SSZ.

Na konci roku 2015 bylo v Praze celkem 26 700 m vyhrazených jízdních pruhů pro autobusy, z toho během roku 2015 došlo k nárůstu o 3 000 m. Dále byla na konci roku 2015 umožněna autobusům jízda po tramvajovém tělese na 11 350 m, nárůst v roce 2015 je 730 m. V následující tabulce a grafu je znázorněn rostoucí počet SSZ vybavených detekcí pro preferenci autobusů.

Graf 3 Vývoj počtu SSZ v Praze s preferencí autobusů, [16]



Další tabulka znázorňuje, jaký typ preference výše zmíněné SSZ poskytují.

Tabulka 3 Počet SSZ v Praze s preferencí autobusů, [16]

typ detekce	počet SSZ	
aktivní detekce	199	97%
pasivní detekce	7	3%
celkem	206	100%

3.1.3 Zkušenosti s aplikací

V současné době jsou preference MHD na SSZ v rámci PIDu pouze na území Prahy u dopravce DP hl.m.Prahy. Z ostatních dopravců pouze jediné vozidlo, vlastněné dopravcem ČSAD POLKOST, spol. s.r.o., disponuje palubním počítačem schopným komunikace s řadičem SSZ, vybaveným preferencí vozidel MHD. Toto vozidlo je schopné využívat preference na SSZ v Petrovicích (sídlišti na jihovýchodním okraji Prahy).

3.2 Brno

MHD v Brně zajišťuje DPMB a.s. Integrovaný dopravní systém ve městě byl zaveden v roce 1995, kdy byl vytvořen přestupní pásmový tarif, byla provedena reorganizace veškeré veřejné dopravy ve městě, zejména byly odstraněny souběhy tramvajových a trolejbusových linek s autobusovými a autobusové linky byly odstraněny z centra města. Od roku 2004 je MHD v Brně součástí Integrovaného dopravního systému Jihomoravského kraje (IDS JMK), tato změna v integraci systému nevyvolala žádné výrazné změny v organizaci MHD.

Páteřní systém MHD tvoří tramvajová síť. Její celková délka je 70,2 km (koleje vedou i do přilehlého města Modřice) a je na ní pravidelně provozováno 11 denních linek (stav k 28.3.2017 bez výlukových a historických linek). Tramvajová síť je diagonálního charakteru. Doplnkovým systémem k tramvajím je síť trolejbusů. Celková délka trolejí bez smyček je 54,0 km (troleje vedou i do sousedního města Šlapanice). V současné době je na ní provozováno 13 linek (stav k 28.4.2017). Tramvajová a trolejbusová doprava jsou považovány za ekonomicky výhodnější a ekologičtější variantu dopravy. Proto tvoří páteřní obsluhu města, mimo centrum je na tuto síť navázána autobusová doprava. Jejím úkolem je zejména napojovat další části města na kapacitnější a rychlejší tramvajovou dopravu. Kromě toho mají některé autobusové linky tangenciální charakter a propojují jednotlivá sídliště mezi sebou. [17]

3.2.1 Preference MHD v Brně

Systém preferování vozidel MHD se nazývá RIS – Řídící a infomační systém. Náhled do systému RIS ukazuje [Obrázek 10]. V rámci tohoto systému jsou zjišťovány polohy jednotlivých vozidel MHD pomocí systémů GPS (viz 2.1.3.2).

Záznamy z RIS SSZ 7.08 Palackého x Kosmova (Semilasso)

Datum	Čas	Typ přihlášení do SSZ	Směr příjezdu	Signální skupina	Směr jízdy	Číslo vozu	Typ vozu	Typ odchylky od grafikonu	Spodní mez	Horní mez	Požadavek preference
2.11.2005	11:54:40	Odjezd ze zastávky před křižovatkou	31	TCS	centrum => Řečkovice	1604	Šalina	Zpoždění	-00:45	-00:41	Realizován
2.11.2005	11:54:51	Průjezd odhlašovací místem	34	TCS	centrum => Řečkovice	1604	Šalina	Zpoždění	-00:45	-00:41	Realizován
2.11.2005	11:55:15	Průjezd odhlašovací místem	23	VB	nádraží Kr.Pole => centrum	3275	Trajf	Podle grafikonu	-00:05	-00:01	Realizován
2.11.2005	11:55:26	Přijezd do zastávky před křižovatkou	32	TCP	centrum => nádraží Kr.Pole	1051	Šalina	Zpoždění	-03:30	-03:26	Realizován
2.11.2005	11:55:43	Odjezd ze zastávky před křižovatkou	32	TCP	centrum => nádraží Kr.Pole	1051	Šalina	Zpoždění	-03:45	-03:41	Realizován
2.11.2005	11:55:50	Odjezd ze zastávky před křižovatkou	23	TBL	nádraží Kr.Pole => centrum	1059	Šalina	Podle grafikonu	+00:15	+00:19	Realizován
2.11.2005	11:55:59	Průjezd přihlašovací místem	32	VC	centrum => nádraží Kr.Pole	3002	Trajf	Zpoždění	-02:30	-02:26	Realizován
2.11.2005	11:56:04	Průjezd odhlašovací místem	32	VC	centrum => nádraží Kr.Pole	1059	Šalina	Podle grafikonu	+00:15	+00:19	Realizován
2.11.2005	11:56:04	Průjezd přihlašovací místem	23	TBL	nádraží Kr.Pole => centrum	3002	Trajf	Zpoždění	-02:30	-02:26	Realizován
2.11.2005	11:56:19	Průjezd odhlašovací místem	32	VC	centrum => nádraží Kr.Pole	1051	Šalina	Zpoždění	-03:45	-03:41	Realizován
2.11.2005	11:56:32	Průjezd odhlašovací místem	32	TCP	centrum => nádraží Kr.Pole	1042	Šalina	Podle grafikonu	+00:15	+00:19	Realizován
2.11.2005	11:57:04	Průjezd odhlašovací místem	23	TBL	nádraží Kr.Pole => centrum	1042	Šalina	Zpoždění	-00:40	-00:36	Realizován
2.11.2005	11:57:33	Přijezd do zastávky před křižovatkou	32	TCP	centrum => nádraží Kr.Pole	1042	Šalina	Zpoždění	-00:45	-00:41	Realizován
2.11.2005	11:57:47	Odjezd ze zastávky před křižovatkou	32	TCP	centrum => nádraží Kr.Pole	1042	Šalina	Zpoždění	-00:45	-00:41	Realizován
2.11.2005	11:58:10	Průjezd odhlašovací místem	32	VC	centrum => nádraží Kr.Pole	2324	Autobus	Podle grafikonu	-00:15	-00:11	Realizován
2.11.2005	11:58:11	Průjezd přihlašovací místem	31	TCS	centrum => Řečkovice	1551	Šalina	Pozdní	+00:40	+00:44	Realizován
2.11.2005	11:58:17	Přijezd do zastávky před křižovatkou	32	VC	centrum => nádraží Kr.Pole	2324	Autobus	Podle grafikonu	-00:15	-00:11	Realizován
2.11.2005	11:58:32	Průjezd odhlašovací místem	31	TCS	centrum => Řečkovice	1551	Šalina	Podle grafikonu	+00:25	+00:29	Realizován
2.11.2005	11:58:33	Odjezd ze zastávky před křižovatkou	31	TCS	centrum => Řečkovice	1551	Šalina	Podle grafikonu	+00:25	+00:29	Realizován
2.11.2005	11:58:41	Průjezd odhlašovací místem	31	TCS	centrum => Řečkovice	1551	Šalina	Podle grafikonu	+00:25	+00:29	Realizován

Obrázek 10 Záznam ze systému RIS [5]

„Každé vozidlo je vybaveno:

- *Palubním počítačem*
- *Radiomodemem*
- *Přijímačem satelitní navigace (GPS)*
- *Zobrazovacím panelem, digitálním hlásičem, zařízením pro sběr diagnostických a provozních dat vozidla, atd.“ [5]*

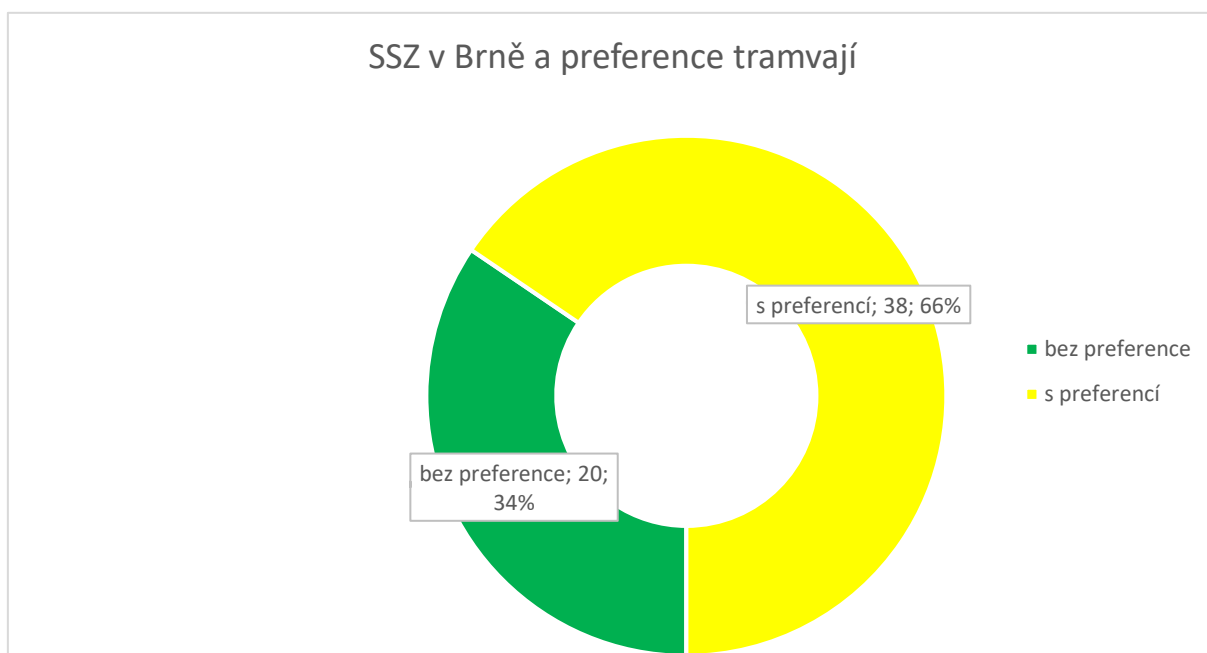
Komunikace mezi vozidly a dispečinkem DPMB a.s., probíhá radiově na frekvenci 430MHz. Vozidla přibližně každých 20 s vysílají informaci o své poloze. Díky tomu mohou dispečeři nepřetržitě sledovat polohu všech vozů. Kromě toho jsou tyto informace dostupné i pro veřejnost na webových stránkách DPMB a.s., nebo mobilní aplikaci.

Dále probíhá komunikace mezi vozidly MHD a některými patřičně vybavenými řadiči SSZ, tato komunikace probíhá na frekvenci 900 MHz. *„Vozidlo vyšle řadiči „datový balík“ obsahující následující informace: Identifikace vozidla (číslo vozu), Typ trakce (tramvaj trolejbus, autobus), Hodnota odchylky od jízdního řádu, Data a události předepsané projektem SSZ, Nouzový paket, Potvrzení příjmu nouzového paketu, Místo a čas vysílání podle polohy GPS nebo podle události. Na základě těchto informací řadič zařadí v patřičném čase nárokový signál.“ [5]*

3.2.2 Preference tramvají

Tramvaje mají na svých tratích celkem 59 SSZ, z čehož na 38 z nich (64,4%) je zajištěna preference MHD (viz následující graf). Z 38 SSZ, které poskytují preferenci vozidlům MHD jich 30 je připojena na centrální monitoring, zbylých 8 řadičů SSZ poskytuje vozidlům MHD preferenci, ale neinformuje o aktuálních nárocích vozidel MHD a jejich (ne)splnění dopravní ústřednu.

Graf 4 Počet SSZ v Brně na tramvajových tratích, [5]



3.2.3 Preference trolejbusů a autobusů

Kromě tramvají jsou v Brně preferovány i trolejbusy a autobusy. Na křižovatkách, kde tato vozidla pravidelně projíždějí, jsou postupně instalovány řadiče vybavené možností preference vozidel MHD. Celkem je ve městě 84 SSZ s možností preference, 25 z nich je určeno pro preferenci trolejbusů a autobusů, dále je ve městě instalováno 10 SSZ schopné monitoringu situace (ale preference neposkytují). Celkem 67 řadičů SSZ s preferencí je napojeno na centrální dispečink.

P. č.	KÓD	NÁZEV	ŘADIČ TYPU	HW-RIS	POZNÁMKA	PŘIPOJENÍ NA CENTR. MONITORING
1.	0.07	Husova - Pekařská	Siemens (C800V)	CROSS	preference	ne
2.	0.08	Husova - Joštova	Siemens (C800V)	CROSS	preference	ano
3.	0.10	Kounicova - Moravské náměstí	Siemens (C800V)	CROSS	preference	ano
4.	0.11	Lidická - Koliště	Siemens (C940V)	CROSS	preference	ano
5.	0.12	Rooseveltova - Moravské nám.	Siemens (C800V)	ELS-PRIO	preference	ano
6.	0.13	Koliště - Milady Horákové	Siemens (C800V)	Cross	preference	ano
7.	0.20	Husova - Údolní	Siemens (C800V)	CROSS	preference	ano
8.	0.23	Křenová - Dornych	Siemens (C800V)	CROSS	preference	ne
9.	0.49	Kounicova - Slovákova	Cross (RS-2)	CROSS	preference	ano
10.	1.01	Úvoz - Pekařská	Cross (RS-4)	CROSS	preference	ano
11.	1.02	Křižová - Václavská	Cross (RS-3)	CROSS	preference	ne
12.	1.03	Mendlovo nám. - Křižová	Cross (RS-4)	CROSS	preference	ano
13.	1.04	Bauerova - Hlinky	Cross (RS-3)	CROSS	preference	ne

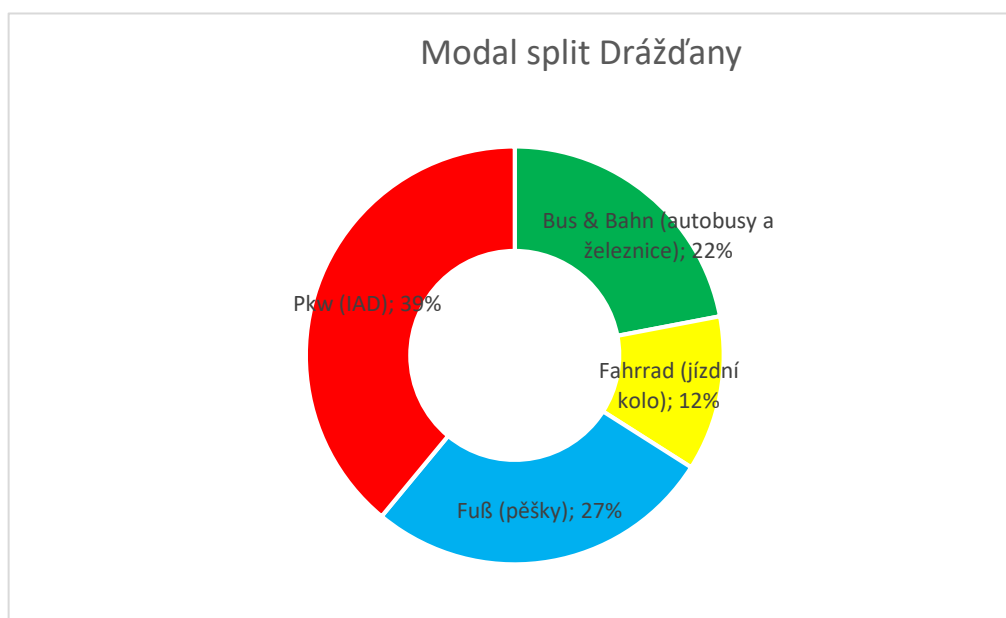
Obrázek 11 Ukázka přehledu SSZ s možností preference [5]

3.3 Drážďany

Městskou hromadnou dopravu v Drážďanech zajišťuje společnost Dresdner Verkehrsbetriebe AG, která spadá pod Technische Werke Dresden GmbH (technické služby Drážďany).

Páteřním systémem MHD v Drážďanech jsou tramvaje, které jsou doplněné o autobusové linky, několik přívozů, pozemní lanovou dráhu a lanovku. Konkrétně se jedná o 12 linek tramvají, 28 autobusových linek, 4 přívozy, 1 pozemní lanovou dráhu a 1 lanovku (stav k 1.1.2015). MHD v Drážďanech ročně přepraví zhruba 153 milionu cestujících. Modal split MHD je 22% - tedy 22% cest po městě je realizováno skrze MHD, graficky je modal split znázorněn v grafu. [13]

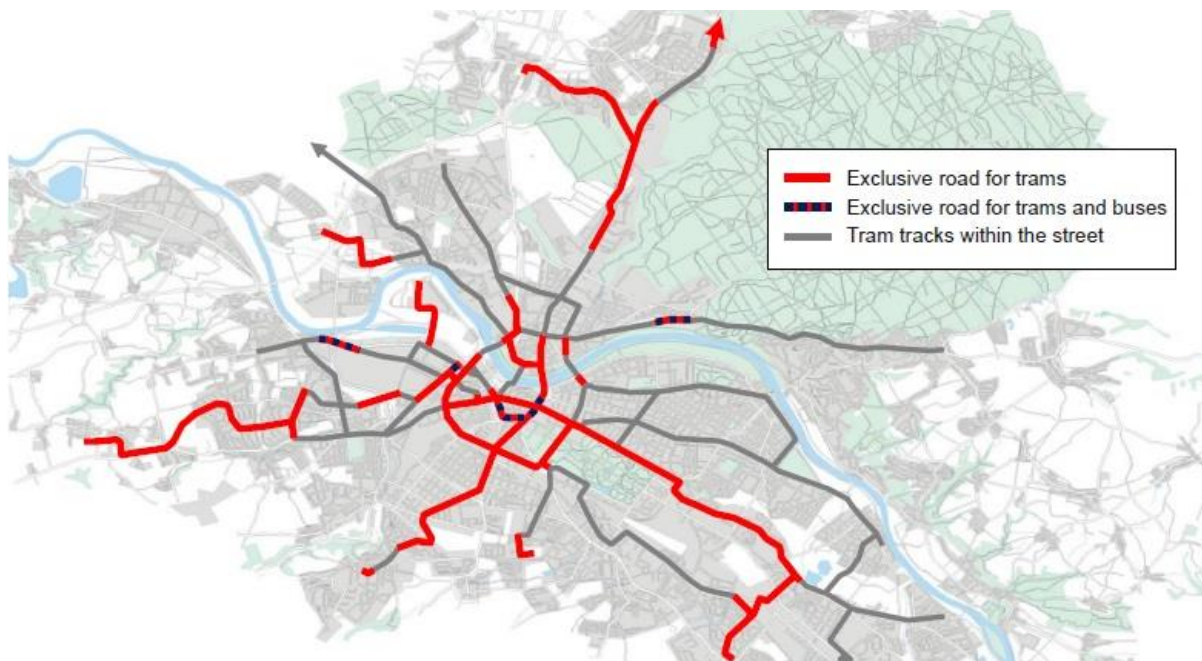
Graf 5 Modal split (volba dopravního módu) Drážďany [13]



3.3.1 Preference MHD v Drážďanech

Pro drážďanské MHD je vybudováno mnoho preferenčních opatření. Tato preferenční opatření upřednostňují vozidla MHD prostorově (prostorová opatření) a na SSZ (preferenze MHD na SSZ)

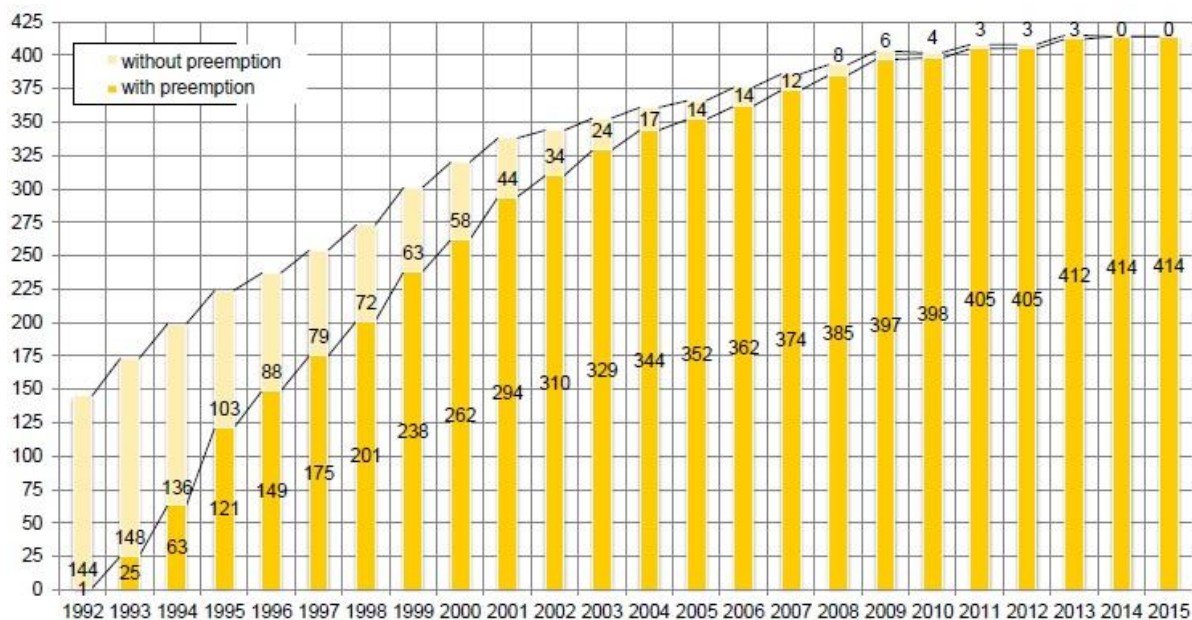
Vozidla MHD v Drážďanech využívají zejména v širším centru města množství vyhrazených jízdních pruhů pro autobusy a fyzicky oddělených tramvajových tratí (viz následující obrázek). Díky tomu nejsou vozidla MHD zdržována IAD. [13]



Obrázek 12 Mapa vyhrazených JP a fyzicky oddělených tramvajových tratí [13]

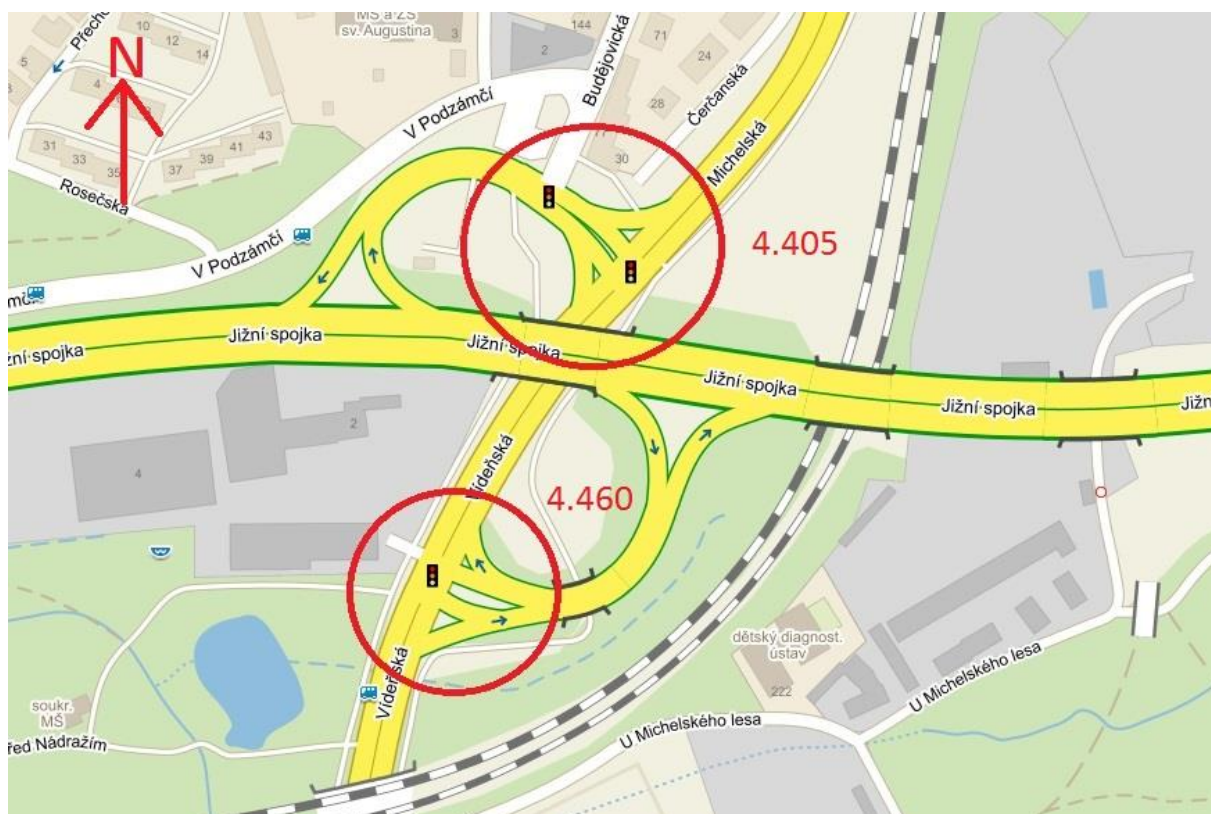
Dále je na všech křižovatkách řízených SSZ, přes které vozidla MHD projíždějí, instalována preference vozidel MHD. Vývoj počtu řadičů SSZ, která jsou schopna upřednostnit průjezd vozidel MHD křižovatkou před vozidly individuální automobilové dopravy, je v následujícím grafu. Instalace preference MHD do řadičů křižovatek probíhá v Drážďanech již od roku 1992, což je o 11 let dříve než v Praze.

Graf 6 Vývoj počtu SSZ s preferencí MHD [13]



4 Řešená lokalita

Řešená lokalita se nachází v městské části Praha 4. Jedná se o křižovatky ulic Vídeňská, Michelská, Budějovická a sjezdů a nájezdů na Jižní spojku, které jsou v bezprostřední blízkosti. Jižní spojka zde mimoúrovňově kříží Vídeňskou a Michelskou ulici. Sjezdy a nájezdy z Jižní spojky jsou řízeny pomocí SSZ, dále do této oblasti ústí ulice Budějovická. Vše je graficky znázorněno na následující mapce.



Obrázek 13 Mapa s označením křižovatek [6]

4.1 Širší vztahy

Vídeňská ulice míří z řešené oblasti kolem areálu Thomayerovy nemocnice směrem na jih z Prahy. Představuje velmi vytíženou komunikaci, která je zásadní pro obsluhu satelitů a vesnic za Prahou (Vestec, Jesenice, Kamenice) a městských částí Krč, Libuš, Novodvorská a Písnice. Ve Vestci a v Jesenici se napojuje, resp. křížuje Pražský okruh (D0).

Michelská ulice spojuje Vídeňskou ulici s Michlí a plynule navazuje na Vídeňskou. Cca 500 m před řešenou lokalitou se na Michelské ulici nachází stanice metra C Kačerov. Stanice Kačerov je důležitým přestupním bodem mezi autobusovými linkami z oblasti Krče, Novodvorské a Písnice a metrem. Po celý den se zde vyskytuje mnoho vozidel MHD, a proto by bylo vhodné zde řešit preferenci pro tato vozidla.

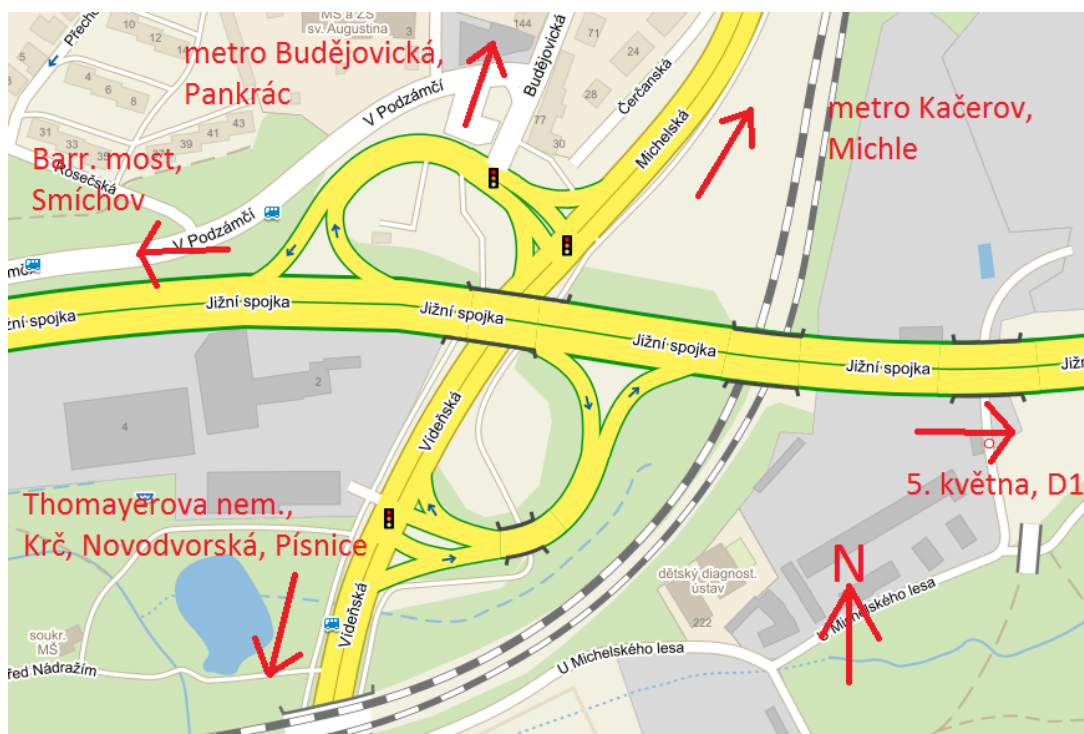
Budějovická ulice spojuje Vídeňskou a stanici metra C Budějovická. Tato stanice metra představuje důležitý přestupní bod pro příměstské linky (jedoucí z Prahy po Vídeňské) a metro. Po ulici Budějovická jsou trasovány všechny autobusové linky, které jsou ukončeny ve stanici Kačerov (pouze ve směru na Kačerov) a také velká část příměstských linek.

Jižní spojka je rychlostní místní komunikace, směrově rozdělená, s omezeným přístupem a mimoúrovňovým křížením s ostatními komunikacemi. Je součástí vnitřního městského okruhu. Její sjezdy a nájezdy na Vídeňskou (resp. Michelskou) společně s Budějovickou ulicí jsou stěžejními body řešené lokality.

Následující tabulka zobrazuje intenzity některých ulic v oblasti a obrázek zachycuje širší vztahy v mapě.

Tabulka 4 Přehled intenzit v lokalitě z roku 2016 [8]

ulice	začátek úseku	konec úseku	intenzita [jvoz/den]
Vídeňská	Jižní spojka	U Krčského nádraží	23 874
Vídeňská	U Krčského nádraží	Jižní spojka	25 065
Michelská	Vídeňská	Na Záhonech	12 381
Michelská	Na Záhonech	Vídeňská	14 036
Jižní spojka	5. května	Vídeňská	60 137
Jižní spojka	Vídeňská	5. května	65 729
Jižní spojka	Vídeňská	Sulická	54 137
Jižní spojka	Sulická	Vídeňská	53 329



Obrázek 14 Širší vztahy v mapě [6]

4.2 MHD v oblasti

Oblast křižovatek Vídeňské s Jižní spojkou je silně zatížena provozem vozidel MHD. Vzhledem k blízkým stanicím metra (Kačerov a Budějovická) jsou přes křižovatky vedeny autobusy, které zajišťují napojení Krče, Libuše, Písnice, Novodvorské na metro. Vídeňská ulice mezi Jižní spojkou a Thomayerovou nemocnicí je jedna z nejvytíženějších pražských ulic (co se počtu autobusů MHD týče).

4.2.1 Autobusové linky

Oblastí projíždí celkem 21 pravidelných autobusových linek (stav k 6/2017). Jedná se o linky městské (řady 1xx a 2xx), příměstské (3xx), noční městské (904 a 910) a noční příměstské (956). Tyto linky můžeme dělit podle způsobu, jakým projíždějí oblastí následovně:

- (1) Budějovická – Vídeňská, Vídeňská – Budějovická (tedy linky, které jedou od metra Budějovická k Nemocnici Krč a zpět)
- (2) Michelská – Vídeňská, Vídeňská – Budějovická (linky, pro které je Kačerov konečná stanice)
- (3) Michelská – Vídeňská, Vídeňská – Michelská (pro tyto linky je Kačerov průjezdná stanice)

Tabulka 5 Přehled projíždějících linek [9]

Linka	Konečná	Konečná	Varianta průjezdu	Počet spojů za den	Typ autobusu
106	Kačerov	Braník	2	113	standard
113	Kačerov	Točná (Sídliště Písnice)	2	113	standard
114	Kačerov	Kačerov	2	28	standard
138	Zentiva	Nemocnice Krč	3	38	midibus
139	Želivského	Komořany	3	106	kloubový
150	Želivského	Na Beránku	3	101	kloubový
157	Kačerov	Nášírovo nám.	2	54	standard
189	Kačerov	Sídliště Lhotka	2	115	kloubový
193	Nádraží Vršovice	Šeberák	1	129	kloubový
196	Kloboučnická	Smíchovské nádraží	3	90	kloubový
215	Kačerov	Sídliště Libuš	2	128	kloubový
331	Kačerov	Jílové u Prahy (Zvole)	2	11	kloubový
332	Budějovická	Neveklov (Jílové u Prahy)	1	54	standard
333	Kačerov	Březová, Oleško	2	45	standard
335	Budějovická	Kamenice	1	19	standard
337	Budějovická	Pyšely	1	15	standard
339	Budějovická	Týnec nad Sázavou	1	14	standard
362	Budějovická	Týnec nad Sázavou	1	5	standard
904	Sídliště Stodůlky	Sídliště Písnice	1	12	kloubový
910	Terminál 1	Na Beránku	3	11	kloubový
956	Budějovická	Jílové u Prahy	1	1	standard

4.3 Dopravní průzkum

V oblasti byly provedeny dva typy dopravních průzkumů pro získání datových podkladů za účelem zlepšení řešení dopravy v oblasti (resp. zhodnocení možnosti zavedení preference MHD).

4.3.1 Průzkum intenzit a směrovosti vozidel

Cílem tohoto průzkumu bylo získat informace o průměrné hodinové intenzitě na jednotlivých vjezdech a výjezdech z oblasti, počtu projíždějících vozidel MHD a směrovosti vozidel v oblasti.

Hlavní průzkum byl proveden ve čtvrtek 15.6.2017 v ranní špičce (7.30 – 8.30) a v odpolední špičce (16.30 – 17.30). Na jednotlivé vjezdy a výjezdy byly umístěné kamery nebo osoby ručně zapisující čtyři koncová čísla z SPZ projíždějících vozidel. Videá z kamer měla být zpracována pomocí softwaru ATEAS na automatické rozpoznání SPZ. Tento záměr se bohužel nepodařilo naplnit kvůli špatnému nastavení kamer. Proto musela být jednotlivá videá vyhodnocována ručně.

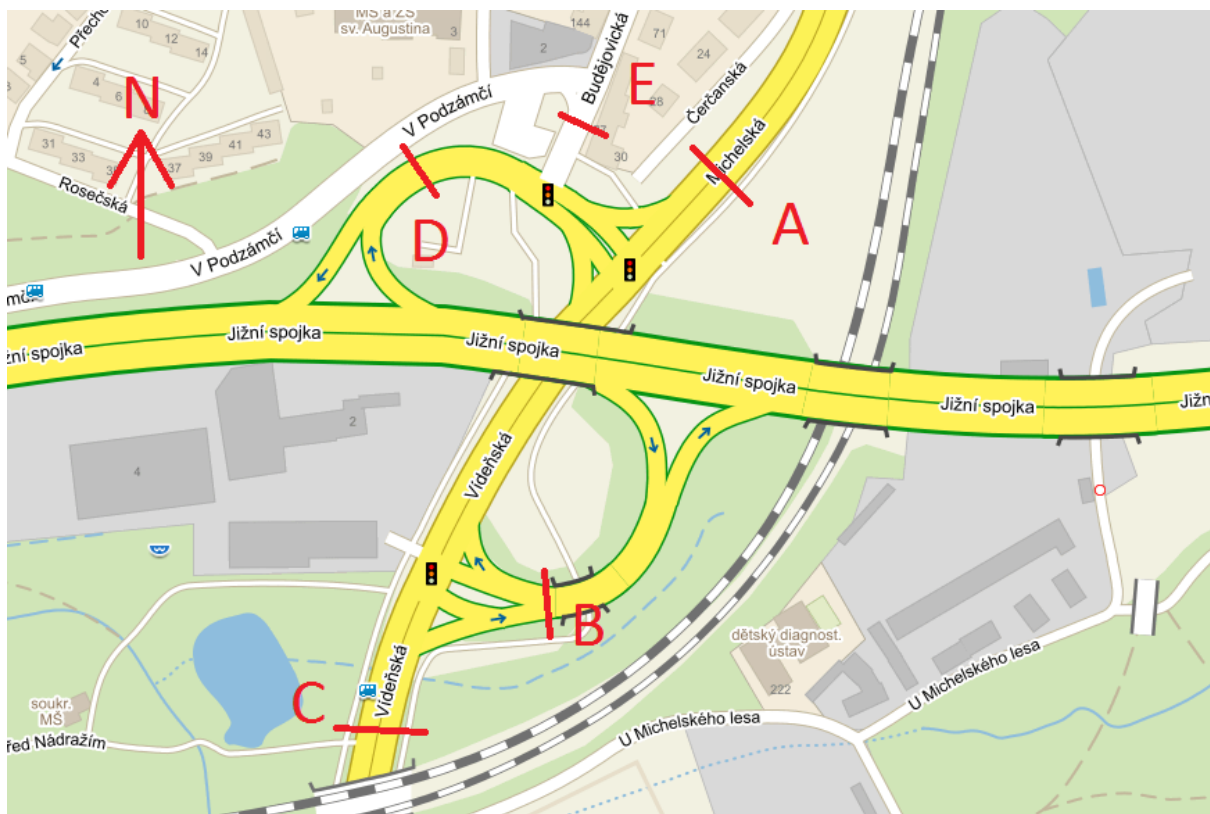


Obrázek 15 Foto z průzkumu (kamera na vjezdu VF)

Získané SPZ byly porovnány a spárovány mezi sebou na vjezdech a výjezdech z oblasti.

Vzhledem k vysokému počtu aut na vjezdech, které byly zapisovány ručně a vzájemným zákrytům vozidel (resp. SPZ) v záběrech může být chyba směrovosti velká, chyba intenzit bude minimální.

Pro potřeby orientace se v datech a celkové zhodnocení průzkumu byly jednotlivé vjezdy označeny písmeny A – E.



Obrázek 16 Označení vjezdů pro průzkum [6]

4.3.1.1 Ranní špička (7.30 – 8.30)

V ranní špičce byly zjištěny následující hodnoty uvedené v tabulkách a pentlogramu. Protože celý pentlogram by byl příliš nepřehledný, je k textu připojeno pouze schéma křižovatek s počty vozidel na jednotlivých vjezdech a výjezdech a stejné hodnoty v přehledné tabulce. Pentlogramy pro jednotlivé části křižovatek jsou v [Přílohy].

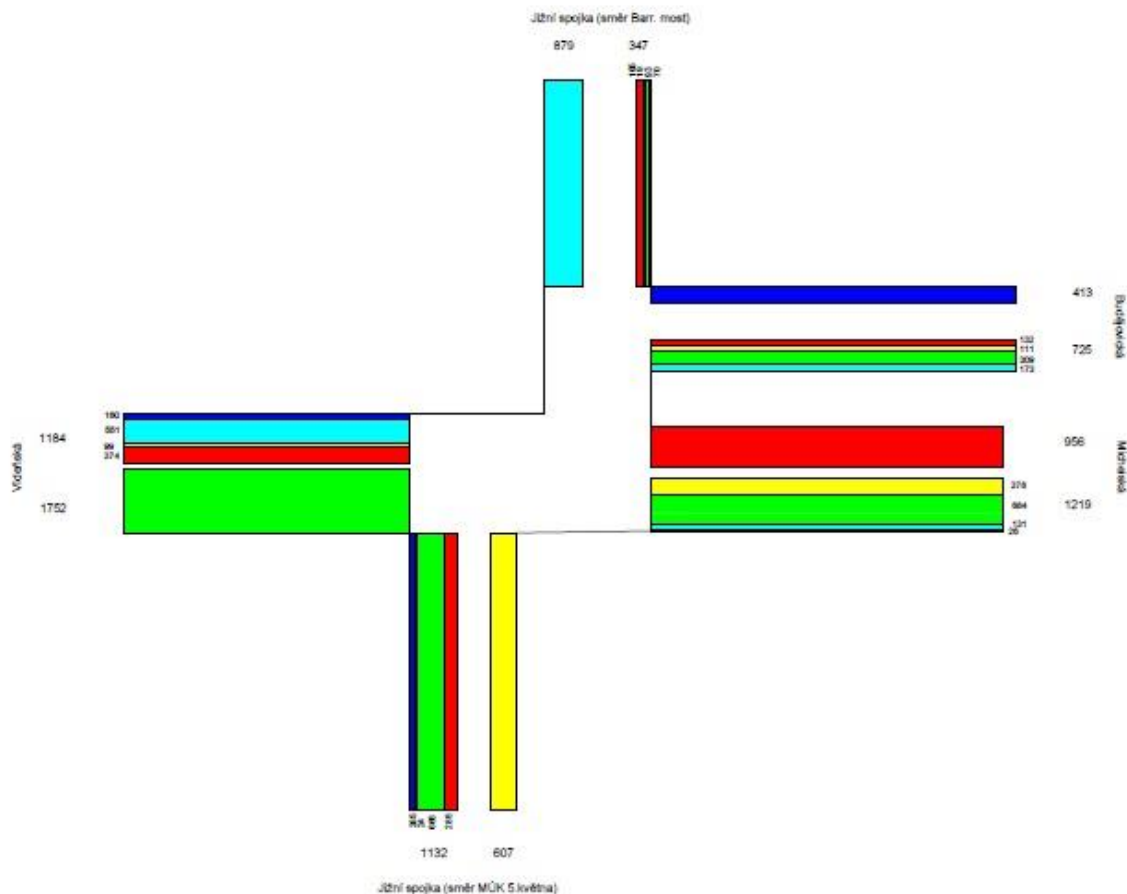
Jednoznačně nejzatíženějším vjezdem byla Vídeňská ulice ve směru na Kačerov, což je v ranní špičce poměrně logické vzhledem k jejímu trasování a významu. Nejméně vozidel přijelo po Budějovické ulici. Nejzatíženějšími výjezdy byly Michelská a Vídeňská a Jižní spojka směr MÚK s 5. května, D1.

Tabulka 6 Intenzita a směrovost v ranní špičce (čtvrtek 15.6.2017)

VJEZD	intenzita [voz/h]	A [voz/h]	B [voz/h]	C [voz/h]	D [voz/h]	E [voz/h]
A	956	0	285	374	165	132
B	607	378	0	99	19	111
C	1752	684	666	0	93	309
D	879	131	24	551	0	173
E	413	26	157	160	70	0

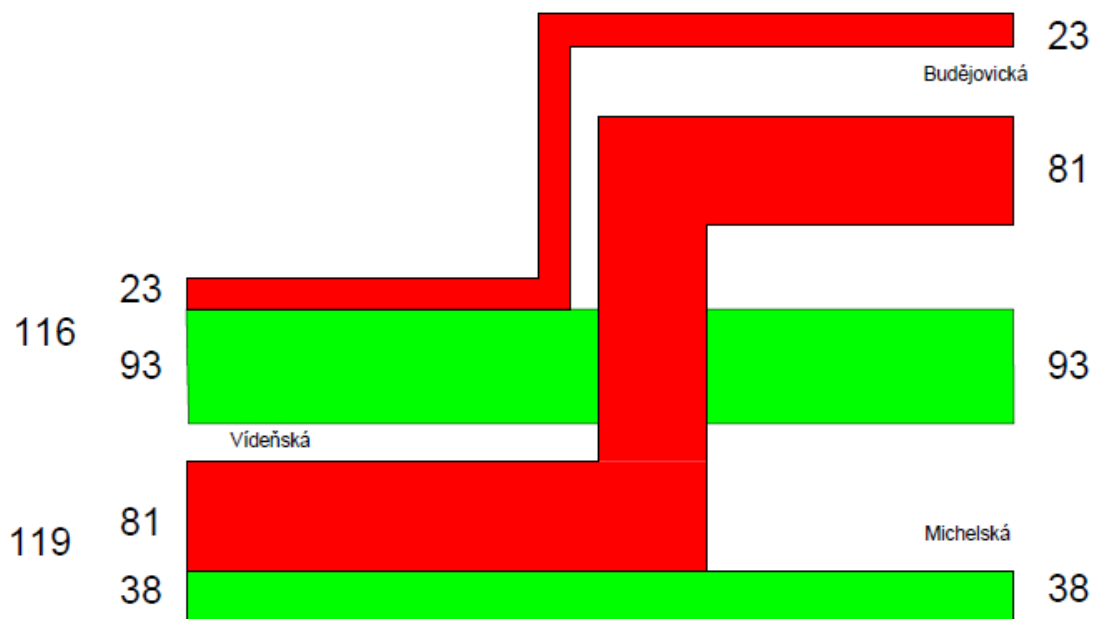
Tabulka 7 Intenzita na výjezdech z oblasti v ranní špičce (čtvrtek 15.6.2017)

	A	B	C	D	E	celkem
Výjezd [voz/h]	1219	1132	1184	347	725	4607



Obrázek 17 Schéma směrnosti vozidel v oblasti, 7.30-8.30

Díky ručnímu vyhodnocování videa byly zaznamenány přesné počty autobusů projíždějících měřenou oblastí. Pentlogram pouze pro autobusy MHD je na následujícím obrázku. Do vyhodnocení byly brány v úvahu pouze autobusy, které byly aktuálně v provozu, tj. vozidla, jejichž zobrazovače zobrazovaly „Služební jízda“, „Porucha“ nebo „Vůz jede do garáže“ nebyla do následujícího pentlogramu zařazena.



Obrázek 18 Pentlogram autobusů MHD, ranní špička

4.3.1.2 Odpolední špička (16.30 – 17.30)

V odpolední špičce byly zjištěny následující hodnoty uvedené v tabulkách a pentlogramu. Protože celý pentlogram by byl příliš nepřehledný, je k textu připojeno pouze schéma křižovatek s počty vozidel na jednotlivých vjezdech a výjezdech a stejné hodnoty v přehledné tabulce. Pentlogramy pro jednotlivé části křižovatek jsou v [Přílohy].

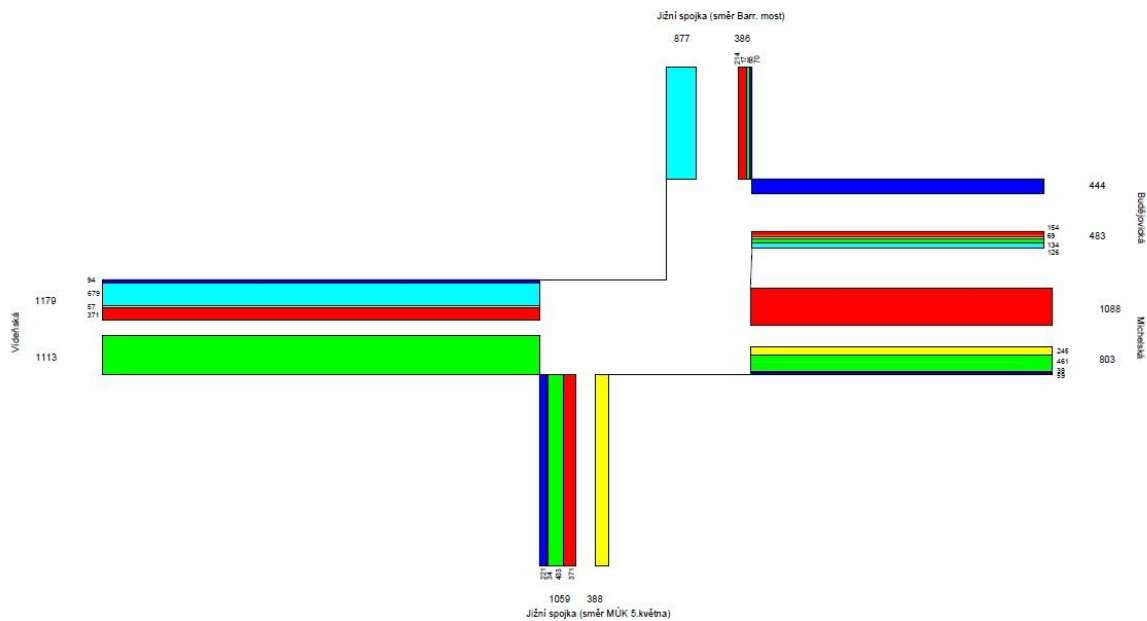
Nejzatíženějšími vjezdy byla Vídeňská a Michelská ulice. Nejméně vozidel sjelo z Jižní spojky ze směru do centra. Nejzatíženějšími výjezdy z oblasti byly nájezd na Jižní spojku ve směru na MÚK s 5. května, hustota vozidel na tomto nájezdu byla po celou dobu průzkumu vysoká, stupeň dopravy se pohyboval mezi 4–5, a Vídeňská ve směru ven z Prahy.

Tabulka 8 Intenzita a směrovost v odpolední špičce (čtvrtek 15. 6.2017)

VJEZD	Intenzita [voz/h]	A [voz/h]	B [voz/h]	C [voz/h]	D [voz/h]	E [voz/h]
A	1088	0	371	349	214	154
B	388	245	0	57	17	69
C	1113	461	433	0	85	134
D	877	38	34	679	0	126
E	444	59	221	94	70	0

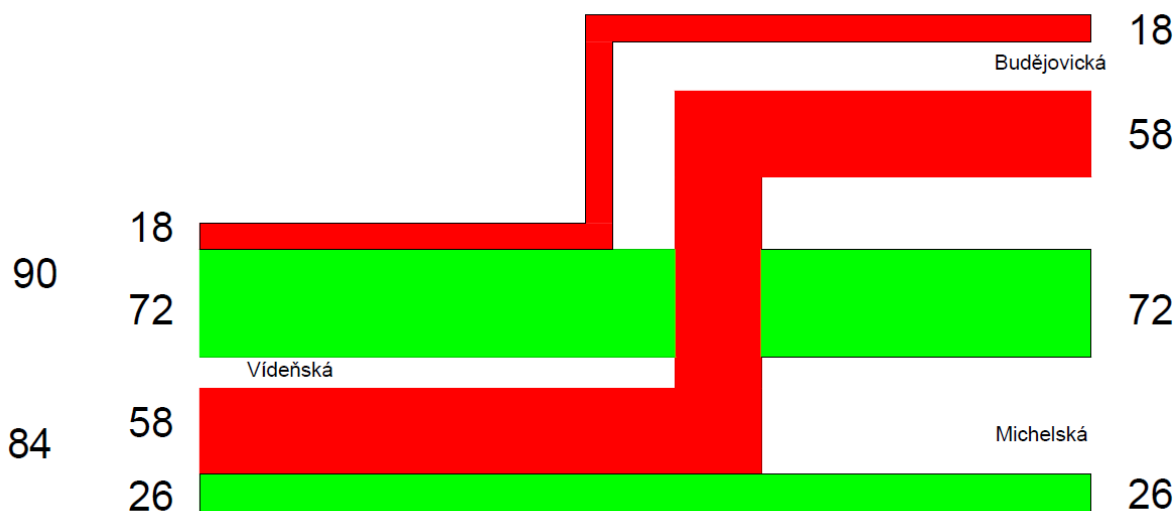
Tabulka 9 Intenzita na výjezdech z oblasti v odpolední špičce (čtvrtek 15.6.2017)

	A	B	C	D	E	celkem
Výjezd [voz/h]	803	1059	1179	386	483	3910



Obrázek 19 Schéma směrovosti vozidel v oblasti, 16.30 - 17.30

Následující pentlogram zobrazuje pouze vozidla MHD.



Obrázek 20 Pentlogram autobusů MHD, odpolední špička

Vzhledem k minimálnímu počtu zaznamenaných nákladních vozidel během průzkumu nebyla tato vozidla pro další práci zohledňována.

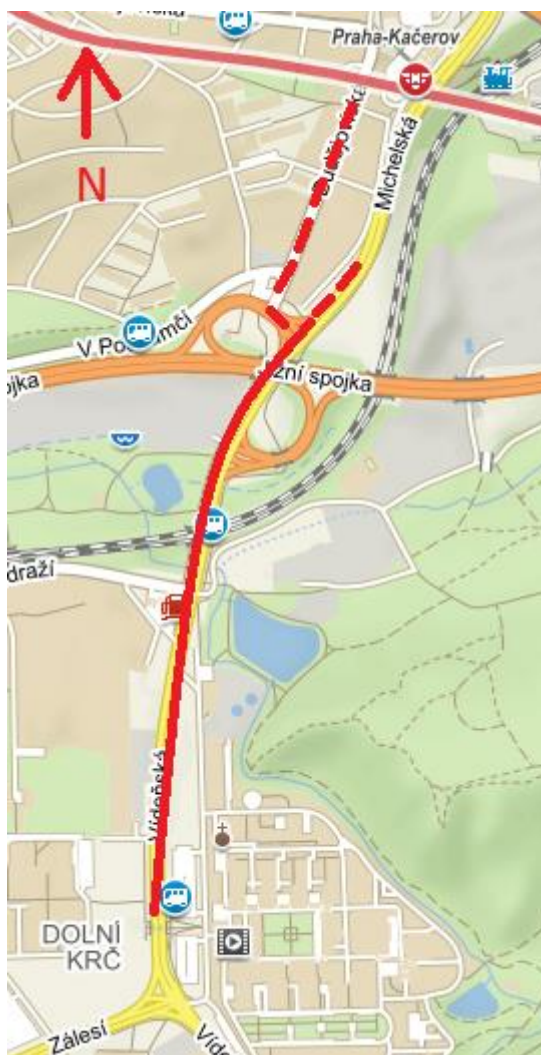
4.3.2 Průzkum doby jízdy autobusů

Cílem tohoto průzkumu bylo zjistit průměrné doby jízdy vozidel MHD oblastí s ohledem na směr průjezdu a denní dobu.

Tento průzkum byl prováděn průběžně po dobu cca 2,5 měsíců (4/2017 – 6/2017). U náhodně vybíraných autobusů byla měřena doba jízdy od opuštění zastávky Nemocnice Krč

po opuštění poslední z křižovatek v daném směru průjezdu. V opačném směru byla měřena doba jízdy od zastavení ve frontě před první řešenou křižovatkou (v případě hladkého průjezdu od okamžiku přejetí stopčáry) po zastavení v zastávce Nemocnice Krč. U každého z autobusů bylo dále zapsáno číslo linky, datum a čas a směr průjezdu. Po srovnání časů mezi po+pa a út+st+čt došlo ke sloučení těchto skupin, protože časy se navzájem nelišily.

V měřeném úseku se nachází zastávka U Labutě, která je na znamení a v JŘ ji mají pouze některé z projíždějících autobusů. Všechny autobusy, které v zastávce zastavily, byly z průzkumu vyřazeny, protože doba jízdy byla prodloužena o zastavení, výstup a nástup v zastávce.



Obrázek 21 Mapka průzkumu doby jízdy autobusů [6]

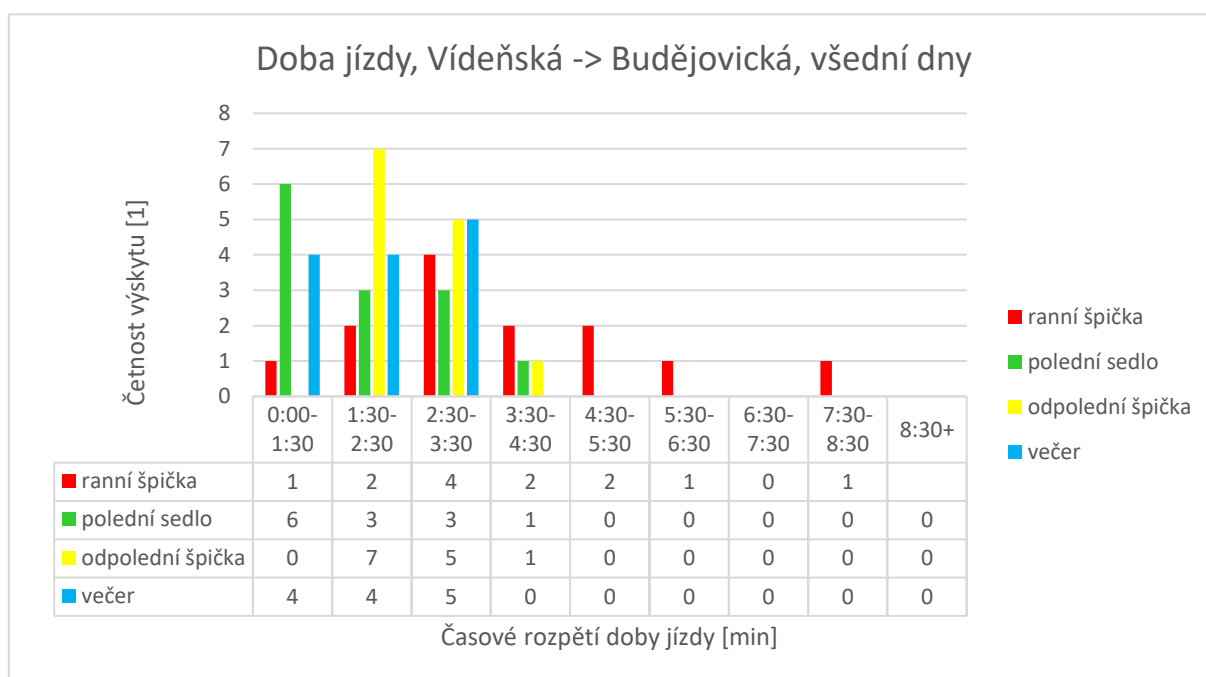
4.3.2.1 Průjezd Budějovická – Vídeňská

Pro autobusy, které projíždějí oblast ulicemi Budějovická – Vídeňská byly naměřené hodnoty převedeny do grafů a tabulky. V grafech jsou odděleny hodnoty pro autobusy v obou směrech (tj. Budějovická→Vídeňská a Vídeňská→Budějovická). Spadají sem linky 193, 332, 335, 337, 339 a 362 obousměrně a linky 106, 113, 114, 157, 189, 215, 331 a 333 ve směru na Kačerov. Noční linky měřené nebyly. V grafu jsou na vodorovné ose časová rozpětí pro doby jízdy autobusů měřeným úsekem (po minutě), na svislé ose je četnost výskytu dané doby jízdy mezi měřenými autobusy. Pro potřeby průzkumu byla denní období rozdělena následovně - ranní špička 6:00 – 9:00 h, polední sedlo 9:01 – 14:00, odpolední špička 14:01 – 18:30 a večer 18:31 – 22:00.

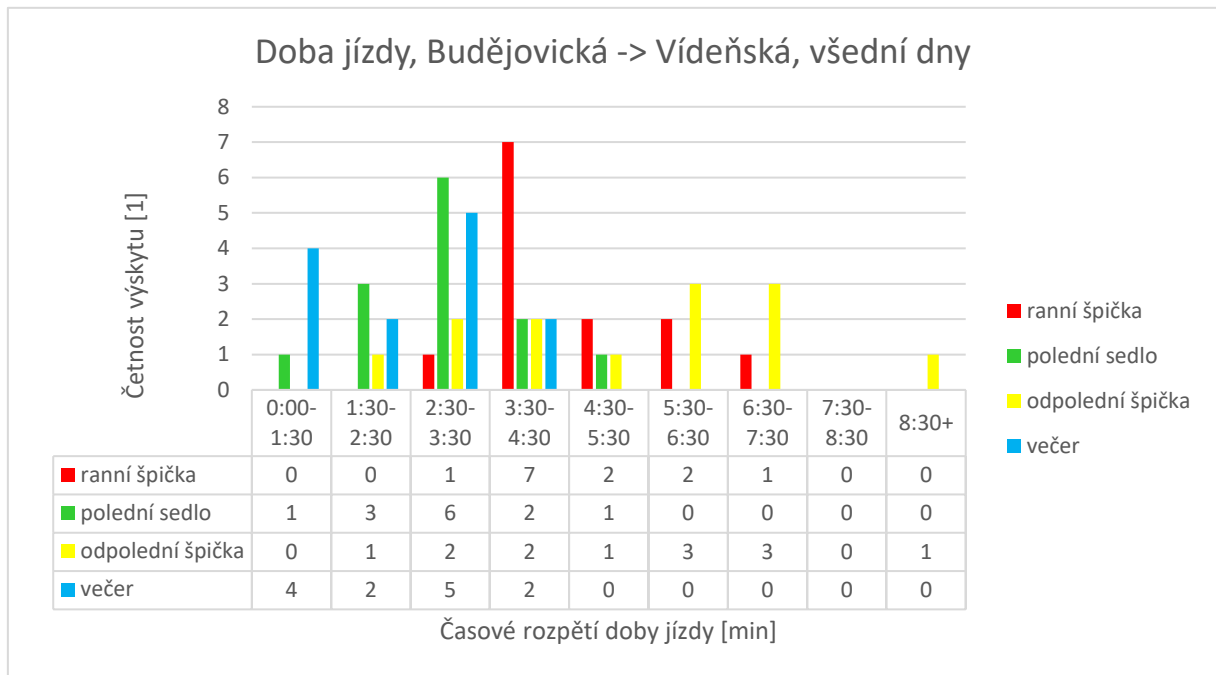
Doba jízdy v plynulém provozu je cca 3 minuty. Jízdní řád pro relaci Nemocnice Krč – Kačerov (konečná) udává dobu jízdy 4 minuty.

Z naměřených hodnot je zřejmé, že během poledního sedla a večera většina spojů projíždí oblast se zpožděním zhruba jedné minuty nebo bez zpoždění. V odpolední a ranní špičce se frekvence výskytu zpoždění zvyšuje a zpoždění se prodlužuje. Problematickým místem jsou levé odbočení z Vídeňské na Budějovickou (zejména pro ranní špičku) a připojení z Budějovické na sjezd ze Jižní spojky a následně Vídeňskou (zejména pro odpolední špičku). Naměřenými extrémami jsou časy 9:32 min (ranní špička, směr Kačerov), resp. 8:34 min (odpolední špička, směr Nemocnice Krč).

Graf 7 Četnosti doby jízdy; Vídeňská→Budějovická



Graf 8 Četnosti doby jízdy; Budějovická→Vídeňská



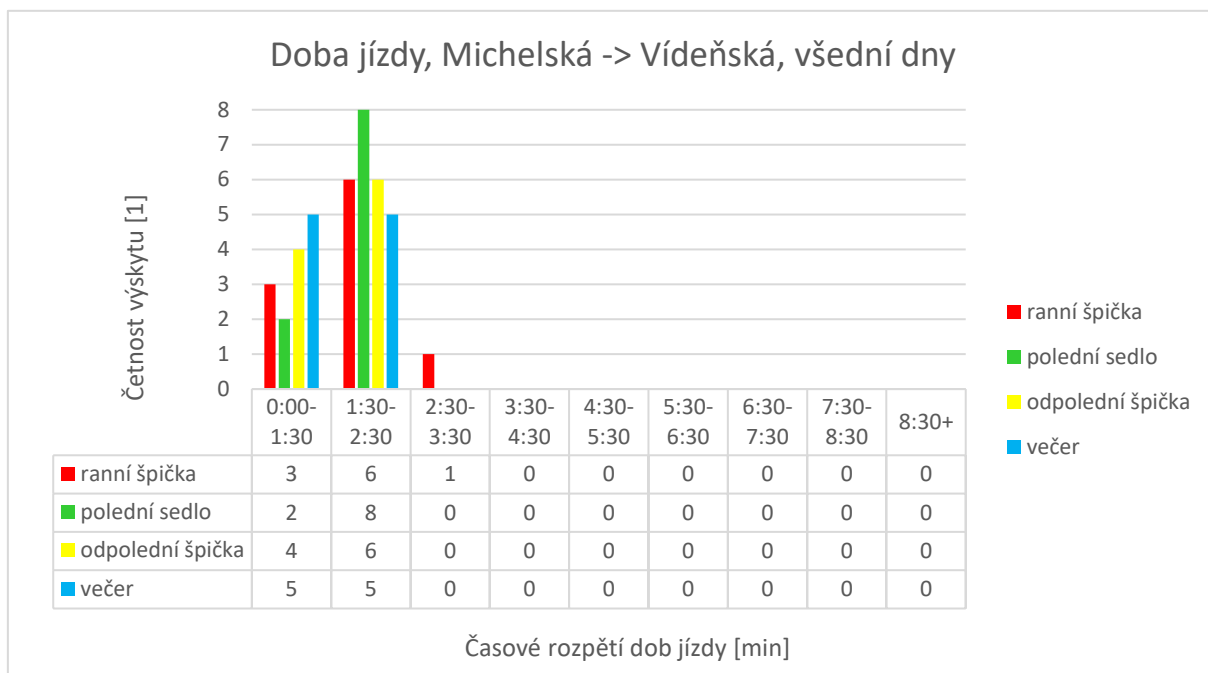
4.3.2.2 Směr Michelská – Vídeňská

Pro autobusy, které projíždějí oblast ulicemi Michelská – Vídeňská byly naměřené hodnoty převedeny do grafů a tabulky. V grafech jsou odděleny hodnoty pro autobusy v obou směrech (Michelská→Vídeňská a Vídeňská→Michelská). Spadají sem linky 138, 139, 150 a 196 obousměrně a 106, 113, 114, 157, 189, 215, 331 a 333 ve směru Nemocnice Krč. Noční linky měřené nebyly. V grafu jsou na vodorovné ose časová rozpětí pro doby jízdy autobusů měřeným úsekem (po minutě), na svislé ose je četnost výskytu dané doby jízdy mezi měřenými autobusy. Pro potřeby průzkumu byla denní období rozdělena následovně - ranní špička 6:00 – 9:00 h, polední sedlo 9:01 – 14:00, odpolední špička 14:01 – 18:30 a večer 18:31 – 22:00.

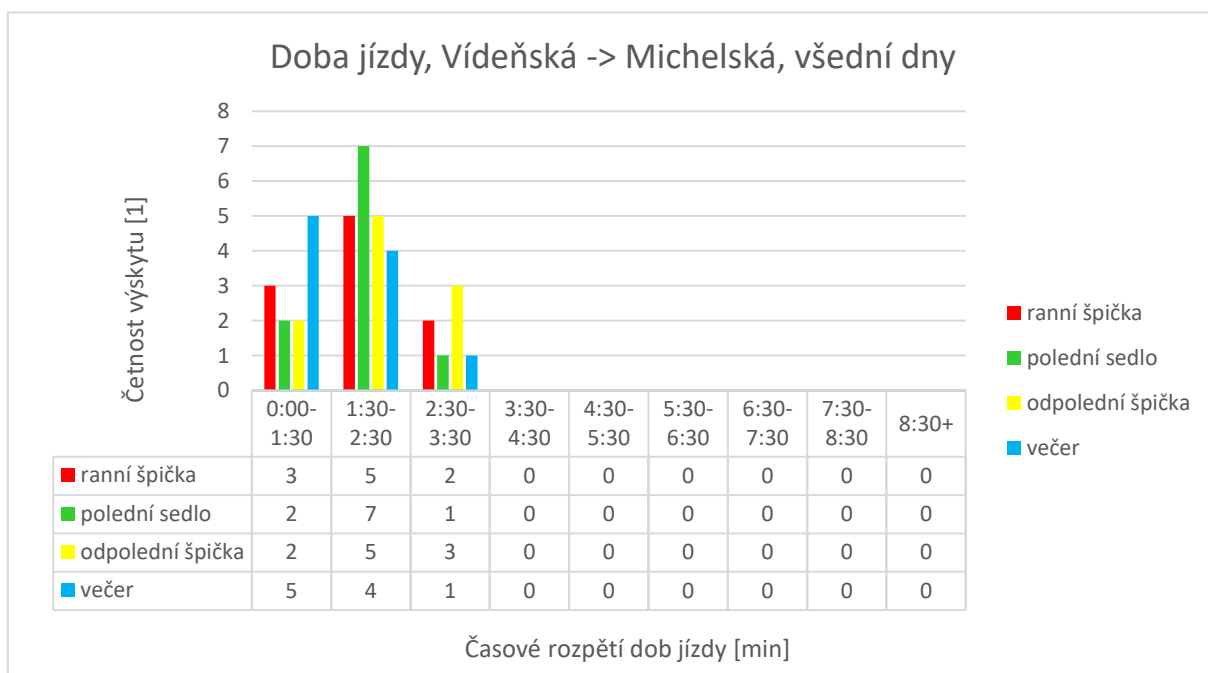
Doba jízdy v plynulém provozu je cca 2,5 minuty. Jízdní řád pro relaci Nemocnice Krč – Kačerov udává dobu jízdy 3 minuty.

Z naměřených hodnot je jasně patrné, že autobusy jedoucí přímým směrem jsou zpožděny minimálně nebo vůbec v průběhu celého dne.

Graf 9 Četnosti doby jízdy; Michelská→Vídeňská



Graf 10 Četnosti doby jízdy; Vídeňská→ Michelská



5 Simulační model křižovatky

Získané intenzity a údaje o směrovosti z dopravního průzkumu jsou jedním ze vstupů do simulačního modelu. Dalším vstupem jsou technické údaje z TSK Praha o SSZ 4.405 Michelská – Budějovická a SSZ 4.460 Vídeňská – Fruta. [10,11] Výstupem simulace je návrh úpravy signálních plánů.

Vzhledem ke složitosti a rozsáhlosti celé situace byla po vyhodnocení průzkumu vybrána nejproblémovější oblast – SSZ 4.405 a následné simulace a úpravy situace byly prováděny pouze pro tuto křižovatku. Ostatní podklady z průzkumu, necht' slouží jako podklad pro budoucí práci či možnost porovnání aktuálního stavu a stavu budoucího při možných dopravních průzkumech v dalších letech.

V oblasti by šlo aplikovat vícero způsobů preference, které byly popsány v úvodních kapitolách. Kombinací více preferenčních prvků by se dalo dosáhnout lepších výsledků a výraznějšího snížení zpoždění vozidel MHD. Pro další postup práce byla vybrána pouze varianta úpravy SSZ. Jedná se o finančně nejméně náročnou úpravu, která v průběhu „instalace“ nejméně omezí všechny účastníky provozu, na této dnes silně zatížené křižovatce.

Cílem návrhu úpravy signálních plánů SSZ na křižovatce 4.405 není zkapacitnění křižovatky, které bez stavebních úprav pravděpodobně není možné, ale přerozdělení signálu volna mezi vozidla tak, aby se snížilo zdržení vozidel MHD projíždějících křižovatkou a aby zároveň nedošlo k neadekvátnímu zhoršení situace na kolizních směrech.

5.1 Současný stav

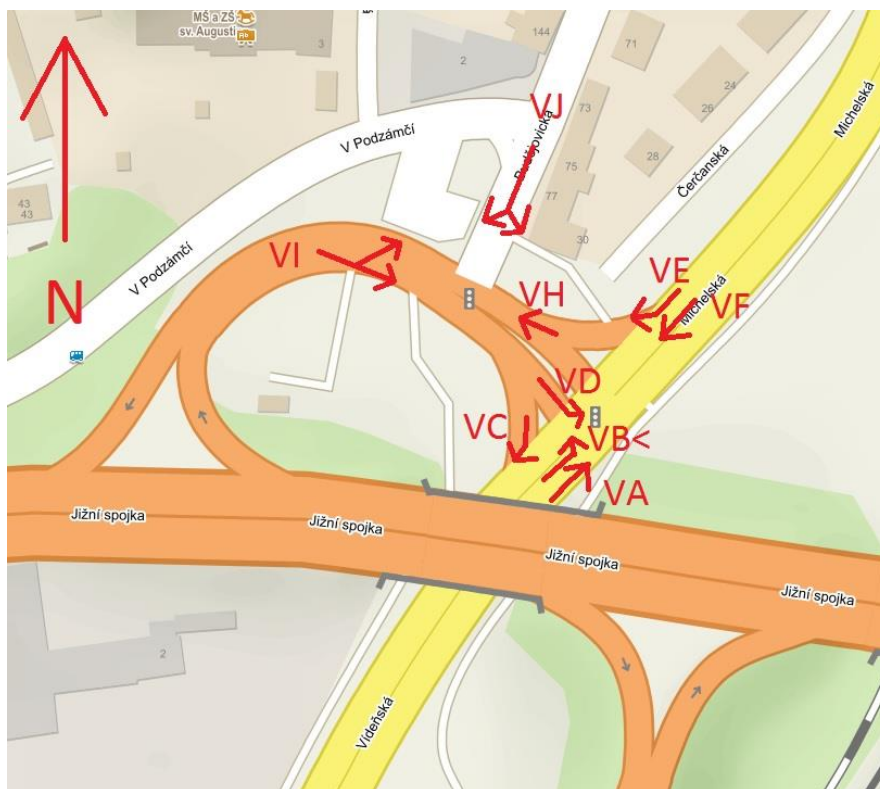
Křižovatka č. 4.405 Michelská – Budějovická je v současné době řízena řadičem typu SIGNALBAU HUBER MTC. Řadič funguje jako skupinový řadič SSZ 4.405 Michelská – Budějovická, podřízenými řadiči jsou SSZ 4.460 a SSZ 4.467. [10]

SSZ 4.405 je součástí koordinovaného tahu po Vídeňské ulici. Do této koordinace jsou zapojeny křižovatky 4.405 Michelská – Budějovická, 4.460 Vídeňská – Fruta a 4.467 Vídeňská – U Krčského nádraží. Tato koordinace je zajištěna na časové bázi pomocí radiohodin, ÚZP je 21 s.

5.1.1 Dopravní uspořádání

Křižovatka 4.405 má dvě části, styková křižovatka ulice Budějovická s nájezdovou rampou na Jižní spojkou (směr centrum) a styková křižovatka Michelské/Vídeňské s Jižní spojkou (viz [Obrázek 13]). Jednotlivé signální skupiny, řadicí pruhy a ulice jsou v následující tabulce, pokud není uvedeno jinak, jedná se plný signál. [10]

Situace křižovatky je přílohou odkazovaného dokumentu, pro přehled jsou v následující mapce znázorněny jednotlivé signální skupiny.



Obrázek 22 Mapa s označením signálních skupin

Tabulka 10 Signální skupiny

Číslo	Signální skupina	Ulice	Řadící pruhy	Číslo	Signální skupina	Ulice	Řadící pruhy
1	VA	Víděňská	^, ^	6	VF	Michelská	^, ^
2	VB<	Víděňská	<	7	VH	Jižní spojka	^, >
3	Neřízené (VC)	Jižní spojka	>	8	SH>	Jižní spojka	>
4	VD	Jižní spojka	<	9	VI	Jižní spojka	<, ^
5	VE	Jižní spojka	>	10	VJ	Budějovická	<, >

5.1.2 Tabulka mezičasů

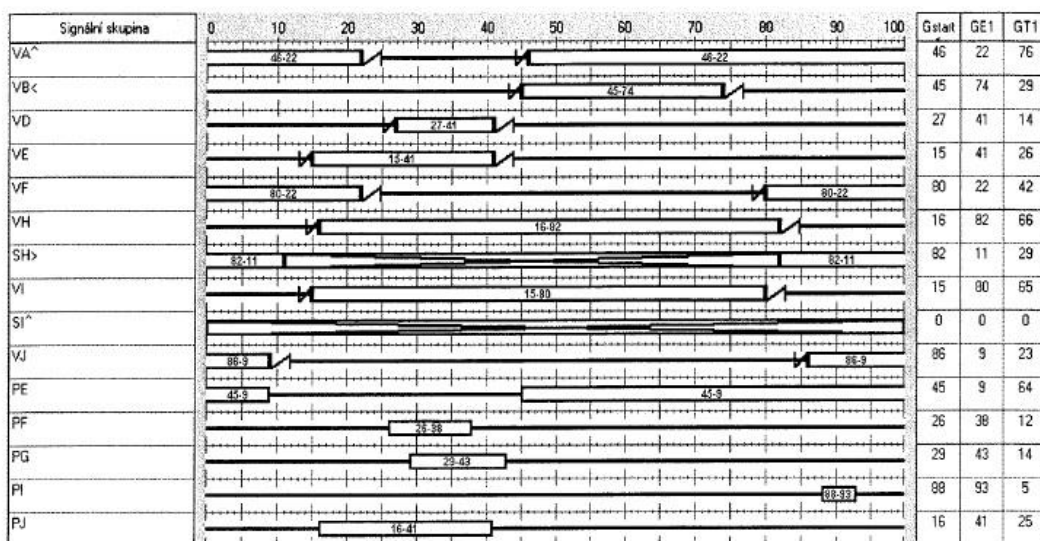
Tabulka mezičasů je převzatá z dokumentů TSK Praha [10] a je součástí této práce jako příloha.

5.1.3 Signální programy

Pro řízení SSZ 4.405 je v současné době navrženo 5 programů. Programy P1, P2 a P3 slouží pro řízení v koordinaci s pevnými délkami cyklu (80 s, 100 s a 110 s) pro slabý, běžný a velmi silný provoz, program P5 pro izolované řízení křižovatky s proměnnou délkou cyklu a program P10/100 s, což je záložní pevný program s délkou cyklu 100 s. [10]

Vzhledem k náročnosti koordinovaného řízení a rozsahu bakalářské práce byl pro simulaci současného stavu využit záložní pevný plán, který je skladbou fází blízký předpokládaným fázím dle schématu koordinace.

Signální plán P10/100 s, UZP 21 s



Legenda:



Obrázek 23 Pevný signální plán P10/100 s [10]

5.1.4 Fáze a fázové přechody P10/100 s

Pro řízení SSZ 4.405 existuje celkem sedm fází.

„Vedlejší směry a přechody chodců přes hlavní směr jsou pouze na výzvu; pokud na ně není nárok, svítí v hlavním směru trvale zelená. V koordinovaném řízení se tyto výzvy realizují z důvodu zachování koordinace v zadaném časovém úseku signálního programu, v závislosti na prodlužování hlavního směru podle nároků vozidel. Pokud při izolovaném řízení nejsou nároky na výzvy, program stojí v základní poloze ve fázi F1.“ [10]

V záložním pevném plánu P10/100 s se střídají fáze F1 – F6.

Ve fázi F1 mají signál „Volno“ vozidla v hlavním směru (Michelská – Vídeňská, VA a VF), pravé odbočení z Michelské (VE + VH), sjezd z Jižní spojky (na Budějovickou) (VI) a přechod přes Budějovickou (PJ). Společné odbočení z Jižní spojky a Budějovické na Vídeňskou (pravé odbočení, VC) je neřízené, realizované samostatným bypassem.

Ve fázích F2 a F3 mají „Volno“ vozidla sjíždějící z Jižní spojky (VI) včetně levého odbočení na Michelskou (VD), pravé odbočení z Michelské (VE + VH), přechod přes Budějovickou (PJ) a přechody přes Michelskou/Vídeňskou (PF a PG). Fáze F2 a F3 se od sebe liší pouze existencí volna (F3) na přechodu pro chodce se signální skupinou PF (přechod přes Michelskou ve směru Nemocnice Krč). „Volno“ pro signální skupinu PG (přechod přes Michelskou ve směru Kačarov) se realizuje pouze ve sledu fází F3 – F2.

Ve fázi F4 se realizuje „Volno“ pro levé odbočení z Vídeňské (VB<), pro přímý směr na hlavní komunikaci (Víteňské, VA) směr Kačerov, pro sjezd z Jižní spojky (VI) a přechod přes pravé odbočení z Michelské (PE).

Fáze F5 a F6 zachovávají „Volno“ na hlavní komunikaci (Víteňská – Michelská, VA a VF), realizují „Volno“ pro vozidla přijíždějící z ulice Budějovická (VJ) a přechod přes pravé odbočení z Michelské (PE). Fáze F5 a F6 se od sebe odlišují existencí volna (F6) pro přechod přes sjezd z Jižní spojky (PI). Ve fázi F5 a F6 se rozsvěcí doplňková šipka SH<, která dává „Volno“ vozidlům, která odbočila z hlavní komunikace (Víteňská/Michelská) a pokračují vpravo na Budějovickou. Plný signál VH by byl kolizní s VJ, a proto nemůže být spuštěn.

Fázové přechody jsou v příloze. Doby těchto fázových přechodů jsou delší, než udávají TP 81 ([4]). Přechodová fáze v přechodech přesně odpovídá minimálním mezičasům pro kolizní směry a posledních několik vteřin přechodu se již pouze realizují signály „Volno“ nebo „Stůj“. Tento rozdíl oproti TP 81 je dán použitím SW, který je založen na zahraniční normě při vytváření FP.

5.1.5 Kapacitní posouzení

„V důsledku vysokého zatížení křižovatky ze všech směrů překračují intenzity dopravy ve špičkových hodinách kapacitní meze křižovatky.

Při posuzování dopravních poměrů na této křižovatce je třeba brát v úvahu, že místo patří již řadu let – vzhledem k přetížení – k problematickým pražským křižovatkám. Pokud dopravní nároky přesáhnou kapacitní meze křižovatky, není dostatek kapacity řešitelný dynamickým řízením. Toto křížení může pouze částečně snížit zdržení a zastavování vozidel před SSZ v době, kdy křižovatka není současně přetížena ze všech směrů.“ [10]

Z podkladů TSK Praha vyplývá, že kapacita křižovatky je dlouhodobě ve špičkových hodinách překročena. Dynamické řízení křižovatky umožňuje krátkodobě zvýšit propustnost některého či některých vjezdů až o 20 % ve srovnání s řízením podle pevných signálních plánů. Toho se dosáhne přerozdělováním zelených v reálném čase podle aktuálních nároků vozidel. Celková kapacita (propustnost) křižovatky se však dynamickým řízením, bez stavebních úprav nebo změn organizace dopravy, nemůže výraznějším způsobem změnit. [10].

Následující kapacitní výpočet je převzatý z dokumentů TSK. Jedná se o kapacitní výpočet pro špičkovou hodinu v roce 2010 pro pevný signální plán s délkou 100 s a sledem fází F1-2-4-5-1, tento sled fází lze zaměnit za F1-3-2-4-6-5-1, protože rozdíl mezi těmito sledy je pouze v realizaci přechodů pro chodce PF a PI. Dle tohoto výpočtu kapacitně nevyhovují vjezdy VB< a VJ.

Tabulka 11 Kapacitní výpočet křižovatky 4.405, 2010 [11]

SSZ 4.405 Špičková hodina 2010										
signální skupiny	řadící pruhy	Intenzita [jv/h]	délka zelené [s]	délka cyklu [s]	saturovaný tok [jv/h]	kapacita vjezdu [jv/h]	rezerva [%]	délka fronty [m]	střední doba zdržení [s]	ÚKD
VA^	^, ^	1047	76	100	3785	2914	64	23	4	A
VB<	<	708	29		1685	506	-40	-	-	F
VD	<	72	14		3385	508	86	6	34	B
VE	>	144	26		1693	457	68	20	28	B
VF	^, ^	703	42		3785	1628	57	39	19	A
VH	^, >	852	66		1893	1268	33	55	12	A
VI	<, ^	851	65		3685	2432	65	28	7	A
VJ	<, >	757	23		1743	418	-81	-	-	F

V dalších tabulkách jsou kapacitní výpočty pro ranní a odpolední špičku v 6/2017 při řízení dle pevného signálního programu P10/100 s s pevnou délkou 100 s a sledem fází F1 - 3- 2- 4- 6- 5- 1. Kapacitní výpočty jsou počítány dle TP 235 [18]. Výsledná úroveň kvality dopravy se oproti roku 2010 nezměnila, na vjezdech VB< a VJ zůstává F, ale překročení kapacity je v roce 2017 o desítky procent nižší než v roce 2010.. Zásadní rozdíl je pouze u signální skupiny VB<, kde v odpolední špičce pro rok 2017 vyšla ÚKD na stupni B (pro ranní špičku zůstává stupeň F). Tento rozdíl je způsoben úbytkem intenzit na vjezdu VB< v odpolední špičce, jelikož se jedná o směr do centra města. U výpočtu z roku 2010 není uvedeno, zda se jedná o ranní nebo odpolední špičku nebo průměr.

Tabulka 12 Kapacitní výpočet křižovatky 4.405, ranní špička 6/2017

SSZ 4.405 intenzity z průzkumu 7:30-8:30, 6/2017, P10/100 s										
signální skupiny	řadící pruhy	Intenzita [jv/h]	délka zelené [s]	délka cyklu [s]	saturovaný tok [jv/h]	kapacita a vjezdu [jv/h]	rezerva [%]	délka fronty [m]	střední doba zdržení [s]	ÚKD
VA^	^, ^	1062	76	100	3785	2914	63	21	9	A
VB<	<	532	29		1685	506	-9	-	-	F
VD	<	157	14		3385	508	67	23	36	C
VE	>	297	26		1693	457	33	37	38	C
VF	^, ^	659	42		3785	1628	59	39	19	A
VH	^, >	829	66		1893	1268	34	47	12	A
VI	<, ^	879	65		3685	2432	63	29	8	A
VJ	<, >	413	23		1743	418	-3	-	-	F

Tabulka 13 Kapacitní výpočet křižovatky 4.405, odpolední špička 6/2017

SSZ 4.405 intenzity z průzkumu 16:30-17:30, 6/2017, P10/100 s										
signální skupiny	řadící pruhy	Intenzita [jv/h]	délka zelené [s]	délka cyklu [s]	saturovaný tok [jv/h]	kapacita a vjezdu [jv/h]	rezerva [%]	délka fronty [m]	střední doba zdržení [s]	ÚKD
VA^	^, ^	706	76	100	3785	2914	75	14	8	A
VB<	<	305	29		1685	506	38	36	33	B
VD	<	97	14		3385	508	80	14	35	C
VE	>	368	26		1693	457	16	45	50	D
VF	^, ^	720	42		3785	1628	55	35	20	A
VH	^, >	673	66		1893	1268	46	38	10	A
VI	<, ^	877	65		3685	2432	63	26	8	A
VJ	<, >	444	23		1743	418	-11	-	-	F

Saturovaný tok = maximální počet vozidel, který může projet profilem stopčáry za jednotku času (obvykle hodinu zelené) při ideálních dopravních podmínkách.

Rezerva vjezdu = rozdíl kapacity a intenzity, udává se v jvoz/h nebo v procentech

Délka fronty = průměrná délka fronty na vjezdu na začátku zeleného signálu

Střední doba zdržení (t_w) = průměrná doba držení vozidel na vjezdu do křižovatky.

ÚKD = úroveň kvality dopravy, jednotlivé úrovně jsou definovány následující tabulkou dle střední doby zdržení

Tabulka 14 Stupně ÚKD [12]

ÚKD	t_w [s]
A	≤ 20
B	≤ 35
C	≤ 50
D	≤ 70
E	> 70
F	Rez ≤ 0

5.1.6 Současný stav

Simulace současného stavu byla provedena pro získané intenzity z ranní špičky (7:30-8:30, čtvrtek 15.6.2017) a pro intenzity z odpolední špičky (16:30-17:30, čtvrtek 15.6.2017). Dosazované hodnoty intenzit a směřování vozidel vychází z pentlogramů v přílohách této práce. Pro oba modely je použit pevný signální program P10/100 s (viz Obrázek 23). Minimální okrajové hodnoty pro jednotlivé signály jsou následující: zelená – 5 s, žlutá – 3 s, červenožlutá – 2 s, červená – není definováno. Jako situační podklad je použita situace křižovatky. [10]

Údaje o simulaci, které jsou stejné pro současný i návrhový stav jsou v příložené tabulce.

Tabulka 15 Údaje k simulaci

údaje k simulaci		
celková doba simulace	4200	s
zahřívací perioda (nevyhodnocováno)	600	s
interval	300	s
poměr standardních a kloubových autobusů	1:1	1
počet simulačních běhů	5	1

5.1.6.1 Vyhodnocení délek front – ranní špička, současný stav

Následující tabulka obsahuje vyhodnocení průměrných délek front na jednotlivých vjezdech do křižovatky pro ranní špičku současného stavu. Jednotlivé vjezdy jsou v tabulce pojmenované dle signálních skupin, do kterých patří.

Průměrná délka fronty je hodnota, která udává průměrnou délku fronty na vjezdu za celý čas simulace. Pokud je zelená a vozidla projíždějí, je délka fronty 0 m, tato hodnota se započítává do průměru. A proto je průměrná délka fronty v tabulce nižší než v kapacitním výpočtu, který udává délku fronty pouze na začátku zelené. Simulační program vyhodnocuje údaje v 5ti minutových intervalech (viz Tabulka 15). Výsledná hodnota uvedená pro délku fronty je průměrem všech vyhodnocených intervalů ze všech 5ti simulačních běhů. Z tabulky pro ranní špičku vyplývá, že časté fronty jsou na vjezdech VB< a VJ, což odpovídá kapacitnímu výpočtu, kde pro tyto vjezdy vyšlo ÚKD na stupni F, nevyhovující. Občasné fronty se vyskytují na vjezdu VA, což je dáno vysokými intenzitami z tohoto směru. Vzhledem k dlouhé době zelené na tomto vjezdu je průměrná hodnota délky fronty minimální, protože vozidla jsou rychle propuštěna křižovatkou. U vjezdu VI se vyskytuje fronta v řadicím pruhu pro směr přímo, v řadicím pruhu pro levé odbočení v době průzkumu fronta nebyla, vozidla stála pouze v pravém jízdním pruhu. Udávaná délka fronty v tabulkách je průměrem obou pruhů tohoto vjezdu. Řidiči na sjezdu z Jižní spojky dle zjištěných skutečností z průzkumu nedodrží vyznačený jízdni pruh (na počátku sjezdu je pouze jeden, cca 70 m před křižovatkou jsou dva) a chovají se jako kdyby sjezd z Jižní spojky byl v celé délce dvoupruhový.

Tabulka 16 Současný stav, délky front, ranní špička P10/100 s

vjezd	Průměrná délka fronty [m]	vjezd	Průměrná délka fronty [m]
VA	5	VF	10
VB	34	VI	22
VD	9	VJ	50
VE	14		

5.1.6.2 Vyhodnocení délek front – odpolední špička, současný stav

Následující tabulka obsahuje vyhodnocení délek front na jednotlivých vjezdech do křižovatky pro odpolední špičku současného stavu.

Systém výpočtu délky fronty je stejný jako u ranní špičky (průměrná hodnota z celého průběhu simulace), proto se hodnoty liší od kapacitního výpočtu.

Z výsledků vyplývá, že časté a dlouhé fronty jsou na vjezdu VJ, což se shoduje s kapacitním výpočtem, kde pro tento vjezd vyšlo ÚKD F a o 11% překročená rezerva kapacity. Fronty na ostatních vjezdech jsou v porovnání s VJ velmi krátké. Nárazově se mohou na ostatních vjezdech vzniknout delší fronty, které jsou zpravidla „odbaveny“ následující zelenou.

Tabulka 17 Současný stav, délky front, odpolední špička, P10/100 s

vjezd	Průměrná délka fronty [m]	vjezd	Průměrná délka fronty [m]
VA	5	VF	15
VB	17	VI	14
VD	4	VJ	102
VE	15		

5.1.6.3 Vyhodnocení časového zdržení – současný stav

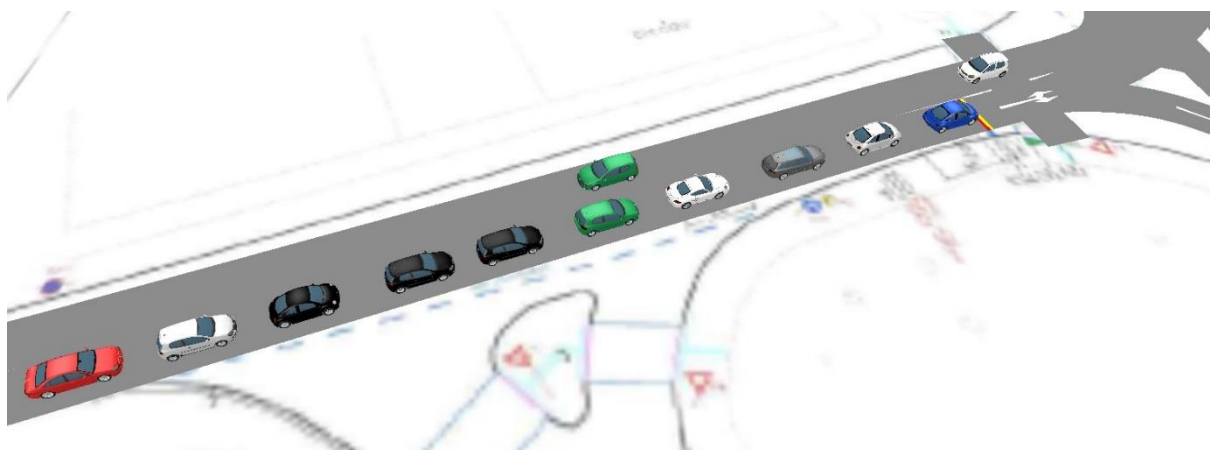
Následující tabulka obsahuje vyhodnocení střední doby zdržení na jednotlivých vjezdech. Pro porovnání jsou v jedné tabulce uvedené hodnoty z kapacitního výpočtu a ze simulace vedle sebe, pro ranní i odpolední špičku, vše dle P10/100 s.

Výsledky opět potvrzují, že problematickými vjezdy jsou VB< a VJ. Vysoké časy se vyskytují u průjezdu z Jižní spojky na Michelskou, zde jde o vjezdy VI a VD zároveň a doba zelené na VD je poměrně krátká. Počet aut, které křižovatkou takto projíždí je nízký (pro ranní špičku pouze 81 vozidel). Rozdíl střední doby zdržení na vjezdu VI mezi kapacitním výpočtem a simulací je dán tím, že se model snaží respektovat chování řidičů na tomto vjezdu, vypořádané během průzkumu intenzit.

Tabulka 18 Současný stav, střední doba zdržení

Střední doba zdržení	ranní špička		odpolední špička	
	kapacitní výpočet [s]	Simulace [s]	kapacitní výpočet [s]	Simulace [s]
vjezd VA	9	11	8	10
vjezd VB	-	72	33	32
vjezd VD	36	32	35	33
vjezd VE	38	39	50	49
vjezd VF	19	18	20	20
vjezd VI	8	35	8	38
vjezd VJ	-	76	-	104

Na obrázku č. 24 je záběr ze simulace na vjezd VJ.



Obrázek 24 Fronta na vjezdu VJ v SW PTV VISSIM

5.1.6.4 Shrnutí simulace současného stavu

Simulace současného stavu potvrdila hodnoty z průzkumu dob jízd autobusů oblastí. Všechny výsledky (kapacitní posouzení, zdržení a délky front) se navzájem shodují, že problémovými vjezdy jsou v ranní špičce VB< a VJ, v odpolední špičce VJ. V obou případech se jedná o vjezdy, které využívají i vozidla MHD a která jsou na SSZ 4.405 zpoždována oproti JŘ.

Proto by bylo vhodné upravit signální plány tak, aby se zmenšily fronty na vjezdech VB< a VJ, čehož lze dosáhnout prodloužením signálu „Volno“ pro tyto vjezdy. Tím by došlo k zvýšení plynulosti dopravy a snížení zpoždění u autobusů, které křižovatku těmito vjezdy projíždějí. Prodloužení zelené pro zmiňované vjezdy VB< a VJ lze dosáhnout zkrácením kolizních fází s těmito vjezdy a prodloužení fází s volnem pro VB< a VJ, druhou variantou je prodloužení délky cyklu o dobu potřebnou pro prodloužení zelené na VB< a VJ.

5.2 Návrh úpravy

Cílem návrhu úpravy pro SSZ 4.405 bylo vytvořit pevné signální plány pro ranní a odpolední špičku. Tyto nové signální plány zachovávají stejnou délku cyklu jako P10/100 s, tedy 100s

a stejné pořadí fází. Oproti P10/100 s se liší délky jednotlivých fází a jeden z fázových přechodů. Úměrně intenzitám na kapacitně nedostačujících vjezdech VB< a VJ byly prodlouženy fáze F4 a F5.

5.2.1 Dopravní uspořádání

Dopravní uspořádání křižovatky se nemění.

5.2.2 Tabulka mezičasů

Tabulka mezičasů se nemění.

5.2.3 Fáze a fázové přechody

Všechny fáze zůstávají stejné.

Ke změně došlo u FP 4.6, v původním signálním plánu je délka přechodu 15 s, v novém 8 s. V původním přechodu se mezičas mezi ukončením signálu „Volno“ pro VB< a začátku signálu „Volno“ pro VF uskuteční o 6 s dříve než mezičas mezi signálními skupinami VH→PI, VH→VJ, VI→VJ a VI→PI. V novém přechodu FP4.6 se tato 6ti sekundová prodleva eliminuje ve prospěch prodloužení fáze F6. Mezičas pro VI →VJ byl oproti tabulce mezičasů navýšen o 2 s z důvodu levého odbočení VI přes protisměr (VH) v ukončované fázi. Toto navýšení zajistí bezpečné opuštění křižovatky pro vozidla signální skupiny VI, která odbočují vlevo.

Pořadí fází se nemění.

5.2.4 Signální programy

Pevné signální plány byly navrženy dva. P20/100 s pro ranní špičku (6-9 hodin) a P21/100 s pro odpolední špičku (16-18 hodin). Každý z navržených plánů zohledňuje intenzity dané části dne.

Návrhy signálních programů vycházejí z platných TP 81 Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích [4] a TP 235 Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek. [18]. Pro návrhy byla použita metoda saturovaného toku, neboli Websterova metoda.

Při výpočtu se určuje stupeň saturace y pro každý vjezd. Následně se určí maximální stupně y_{max} saturace pro každou fázi (vjezd, který má maximální saturaci ve fázi nazýváme kritický). Maximální saturace pro každou fázi se sečtou a vznikne číslo, které je celkovým stupněm saturace křižovatky a nikdy by nemělo přesáhnout hodnotu 0,8. Následně se vypočítá

optimální délka cyklu C a určí se skutečná délka cyklu. Dále se dopočítá délka zelené pro kritické vjezdy.[4], [18].

5.2.4.1 Signální program P20/100 s

Při tvorbě signálního plánu vyšel celkový stupeň saturace (Y) 0,67, což splňuje podmínky dle TP 235 [18]. V tabulce jsou zapsány jednotlivé kritické vjezdy pro každou z fází a hodnoty saturace (y_{max}) těchto vjezdů. L je ztrátový čas za celý cyklus, C_{opt} je optimální délka cyklu. C je zvolená délka cyklu, tak aby platilo $0,75 C_{opt} < C < 1,5 C_{opt}$. Z_{opt} jsou optimální délky zelené pro kritické vjezdy, z je zvolená délka fáze. Pro srovnání je v posledním sloupci tabulky délka zelené v původním plánu P10/100 s.

Tabulka 19 Výpočet signálního plánu P20/100

Fáze	y_{max} [-]	Kritický vjezd	Y [-]	L [s]	C_{opt} [s]	C [s]	z_{opt} [s]	Z [s]	z (P10/100) [s]
F1	0.0573	VE	0.6679	21	109.9	100	5.7	6	6
F2	0.0277	VD					2.3	2	2
F3	0.0301	VE					2.6	3	10
F4	0.3157	VB					36.3	33	28
F5	0.1308	VJ					14.5	13	16
F6	0.1061	VJ					11.6	16	5

U signálního plánu P20/100 s došlo oproti P10/100 s k prodloužení doby fází F4 a F6, fáze F3 a F5 byly zkráceny a fázový přechod FP 4.6 byl také zkrácen (viz 5.2.3).

Signální program zlepšuje dopravní situaci na vjezdech VB< a VJ a zvyšuje jejich propustnost díky prodloužení fází F4 a F6. Tím se snižuje délka front a doba zdržení na vjezdech VB a VJ. Cílem plánu je změnit ÚKD vjezdů VB< a VJ z F na dostačující stupeň [12].

Signální program je v příloze.

5.2.4.2 Signální program P21/100 s

Při tvorbě signálního plánu vyšel celkový stupeň saturace (Y) 0,59, což splňuje podmínky dle TP 235 [18]. Dále jsou v tabulce zapsány obdobně všechny hodnoty jako v tabulce předcházející včetně porovnání délky zelené s původním plánem P10/100 s.

Tabulka 20 Výpočet signálního plánu P21/100

Fáze	γ_{\max} [-]	Kritický vjezd	γ [-]	L [s]	C opt [s]	C [s]	z opt [s]	Z [s]	z (P10/100) [s]
F1	0.0573	VE	0.5911	21	89.3	100	6.7	6	6
F2	0.0691	VE					8.2	7	2
F3	0.030	VE					3.0	3	10
F4	0.1976	VI					25.4	26	28
F5	0.1256	VJ					15.8	16	16
F6	0.1113	VJ					13.9	15	5

Signální plán P21/100 s má ve srovnání s P10/100 s delší fáze F2 a F6, kratší jsou fáze F3 a F4, délky fází F1 a F5 zůstaly totožné. Stejně jako v předchozím případě (P20/100 s) byl zkrácen fázový přechod FP 4.6. Signální program zohledňuje problematickou dopravní situaci na vjezdu VJ a prodlužuje zelenou pro tento vjezd o 10 s oproti P10/100 s, čímž výrazně zvyšuje jeho propustnost a mění ÚKD tohoto vjezdu z F na D.

Signální program je v příloze

5.2.5 Kapacitní posouzení

V následujících tabulkách jsou kapacitní výpočty pro ranní a odpolední špičku v 6/2017 při řízení dle navrhovaných signálních programů P20/100 s, resp. P21/100 s s pevnou délkou 100 s a sledem fází F1-3-2-4-6-5-1. [18]. Poslední sloupec vpravo je ÚKD z tabulek č. 12 a 13, tedy z kapacitních výpočtů současného stavu. Tím je dosaženo porovnání současného a návrhového stavu. Pokud došlo ke zlepšení, je pole s novým stupněm ÚKD zbarveno zeleně, u zhoršení je pole červené.

Kapacitní výpočet pro P20/100 s ukazuje, že došlo ke zlepšení dopravní situace na vjezdech VB< a VJ, stupeň ÚKD na těchto vjezdech se změnil z F na C. Zároveň došlo ke zhoršení situace na vjezdech VD, VE na stupeň D. Stupeň D stále vyhovuje normě ČSN 73 6102 podle které musí být stupeň ÚKD na místních rychlostních komunikacích a přechodových úsecích min. D, na místních komunikacích je dostačující stupeň E. [12].

Tabulka 21 Kapacitní posouzení P20/100 s, ráno 6/2017

SSZ 4.405 intenzity z průzkumu 7:30-8:30, 6/2017, P20/100 s											
Sig. Sk.	řádicí pruhy	Intenzita [v/h]	délka zelené [s]	délka cyklu [s]	Saturovaný tok [v/h]	Kapacita vjezdu [iv/h]	Rezerva [%]	délka fronty [m]	střední doba zdržení [s]	ÚKD	ÚKD P10/100
VA^	^, ^	1062	83	100	3785	2914	66	15	7	A	A
VB<	<	532	36		1685	506	12	57	46	C	F
VD	<	157	7		3385	508	34	24	54	D	C
VE	>	297	20		1693	457	12	40	61	D	C
VF	^, ^	659	42		3785	1628	59	32	19	A	A
VH	^, >	829	58		1893	1268	24	58	19	A	A
VI	<, ^	879	57		3685	2432	58	31	11	A	A
VJ	<, >	413	29		1743	418	18	49	44	C	F

Kapacitní výpočet pro P21/100 s dokazuje, že došlo ke zlepšení dopravní situace na vjezdu VJ, stupeň ÚKD na tomto vjezdu se změnil z F na D. Zlepšení je opět zbarveno zeleně.

Tabulka 22 Kapacitní posouzení P21/100 s, odpoledne 6/2017

SSZ 4.405 intenzity z průzkumu 16:30-17:30, 6/2017, P21/100 s											
signální skupiny	řádicí pruhy	Intenzita [v/h]	délka zelené [s]	délka cyklu [s]	saturovaný tok [v/h]	kapacita vjezdu [iv/h]	rezerva [%]	délka fronty [m]	střední doba zdržení [s]	ÚKD	ÚKD P10/100
VA^	^, ^	706	78	100	3785	2914	76.09	13	8	A	A
VB<	<	305	29		1685	506	38	36	33	B	B
VD	<	97	12		3385	508	76	14	37	C	C
VE	>	368	25		1693	457	13	46	51	D	D
VF	^, ^	720	42		3785	1628	55	35	20	A	A
VH	^, >	673	56		1893	1268	37	49	16	A	A
VI	<, ^	877	55		3685	2432	57	33	13	A	A
VJ	<, >	413	28		1743	418	9	53	65	D	F

5.2.6 Výsledky simulace

Simulace s využitím navržených pevných signálních plánů využívá získaná data o intenzitách z ranní a odpolední špičky. Dosazované hodnoty jsou zřejmé z pentlogramů. Pro simulaci ranní špičky je použit signální plán P20/100 s, pro odpolední špičku P21/100 s. Okrajové hodnoty pro jednotlivé signály a ostatní údaje k simulaci (Tabulka 15) se nemění.

5.2.6.1 Vyhodnocení délek front – ranní špička, návrhový stav

Následující tabulka obsahuje vyhodnocení průměrných délek front na jednotlivých vjezdech do křižovatky pro ranní špičku návrhového stavu. Jednotlivé vjezdy jsou v tabulce pojmenované dle signálních skupin, do kterých patří.

Hodnoty průměrných délek front ze simulace na původně kapacitně nevyhovujících vjezdech (VB< a VJ) poklesly. Zlepšení situace na vjezdech VB< a VJ přímo souvisí se zhoršením situace na vjezdech VD a VE, což potvrzuje kapacitní výpočet. Nicméně prodloužení front na vjezdech VD a VE nedosahuje neúnosných mezí, viz tabulka. V tabulce jsou výsledky front ze simulace ranní špičky v návrhovém stavu.

Tabulka 23 Návrhový stav, délky front, ranní špička P20/100 s

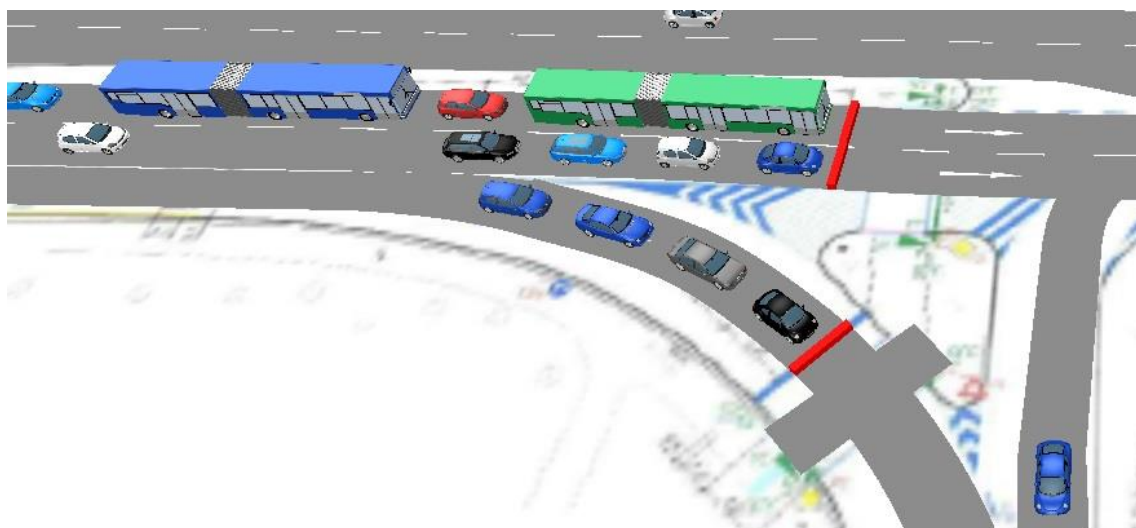
vjezd	Průměrná délka fronty [m]	vjezd	Průměrná délka fronty [m]
VA	2	VF	14
VB	29	VI	30
VD	18	VJ	25
VE	30		

Tabulka porovnání přehledně zobrazuje rozdíly mezi současným stavem a návrhovým. V levém sloupci je změna průměrné délky fronty. Rozdíly jsou uvedeny v metrech. Záporná hodnota znamená zmenšení fronty, kladná značí nárůst. V pravém sloupci je změna délky zelené pro daný vjezd. Kladná hodnota značí prodloužení zelené, záporná zkrácení. Tato změna přímo souvisí se změnou délky fronty. Tato tabulka zobrazuje dosažené zlepšení na vjezdu VB< a VJ, které bylo cílem při návrhu nového signálního plánu.

Tabulka 24 Porovnání délek front pro ranní špičku

RÁNO	Průměrná délka fronty [m]	změna délky zelené [s]
VA	-3	+7
VB	-5	+7
VD	+9	-7
VE	+16	-6
VF	+4	0
VI	+8	-8
VJ	-25	+6

Na přiloženém obrázku je záběr ze simulace na fronty na vjezdech VE a VF.



Obrázek 25 Fronty na vjezdech VE a VF, PTV VISSIM

5.2.6.2 Vyhodnocení délek front – odpolední špička, návrhový stav

Pro odpolední špičku následují stejné tabulky jako pro ranní špičku. V tabulce klesla průměrná délka fronty na původně kapacitně nevyhovujícím vjezdu (VJ). Což potvrzuje změnu ÚKD ve výpočtu kapacity.

Tabulka 25 Návrhový stav, délky front, odpolední špička, P21/100 s

vjezd	délka fronty [m]	vjezd	délka fronty [m]
VA	5	VF	12
VB	17	VI	28
VD	15	VJ	16
VE	20		

Tabulka porovnání opět ukazuje rozdíly mezi současným stavem a návrhovým

Nejdůležitější hodnotou z tabulky je zkrácení délky fronty na vjezdu VJ o 86 m. Aby mohlo být dosaženo tohoto zlepšení, prodloužily se fronty na VI a VD. Zkrácením fronty na vjezdu VJ bylo dosaženo cíle stanoveného před navrhováním signálního plánu P21/100 s.

Tabulka 26 Porovnání délek front pro odpolední špičku

RÁNO	délka fronty [m]	změna délky zelené [s]
VA	0	+2
VB	0	0
VD	+11	-2
VE	+5	-1
VF	-3	+2
VI	+14	-10
VJ	-86	+8

5.2.6.3 Vyhodnocení časového zdržení – návrhový stav

Následující tabulka obsahuje vyhodnocení střední doby zdržení na jednotlivých vjezdech. Pro porovnání jsou v jedné tabulce uvedené hodnoty z kapacitního výpočtu a ze simulace vedle sebe, tyto hodnoty jsou pro ranní i odpolední špičku, pro navrhované signální plány P20/100 pro ranní špičku a P21/100 pro odpolední špičku, ve sloupci vedle těchto hodnot je pro srovnání uveden výsledek ze simulace současného stavu se signálním plánem P10/100 s.

Výsledky se shodují a potvrzují snížení střední doby zdržení (t_w) na vjezdech VB< a VJ. Tyto vjezdy v současnosti mají ÚKD F. Střední doba zdržení na všech vjezdech je nižší než 70 s, čímž všechny splňují normu ČSN 63 7302 [12] a ÚKD je nejhůře na stupni D.

Tabulka 27 Návrhový stav, střední doba zdržení

Střední doba zdržení	ranní špička			odpolední špička		
	vjezd	kapacitní výpočet [s]	Simulace [s]	Současný stav (simulace) [s]	kapacitní výpočet [s]	Simulace [s]
VA	7	6	11	8	6	10
VB	46	42	72	33	28	32
VD	54	51	32	37	35	33
VE	61	57	39	51	48	49
VF	19	19	18	20	17	20
VI	11	40	35	13	43	38
VJ	44	42	76	65	61	104

5.2.7 Shrnutí simulace návrhových stavů

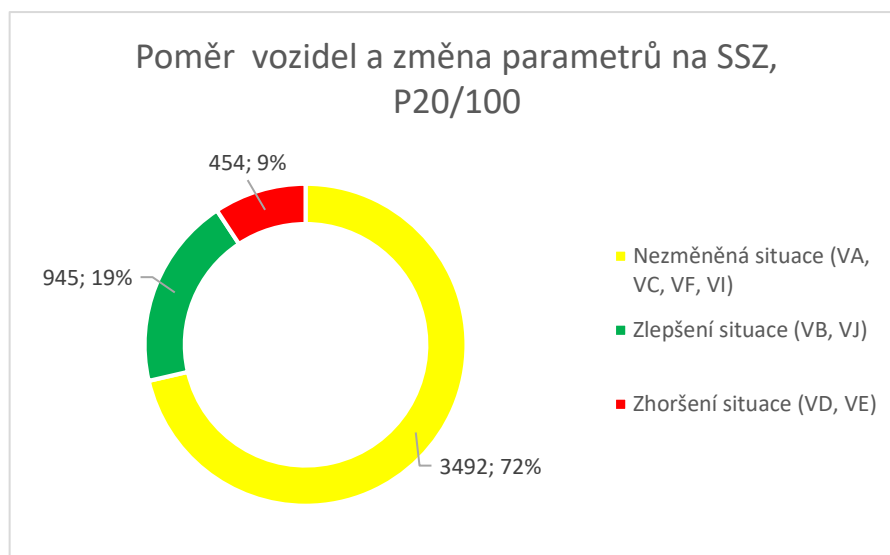
Simulace provozu s navrhovanými signálními plány prokázaly zlepšení situace na vjezdu VB – z ÚKD F na C, resp. B, a na vjezdu VJ z ÚKD F na C, resp. D. Tím bylo dosaženo

požadované úrovně dle ČSN 63 7302 [12]. Toto zlepšení prokázal kapacitní výpočet i porovnání délek front a časového zdržení.

Odstraněním záporné rezervy na vjezdech VB< a VJ došlo v ranní špičce ke zhoršení průjezdnosti na vjezdech VD a VE. ÚKD na těchto vjezdech se změnilo z C na D. Stupeň D stále vyhovuje normě ČSN 63 7302 [12].

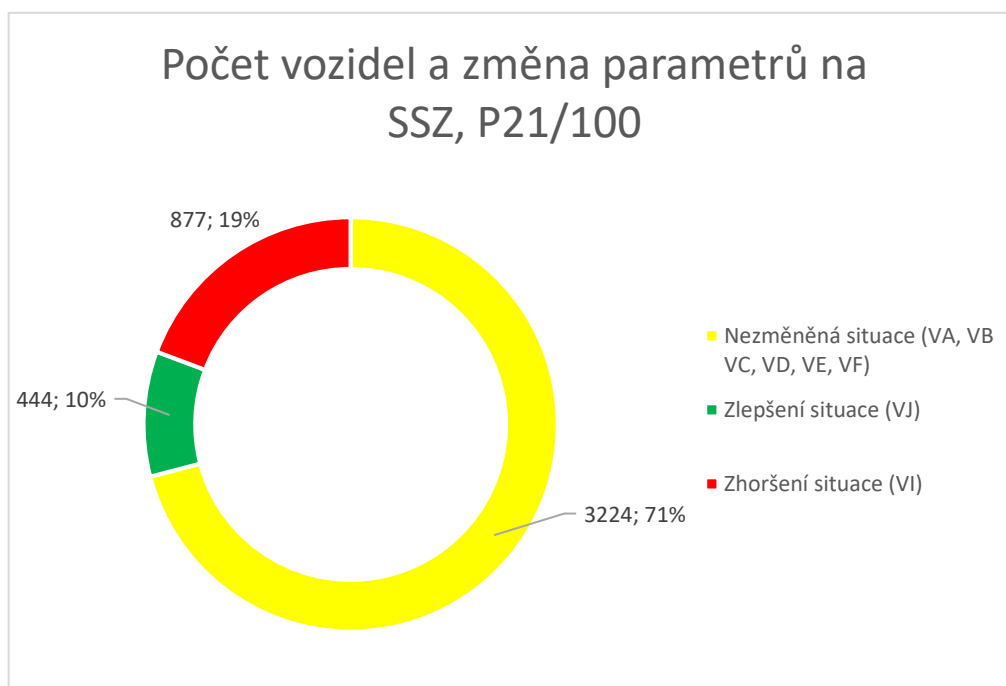
Poměr vozidel, kterým se výrazněji změní podmínky na vjezdu v ranní špičce, resp. nezmění vůči P10/100 zobrazuje následující graf. Z 945 vozidel, kterým se podmínky zlepší je 104 autobusů MHD, což představuje 11%. Naopak mezi vozidly, kterým se podmínky k průjezdu křižovatkou zhorší (9 %) nefiguruje žádné pravidelné vozidlo MHD.

Graf 11 Poměr vozidel a změn podmínek na vjezdu, P20/100



Poměr vozidel, kterým se výrazněji změní podmínky na vjezdu v odpolední špičce, resp. nezmění vůči P10/100 zobrazuje následující graf. Zlepšení situace nastalo na vjezdu VJ (10 % vozidel, z toho 17 % autobusy MHD), toto zlepšení je řádově o 40 s pro střední dobu zdržení a představuje změnu stupně ÚKD z F na D. „Zhoršená“ situace je dle plánu P21/100 s pro vjezd VI (19 % vozidel, žádná pravidelná vozidla MHD), na tomto vjezdu dochází k nárůstu střední doby zdržení o 5 s (dle simulace) a stupeň ÚKD zůstává A,

Graf 12 Poměr vozidel a změn podmínek na vjezdu, P21/100



6 Závěr

Tato bakalářská práce se zaměřuje na preference městské hromadné dopravy obecně a zlepšení stavu městské hromadné dopravy v oblasti křižovatky místní rychlostní komunikace Jižní spojky s místní komunikací Vídeňská na Praze 4.

Cílem práce je přehledně představit základní možnosti preference městské hromadné dopravy a popsat jejich různé aplikace a výhody na základě informací z měst, kde jsou tyto preference aplikovány a využívány. Důležitými zdroji informací byly dokumenty poskytnuté jednotlivými městy o instalaci a funkčnosti těchto preferencí.

Druhým cílem práce je navrhnout zlepšení situace městské hromadné dopravy na křižovatce Jižní spojka x Vídeňská v Praze 4. Toto zlepšení se týká preferování MHD na SSZ v rámci využití pevných signálních plánů. Hlavními zdroji informací pro tuto část práce byly podklady od TSK Praha o instalaci SSZ na křižovatce a jejich úpravách a vlastní dopravní průzkum intenzit a směrovosti vozidel v křižovatce.

Pro zpracování celého návrhu byl použit simulační software PTV VISSIM od společnosti PTV AG [15]. Tento program je určen ke studijním účelům a je k dispozici na Fakultě dopravní ČVUT v Praze. Výstupem jsou data dobách zdržení a délkách front v simulovaném modelu.

Práce dokazuje, že je možné upřednostňovat městskou hromadnou dopravu mnoha způsoby, na což se zaměřuje první, teoretická část práce. V této části je popsáno několik

nejpoužívanějších možností, pomocí kterých lze zvýšit konkurenceschopnost MHD v očích veřejnosti, tedy potenciálních cestujících. A zároveň snížit náklady provozovatele MHD díky částečné eliminaci ovlivňování vozidel MHD IAD, čímž může dojít k úsporám PHM, ev. celého vozidla (zrychlením celé trasy a omezením „uvíznutí“ vozidla v dopravní kongesci).

V druhé, praktické části, je konkrétní návrh úpravy SSZ na křižovatce, jehož cílem je zkapacitnění vjezdů křižovatky, která vozidla MHD využívají. V tomto návrhu dochází ke zlepšení situace na vjezdech, jejichž stupeň ÚKD je v současnosti F, tedy nevyhovující. Zároveň se jedná o vjezdy, které využívá denně velké množství vozidel MHD a tudíž míst, kde vzniká zpoždění. Protože návrh nepočítá s dynamickým řízením křižovatky, ale pouze s optimalizací přerozdělení zelené mezi současné fáze, dochází kromě zlepšení situace na problematických vjezdech současně ke zhoršení situace na některých vjezdech kolizních. Jedná se o kolizní vjezdy s nejnižší intenzitou, kterým je v návrhu přiřazena nižší priorita než vjezdům používaných vozidly MHD.

A. Seznam použitých zdrojů

1. Hrubeš P., Langr M., Boyarkin I., Davidík V., Pacík R., Růžička J.: *Pasportizace světelně signalizačních zařízení v pražské metropolitní oblasti*, Dopravní studie, Praha 2014
2. Kubát B., Pejša J., Jacura M., Trešl O.: *Městská a příměstská kolejová doprava*. Praha: Wolters Kluwer ČR, 2010, ISBN 9778-80-7357-539-7
3. Novotný V.: *Preference autobusů MHD v podmínkách ČR*. Praha, 2013. Diplomová práce. ČVUT, Fakulta dopravní. Vedoucí práce Ing. Martin Jareš, Ph.D
4. *Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích: technické podmínky* : TP 81. 2. vyd. Praha: Ministerstvo dopravy, 2006. ISBN 80-86502-30-9.
5. [online] Brněnské komunikace a.s., *Přehled SSZ s preferencí/monitoringem*
6. [online] www.mapy.cz
7. [online] www.rsd.cz
8. [online] TSK Praha, *Intenzity dopravy na sledované síti pro dopravní sčítání TSK-ÚDI 2016*
9. [online] www.dpp.cz
10. [online] TSK Praha, *Dopravní řešení SSZ 4.405 Michelská – Budějovická*
11. [online] TSK Praha, *Údržba, obnova a výstavba zařízení pro řízení dopravy v hl. městě Praze*
12. ČSN 63 7302 *Projektování křižovatek na silničních komunikacích*. Praha: Český normalizační institut, 2007
13. [online] Dresdner Verkehrsbetriebe AG, *Public transport in Dresden, Traffic controll and infrastructure to speed up public transport*
14. [online] www.brno.cz, *Dělba přepravní práce*, Brno: 2012
15. [software] PTV AG, *PTV VISSIM*. Karlsruhe, Německo 2014
16. [online] TSK Praha, *Ročenka dopravy 2015*

17. [online] <http://www.bmhd.cz/>

18. Martolos, Jan. *Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek: technické podmínky TP 235*. Liberec: EDIP, 2011. ISBN 978-80-87394-03-8.

B. Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled způsobů řízení pomocí SSZ, [4].....	15
Tabulka 2 Počet a podíl cestujících přepravených na území hl.m.Prahy v roce 2015, [16]	23
Tabulka 3 Počet SSZ v Praze s preferencí autobusů, [16]	25
Tabulka 4 Přehled intenzit v lokalitě z roku 2016 [8]	32
Tabulka 5 Přehled projíždějících linek [9]	34
Tabulka 6 Intenzita a směrovost v ranní špičce (čtvrtek 15.6.2017).....	36
Tabulka 7 Intenzita na výjezdech z oblasti v ranní špičce (čtvrtek 15.6.2017)	37
Tabulka 8 Intenzita a směrovost v odpolední špičce (čtvrtek 15. 6.2017).....	38
Tabulka 9 Intenzita na výjezdech z oblasti v odpolední špičce (čtvrtek 15.6.2017)	38
Tabulka 10 Signální skupiny	45
Tabulka 11 Kapacitní výpočet křižovatky 4.405, 2010 [11].....	48
Tabulka 12 Kapacitní výpočet křižovatky 4.405, ranní špička 6/2017	48
Tabulka 13 Kapacitní výpočet křižovatky 4.405, odpolední špička 6/2017.....	49
Tabulka 14 Stupně ÚKD [12]	49
Tabulka 15 Údaje k simulaci	50
Tabulka 16 Současný stav, délky front, ranní špička P10/100 s.....	51
Tabulka 17 Současný stav, délky front, odpolední špička, P10/100 s.....	51
Tabulka 18 Současný stav, střední doba zdržení.....	52
Tabulka 19 Výpočet signálního plánu P20/100	54
Tabulka 20 Výpočet signálního plánu P21/100	55
Tabulka 21 Kapacitní posouzení P20/100 s, ráno 6/2017	56
Tabulka 22 Kapacitní posouzení P21/100 s, odpoledne 6/2017	56
Tabulka 23 Návrhový stav, délky front, ranní špička P20/100 s	57
Tabulka 24 Porovnání délek front pro ranní špičku	57
Tabulka 25 Návrhový stav, délky front, odpolední špička, P21/100 s	58
Tabulka 26 Porovnání délek front pro odpolední špičku	59
Tabulka 27 Návrhový stav, střední doba zdržení	59

C. Seznam grafů

Graf 1 Počet a podíl přepravených osob na území hl.m.Prahy, [16].....	23
Graf 2 Počet SSZ v Praze na tramvajových tratích, [16]	24
Graf 3 Vývoj počtu SSZ v Praze s preferencí autobusů, [16]	25
Graf 4 Počet SSZ v Brně na tramvajových tratích, [5]	28
Graf 5 Modal split (volba dopravního módu) Drážďany [13]	29
Graf 6 Vývoj počtu SSZ s preferencí MHD [13].....	30
Graf 7 Četnosti doby jízdy; Vídeňská→Budějovická	41
Graf 8 Četnosti doby jízdy; Budějovická→Vídeňská	42
Graf 9 Četnosti doby jízdy; Michelská→Vídeňská	43
Graf 10 Četnosti doby jízdy; Vídeňská→ Michelská	43

Graf 11 Poměr vozidel a změn podmínek na vjezdu, P20/100	60
Graf 12 Poměr vozidel a změn podmínek na vjezdu, P21/100	61

D. Seznam obrázků

Obrázek 1 Vyhrazený jízdní pruh u Nemocnice Krč	11
Obrázek 2 Jízda autobusu po tramvajovém tělese, Vozovna Střešovice	12
Obrázek 3 Autobusový pruh, Marseille, Francie	12
Obrázek 4 Systémová přednost v jízdě, České Budějovice, autor fotografie: Patrik Horažďovský.....	13
Obrázek 5 Úprava řadícího pruhu na Strossmayerově náměstí.....	14
Obrázek 6: Schéma komunikace vozidlo-řadič pro průjezd křižovatkou	18
Obrázek 7 Schéma fungování přihlašování pomocí IR majáků [13]	19
Obrázek 8 Schéma fungování přihlašování pomocí GNSS technologie [13]	20
Obrázek 9 Mapa SSZ v Praze na tramvajových tratích, [16]	24
Obrázek 10 Záznam ze systému RIS [5].....	26
Obrázek 11 Ukázka přehledu SSZ s možností preference [5].....	28
Obrázek 12 Mapka vyhrazených JP a fyzicky oddělených tramvajových tratí [13].....	30
Obrázek 13 Mapa s označením křižovatek [6]	31
Obrázek 14 Širší vztahy v mapě [6]	32
Obrázek 15 Foto z průzkumu (kamera na vjezdu VF).....	35
Obrázek 16 Označení vjezdů pro průzkum [6]	36
Obrázek 17 Schéma směrovosti vozidel v oblasti, 7.30-8.30	37
Obrázek 18 Pentlogram autobusů MHD, ranní špička	38
Obrázek 19 Schéma směrovosti vozidel v oblasti, 16.30 - 17.30	39
Obrázek 20 Pentlogram autobusů MHD, odpolední špička	39
Obrázek 21 Mapka průzkumu doby jízd autobusů [6]	40
Obrázek 22 Mapka s označením signálních skupin	45
Obrázek 23 Pevný signální plán P10/100 s [10]	46
Obrázek 24 Fronta na vjezdu VJ v SW PTV VISSIM.....	52
Obrázek 25 Fronty na vjezdech VE a VF, PTV VISSIM.....	58

E. Přílohy

Příloha 1. Pentlogramy křižovatek

Příloha 2. Tabulka mezičasů

Příloha 3. Pořadí fází

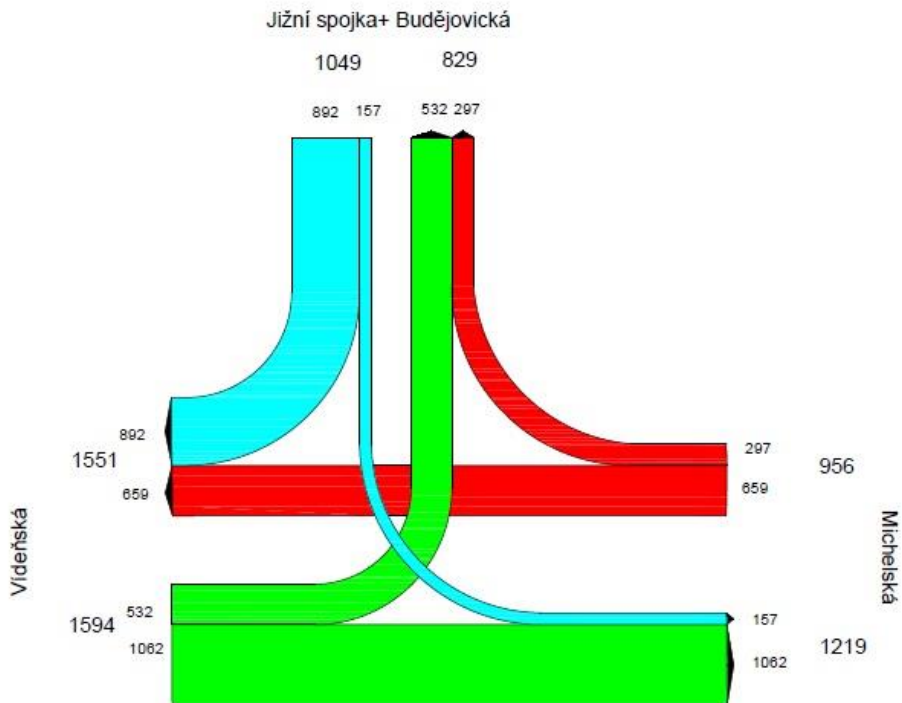
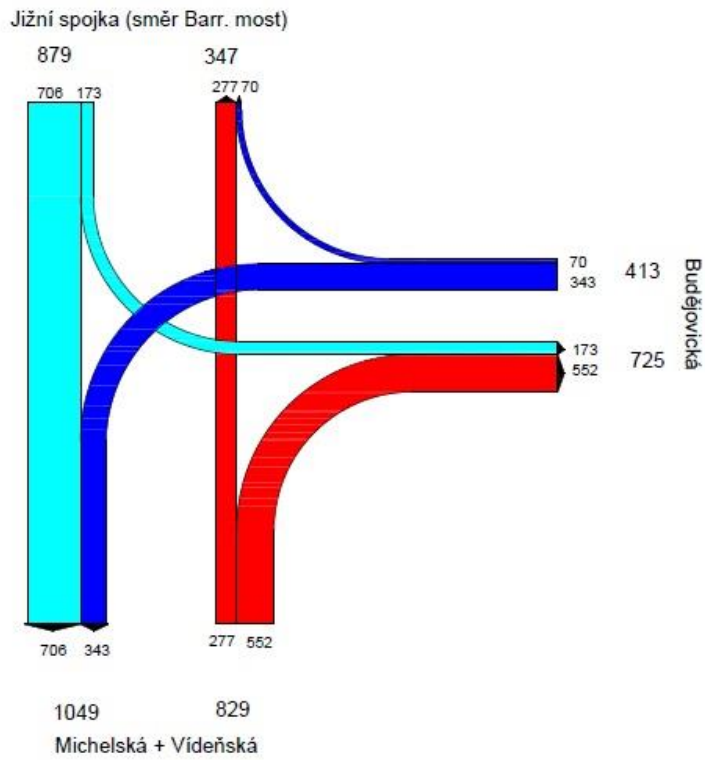
Příloha 4. Fázové přechody

Příloha 5. Signální plány

Příloha 6. Simulační model v programu PTV VISSIM (elektronicky)

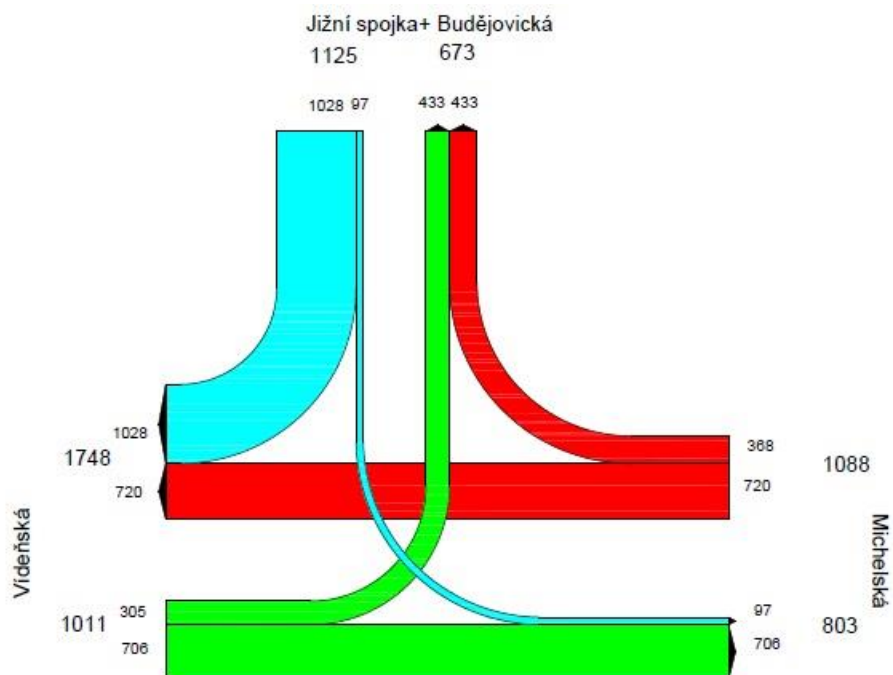
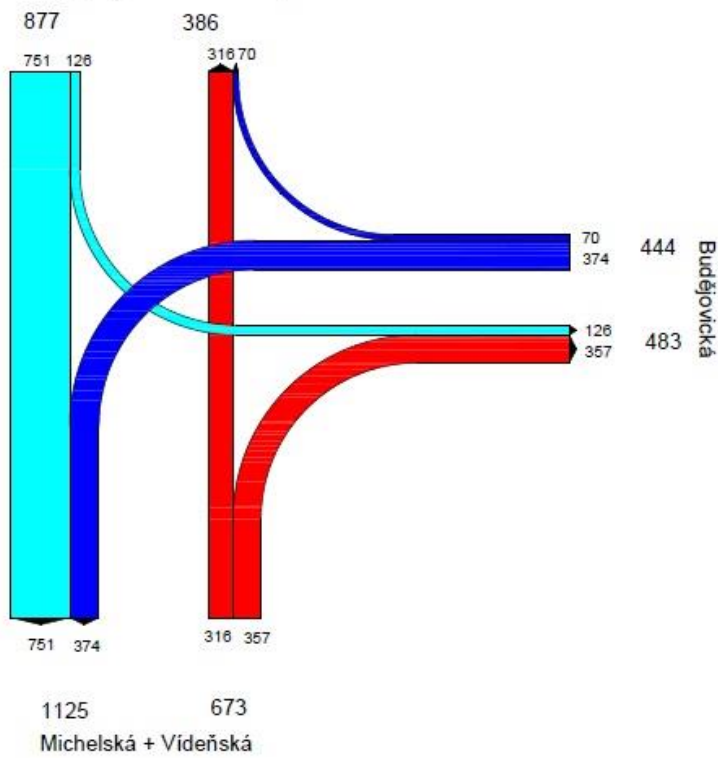
Příloha 1

Zátěžové diagramy intenzit pro ranní špičku



Zátěžové diagramy intenzit pro odpolední špičku

Jižní spojka (směr Barr. most)



Příloha 2:

Tabulka mezičasů [10]

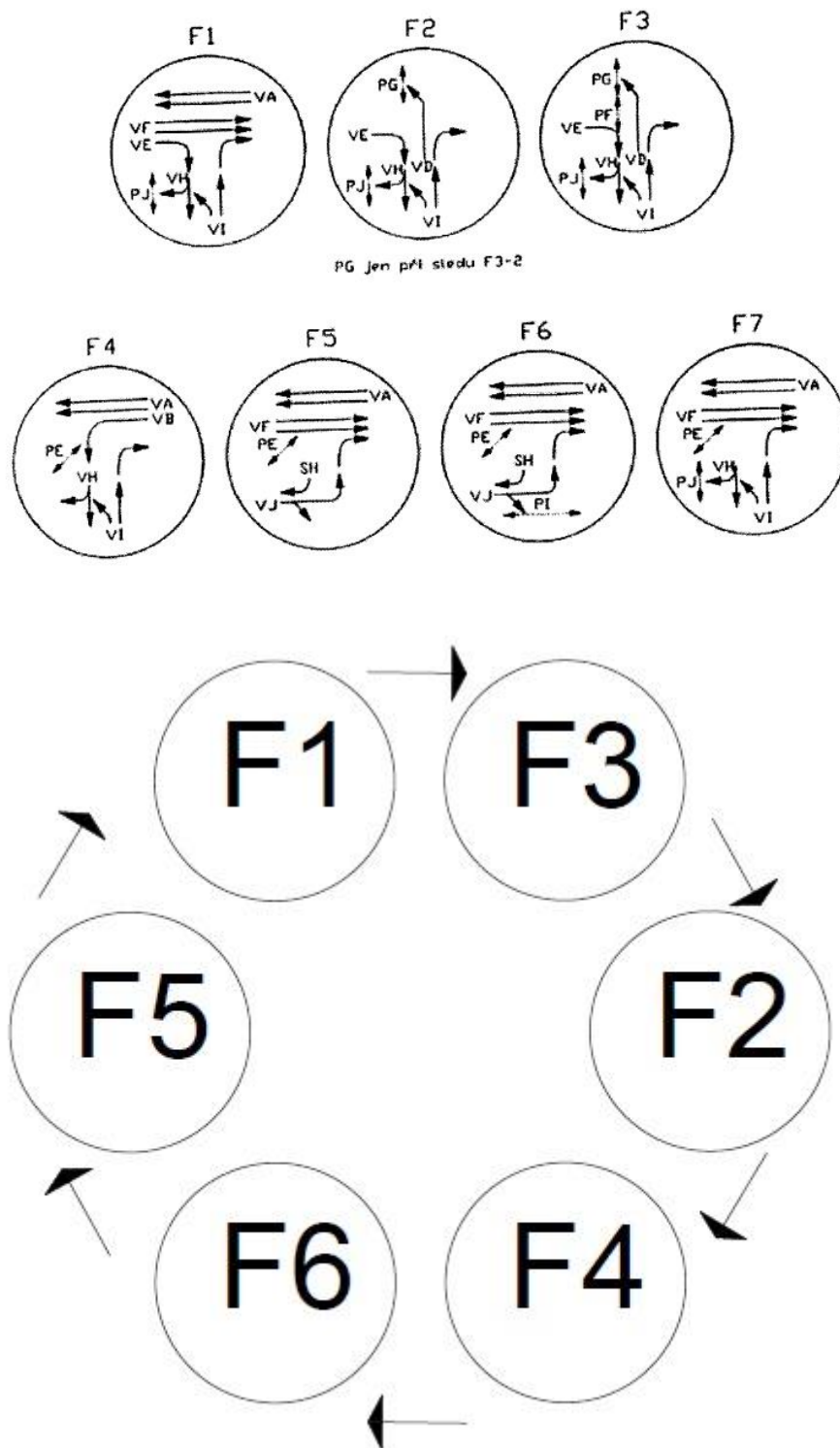
Vodorovně – vyklizuje

Svisle – najíždí

	VA [^]	VB<	VD	VE	VF	VH	SH>	VI	SI [^]	VJ	PE	PF	PG	PI	PJ
VA [^]			2										7		
VB<			4	9	6										
VD	5	4			4										
VE		0									4				
VF		4	5									4			
VH										3				6	
SH>															
VI										6				4	
SI [^]										4				4	
VJ						7		6	6						4
PE				6											
PF					8										
PG	3														
PI						7		9	9						
PJ										9					

Přehled fází a schéma fází [11]

Fázové schéma

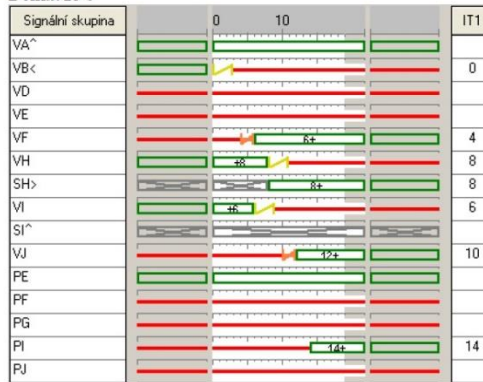


Příloha 4

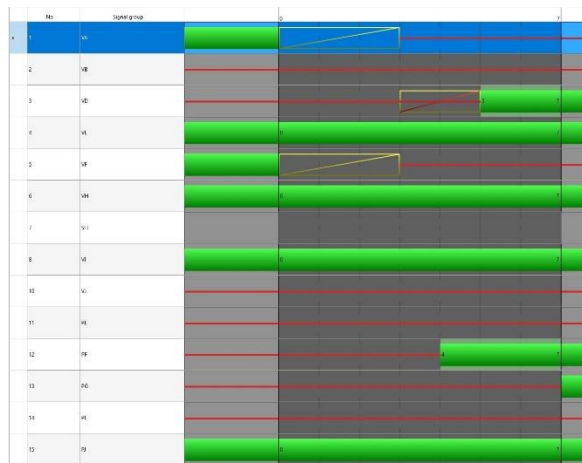
Fázové přechody

Fázový přechod FP 4.6 ze signálního plánu P10/100 s [11]

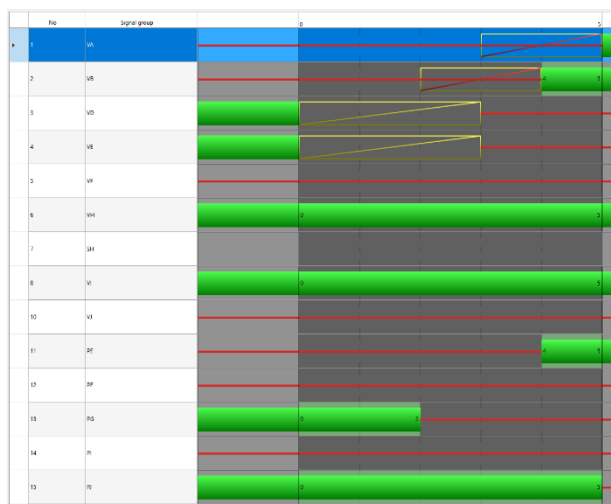
Fázový přechod FP 4.6
Délka: 15 s



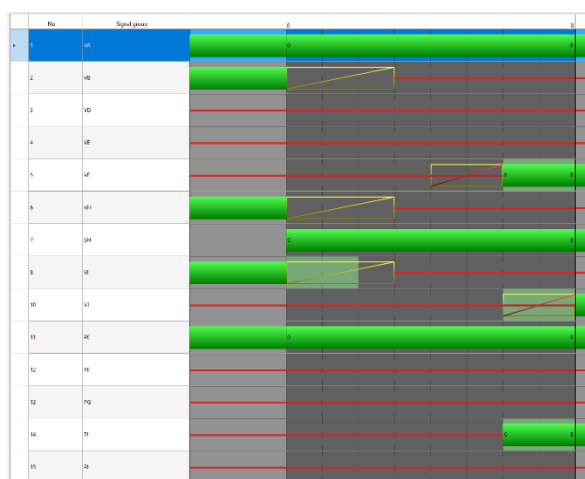
Fázový přechod FP 1.3



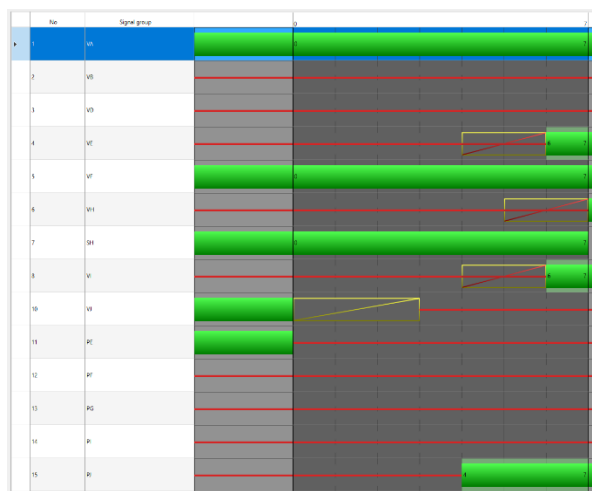
Fázový přechod FP 2.4



Fázový přechod FP 4.6



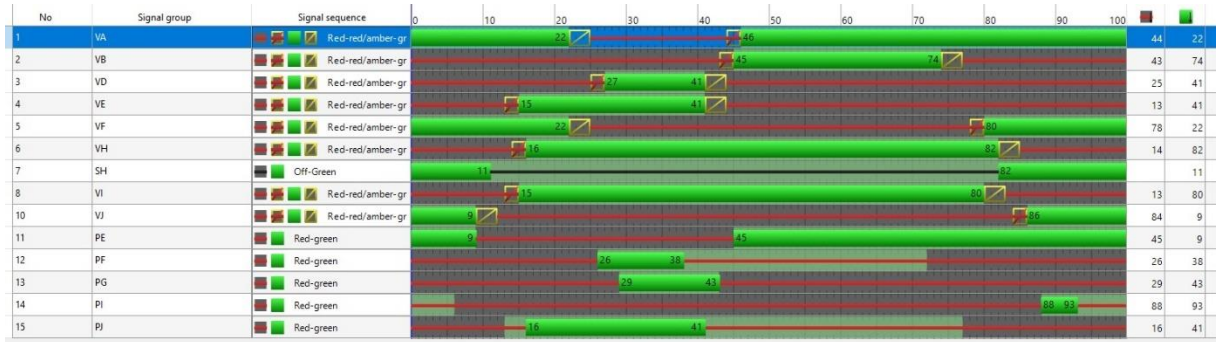
Fázový přechod FP 5.1



Příloha 5

Signální plány

P10/100 s [11]



P20/100 s



P21/100 s

