



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Martin Kujal

Preference vozidel PID na SSZ v Praze

Bakalářská práce

2023

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K612 Ústav dopravních systémů

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Martin Kujal

Studijní program (obor/specializace) studenta:

bakalářský – DOS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Preference vozidel PID na SSZ v Praze**

Název tématu (anglicky): Public Transport Priority at Traffic Signals in Prague

Zásady pro vypracování

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

- **Přínosy preference veřejné dopravy**
- **Možnosti dynamického řízení na světelně signalizovaných křižovatkách**
- **Technologie pro preferenci**
- **Analýza křižovatky s potenciálem pro preferenci PID**
- **Dopravní průzkum**
- **Navržení úprav a zhodnocení**



- Rozsah grafických prací: stanoví vedoucí bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: TP 81 Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích / Ministerstvo dopravy
Plán udržitelné mobility Prahy a okolí

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ivo Novotný, Ph.D.
Tomáš Padělek, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce:


30. září 2022

(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:

7. srpna 2023

- 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


.....
Ing. Martin Jacura, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravních systémů




.....
prof. Ing. Ondřej Příbyl, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.


.....
Martin Kujal
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....30. září 2022

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Ivo Novotnému za odborné vedení a pomoc při psaní této práce. Dále bych chtěl poděkovat zaměstnancům Technické správy komunikací hl. m. Prahy, a.s. za poskytnuté konzultace a materiály, bez nichž by tato práce nemohla vzniknout. V neposlední řadě bych pak rád za podporu poděkoval své rodině a přátelům.

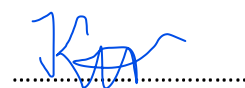
Prohlášení

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

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání 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 27. července 2023



podpis

Abstrakt

Předmětem bakalářské práce „Preference vozidel PID na SSZ v Praze“ je popsání přínosů a možností preference veřejné hromadné dopravy na světelných signalizačních zařízeních a návrh úprav dopravního řešení ve vybrané lokalitě v Praze. Navržené dopravní řešení umožňuje efektivní preferenci autobusů v rámci systému Pražské integrované dopravy.

Klíčová slova

veřejná hromadná doprava, preference veřejné hromadné dopravy, světelné signalizační zařízení, dopravní průzkum, udržitelná mobilita

Abstract

Subject of the bachelor thesis “Public Transport Priority at Traffic Signals in Prague” is describing the benefits and possibilities of prioritizing public transport vehicles at traffic signals and designing a solution for chosen traffic signals in Prague. The proposal enables effective prioritizing of Prague integrated transport buses.

Keywords

public transport, public transport priority, traffic signals, traffic survey, sustainable mobility

Obsah

Seznam zkratk	6
1. Úvod	7
2. Přínosy preference VHD na SSZ	8
2.1 Přínosy z pohledu atraktivity VHD pro cestujícího	8
2.2 Přínosy z pohledu úspory provozních nákladů provozovatele	9
3. Technologie pro preferenci autobusů na SSZ	11
3.1 Detekce	11
3.2 Návěstidla	12
3.3 Technologie pro preferenci v podmínkách pražských autobusů	12
4. Aplikace preference v rámci dopravního řešení	14
4.1 Pevný signální plán - způsob B1	14
4.2 Dynamické řízení - způsoby B2 - B6	15
4.3 Možnosti modifikace signálního plánu při dynamickém řízení	15
4.4 Způsoby řízení při slabém provozu	16
4.5 Dopravní řešení v podmínkách pražských autobusů	18
5. Analýza křižovatek s potenciálem pro preferenci	19
5.1 SSZ 0.604 Archimédova - přechod Bellova	19
5.2 SSZ 0.626 Na Padesátém - Vyžlovská	21
6. Dopravní průzkum	24
6.1 Cíle	24
6.2 Provedení	24
6.3 Vyhodnocení	25
7. Popis navržených změn dopravního řešení	28
7.1 Schéma fází a sled fází	28
7.2 Fázové přechody	29
7.3 Tabulka mezičasů	29
7.4 Algoritmus řízení	29
7.5 Algoritmus detekce	30
7.6 Časové nastavení, přehled programů	30

7.7 Parametry	31
7.8 Čítače	32
7.9 Stavové parametry	32
7.10 Logické podmínky	32
7.11 Přehled detekce	33
7.12 Aktivní detekce BUS	33
7.13 Poruchy detektorů	34
8. Navržené změny dopravního řešení	35
8.1 Fázové schéma a sled fází	35
8.2 Fázové přechody	36
8.3 Tabulka mezičasů	37
8.4 Algoritmus řízení	38
8.5 Algoritmus detekce	39
8.6 Časové nastavení a přehled programů	45
8.7 Parametry	46
8.8 Čítače	48
8.9 Stavové parametry	49
8.10 Logické podmínky	50
8.11 Přehled detekce	51
8.12 Aktivní detekce BUS	52
8.13 Poruchy detektorů	53
9. Závěr	54
Zdroje	55
Seznam příloh	57

Seznam zkratek

BUS - v kontextu dopravního řešení autobus nebo trolejbus, pro který je určena preference

DPP - Dopravní podnik hlavního města Prahy, a.s.

DŘ - dopravní řešení

GNSS - Global Navigation Satellite System - Globální družicový polohový systém

IAD - individuální automobilová doprava

JŘ - jízdní řád

PID - Pražská integrovaná doprava

SSZ - světelné signalizační zařízení

TP - technické podmínky

TSK - Technická správa komunikací hlavního města Prahy, a.s.

VHD - veřejná hromadná doprava

1. Úvod

Tématem této bakalářské práce je preference veřejné hromadné dopravy na světelných signalizačních zařízeních v Praze. Fungující a vůči individuální automobilové dopravě konkurenceschopný systém veřejné dopravy je stále důležitějším pro udržitelný rozvoj měst. Preference na SSZ je přitom efektivní způsob zrychlení a zkvalitnění VHD, jehož potenciál není zatím v Praze naplno využit. Zatímco v tramvajové dopravě je určitá míra preference implementována na většině světelně řízených křižovatek, v podmínkách autobusů stále existuje velké množství světelných signalizací, které efektivní preferenci neumožňují, přestože jsou vybaveny potřebnou technologií. Tato práce má za cíl stručně shrnout přínosy preference, popsat používanou technologii a možnosti dynamického řízení, identifikovat místo s potenciálem pro zavedení nebo zlepšení preference a navrhnout dopravní řešení pro vybranou lokalitu.

V analytické části práce budou popsány přínosy preferování vozidel VHD na světelných signalizacích z pohledu cestujícího i provozovatele dopravního systému. Poté bude pozornost věnována technologii, které preferenci na SSZ umožňuje. S ohledem na využití v praktické části zde bude představeno zejména vybavení používané v podmínkách autobusové dopravy v Praze. Dále zde budou zkoumány možné způsoby řízení světelné signalizace se zaměřením na dynamické řízení a možnosti modifikace signálního plánu pro upřednostnění vozidel VHD. Cílem bude shrnutí jednotlivých způsobů řízení, které bude následně možné využít v praktické části.

V rámci praktické části práce bude provedena analýza vybraných světelných signalizací s potenciálem pro preferenci vozidel Pražské integrované dopravy. Budou zkoumány skutečnosti podstatné pro tvorbu návrhu, tzn. zejména stavební dispozice míst, charakter provozu a stávající dopravní řešení. Podle potřeby bude v návaznosti proveden dopravní průzkum pro získání potřebných dat pro návrh preference. Nakonec bude navržena úprava dopravního řešení pro vybrané SSZ za účelem doplnění preference. Cílem je vytvořit standardům odpovídající dokumentaci, kterou by bylo možné využít pro změnu daného DŘ. Kromě samotné dokumentace bude vytvořen i její popis, aby bylo zřejmé, která část na co slouží a jakým způsobem bylo zvoleno dané řešení a určeny konkrétní parametry.

Práce bude pojednávat o autobusové dopravě, nicméně popsané skutečnosti a principy je možné analogicky vztáhnout i na v současnosti vznikající trolejbusový provoz v Praze.

2. Přínosy preference VHD na SSZ

Preference VHD může významným způsobem zvýšit kvalitu veřejné dopravy. Přínosy z jejího zavedení přitom čerpají jak uživatelé tak provozovatelé systému VHD.

2.1 Přínosy z pohledu atraktivity VHD pro cestujícího

Zkrácení cestovních dob

Klíčovým parametrem pro cestujícího je především cestovní doba, tedy čas, za který je schopen se dostat z bodu A do bodu B. Tu je možné snižovat mimo jiné pomocí zkracování jízdních dob mezi zastávkami. Světelně řízené křižovatky představují v městském provozu jeden z hlavních faktorů prodlužujících jízdní doby. S realizací preference dochází ke snížení zdržení spojů na křižovatkách, čemuž je poté možné přizpůsobit jízdní řád. Efekt zkrácení jízdních dob je patrný zejména při realizaci preference na více po sobě jdoucích SSZ na trase linky. V případě zatížených křižovatek s velkou délkou cyklu je ale možné dosáhnout znatelného zrychlení i jen bodovým opařením.

Lepší dodržování jízdního řádu

SSZ bez preference veřejné dopravy jsou významným zdrojem nepravidelností v provozu VHD. V případě pevného řízení se doba zdržení spoje na křižovatce liší podle toho, ve které fázi řízení vozidlo ke křižovatce přijede. Vzniká tedy časový rozptyl reálné jízdní doby jednotlivých spojů, který je obtížně zakomponovatelný do jízdního řádu. V praxi proto bývá část spojů vlivem řízení provozu zpožděná a část jede naopak předjetá nebo musí v zastávce neproduktivně čekat do času pravidelného odjezdu. Zavedení preference vede ke zlepšení dodržování jízdního řádu a tedy i větší spolehlivosti, kdy cestující může očekávat, že jeho spoj opravdu odjede a přijede do cíle podle JŘ.

Kromě toho dochází i ke zvýšení pravidelnosti provozu. U silně zatížených linek nebo svazků s krátkým intervalem je zdržení spoje být jen o desítky sekund problematické, protože vyvolává nepravidelné rozložení krátce za sebou jezdících spojů. Zpožděné spoje bývají často přetěžovány a dochází ke snížení komfortu přepravy. Vhodnou preferencí je možné docílit rovnoměrnějšího rozložení spojů v čase, omezit přetěžování spojů a tím pro cestující pocitově zvýšit kapacitu bez reálného přidávání spojů.

V neposlední řadě je díky preferenci a lepšímu dodržování JŘ možné v obdobích se sníženou poptávkou - typicky pozdě večer, v noci nebo o víkendech - zřídit spolehlivé přestupní návaznosti mezi vybranými spoji. V tomto směru je preference na SSZ klíčová,

protože v obdobích se slabým provozem představují světelně řízené křižovatky prakticky jediný zdroj zdržení.

Omezení brzdění a rozjezdů

Dalším z efektů preference na SSZ je omezení zastavování vozidel VHD na křižovatkách. To přispívá k většímu komfortu jízdy, kdy cestující nejsou vystavováni podélným silám při brzdění a rozjezdu vozidla. V závislosti na konkrétním řešení dynamického řízení je možné zastavování na SSZ omezit nebo v případě absolutní preference úplně odstranit. Z pohledu komfortu přepravy je pak nejvýhodnější situace, kdy vozidlo nemusí na příjezdu ke křižovatce nijak zpomalovat a projede plynule beze změny rychlosti. Toto řešení je vhodné typicky v případě tzv. světelných závor. I řízení s nižší mírou preference ale může odstranit nežádoucí stavy, kdy tramvaj nebo autobus dostanou signál Stůj těsně před stopčárou a následuje prudké brzdění nebo průjezd vozidla na signál Stůj.

Psychologické faktory

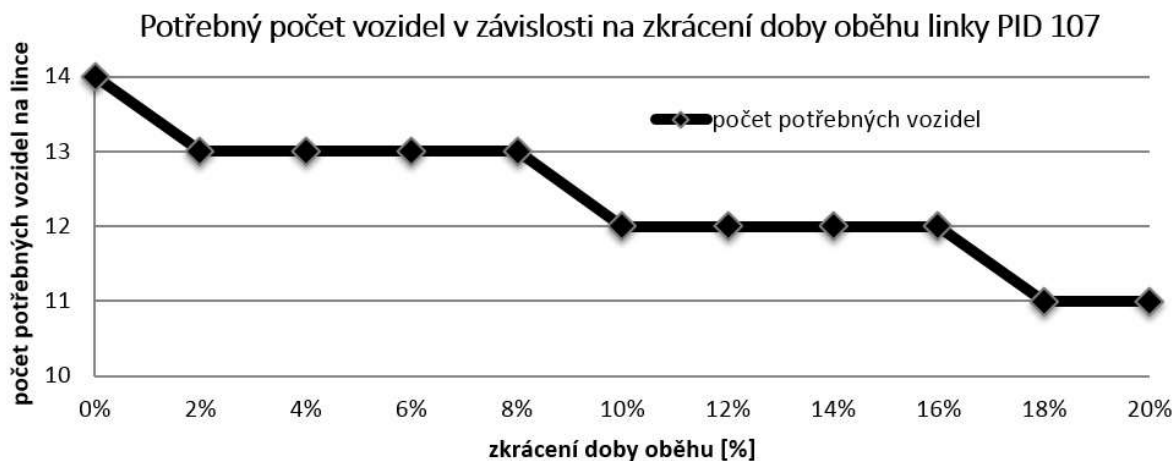
Kromě výše uvedených faktických přínosů přispívají k atraktivitě veřejné dopravy také další subjektivní kritéria. Tramvaje a autobusy jedoucí plynule a často rychleji než osobní automobily dělají veřejné dopravě dobrou image, která také může přispívat ke zlepšení modal-splitu ve prospěch VHD.

2.2 Přínosy z pohledu úspory provozních nákladů provozovatele

Ekonomická stránka je pro fungování systému VHD klíčová. Všechny níže uvedené dílčí přínosy preference na SSZ ve svém důsledku znamenají úsporu provozních nákladů resp. přispívají k ekonomicky udržitelnému provozu systému.

Zvýšení oběžné rychlosti

Zkrácení jízdních dob díky hladkému průjezdu křižovatkami vede ke zvýšení oběžné rychlosti vozidel a tedy potenciální úspoře nutných náležitostí, tzn. vozidel a k nim přidělených řidičů. Tento efekt se plně projeví zejména na linkách resp. svazcích linek s krátkým intervalem a delší trasou. Ilustrativně tento potenciál dokládá příklad z linky PID 107 na obr. 1.



Obr. 1 - Potřebný počet vozidel v závislosti na zkrácení doby oběhu linky PID 107, zdroj: [12]

Omezení brzdění a rozjezdů

Kromě snížení komfortu jízdy dochází při akceleraci a deceleraci také ke zvýšení spotřeby trakční energie nebo paliva. To je problematické zejména u vozidel se spalovacími motory, která nedokážou rekuperovat energii ztracenou při brzdění a navíc při rozjezdech generují větší množství škodlivin. Preference na SSZ má potenciál zastavování na křižovatkách omezit.

Lepší dodržování jízdního řádu

Jak již bylo psáno výše, preference přispívá k lepšímu dodržování JŘ, tedy k větší pravidelnosti provozu. Vhodnou preferencí je tak často možné omezit přeplňování spojů, aniž by bylo nutné zkracovat interval, což vede opět k úsporám.

3. Technologie pro preferenci autobusů na SSZ

Pro správné fungování preference na SSZ je třeba odpovídající vybavení jak na straně samotných vozidel, tak na straně infrastruktury. Klíčové je zejména spolehlivé detekování vozidel, která se blíží k SSZ.

3.1 Detekce

Aby řízení křižovatky dostalo signál, že se blíží vozidlo VHD a mohlo na něj adekvátně reagovat, je třeba vozidlo detekovat a přenést potřebnou informaci do řadiče. Systémy detekce vozidel můžeme v základu rozdělit na aktivní a pasivní.

Pasivní detekce

Pasivní detekce vozidla je zajištěna pouze pomocí prvků infrastruktury a vozidlo nemusí s řízením křižovatky nijak spolupracovat. Je zjištěna přítomnost vozidla v určitém bodě a ze vzdálenosti a předpokládané rychlosti je poté dopočten pravděpodobný čas dojezdu vozidla ke stopčáře. Tento způsob je ve velké míře využíván u tramvají, kde jsou pro přihlášení do řízení křižovatky využity trolejové kontakty. U autobusů jsou nejčastěji používány indukční smyčky. Nevýhodou tohoto řešení je možnost použití pouze v místech, která jsou pojížděna výhradně vozidly VHD - typicky ve vyhrazených jízdnicích pruzích, na autobusy pojížděných tramvajových pásech nebo v zastávkových zálivech. Pozitivní je, že tento systém neklade žádné nároky na vybavení vozidel.

Aktivní detekce

V případě aktivní detekce musí být vozidlo vybaveno příslušným zařízením pro komunikaci s řadičem. Ta probíhá pomocí radiotelegramů, které je možné zasílat na vzdálenost až několik set metrů. Obsahem zprávy je aktuální poloha vozidla, směr jeho jízdy a poloha vůči JŘ. Zjišťování polohy vozidla je možné více způsoby. Vývojově starší je systém využívající pro detekci infračervené majáky. Nověji je poloha vozidla určována pomocí GNSS. Při přiblížení spoje ke křižovatce dochází k přihlášení vozidla, dále probíhá radiová komunikace s řadičem a v úrovni stopčáry pak dochází k odhlášení. Pro možnost optimální reakce řízení křižovatky je nutné, aby byl přihlašovací bod umístěn v dostatečné vzdálenosti a naopak po průjezdu došlo k včasnému odhlášení vozidla. Také je třeba co nejpřesněji určit dobu, za kterou vozidlo reálně dojde ke stopčáře. Zde je hlavním problémem rozptyl jízdnicích dob jednotlivých vozidel. Ten je v praxi nejčastěji způsoben kongescí nebo umístěním zastávky před křižovatkou, kde se liší doby stanicování.

3.2 Návěstidla

Autobusy se při průjezdu křižovatkou standardně spolu s ostatními vozidly řídí signály třibarevné soustavy. V případě, kdy autobus projíždí křižovatkou na svojí speciální fázi, je nutné zabezpečit pro něj samostatnou signalizaci. Nejčastěji se tak děje pomocí instalace tramvajových návěstidel a vozidlo se poté řídí signály pro tramvaje.

Dále mohou být použita tzv. výzvolná návěstidla, viz obr. 2. Ta narozdíl od tramvajů nesignalizují blížící se začátek nebo konec signálu Volno, ale pouze informují o přihlášení autobusu do řízení křižovatky, případně schopnosti řízení na nárok vozidla reagovat.



Obr. 2 - Průjezd autobusu křižovatkou, výzvolné návěstidlo vpravo nahoře, zdroj: [11]

3.3 Technologie pro preferenci v podmínkách pražských autobusů

Z praktických důvodů je používán především aktivní způsob detekce. Poloha vozidel je určována u novějších vozidel podle GNSS, starší vozidla dosud využívají inframajáky, nicméně i u nich je v případě potřeby možné využívat GNSS. Zařízením pro aktivní preferenci je vybaveno 100% vozového parku autobusů DPP. U vybraných ostatních dopravců jsou potřebnou technologií vybavena některá vozidla. Prokazatelně se do řízení SSZ přihlašují např. novější vozidla dopravce Stenbus. Na cca 10 SSZ zůstává v provozu

systém pasivní detekce. Na většině křižovatek s provozem autobusů jsou instalována výzvo­vá návěstidla, která indikují přihlášení autobusu do řízení křižovatky, pokud je křižovatka vybavena nějakou úrovní preference. V případě přihlášení se vozidla do SSZ se signálním plánem, který preferenci neumožňuje, zůstává výzvo­vé návěstidlo zhaslé. [2]

4. Aplikace preference v rámci dopravního řešení

Základní dokument, který definuje fungování SSZ se nazývá dopravní řešení. V něm je definované stavební uspořádání, technické vybavení a způsob řízení světelné signalizace. V závislosti na způsobu řízení je pak možné preferovat vozidla VHD. Tabulka 1 níže ukazuje způsoby řízení podle rozhodování dle TP 81.

Tab. 1 - způsoby řízení SSZ podle rozhodování, zdroj: [5]

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	ZMĚNA POŘADÍ FÁZÍ
		B5	ZMĚNA POŘADÍ FÁZÍ
	tvorba signálního plánu	B6	VOLNÁ MĚNITELNOST PRVKŮ podle aktuálních dopravních nároků

Pro účely této práce je možné způsoby řízení rozdělit na dvě základní kategorie, a to na pevný signální plán - způsob B1 a dynamické řízení - způsoby B2 - B6,

4.1 Pevný signální plán - způsob B1

Pevný signální plán představuje nejjednodušší formu řízení dopravy pomocí SSZ. V řídicí logice jsou definovány jednotlivé fáze, jejich délka a pořadí. V průběhu signálního plánu nelze tyto parametry měnit a ovlivňovat řízení. Z pohledu IAD je použití pevných plánů vhodné na křižovatkách, kde se intenzity na jednotlivých vjezdech v průběhu času významně

nemění a poměr zatížení všech ramen křižovatky tak zůstává konstantní. Výhodné jsou také, pokud se křižovatka pohybuje na hraně kapacity a není přes ní vedena linka VHD. V takovém případě již většinou není možné dosáhnout menšího zdržení vozidel pomocí dynamického řízení. Při použití pevných signálních plánů je možné jednoduše koordinovat sousední SSZ a vytvářet tzv. zelené vlny.

Z pohledu VHD není pevné řízení vhodné, jelikož neumožňuje přizpůsobení průběhu fází nárokům vozidel VHD. Velmi nevhodně provoz VHD ovlivňují zejména pevné signální plány s velkou délkou cyklu, které způsobují největší rozptyl jízdnicích dob jednotlivých vozidel a tedy zpoždování. Naopak plány s kratším cyklem jsou pro tramvaje a autobusy přijatelnější, nevýhodou je ale celkově nižší kapacita jimi řízených křižovatek. Obecně platí, že s prodlužující se délkou cyklu kapacita křižovatky stoupá.

4.2 Dynamické řízení - způsoby B2 - B6

Dynamické řízení narušitel od pevného řízení může reagovat na aktuální dopravní situaci v daném místě. V závislosti na míře dynamiky lze měnit délku fází, jejich pořadí, případně tvořit tzv. multifáze, při kterých probíhá více samostatných fází najednou. Konkrétně lze fáze prodlužovat, zkracovat, vkládat do cyklu fáze na výzvu a na výzvu doplňovat nekolizní volna do již probíhajících fází. Specifickým případem dynamického řízení je pak volná tvorba signálního plánu.

4.3 Možnosti modifikace signálního plánu při dynamickém řízení

Prodlužování vlastní fáze - způsob B2

Probíhající vlastní fáze vozidla VHD je prodloužena tak, aby vozidlo stihlo projet křižovatkou. Pokud by doba potřebná pro projetí vozidla byla delší než maximální možná doba prodloužení, k prodloužení fáze nedojde.

Zkracování vlastní fáze - způsob B2

Probíhající vlastní fáze vozidla VHD je přednostně ukončena, pokud by vozidlo v této fázi ani při jejím maximálním prodloužení nestihlo projet křižovatkou. Místo toho je ihned vybrána jiná fáze, čímž dochází ke zkrácení doby cyklu a vlastní fáze může být znovu zařazena dříve.

Zkracování jiné fáze - způsob B2

Probíhající kolizní fáze je předčasně ukončena a vlastní fáze vozidla VHD tak může být zařazena dříve.

Změna pořadí fází - způsob B3

Dochází ke změně pořadí fází v cyklu, kdy je vlastní fáze zařazena v čase optimálním pro průjezd vozidla VHD.

Vložení fáze na výzvu - způsob B4

Vozidlo VHD projíždí křižovatkou na vlastní fázi, která je do cyklu zařazena pouze při jeho nároku. Současně může probíhat jiná bezkolizní fáze. Vkládání fáze pouze na výzvu se typicky používá v případě, kdy tramvaj nebo autobus přijíždějí do křižovatky ve své vlastní stopě odděleně od ostatních vozidel. Dále je použití obecně vhodné u tramvají, které kvůli své délce a průjezdu přes kolejová křížení mají delší vyklizovací časy než ostatní vozidla. V případech, kdy není nárok na průjezd tramvaje, je tak možné zařadit kratší fázi postačující pro průjezd ostatních vozidel. Smysl tohoto je zkrácení celkové doby cyklu a tím snížení zdržení.

Okamžité doplnění nekolizního volna - způsob B5

Do právě probíhající nekolizní fáze je doplněno volno pro vozidlo VHD přijíždějící ke křižovatce. Použití je podobné jako při vkládání fáze na výzvu.

Volná tvorba signálního plánu - způsob B6

Volná tvorba signálního plánu představuje nejvyšší stupeň dynamiky řízení. Pořadí fází ani jejich délka nejsou pevně stanoveny a fáze jsou zařazovány podle aktuálních nároků vozidel nebo vozidlových skupin. Definovány jsou pouze mezičasy, nejkratší a nejdelší doby signálu Volno a nejdelší doby signálu Stůj pro jednotlivé vozidlové skupiny. Řízení tak dokáže operativně reagovat na zatížení na jednotlivých ramenech křižovatky a umožňuje kvalitní preferenci veřejné dopravy. Nevýhodou je možnost nasazení volně tvořeného signálního plánu pouze na izolovaně řízené křižovatky. Zařazení do koordinace s jiným SSZ není možné z důvodu proměnné délky cyklu i pořadí fází.

4.4 Způsoby řízení při slabém provozu

V místech nebo obdobích se sníženou dopravní intenzitou jsou pro řízení křižovatky často používány specifické režimy. Typicky mohou být nasazovány na většině křižovatek v pozdních večerních, nočních nebo brzkých ranních hodinách. Z hlediska kvality provozu VHD je třeba se věnovat i těmto okrajovým obdobím.

Trvalá zelená v hlavním směru

V tomto režimu je trvale zařazena fáze se signálem Volno v hlavním směru a signály Stůj z vedlejších směrů. Volno z vedlejších směrů je vybíráno pouze na základě nároku vozidla. Smyslem je odstranit neproduktivní vybírání volna z vedlejších komunikacích s velmi nízkými intenzitami. Nutnou podmínkou je vybavení vedlejších ramen křižovatky vozidlovými detektory. V praxi se nejčastěji využívají indukční smyčky, které jsou ale zpravidla umístěny těsně před stopčárou. Vozidla přijíždějící z vedlejší komunikace proto musí ve většině případů před stopčárou zastavit a krátce vyčkat, než jim řízení stihne dát signál Volno. Z pohledu preference VHD je potřebné zejména zajistit, aby vozidla VHD jedoucí po hlavní komunikaci nebyla náhodně zastavována nároky vozidel z vedlejších.

Blikající žlutá

V případech dostatečně nízkých intenzit je možné vypnutí řízení do blikající žluté, kdy se poté křižovatka chová jako neřízená. Nutnou podmínkou je dostatečná přehlednost křižovatky a vyhovující délka přechodů, aby byla i při neřízeném provozu zachována bezpečnost dopravy. Pokud jsou intenzity dopravy dostatečně nízké, jedná se z hlediska počtu zastavených vozidel i z hlediska celkové časové ztráty všech účastníků provozu o nejvýhodnější řešení.

Fáze blikající žlutá

Základním stavem řízení je blikající žlutá, která ale může být přerušena při nároku chodce přerušena. SSZ poté přechází na standardní řízení s trojbarevnou soustavou, přičemž je co nejdříve zařazena fáze se signálem Volno na příslušném přechodu. Smyslem tohoto řešení je umožnit chodcům aktivovat řízení přechodu, pokud z bezpečnostních důvodů nechtějí přecházet přes přechod v neřízeném režimu. Dle současné metodiky [3] je ale nárok chodce nadřazen případnému nároku vozidla VHD, což často vede k zdržení autobusu nebo tramvaje s násobně větším počtem osob jedním chodcem.

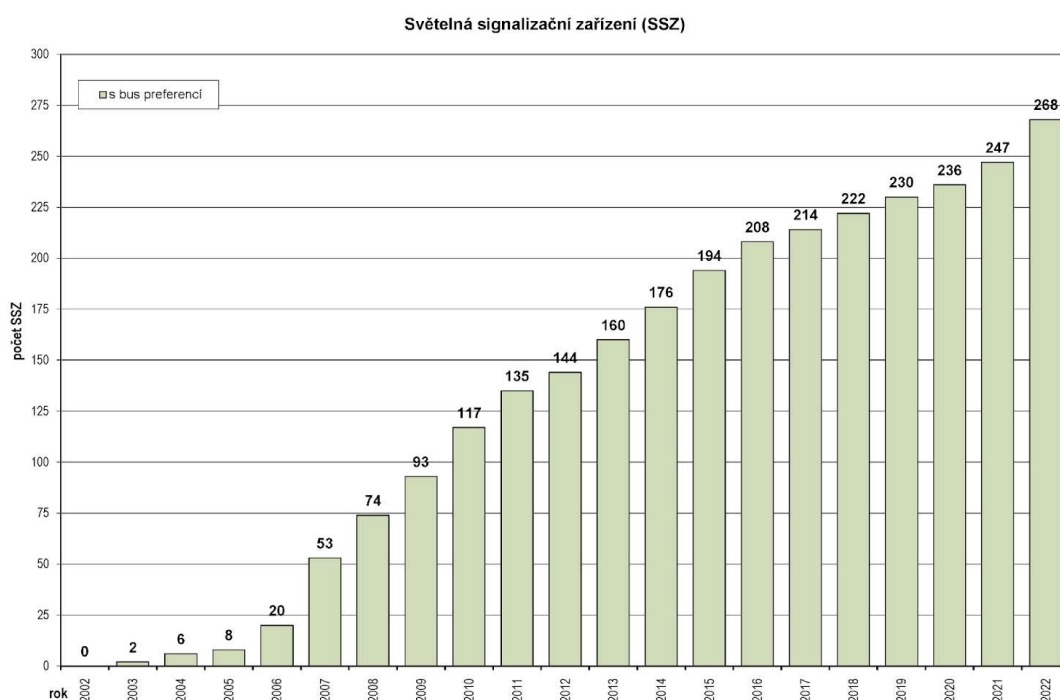
Celočervená

V tomto režimu mají v základním stavu všechny signální skupiny signál Stůj. Volno pro vozidla i chodce je zařazeno pouze na výzvu. V pražských podmínkách je výzva od vozidel zjišťována pomocí videodetektorů. Smyslem tohoto režimu bylo umožnit rychlé zařazení potřebného volna v obdobích se slabým provozem a zároveň předejít možnému překračování maximální povolené rychlosti vozidel. K tomu může docházet při režimu Trvalá zelená v hlavním v hlavním směru. Bohužel videodetektory instalované plošně na území Prahy neumožňují včasnou detekci přijíždějícího vozidla a odpovídající reakci řízení. Vozidlo včetně autobusů tedy musí vždy před SSZ zpomalit na méně než 50 km/h, často i zastavit.

Proto byl režim vyhodnocen jako nevyhovující pro IAD i veřejnou dopravu a v současnosti je při úpravách DŘ většinou rušen.

4.5 Dopravní řešení v podmínkách pražských autobusů

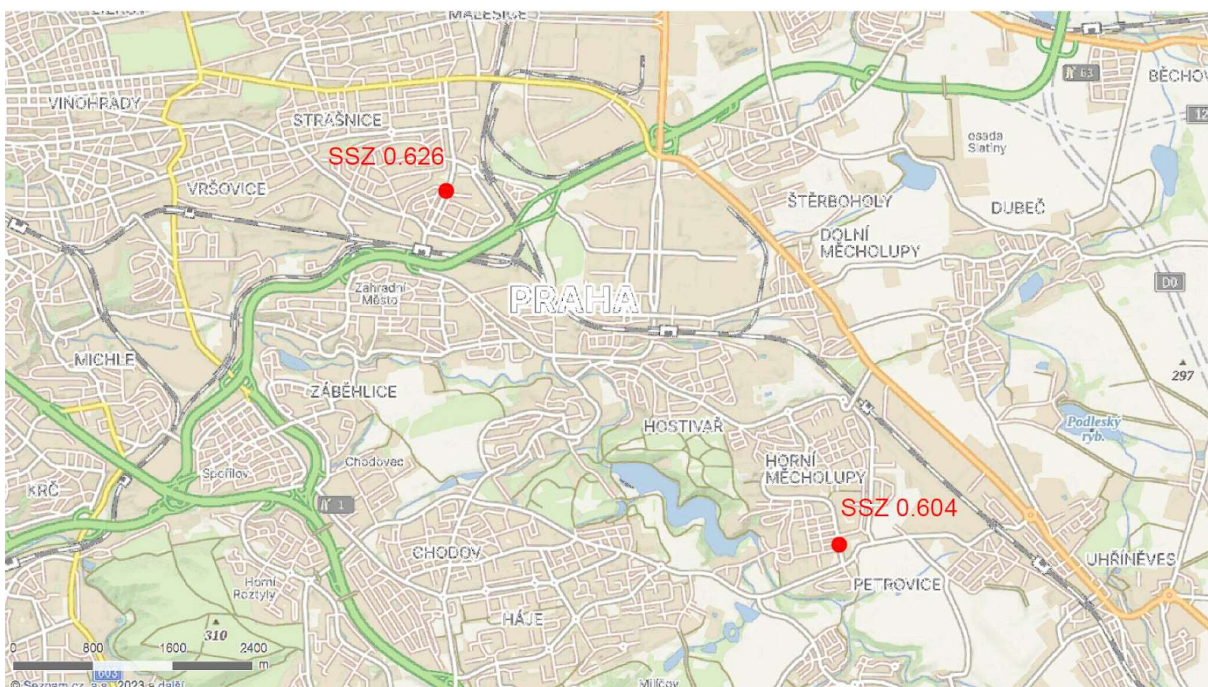
Dynamickým řízením s určitou formou preference bylo v roce 2022 vybaveno 268 SSZ. Míra preferování VHD se liší v závislosti na konkrétním dopravní řešení. Obecně lze říct, že míra preference pražských autobusů je v porovnání s tramvajemi na podstatně nižší úrovni. Některá SSZ disponují z pohledu VHD kvalitním řešením s mírou preference blížící se absolutní. Časté jsou ale i případy, kdy je preference formálně zavedena, ale její reálný efekt je zanedbatelný. Typicky je možné pouze krátké prodloužení vlastní fáze. Dále bývá preference často vypínaná v dopravních špičkách, případně je řízení nastaveno tak, že nepreferuje spoje jedoucí s náskokem. [6] Velká část SSZ zůstává v provozu 24 hodin denně s tím, že ani v obdobích slabého provozu nejsou nasazeny režimy, které by umožňovaly efektivní preferenci VHD. Postupně dochází k vypínání některých SSZ do režimu Fáze blikající žlutá, která přispívá ke snížení zdržení, ale nezajišťuje vždy hladký průjezd. Neexistuje také žádný manuál pro vyhodnocování účinnosti zavedené preference ani pro tvorbu nových dopravních řešení. Samotná dopravní řešení pak jsou ve většině případů projektována externími subjekty, což vede k různé kvalitě z hlediska preferování VHD. [4]



Obr. 3 - vývoj počtu SSZ s určitou mírou preference autobusů v Praze, zdroj: [9]

5. Analýza křižovatek s potenciálem pro preferenci

Na základě konzultace s TSK byly vybrány světelné signalizace s potenciálem zlepšení průjezdu pro autobusy VHD. Jedná se o SSZ 0.604 Archimédova - přechod Bellova (dále jen Bellova) a 0.626 Na Padesátém - Vyžlovská u stanice metra Skalka (dále jen Skalka). V prvním případě se jedná o řízený přechod bez preference VHD, v druhém o průsečnou křižovatku, na které je již preference zavedena, ale pravděpodobně nefunguje zcela správně. Tyto signalizace byly zvoleny jako potenciální k úpravě na základě několika kritérií. V první řadě jsou obě vybaveny radičem novějšího typu, který umožňuje zavedení efektivní preference. Dále se v nejbližší době nepřipravují stavební úpravy, které by měly vliv na činnost těchto SSZ. Zároveň oběma místy projíždí významné množství autobusových spojů a potenciál snížení celkového zdržení je tedy velký. Poloha obou SSZ je vyznačena na obrázku níže.



Obr. 4 - mapa širších vztahů s vyznačenými SSZ, zdroj: [8]

5.1 SSZ 0.604 Archimédova - přechod Bellova

SSZ 0.604 Archimédova - přechod Bellova se nachází v městské části Praha - Petrovice. Jedná se o řízený přechod pro chodce přes dvoupruhovou místní komunikaci Archimédova. K přechodu těsně přiléhá průsečná křižovatka s komunikacemi Bellova a Rezlerova, která je neřízená. Hlavní pozemní komunikace je vyznačena přímo ve směru ulice Archimédovy.

Provoz vozidel v místě SSZ bývá plynulý, ani v období dopravních špiček nebyly zaznamenány kongesce. Přesné intenzity vozidel v místě SSZ nejsou pravidelně vyhodnocovány.

Linky 125 a 204 projíždějí přes SSZ od severu k jihu Archimédovou ulicí, linka 240 přijíždí od severu Archimédovou a poté odbočuje západním směrem do Bellovy.

V ulici Bellova se nacházejí dva školní areály obsahující dvě základní školy, dvě gymnázia a základní uměleckou školu. Z toho vyplývá silné využití přechodu zejména dětskými chodci v ranním a částečně odpoledním období pracovních dnů. Přechod umožňuje spojení od škol do přílehlého sídliště a na autobusovou zastávku Sídliště Petrovice. Mimo školní špičky je přechod využíván spíše průměrně a světelné řízení by zde pravděpodobně nebylo nutné.

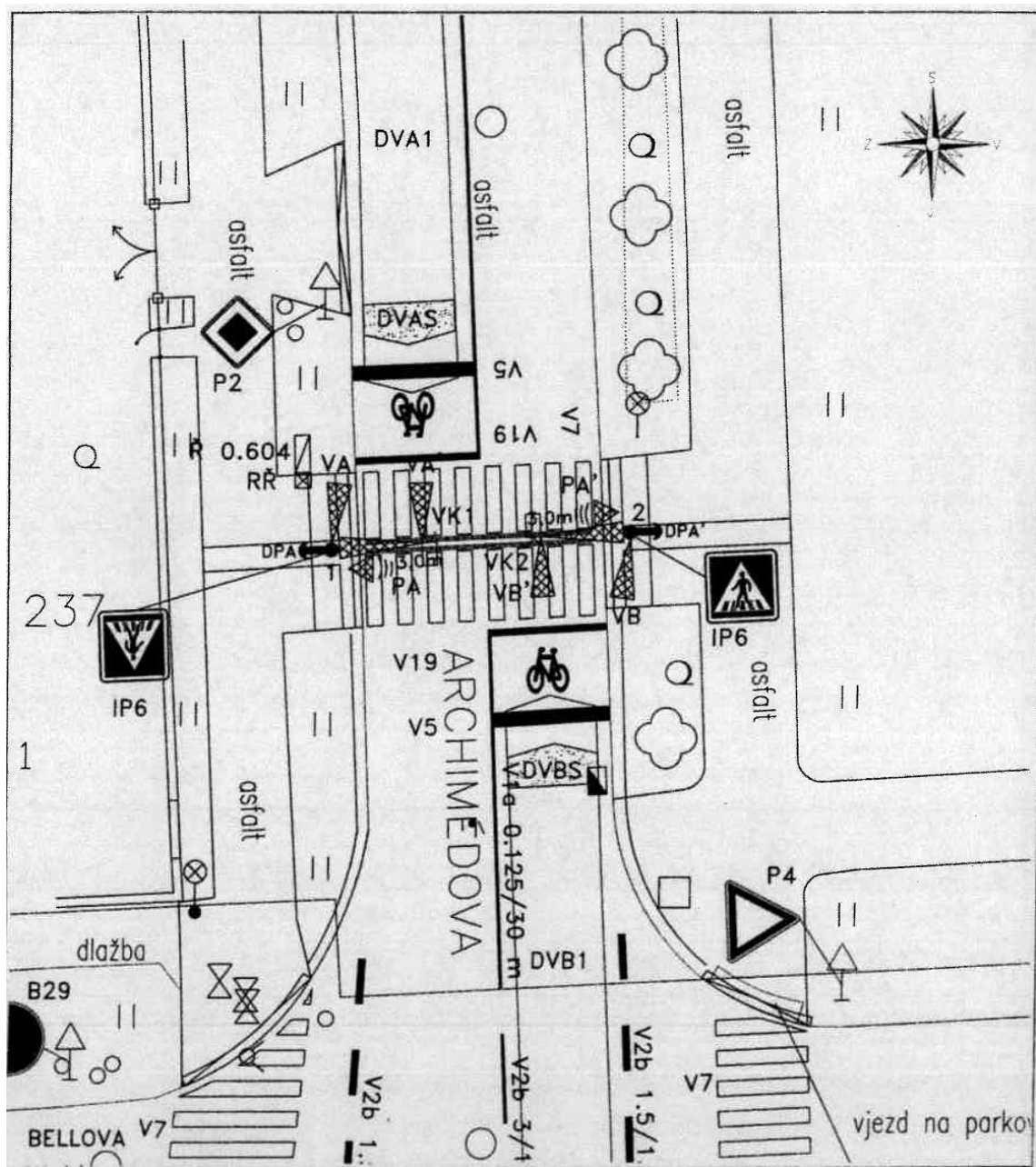
Na SSZ je v současnosti nasazeno izolované dynamické řízení bez preference VHD. Řízení je dvoufázové s fází F1 pro vozidla a F2 pro chodce. V základním stavu probíhá trvale vozidlová fáze a chodci dostávají volno pouze na výzvu tlačítkem. Fáze F1 může být prodlužována, pokud se k přechodu blíží vozidla. Obsazenost pruhů v blízkosti SSZ je zajištěna videodetektory.



Obr. 5 - pohled na řízený přechod v Archimédově směrem k severu, zdroj: [8]

Z pozorování na místě vyplynulo, že nastavené hodnoty jednotlivých parametrů přibližně odpovídají dopravním nárokům. Zejména v kritickém čase 7:30 - 8:00 je zřetelné, že

prodloužení chodeckého volna je nutné pro bezpečné přecházení velkého množství školních dětí, zároveň ale nedochází k tvorbě kongescí vlivem SSZ.

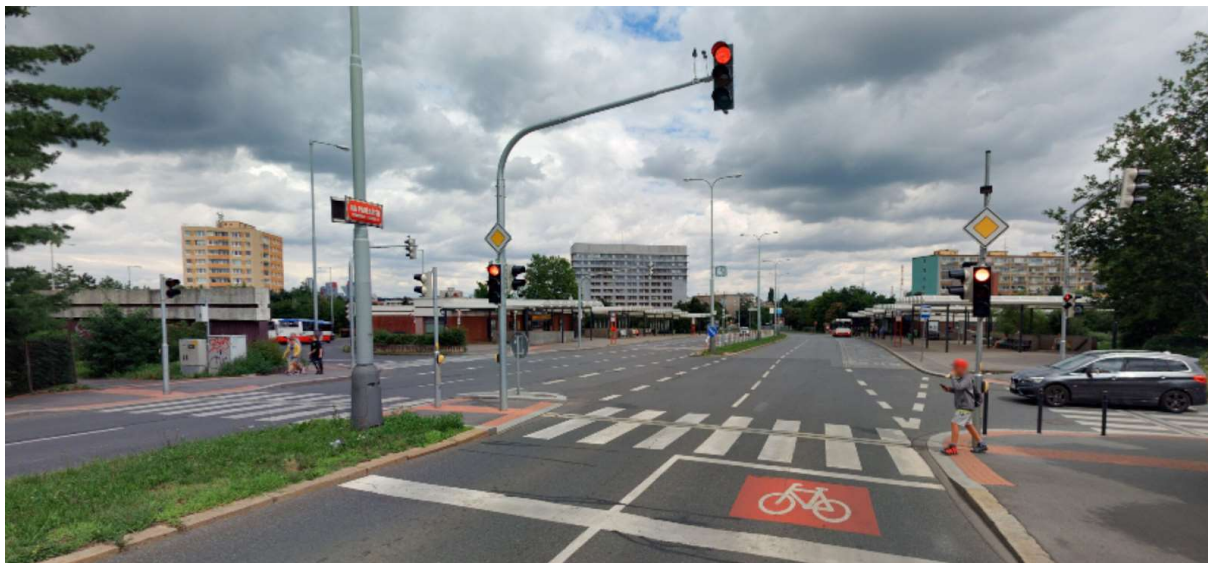


Obr. 6 - schématická situace SSZ Bellova, zdroj: [1]

5.2 SSZ 0.626 Na Padesátém - Vyžlovská

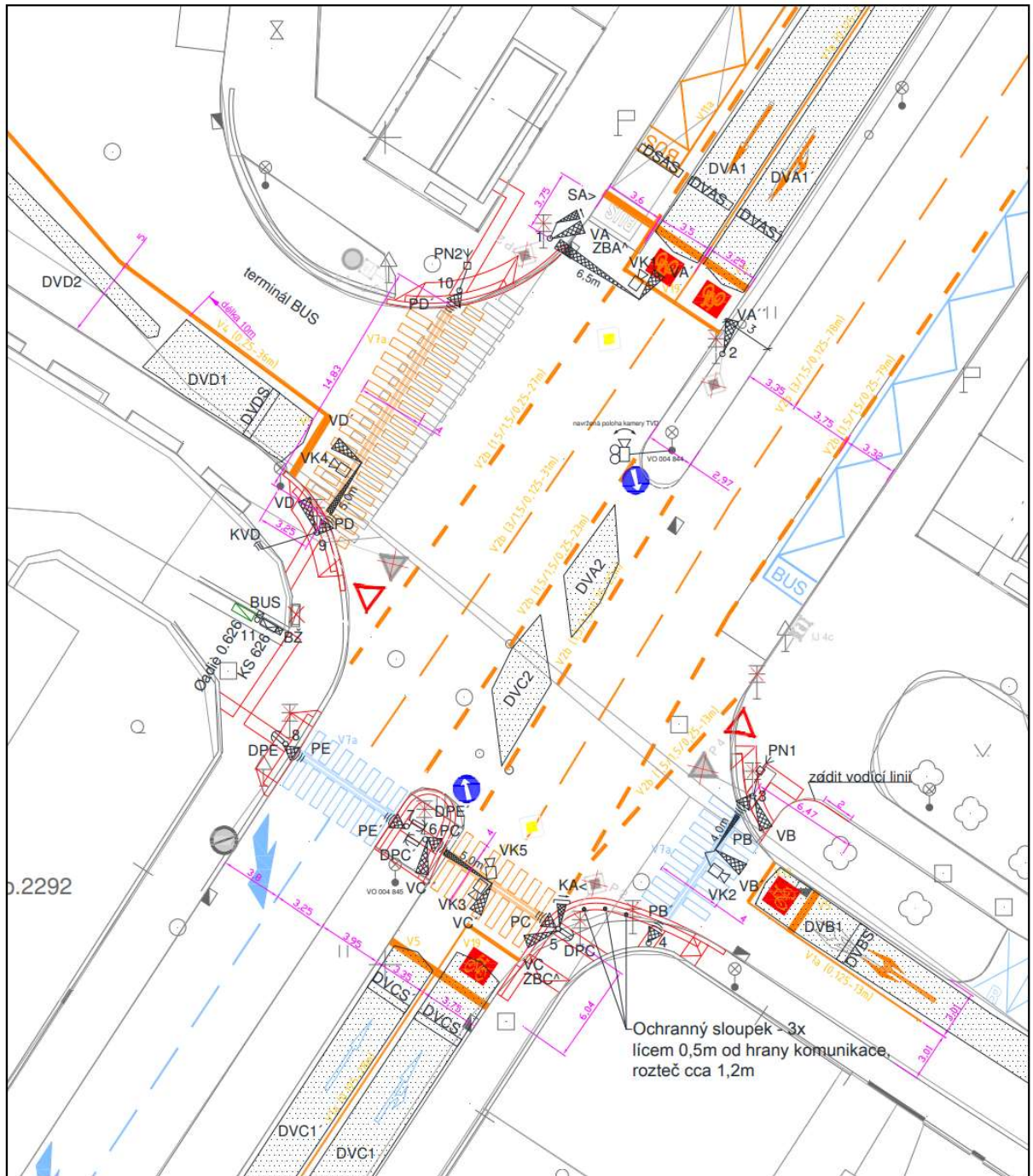
Toto SSZ se nachází v Praze - Strašnicích na průsečné křižovatce u stanice metra Skalka. Hlavní komunikace Na Padesátém je čtyřproudá s autobusovou zastávkou umístěnou těsně před resp. za křižovatkou severním směrem. V tomto místě je komunikace rozšířena o zastávkové zálivy. Východní větev křižovatky představuje jednoproudá ulice Vyžlovská,

kteřá je značena jako vedlejší. Západní rameno tvoří výjezd z autobusového obratiště Skalka.



Obr. 7 - pohled na křižovatku Na Padesátém - Vyžlovská směrem k severu, zdroj: [8]

Na SSZ je nasazeno izolované dynamické řízení s preferencí autobusů. Základní řízení obsahuje 6 fází, nicméně Fáze F1 a F2 a F4 a F5 se od sebe liší pouze spuštěním přechodů souběžně s jedoucími vozidly. Fáze pro levé odbočení F3 a vyklizovací celočervená fáze F6 jsou zařazovány pouze na výzvu. Proto se řízení křižovatky velmi přibližuje dvoufázovému.



Obr. 8 - schématická situace SSZ Skalka, zdroj: [2]

6. Dopravní průzkum

Na obou SSZ byl proveden dopravní průzkum s cílem získat podklady pro rozhodnutí o návrhu preferenčního opatření.

6.1 Cíle

Hlavním cílem průzkumu bylo v první řadě zjistit, které místo má největší potenciál pro zavedení preference. Zjišťováno tedy bylo především zdržení jednotlivých spojů tak, aby bylo možné vyhodnotit celkové zdržení všech spojů a průměrné zdržení na jeden spoj. Dílčím cílem bylo zjistit příčiny nesprávného fungování SSZ na Skalce a ověřit účinnost tamní preference porovnáním s jiným SSZ. Proto byl průzkum pro srovnání proveden i na SSZ 4.679 Lhotecká - Hasova, kde je preference také nasazena a na rozdíl od Skalky nebyl zaznamenán problém s funkčností. Obě SSZ mají řízení s dvěma hlavními fázemi, zastávku z jedné strany a je na nich silný provoz autobusových linek. Na Hasově bylo zároveň jako vedlejší produkt sledováno zvlášť zdržení autobusů DPP a dopravce About Me, jehož autobusy nejsou technikou pro preferenci vybaveny.

6.2 Provedení

V rámci průzkumu byla na každém SSZ sledována vždy půlhodina v ranní špičce od 7:30 do 8:00 a v odpolední špičce od 15:30 do 16:00. Měření byla prováděna v jednotlivých lokalitách postupně od pondělí 20. 2. 2023 do čtvrtka 23. 2. 2023. Výsledky jsou částečně ovlivněny tím, že v daném týdnu probíhal provoz podle mírně omezených tzv. poloprázdninových jízdnic řádů a počet spojů ve špičkách tak byl přibližně od 10 - 15 % menší. Tento pokles se ale týká všech tří sledovaných lokalit, takže výsledky jsou stále navzájem srovnatelné. V Praze ani v okresech Praha - východ a Praha - západ také neprobíhaly jarní prázdniny ani jiné dopravu významně ovlivňující okolnosti.

Dané SSZ a přilehlé úseky komunikací byly po dobu měření natáčeny videokamerou a vyhodnocení bylo provedeno zpětně ze vzniklého záznamu. Byl zaznamenán vždy čas příjezdu autobusu ke stopčáře a čas jejího průjezdu. Zdržení daného spoje pak bylo určeno jako rozdíl těchto dvou časů. U spojů, které projely bez zastavení jsou oba časy totožné. Ve většině případů autobus při příjezdu k SSZ se signálem Stůj plynule zpomaloval již několik metrů před stopčárou. Aby bylo možné započítat i takto vzniklé zdržení, byl čas příjezdu ke stopčáře určován fiktivně odhadem, jako kdyby vozidlo projíždělo křižovatkou plynule bez snížení rychlosti. Bylo tak možné zachytit i zdržení autobusů, které na signalizaci nezastavily, ale signál Stůj je zpomalil.

6.3 Vyhodnocení

Tabulky s kompletním vyhodnocením průzkumu jsou v příloze č. 1. Zaznamenán je vždy směr průjezdu, linka, zda je vozidlo vybaveno technikou pro preferenci, čas příjezdu ke stopčáře, čas průjezdu stopčárou a dopočítaná doba zdržení.

Ze záznamů bylo vypočteno celkové zdržení všech spojů a průměrné zdržení na jeden spoj. Zdržení bylo vyhodnoceno zvlášť pro ranní část měření, zvlášť pro odpolední a dohromady za obě části. Dále bylo provedeno vyhodnocení zvlášť pouze pro spoje zajištěné vozidlem vybavený zařízením pro preferenci a pro všechny spoje dohromady. Tyto údaje jsou zobrazeny v tabulce 2 níže.

Tab. 2 - zdržení na jednotlivých SSZ

SSZ	Období	Vozidla	Celkové zdržení [s]	Průměrné zdržení [s]
0.604 Archimédova - přechod Bellova	7:30 - 08:00	s vybavením	79,00	4,94
		všechna	97,00	4,85
	15:30 - 16:00	s vybavením	30,00	2,31
		všechna	30,00	2,14
	obě období	s vybavením	109,00	3,76
		všechna	127,00	3,74
0.626 Na Padesátém - Vyžlovská	7:30 - 08:00	s vybavením	48,00	1,55
		všechna	48,00	1,55
	15:30 - 16:00	s vybavením	158,00	6,58
		všechna	158,00	6,58
	obě období	s vybavením	206,00	3,75
		všechna	206,00	3,75
4.679 Lhotecká - Hasova	7:30 - 08:00	s vybavením	39,00	1,70
		všechna	64,00	2,56
	15:30 - 16:00	s vybavením	29,00	1,61
		všechna	29,00	1,45
	obě období	s vybavením	68,00	1,66
		všechna	93,00	2,07

Absolutně nejvyšší zdržení bylo naměřeno na křižovatce na Skalce. Je zajímavé, že relativní zdržení vzniklé odpoledne je více než 4x větší než zdržení vzniklé v ranní špičce. Přitom dopravní situace byla dle pozorování v obou obdobích srovnatelná a i řídicí program byl stejný. Lze tedy usuzovat, že tento rozdíl zdržení vznikl náhodně a minimálně částečně byl

způsobený nedokonalostí preference. Aby bylo možná získat lepší údaje pro případný návrh úpravy preference, byla na Skalce data o zdržení vyhodnocena i odděleně po jednotlivých směrech - viz tabulka 3.

Tab. 3 - zdržení na Skalce podle směrů

Období	Směr	Celkové zdržení [s]	Průměrné zdržení [s]
7:30 - 08:00	sever	22,00	1,47
	jih	26,00	1,63
15:30 - 16:00	sever	55,00	5,00
	jih	103,00	7,92
obě období	sever	77,00	2,96
	jih	129,00	4,45

Ráno byla zdržení v obou směrech přibližně stejná, ale v odpolední špičce bylo zdržení v jižním směru přibližně 2x větší než v severním. Hlavní podíl na tom mělo umístění zastávky v jižním směru těsně před SSZ, kvůli kterému vzniká větší rozptyl jízdnicích dob mezi přihlášením a příjezdem vozidla ke stopčáře. Pro řízení je poté na autobus složitější reagovat, protože se může například déle zdržet při výměně cestujících, což se na místě i dělo.

Dále tedy byla na Skalce prověřována i doba jízdy autobusu od přihlášení do průjezdu stopčářou. Okamžik přihlášení byl určen podle rozsvícení výzvoového návěstidla. Časy přihlášení a dopočtené časy dojezdů od přihlášení ke stopčáře jsou také zaznamenány v příloze č. 1. Tyto údaje se nepodařilo zaznamenat u všech spojů, nicméně vzorek lze považovat za dostatečný. V severním směru se hodnoty pohybují v rozpětí 12 - 18 s. Hodnota parametru NJDBC1M, který se vztahuje k této době, je dle DŘ nastavená na 22 s. [2] V optimálním případě by tento parametr měl být nastaven, tak aby cca 80-90 % autobusů stihlo projet křižovatkou ještě v aktuální cyklu s prodloužením vlastní fáze. Hodnota 22 s je zde tedy zbytečně vysoká a bylo by vhodné ji snížit na cca 17 - 18 s. V současném stavu tak pravděpodobně dochází k situacím, kdy řízení křižovatky na autobus nečeká, i když ten by ještě stihl v požadovaném čase projet. V jižním směru se hodnoty dojezdu od přihlášení pohybují v rozmezí 14 - 118 s, většina hodnot je v rozmezí 30 - 60 s. Rozptyl je způsoben především rozdílnou délkou stanicování v zastávce. Hodnota odpovídajícího parametru NJDBA1M je v DŘ nastavena na 32 s. Zde by tedy pro lepší funkci preference bylo vhodné jeho zvýšení minimálně v dopravních špičkách.

Zdržení vzniklé na Bellově v odpolední špičce přibližně odpovídá tomu, že se jedná o řízený přechod bez preference VHD. Ze 14 projíždějících spojů byly nějakým způsobem zdrženy 3. Průměrné zdržení vychází na 2,1 s, což je přijatelné, nicméně je zde vidět nevyužitá příležitost. Problém nastává v ranní špičce mezi 7:30 a 8:00, kdy je přechod silně zatížen školními dětmi a řídicí program je nastaven tak, aby preferoval chodce. Oproti odpoledni bylo relativní zdržení více než 2x větší a dosahovalo hodnoty 4,85 s na spoj, což je poměrně vysoké číslo na to, že se jedná jen o jednoduchý řízený přechod. Zároveň z pozorování na místě vyplynulo, že frekvence chodců je značná časy chodeckého volna jsou z velké části využity.

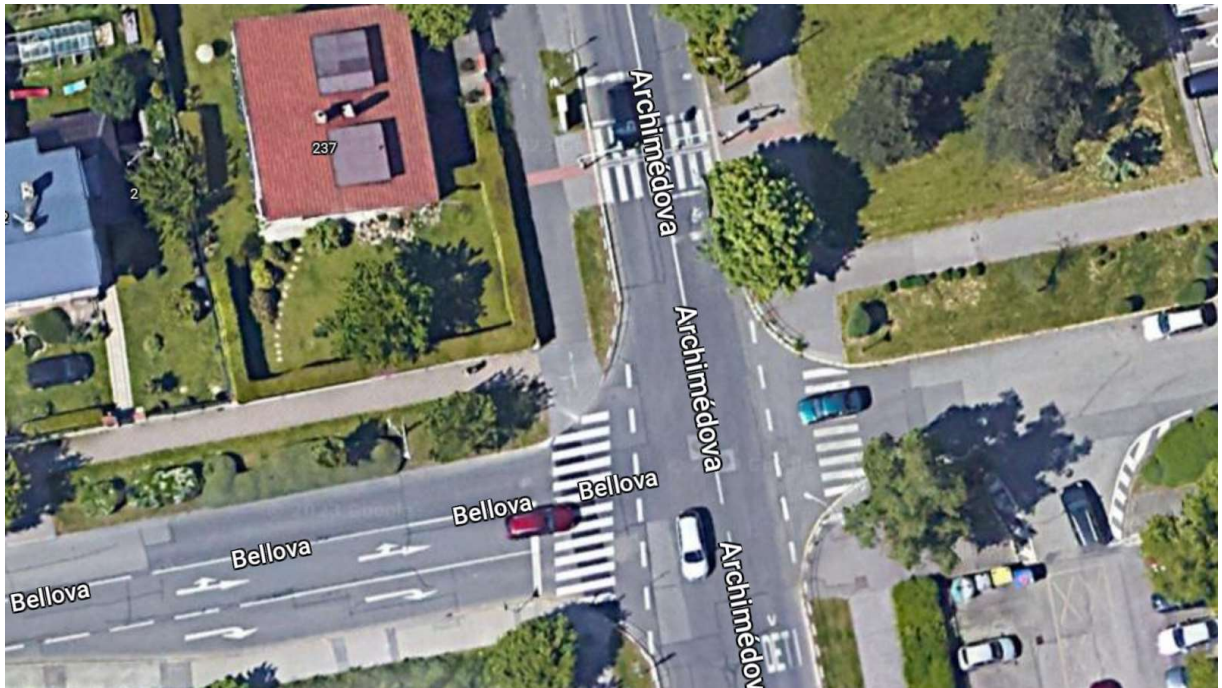
Na křižovatce Hasova bylo naměřené absolutní i relativní zdržení nejmenší. V ranní i odpolední části měření se pohybovalo okolo 1,6 - 1,7 s na spoj, pokud počítáme pouze vozidla vybavená odpovídající technikou. Ve srovnání se Skalkou je vidět významně nižší relativní zdržení odpoledne. V ranním období je ale zdržení podobné na obou místech, přičemž na Hasově je dopravní situace jednodušší. Z toho lze usuzovat, že i preference na Hasově má jisté mezery a bylo by možné ji ještě zdokonalit ve prospěch zrychlení VHD. Vzorek spojů zajištěný vozidly bez techniky pro preferenci není dostatečně velký, aby bylo možné z něj dělat závěry, nicméně je vidět, že absolutně nejvyšší zdržení bylo dosaženo právě vozidlem, které nemá vybavení pro komunikaci s řízením.

Pro návrh preferenčního opatření v rámci této práce bylo nakonec zvoleno SSZ 0.604 Archimédova - přechod Bellova. Důvody byly tyto:

- Absolutní zdržení naměřené na Skalce je vyšší než na Bellově, ale relativní zdržení na jeden spoj je na obou místech téměř stejné. Přitom na Skalce se jedná o zatíženou průsečnou křižovatku, zatímco v případě Bellovy jde pouze o řízený přechod. Z toho vyplývá, že potenciál na snížení zdržení je na Bellově minimálně podobný jako na Skalce. Zároveň zde lze jednoduše snížit zdržení VHD při malém omezení IAD a chodců.
- Řízený přechod na Bellově představuje pro návrh preference spíše jednodušší místo, zároveň je zde ale možné navrhnout preferenční opatření zcela nově včetně všech příloh DŘ.
- Zlepšení preference na Skalce by bylo možné buď pouze úpravou stávajících hodnot některých parametrů nebo naopak celkovým přepracováním DŘ se zásahem do stávající navržené preference.

7. Popis navržených změn dopravního řešení

V této kapitole jsou popsány navržené změny jednotlivých příloh dopravního řešení. Přílohy, které zde nejsou zmíněny, se nemění. Vlastní dokumentace je poté v kapitole 8.



Obr. 9 - pohled na SSZ 0.604 a přilehlou křižovatku, řízený přechod v horní části obrázku, zdroj: [7]

7.1 Schéma fází a sled fází

Fázové schéma určuje jednotlivé fáze řízení a stanovuje, které signální skupiny v nich mají Volno. Fáze F1 obsahující skupiny VA pro vozidla od severu a VB pro vozidla od jihu a fáze F2 se skupinou PA pro chodce byly zachovány beze změn.

Bylo nicméně rozhodnuto o zrušení celočervené fáze F3. Jediným efektem režimu Celočervená na tomto SSZ je zpomalení až zastavení většiny v noci projíždějících vozidel, které sice teoreticky může zvyšovat bezpečnost provozu, ale je doprovázené zbytečnými emisemi, hlukem a zdržením projíždějících vozidel včetně autobusů. Nově tedy bude SSZ i v nočních hodinách fungovat v režimu trvalého volna pro vozidla přerušovaného na výzvu nároky chodců. Oproti celočervené bude zařazení chodecké fáze na výzvu trvat pouze o 4 s déle, což je možné tolerovat.

Sled fází určuje pořadí v jakém mohou být jednotlivé fáze zařazovány. Jelikož byla fáze F3 odstraněna, je nově samozřejmě možný pouze sled fází F1 - F2 - F1.

7.2 Fázové přechody

Fázové přechody definují přesný způsob, jakým probíhá změna fází. Vycházejí z mezičasů mezi jednotlivými signálními skupinami, které je třeba dodržovat. V případě dynamického řízení mohou být pevné nebo pružné. V návrhu byly ponechány pevné fázové přechody z původního DŘ, pouze byly odmazány ty, které se týkaly rušené celočervené fáze F3.

7.3 Tabulka mezičasů

Mezičas je definován jako nejkratší možná doba mezi signály Volno pro dvě navzájem kolizních signální skupiny. Je stanovován výpočtem z předpokládané dráhy a rychlosti vozidel podle TP 81. V rámci nového DŘ nebylo nutné mezičasy nijak měnit a tabulka zůstává stejná.

7.4 Algoritmus řízení

U SSZ s dynamickým řízením je zařazování jednotlivých fází a jejich délka řízena pomocí algoritmu, který je v DŘ zadán ve formě vývojového diagramu.

Na SSZ je v současnosti nasazeno izolované dynamické řízení bez preference VHD. Řízení je dvoufázové s fází F1 pro vozidla a F2 pro chodce. V základním stavu probíhá trvale vozidlová fáze F1 a chodci dostávají volno pouze na výzvu tlačítkem. Fáze F1 může být prodlužována, pokud se k přechodu blíží vozidla.

Nově navržený algoritmus vychází z původního a doplňuje ho o logické podmínky zajišťující preferenci autobusů. Pokud nejsou nároky chodců, probíhá trvale fáze F1. Při výzvě na chodeckém tlačítku (podmínka L20) je nejprve vyhodnoceno, jestli je třeba fázi F1 prodloužit pro přijíždějící autobus (podmínky LB13 - LB16). Po ukončení případného prodlužování pro BUS je možné fázi dále prodlužovat pro jiná vozidla (podmínky L15 a L16). Pokud ale během tohoto prodlužování přijde nárok od autobusu přihlášeného do dalšího cyklu na preferenční ukončení vozidlové fáze (LB17 - LB19), má tento přednost a volno pro vozidla je ukončeno. Zároveň, pokud se během prodlužování pro vozidla přihlásí autobus, je možné začít prodlužovat fázi i pro něj. Po skončení nároků na prodlužování nebo uplynutí maximální možné doby nastává chodecká fáze F2. Algoritmus je uzpůsoben tak, aby bylo možné definovat 2 různé délky této fáze a v případě preferenčního nároku BUS (LB10 - LB12) ji ukončit dříve. Tato možnost nakonec nebyla využita a délka chodeckého volna je vždy stejná. Do budoucna ale bude možné toto případně jednoduše upravit. Po skončení volna chodců se řízení vrací do výchozího stavu s volnem pro vozidla.

7.5 Algoritmus detekce

Algoritmus detekce BUS vyhodnocuje požadavky autobusů na průjezd křižovatkou a zprostředkovává je dále do algoritmu řízení. Algoritmus použitý v tomto návrhu je běžně používaný v pražských podmínkách a byl převzat od TSK s drobnou úpravou.

První část algoritmu zajišťuje přihlášení autobusů. Po výzvě autobusu na vzdáleném detektoru je vyhodnoceno pomocí logické podmínky LBxy vyhodnoceno, jestli stihne projet ještě v tomto cyklu nebo až v dalším. Podmínka LBxy porovná stav čítače probíhající fáze, její maximální možné prodloužení a očekávanou dobu dojezdu ke stopčáře, která je zadaná parametrem NJDBx1y. Podle výsledku pak autobus přihlásí do aktuálního nebo následující cyklu. Autobus je přihlášen tím, že je započítán čítačem počtu přihlášených autobusů a spuštěním časového čítače přihlášení. Na základě stavu těchto čítačů jsou poté vyhodnocovány logické podmínky pro preferenci BUS, které jsou již přímo součástí algoritmu řízení. Zároveň je zde vyhodnocen tzv. stupeň preference. Ten je v současnosti v pražských podmínkách nastaven tak, že spoje předjeté oproti JŘ se přihlašují se stupněm 1, na který SSZ nereaguje. Ostatním spojů je přiřazen stupeň 2 a tyto spoje již do řízení mohou vstupovat.

Druhá část algoritmu zajišťuje odhlášení. K tomu dochází při výzvě autobusu na odhlašovací detektoru. Autobus je smazán z čítače počtu přihlášených autobusů a časových čítačů.

Třetí část algoritmu umožňuje převod přihlášených autobusů mezi končícím a nastávajícím cyklem. Zde byla na základě konzultace s TSK provedena úprava přidáním parametru M11, který zajišťuje převedení autobusů mezi cykly v případě, kdy nedojde k výzvě na fázi F2.

Čtvrtá část algoritmu pak zajišťuje především vyhodnocení poruch detekce a nucené odhlášení vozidel, která z nějakého důvodu neprojedou stopčářou v daném časovém limitu.

7.6 Časové nastavení, přehled programů

Pro možnost variability řízení v průběhu dne a týdne se navrhuje jednotlivé signální programy. Algoritmus řízení zůstává stále stejný, ale hodnoty parametrů mohou být proměnné v závislosti na daném programu. Tím je možné například přizpůsobovat doby volna a tím i délku cyklu, zapínat nebo vypínat preferenci VHD nebo spouštět režim Blikající žluté.

Na SSZ jsou v současnosti nasazeny 4 různé programy. Program P1 je určený pro období silného provozu a vyznačuje se nejvyšší hodnotou možného prodlužování vozidlové fáze. Program P2 je určený pro ranní školní špičku, prodlužuje chodecké volno na 10 s a doba

možného prodlužování pro auta je omezena. Program P3 pro období slabého provozu pak umožňuje ještě menší prodlužování pro vozidla a využívá nejkratšího možné doby volna pro chodce 5 s. Program P5 je nasazen v nočních hodinách a umožňuje volbu režimu Celočervená, což s sebou přináší problémy uvedené v části 4.4. Časové nastavení programů nicméně ne zcela odpovídá současné denní a týdenní variaci intenzit dopravy. Zejména nasazení programu pro silný provoz P1 již v brzkých ranních hodinách nebo v sobotu dopoledne se nezdá opodstatněné a odpovídá spíše dopravním potřebám z minulosti.

Nově byly navrženy programy P1 - P4, které vycházejí z původních programů P1 a P3, umožňují ale větší variabilitu. Programy P1 a P2 jsou určeny pro období se silným provozem vozidel a jsou nasazeny v pracovní dny od 6:30 do 10:00 a od 14:00 do 20:00 a v neděli odpoledne v čase 15:00 - 19:00. P3 a P4 jsou naopak navrženy pro slabý provoz a fungují v ostatních časech.

Programy P2 a P4 pracují s nejkratší možnou dobou volna pro chodce 5 s. P1 a P3 jsou určeny pro období, kdy přechod používají větší skupiny dětí a doba volna je pro zajištění dostatečné kapacity a bezpečnosti prodloužena na 7 s. Jsou použity ráno a odpoledne v pracovní dny. Původní školní program P2 byl přeznačen na P5 a je nasazen v čase ranní školní špičky od 7:30 - 8:00.

7.7 Parametry

V tabulce parametrů jsou v závislosti na signálním programu zapsány hodnoty jednotlivých parametrů, které vystupují v algoritmu řízení a logických podmínkách.

Oproti původnímu DŘ byla zkrácena minimální délka vozidlové fáze F1 (N1N) z 10 s na 5 s. To by mělo umožnit jednak rychlejší zařazení volna při výzvě chodce a jednak je díky tomu možné flexibilněji reagovat na příjíždějící autobus. Pro vozidla by toto zkrácení nemělo znamenat větší komplikace, neboť v případě obsazenosti detektorů v blízkosti SSZ jde fáze F1 stále prodlužovat. Na základě pozorování na místě, kdy ani v dopravních špičkách nebyla intenzita provozu tak velká, aby se tvořily kongesce, bylo také přistoupeno ke zkrácení maximální možné délky fáze F1 (N1X) z 25 s na 20 s ve špičkových programech. Úprava vyšla mimo jiné z toho, že v současnosti mezi 7:30 a 8:00 nasazený školní program P2 má hodnotu N1X nastavenou na 17 s a provoz probíhá bez problémů. Nově byla zavedena maximální délka F1 při prodlužování autobusem (N1XB) s hodnotou 40 s. Také jsou nově zavedeny hodnoty pro minimální (N2N) a maximální (N2X) délku fáze F2, kvůli možnosti krácení této fáze autobusem. V návrhu však zatím krácení není rozdílná délka chodeckého volna využita a obě hodnoty jsou stejné. Délky chodeckého volna byly nicméně optimalizovány. V obdobích, kdy se nepředpokládá výskyt větších skupin chodců, zejména

dětí, je využita nejkratší možná délka fáze 5 s. V ranním a odpoledním období je zachováno volno délky 7 s a ve školní špičce 10 s, které se ukázalo jako opodstatněné. V rámci fázového přechodu FP 1.2 je již 5 s volna pro chodce zahrnuto, proto parametry N2N a N2X nabývají hodnot 0, 2, resp. 5 s.

Dále jsou v tabulce definovány parametry související s preferencí VHD. Proměnné NPBxM resp. NPUBxM reprezentují možnost preference BUS resp. možnost krácení jiných fází přihlášeným autobusem. Ostatní parametry představují časové úseky od přihlášení a jsou podrobněji popsány v části 7.12.

7.8 Čítače

Čítače jako proměnné možné rozdělit na časové čítače a čítače počtu. Mezi časové čítače patří základní čítače cyklu, jednotlivých fází, případně čítače prodlužování. V souvislosti se zřízením preference byly zavedeny časové čítače od prvního a posledního přihlášení autobusu do probíhajícího resp. následujícího cyklu v závislosti na detektoru. Obdobně jsou použity čítače počtu přihlášených autobusů.

7.9 Stavové parametry

Stavové parametry jsou proměnné, které definují určitý stav řízení. V tomto návrhu jsou využity parametry MEVKx pro vyhodnocení poruchy videodetekce vozidel a dále parametry MBX2 pro vyhodnocení poruchy odhlašovacích detektorů BUS. Kromě toho je definován parametr M11, který slouží pro převod přihlášených autobusů mezi cykly.

7.10 Logické podmínky

Logické podmínky jsou součástí algoritmů řízení a detekce BUS. Na základě jejich splnění nebo nesplnění se děje rozhodování o průběhu řízení. Podmínky L15, L16 a L20 byly převzaty beze změny z původního DŘ. L20 představuje nárok na fázi F2, tj. stisknutí tlačítka chodcem, L15 a L16 zajišťují prodlužování fáze F1 vozidly na základě obsazenosti plochy videodetektorů na příjezdu k SSZ.

Ostatní podmínky jsou nově zavedeny s preferencí autobusů. L10 - L12 umožňují krácení kolizní fáze F2, které zatím nebylo využito. Podmínky L13 - L16 zajišťují prodlužování F1 pro autobusy. Pro přednostní ukončení vlastní fáze F1 autobusem pak slouží podmínky L17 - L19. Podmínky LBxM vystupují v algoritmu detekce a rozhodují, jestli bude autobus přihlášen do tohoto nebo do následujícího cyklu.

7.11 Přehled detekce

SSZ je fyzicky vybaveno dvěma videokamerami, které zajišťují detekci vozidel. V detekčních plochách DVA1 a DVB1 je zjišťována obsazenost, na základě které poté dochází k prodloužení vozidlové fáze. V současném řešení se DVA1 a DVB1 používají v režimu Celočervená i jako výzvodové detektory. S zrušením Celočervené ale tato funkce nově odpadá. Dále jsou definovány plochy DVAS a DVBS, které slouží pro sčítání vozidel. Chodecká tlačítka jsou označena jako DPA a DPA'.

Pro detekci autobusů byly navrženy virtuální detektory s polohou definovanou GNSS souřadnicemi. Podrobněji je detekce autobusů popsána v následující části.

7.12 Aktivní detekce BUS

Autobusy se do řízení SSZ přihlašují dvěma způsoby. Při tzv. vzdáleném přihlášení je autobus detekován a je rozhodnuto, zde bude přihlášen do právě probíhajícího cyklu nebo do následujícího. Toto rozhodnutí probíhá na základě porovnání doby jízdy ke stopčáře (NJDBx1M) s časovým čítačem probíhající fáze (zde t1) a dobou maximálního možného prodloužení fáze (zde N1XB). Zjednodušeně řečeno je vyhodnoceno, jestli vozidlo VHD při maximálním prodloužení své fáze ještě stihne projet. Hodnota NJDBx1M je v DŘ pevně zadána, proto je pro správnou funkci preference ideální, aby byla doba jízdy jednotlivých spojů od přihlášení ke stopčáře co možná nejvíce konstantní. Podle toho je třeba volit body přihlášení.

Pro vjezd VA od severu byl bod vzdáleného přihlášení DBA1Mx stanoven ve vzdálenosti 163 m od před stopčárou. Umístění bylo zvoleno tak, aby mělo řízení dostatečný čas na autobus zareagovat, zároveň ale aby došlo k přihlášení až po výjezdu ze zastávky Wattova. Ze směru VB od křižovatky Novopetrovická - Archimédova se v těsné blízkosti přechodu nachází zastávka Sídliště Petrovice. Bod přihlášení DBB1Mx byl stanoven na vjezdu do této zastávky s tím, že doba jízdy ke stopčáře obsahuje i dobu výměny cestujících v zastávce. Směr z ulice Bellovy byl označen jako fiktivní vjezd VQ a bod přihlášení byl určen ve vzdálenosti 128 m.

Pro stanovení hodnot NJDBx1M byl proveden dílčí dopravní průzkum. Přijíždějící vozidla VHD byla natáčena a následně byl podobně jako při průzkumu zdržení vyhodnocen čas průjezdu bodem virtuálního detektoru a stopčárou a následně vypočtena doba jízdy. Jednotlivé záznamy měření jsou v příloze č. 2. Hodnota NJDBx1M se zpravidla stanovuje tak, aby cca 80 - 90 % autobusů stihlo projet ještě ve stejném cyklu, ve kterém se přihlásí. Ze směru VA nebyl se stanovením hodnoty problém, jelikož se zde nenachází zastávka, ani

jiné místo, které by způsobovalo rozdílné doby jízdy. Směr VB se také ukázal jako bezproblémový, neboť doba stanicování v zastávce Sídliště Petrovice byla u všech spojů podobná. Ze směru VQ od Bellovy je třeba dávat přednost vozidlům jedoucím po Archimédově ulici. To představuje pro návrh jízdní doby značnou komplikaci, protože rozdíly mezi jednotlivými spoji byly znatelné. Nakonec tedy byla hodnota NJDBQ1M navržena odlišná pro programy pro silný a slabý provoz. Při slabém provozu je předpokládáno, že autobus projede křižovatku Archimédova - Bellova téměř bez zastavení, zatímco ve špičkových časech bude pravděpodobně nějakou dobu dávat přednost a doba jízdy tedy bude delší.

Doplňkově se využívá také tzv. blízké přihlášení. To je možné využít v místech, kde autobus nemá bezprostředně před SSZ žádnou překážku, která by ho mohla zdržet. Virtuální detektor se umísťuje typicky do vzdálenosti 50 m před stopčáru. Přihlášením na tomto bodě je aktivována logická podmínka, která zajistí, aby volno neskončilo ve chvíli, kdy je vozidlo VHD již těsně před stopčárou. Toto řešení tak pomáhá eliminovat situace, kdy musí autobus prudce brzdit, aby včas zastavil na signál Stůj. Doba jízdy vozidla je přitom definována časovou mezerou od průjezdu autobusu místem detektoru blízkého přihlášení. Během trvání této mezery je držen signál Volno. V navrhovaném DŘ je blízké přihlášení využito na vjezdu VA. Přihlašovací detektor DBAM je umístěn ve standardní vzdálenosti 50 m. Délka časové mezery NBAM byla stanovena měřením stejně jako u předešlých hodnot.

Odhlášení autobusu probíhá opět pomocí virtuálního detektoru. Po projetí daným místem dojde k vymazání vozidla z příslušných čítačů. Navrženy jsou detektory DBA2M a DBB2M, oba v místě stopčáry.

7.13 Poruchy detektorů

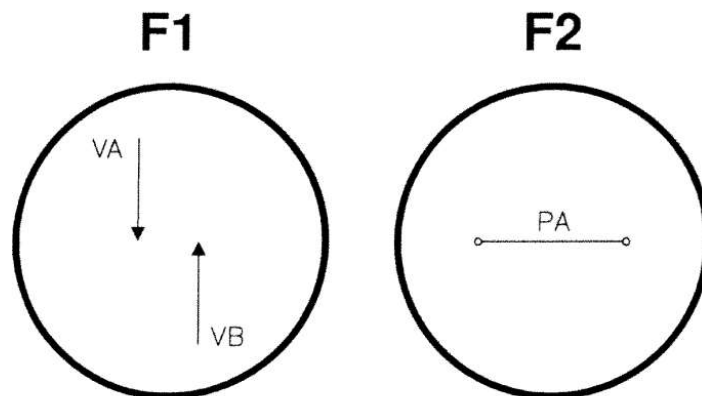
Tabulka poruch detektorů určuje, způsob, jakým jsou vyhodnocovány poruchy detektorů a případně jakým způsobem je na ně v rámci řízení reagováno. Poruchy BUS detektorů jsou vyhodnocovány přímo v algoritmu detekce BUS.

8. Navržené změny dopravního řešení

Tato kapitola obsahuje jednotlivé nově navržené přílohy dopravního řešení. Číslování podkapitol koresponduje s popisem úprav v kapitole 7. Struktura těchto příloh (rozvržení, označování proměnných) byla převzata z původního dopravního řešení [1] nebo z dokumentace pro SSZ 0.626 Na Padesátém - Vyžlovská [2]. Samotný obsah tabulek a grafů je buď vlastní tvorbou nebo je také převzat ze dvou výše uvedených dokumentů a to buď úplně nebo s menší či větší úpravou. Popisky u následujících obrázků a grafů se vztahují k jejich obsahu.

8.1 Fázové schéma a sled fází

Fázové schéma



Obr. 10 - fázové schéma - převzato s úpravou z původního DŘ [1]

Sled fází




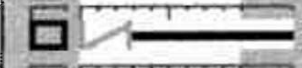

Obr. 11 - sled fází - převzato z původního DŘ [1]

8.2 Fázové přechody

Fázový přechod FP 1.2

délka 9 s



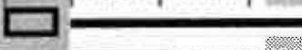
Tab. 4 - fázový přechod FP 1.2 - převzato z původního DŘ [1]

Sign	0	IT1	IT2
VA		0	
VB		0	
PA		4	

Fázový přechod FP 2.1

délka 11 s

Tab. 5 - fázový přechod FP 2.1 - převzato z původního DŘ [1]

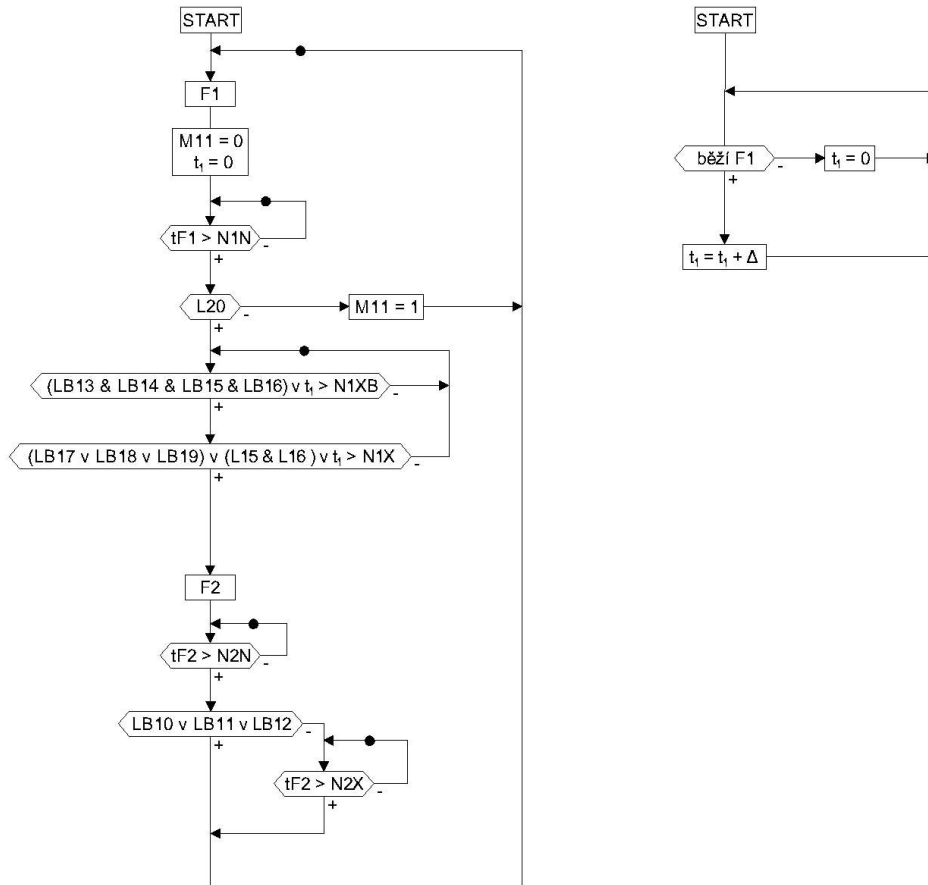
Sign	0	10	IT1	IT2
VA			4	
VB			4	
PA			0	

8.3 Tabulka mezičasu

Tab. 6 - mezičasy - převzato z původního DŘ [1]

	najíždí	VA	VB	PA
vyklizuje	km/h	35	35	5
VA	35			4
VB	35			4
PA	5	6	6	

8.4 Algoritmus řízení

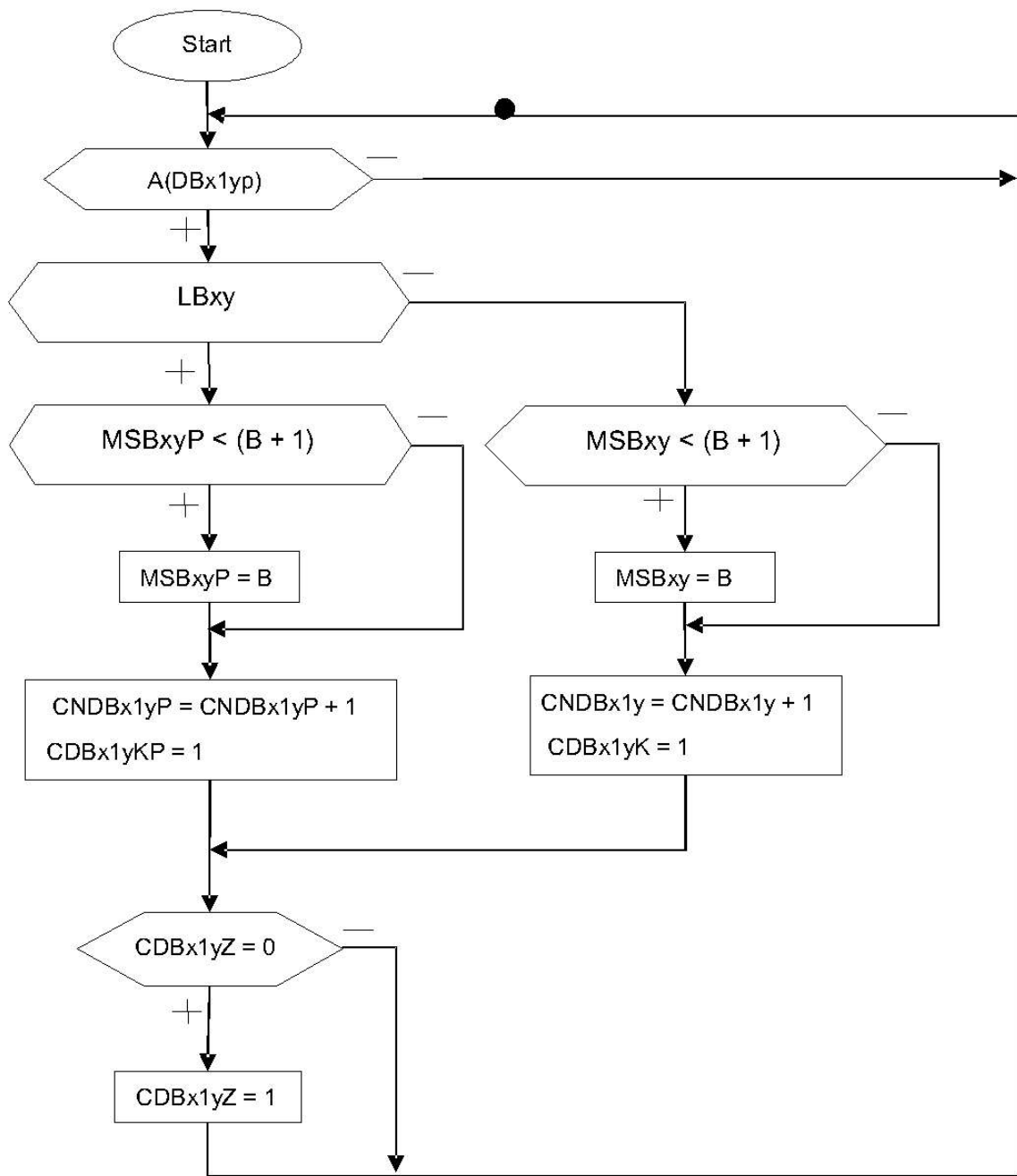


Obr. 12 - algoritmus řízení - vlastní

8.5 Algoritmus detekce

Tab. 7 - data pro algoritmus detekce, část 1. - vlastní

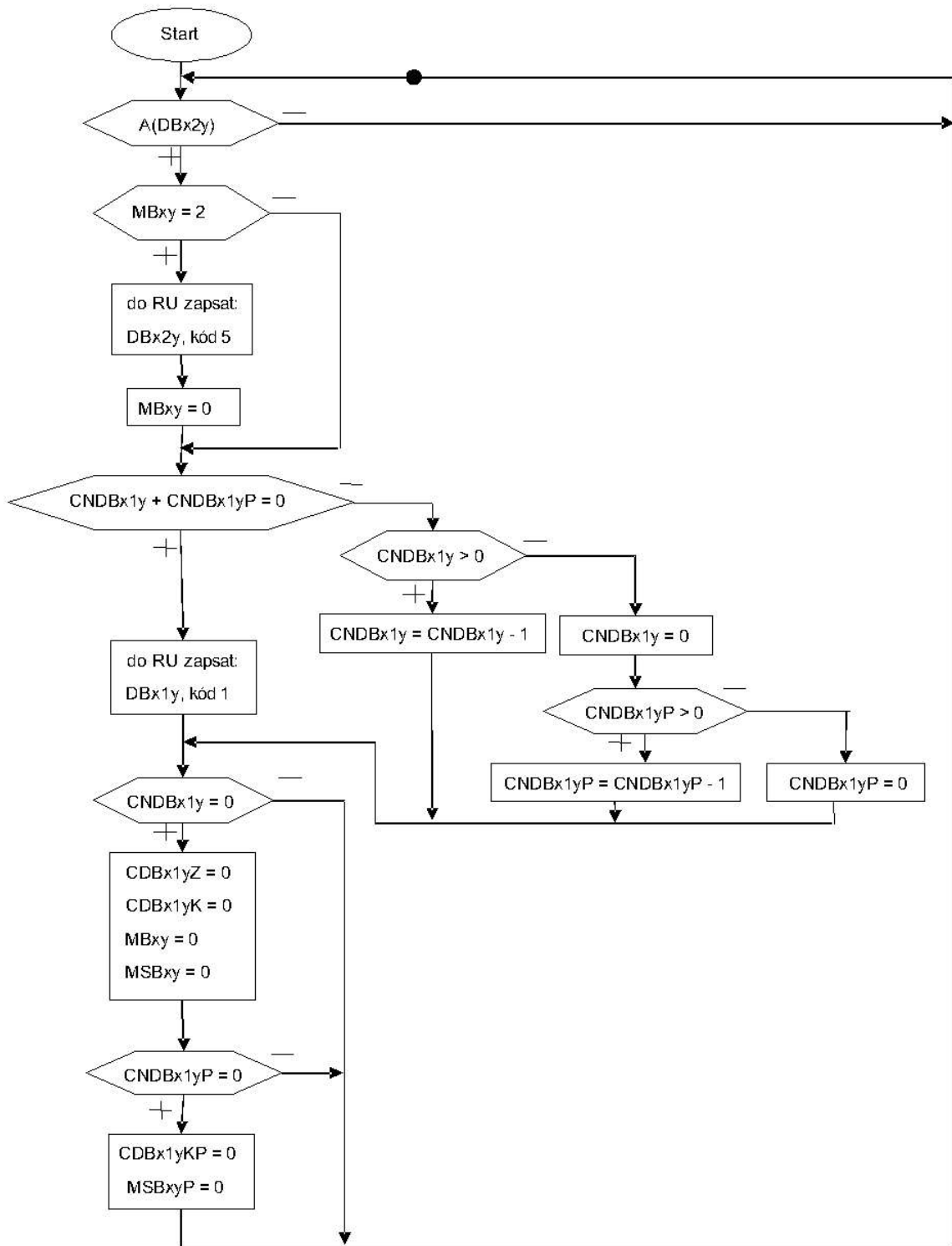
Obecně zadaný algoritmus se opakuje pro tyto hodnoty						
obecně	1	2	3	4	5	6
DBx1yp	DBA1M1	DBA1M2	DBB1M1	DBB1M2	DBQ1M1	DBQ1M2
Vx	VA	VA	VB	VB	VB	VB
LBxy	LBAM	LBAM	LBBM	LBBM	LBQM	LBQM
B	1	2	1	2	1	2
MSBxy	MSBAM	MSBAM	MSBBM	MSBBM	MSBQM	MSBQM
MSBxyP	MSBAMP	MSBAMP	MSBBMP	MSBBMP	MSBQMP	MSBAMP
CNDBx1y	CNDBA1M	CNDBA1M	CNDBB1M	CNDBB1M	CNDBQ1M	CNDBQ1M
CNDBx1yP	CNDBA1MP	CNDBA1MP	CNDBB1MP	CNDBB1MP	CNDBQ1MP	CNDBQ1MP
CDBx1yZ	CDBA1MZ	CDBA1MZ	CDBB1MZ	CDBB1MZ	CDBQ1MZ	CDBQ1MZ
CDBx1yK	CDBA1MK	CDBA1MK	CDBB1MK	CDBB1MK	CDBQ1MK	CDBQ1MK
CDBx1yKP	CDBA1MKP	CDBA1MKP	CDBB1MKP	CDBB1MKP	CDBQ1MKP	CDBQ1MKP



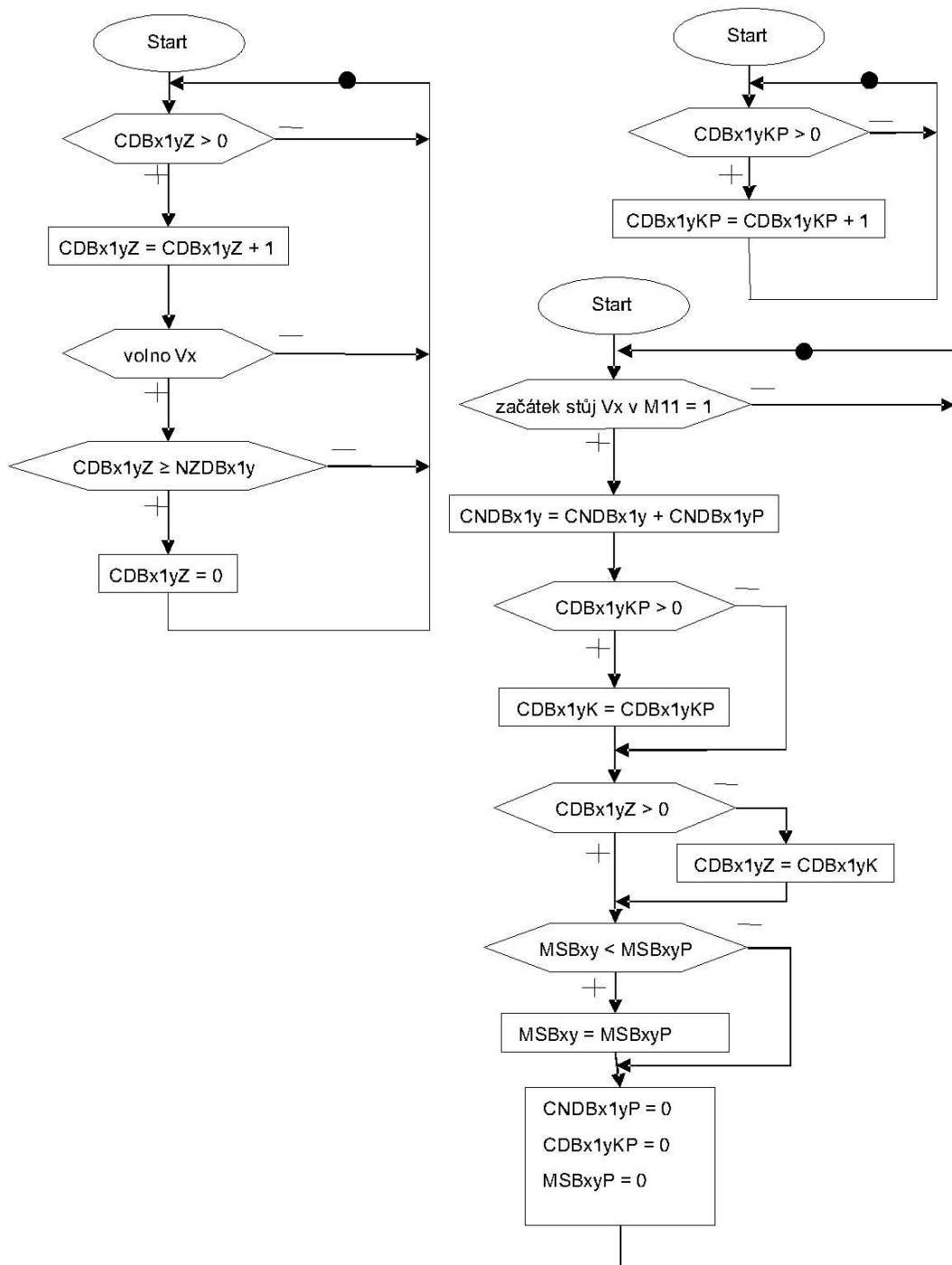
Obr. 13 - algoritmus detekce, část 1 - převzato z DŘ pro SSZ 0.626 Na Padesátém - Vyžlovská [2]

Tab. 8 - data pro algoritmus detekce, část 2-4 - vlastní

Obecně zadané algoritmy se opakují pro tyto hodnoty			
obecně	1	2	3
DBx1y	DBA1M	DBB1M	DBQ1M
DBx2y	DBA2M	DBB2M	DBQ2M
MBxy	MBAM	MBBM	MBQM
MSBxy	MSBAM	MSBBM	MSBQM
MSBxyP	MSBAMP	MSBBMP	MSBQMP
CNDBx1y	CNDBA1M	CNDBB1M	CNDBQ1M
CNDBx1yP	CNDBA1MP	CNDBB1MP	CNDBQ1MP
CDBx1yZ	CDBA1MZ	CDBB1MZ	CDBQ1MZ
CDBx1yK	CDBA1MK	CDBB1MK	CDBQ1MK
CDBx1yKP	CDBA1MKP	CDBB1MKP	CDBQ1MKP
Vx	VA	VB	VB
tkVx	tkVA	tkVB	tkVB
NZDBx1y	NZDBA1M	NZDBB1M	NZDBQ1M
NJDBx1y	NJDBA1M	NJDBB1M	NJDBQ1M
NKDBx1y	NKDBA1M	NKDBB1M	NKDBQ1M

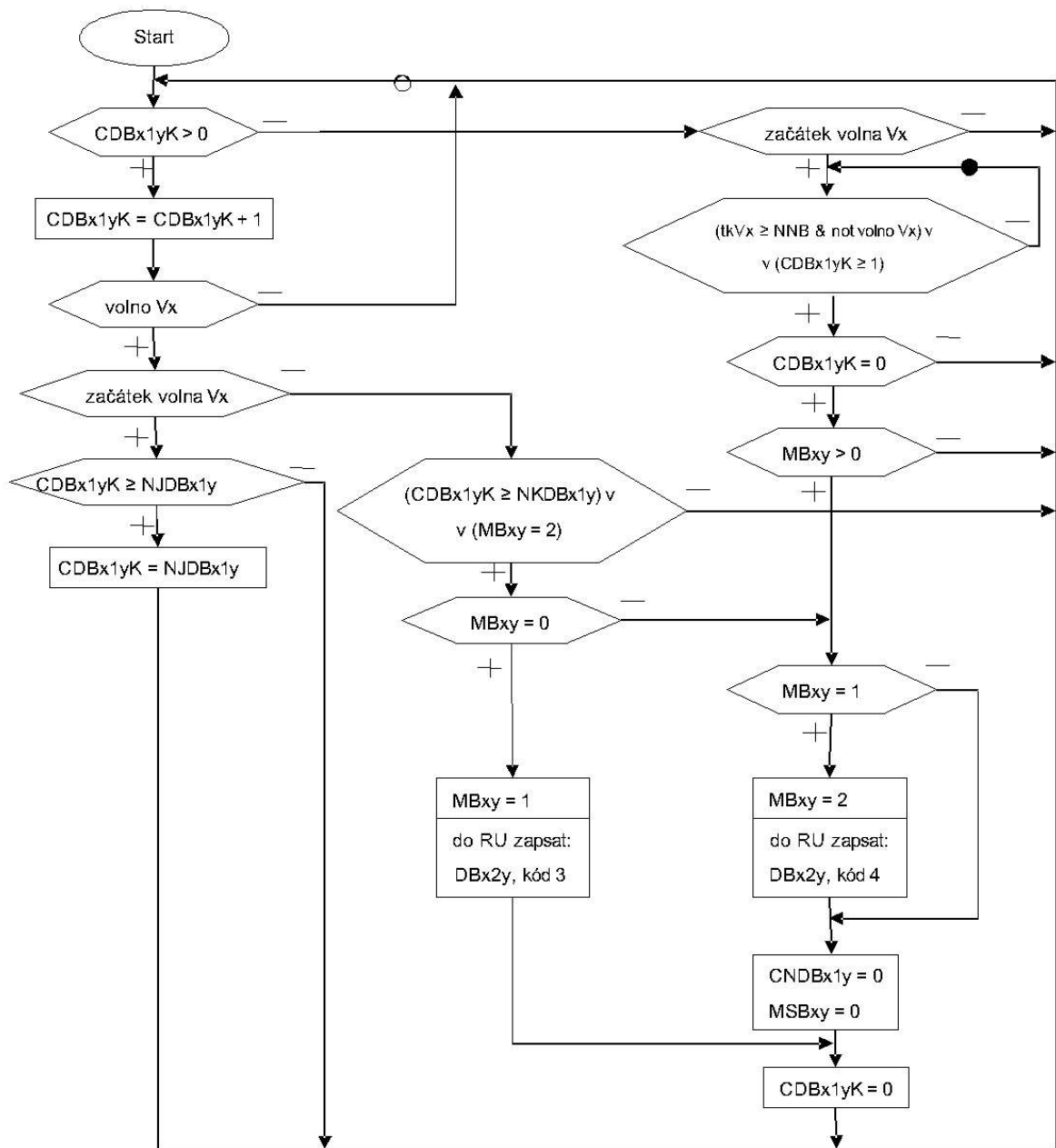


Obr. 14 - algoritmus detekce, část 2 - převzato z DŘ pro SSZ 0.626 Na Padesátém - Vyžlovská [2]



Obr. 15 - algoritmus detekce, část 3 - převzato s úpravou z DŘ pro SSZ 0.626 Na Padesátém - Vyžlovská

[2]



Obr. 16 - algoritmus detekce, část 4 - převzato z DŘ pro SSZ 0.626 Na Padesátém - Vyžlovská [2]

8.6 Časové nastavení a přehled programů

Časové nastavení

Tab. 9 - časové nastavení programů - vlastní

Den	Od	Do	Program	Den	Od	Do	Program	Den	Od	Do	Program
Po - Pá	0:00	6:30	P4	So	0:00	24:00	P4	Ne	0:00	15:00	P4
	6:30	7:00	P2		15:00	19:00	P2				
	7:00	7:30	P1		19:00	24:00	P4				
	7:30	8:00	P5								
	8:00	9:00	P1								
	9:00	10:00	P2								
	10:00	12:00	P4								
	12:00	14:00	P3								
	14:00	17:00	P1								
	17:00	20:00	P2								
	20:00	24:00	P4								

Tab. 10 - časové nastavení akustické signalizace - vlastní

Časové nastavení akustické signalizace			
Po - Ne	0:00	24:00	odpojeno, do provozu se dočasně uvádí dálkovým ovládním zvukových návěstidel

Tab. 11 - kalendář mimořádných dnů - převzato z původního DŘ [1]

Kalendář výjimečných a mimořádných dnů					
1.1.	jako neděle	5.7.	jako neděle	17.11	jako neděle
		6.7.	jako neděle	24.12	jako neděle
1.5.	jako neděle	28.9.	jako neděle	25.12.	jako neděle
8.5.	jako neděle	28.10.	jako neděle	26.12.	jako neděle

Přehled programů

P1 - izolované dynamické řízení, silný provoz vozidel a chodců

P2 - izolované dynamické řízení, silný provoz vozidel

P3 - izolované dynamické řízení, slabý provoz vozidel a silný provoz chodců

P4 - izolované dynamické řízení, slabý provoz vozidel

P5 - izolované dynamické řízení, ranní školní program

P10/50 s - izolované pevné řízení, záložní program

8.7 Parametry

Tab. 12 - parametry - vlastní

Popis	Časové parametry	Data						
		Označení	Signální programy					
			P1	P2	P3	P4	P5	P10
přepínací bod		UZP	0	0	0	0	0	Záložní pevný program
délka cyklu		C	-	-	-	-	-	
minimální délka F1		N1N	5	5	5	5	5	
maximální délka F1		N1X	20	20	15	15	17	
maximální délka F1 pro BUS		N1XB	40	40	40	40	32	
minimální délka F2		N2N	2	0	2	0	5	
maximální délka F2		N2X	2	0	2	0	5	
možnost preference BUS								
BUS VA		NPBAM	1	1	1	1	1	
BUS VB		NPBBM	1	1	1	1	1	
BUS VQ		NPBQM	1	1	1	1	1	
možnost krácení od BUS								
BUS VA		NPUBAM	1	1	1	1	1	
BUS VB		NPUBBM	1	1	1	1	1	
BUS VQ		NPUBQM	1	1	1	1	1	
časová mezera pro ukončování prodlužování od DBAM		NBAM	4	4	4	4	4	
čas pro nulování NDBx po skončení volna Vx		NNB	5	5	5	5	5	
požadovaný začátek VA dle DBA1M		NZDBA1M	1	1	1	1	1	
požadovaný začátek VB dle DBB1M		NZDBB1M	12	12	12	12	12	
požadovaný začátek VB dle DBQ1M		NZDBQ1M	4	4	1	1	4	
doba jízdy pro přihlášení do dalšího cyklu od DBA1M		NJDBA1M	18	18	18	18	18	
doba jízdy pro přihlášení do dalšího cyklu od DBB1M		NJDBB1M	38	38	38	38	38	
doba jízdy pro přihlášení do dalšího cyklu od DBQ1M		NJDBQ1M	32	32	24	24	32	

požadované prodložení VA dle DBA1M		NKDBA1M	34	34	34	34	34	
požadované prodložení VB dle DBB1M		NKDBB1M	54	54	54	54	54	
požadované prodložení VB dle DBQ1M		NKDBQ1M	50	50	42	42	50	

8.8 Čítače

Tab. 13 - čítače - vlastní

Čítače	Popis
t	čítač cyklu
tFx	čítač fáze Fx
tkVx	čítač od konce volna signální skupiny Vx
t1	čítač prodlužování F1
Δ	krok řadiče
CNDBA1M	čítač počtu BUS přihlášených na detektoru DBA1M1,2
CNDBB1M	čítač počtu BUS přihlášených na detektoru DBB1M1,2
CNDBQ1M	čítač počtu BUS přihlášených na detektoru DBQ1M1,2
CNDBA1MP	čítač počtu BUS přihlášených do dalšího cyklu na detektoru DBA1M1,2
CNDBB1MP	čítač počtu BUS přihlášených do dalšího cyklu na detektoru DBB1M1,2
CNDBQ1MP	čítač počtu BUS přihlášených do dalšího cyklu na detektoru DBQ1M1,2
CDBA1MZ	časový čítač od prvního přihlášení BUS na detektoru DBA1M1,2
CDBB1MZ	časový čítač od prvního přihlášení BUS na detektoru DBB1M1,2
CDBQ1MZ	časový čítač od prvního přihlášení BUS na detektoru DBQ1M1,2
CDBA1MK	časový čítač od posledního přihlášení BUS na detektoru DBA1M1,2
CDBB1MK	časový čítač od posledního přihlášení BUS na detektoru DBB1M1,2
CDBQ1MK	časový čítač od posledního přihlášení BUS na detektoru DBQ1M1,2
CDBA1MKP	časový čítač od posledního přihlášení BUS do dalšího cyklu na detektoru DBA1M1,2
CDBB1MKP	časový čítač od posledního přihlášení BUS do dalšího cyklu na detektoru DBB1M1,2
CDBQ1MKP	časový čítač od posledního přihlášení BUS do dalšího cyklu na detektoru DBQ1M1,2

8.9 Stavové parametry

Tab. 14 - stavové parametry - převzato s úpravami z DŘ pro SSZ 0.626 Na Padesátém - Vyžlovská [2]

Stavové parametry	Popis	
M11	převod BUSu přihlášeného do příštího cyklu do cyklu aktuálního	
MBX2	parametr pro vyhodnocení logické poruchy DBX2	MBX2 = 0 odhlašování na DBX2 je funkční
		MBX2 = 1 proběhlo nucené odhlášení na DBX2
		MBX2 = 2 porucha odhlašování na DBX2
MEVKx	parametr pro vyhodnocení poruchy videodetekce x	MEVKx = 0 videodetekce kamery je funkční
		MEVKx = 1 porucha videodetekce kamery

8.10 Logické podmínky

$L15 = B(DVA1) = 0$	konec prodlužování od VA
$L16 = B(DVB1) = 0$	konec prodlužování od VB
$L20 = A(DPA \vee DPA')$	výzva na F2
$LB10 = CDBA1MZ \geq NZDBA1M \ \& \ NPBAM = 1 \ \& \ MSBAM = 2$	preferenční nárok od VA
$LB11 = CDBB1MZ \geq NZDBB1M \ \& \ NPBBM = 1 \ \& \ MSBBM = 2$	preferenční nárok od VB
$LB12 = CDBQ1MZ \geq NZDBQ1M \ \& \ NPBQM = 1 \ \& \ MSBQM = 2$	preferenční nárok od VQ
$LB13 = ZL(DBAM) \geq NBAM \vee NPBAM = 0$	konec prodlužování od VA
$LB14 = CDBA1MK = 0 \vee MSBAM < 2 \vee MBAM = 2$	konec prodlužování od VA
$LB15 = CDBB1MK = 0 \vee MSBBM < 2 \vee MBBM = 2$	konec prodlužování od VB
$LB16 = CDBQ1MK = 0 \vee MSBQM < 2 \vee MBQM = 2$	konec prodlužování od VQ
$LB17 = CNDBAMP > 0 \ \& \ NPUBAM = 1 \ \& \ MSBAMP = 2$	preferenční ukončení od VA
$LB18 = CNDBBMP > 0 \ \& \ NPUBBM = 1 \ \& \ MSBBMP = 2$	preferenční ukončení od VB
$LB19 = CNDBQMP > 0 \ \& \ NPUBQM = 1 \ \& \ MSBQMP = 2$	preferenční ukončení od VQ
$LBAM = \text{volno VA} \ \& \ NJDBA1M > (N1XB - t_1)$	přihlášení BUS (VA) do dalšího cyklu
$LBBM = \text{volno VB} \ \& \ NJDBB1M > (N1XB - t_1)$	přihlášení BUS (VB) do dalšího cyklu
$LBQM = \text{volno VQ} \ \& \ NJDBQ1M > (N1XB - t_1)$	přihlášení BUS (VQ) do dalšího cyklu

8.11 Přehled detekce

Tab. 15 - přehled videodetektorů - převzato s úpravou z původního DŘ [1]

Video detektor	Funkce			
	výzva	čas. mezery	obsazenost	sčítání
VK1				
DVA1	x		x	
DVAS				x
VK2				
DVB1	x		x	
DVBS				x

Tab. 16 - přehled BUS detektorů - vlastní

BUS detektor	Funkce			
	přihlášení	odhlášení	čas. mezery	sčítání
DBA1M1	x			x
DBA1M2	x			x
DBAM			x	x
DBA2M		x		x
DBB1M1	x			x
DBB1M2	x			x
DBB2M		x		x
DBQ1M1	x			x
DBQ1M2	x			x
DBQ2M		x		x

Tab. 17 - přehled detektorů pro pěší - převzato z původního DŘ [1]

Chodecké tlačítko	Funkce	
	výzva	odpoj. ZN
DPA	x	
DPA'	x	

8.12 Aktivní detekce BUS

Tab. 18 - umístění virtuálních BUS detektorů - vlastní

Signální skupina (vjezd)	1. přihlášení		2. přihlášení		Odhlášení	
	bod	vzdálenost od návěstidla [m]	bod	vzdálenost od návěstidla [m]	bod	vzdálenost od návěstidla [m]
VA (1)	DBA1Mx	163	DBAM	50	DBA2M	0
VB (2)	DBB1Mx	102	DBBM	-	DBB2M	0
VB (3)	DBQ1Mx	128	DBQM	-	DBQ2M	0

8.13 Poruchy detektorů

Tab. 19 - poruchy detektorů - převzato s úpravami z DŘ pro SSZ 0.626 Na Padesátém - Vyžlovská [2]

Detektor	Reakce na vyhodnocení poruch detektorů	Definování poruchy detektoru
Vozidlové detektory		
VK1 (DVA1, DVAS)	MEVK1 = 1	přerušování funkce videodetekce
VK2 (DVB1, DVBS)	MEVK2 = 1	
Tlačítka pro chodce a cyklisty		
DPA, DPA'	algoritmus řízení na poruchu nereaguje	nedefinuje se
Detekce BUS		
DBA1M1	podle algoritmu detekce BUS	podle algoritmu detekce BUS
DBA1M2		
DBAM		
DBA2M		
DBB1M1		
DBB1M2		
DBB2M		
DBQ1M1		
DBQ1M2		
DBQ2M		

9. Závěr

Tato práce se věnovala preferenci veřejné dopravy na SSZ v Praze se zaměřením na autobusovou dopravu.

V analytické části byly shrnuty základní přínosy zdůvodňující realizaci preferenčních opatření na SSZ. Také byla představena technologie pro preferenci a vlastnosti dynamického řízení, které umožňují průběžné změny signálního plánu a tím mimo jiné preferenci spojů VHD.

Dále byly po konzultaci s Technickou správou komunikací vytipovány lokality vhodné pro prověření zavedení nebo vylepšení preference. Pro získání potřebných informací byl proveden dopravní průzkum

Z dopravního průzkumu provedeného v lokalitách Bellova, Skalka a Hasova vyplynuly následující poznatky. Na Bellově vzniká největší zdržení v ranní špičce, kdy je nastavena vysoká priorita pro chodce. Ani zdržení odpoledne ale nejsou zanedbatelná. Nasazením preference tedy pravděpodobně bude možné eliminovat značné zdržení, přestože se jedná jen o řízený přechod. Na Skalce byla měřením potvrzena ne zcela správná funkce preference. Pro její lepší fungování by mohla pomoci úprava zadaných jízdních dob autobusů od jejich přihlášení. Za zvážení by stálo přizpůsobit nastavení této hodnoty hustotě provozu v jednotlivých obdobích dne. Na Hasově je zřejmé, že preference plní svůj úkol, ale i zde by byl prostor pro zlepšení.

Nakonec byla navržena úprava dopravního řešení na SSZ 0.604 Archimédova - přechod Bellova. Byla mírně zkrácena doba fází, aby bylo možné rychleji reagovat na nároky vozidel i chodců. Dále bylo upraveno časové nastavení programů, tak, aby lépe odpovídaly dopravnímu zatížení v průběhu dne a týdne. Byla také zrušena celočervená fáze způsobující zdržení všech vozidel v nočním období. Především ale byla navržena preference VHD. Autobusům je nově umožněno prodlužování a přednostní ukončení vlastní fáze. Řízení je také připraveno na možnost krácení kolizní fáze. Doba prodlužování a priorita ukončení vlastní fáze byly nastaveny tak, aby bylo možné dosáhnout průjezdu vozidel VHD s žádným nebo minimálním zdržením. Zároveň jsou přitom zajištěny přijatelné doby čekání pro chodce. Pro detekci byl použit standardní algoritmus přejetý z jiných dopravních řešení. Body přihlášení byly definovány, tak aby umožnily včasné přihlášení autobusů a odpovídající reakci řízení. Doby jízdy od přihlášení byly experimentálně změřeny na místě.

Navržené řešení by mělo umožnit efektivní preferování autobusů a přispět tak ke zrychlení a větší pravidelnosti linek projíždějících přes SSZ.

Zdroje

Dokumentace

[1] HUŠÁK, J. ELTODO. Dopravní řešení SSZ 0.604 Archimédova - přechod Bellova. 2011

[2] PETR, Robert. METROPROJEKT PRAHA. Dopravní řešení SSZ 0.626 Na Padesátém - Vyžlovská. 2021

Koncepční dokumenty a metodiky

[3] LANDA, Jiří. AF-CITYPLAN. Metodika pro volbu způsobu řízení SSZ v období slabého provozu. [online]. [cit. 15. 7. 2023]. Dostupné z:

<https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Veda-a-vyzkum/Certifikovane-metodiky/Silnicni-metodiky/Metodika-pro-volbu-zpusobu-rizeni-SSZ-v-obdobi-sla/Metodika-pro-volbu-zpusobu-rizeni-SSZ-v-obdobi-slabeho-provozu.pdf.aspx>

[4] Plán udržitelné mobility Praha okolí. [online]. [cit. 15. 7. 2023]. Dostupné z:

<https://poladprahu.cz/>

[5] TP 81 - Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích. [online]. [cit. 15. 7. 2023]. Dostupné z:

https://pjk.rsd.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_81.pdf

Ostatní internetové zdroje

[6] KOŠEK, Martin; PROUSEK, Tomáš; VESELÝ, Václav. Aktuální stav preference v autobusovém provozu. *DP kontakt* [online]. Ročník 27, číslo 5-6, str. 36 - 42. [cit. 15. 7. 2023]. Dostupné z:

https://www.dpp.cz/data/leaflets/documents/2022-06-27-10-49-31_DP-kontakt-kveten-cerven-2022.pdf

[7] Google Maps. [online]. [cit. 27. 7. 2023]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps>

[8] Mapy.cz. [online]. [cit. 27. 7. 2023]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>

[9] Preference. Pražská integrovaná doprava. [online]. [cit. 15. 7. 2023]. Dostupné z:

<https://pid.cz/o-systemu/preference/>

[10] preferenceVHD.info. [online]. [cit. 15. 7. 2023]. Dostupné z: <http://preferencevhd.info/>

[11] Preference BUS v oblasti křižovatky. preferenceVHD.info. [online]. [cit. 15. 7. 2023]. Dostupné z:

<http://preferencevhd.info/index.php/projektovani/preference-bus-v-oblasti-krizovatky/>

[12] Proč preference VHD? preferenceVHD.info. [online]. [cit. 15. 7. 2023]. Dostupné z:
<http://preferencevhd.info/index.php/proc-preference/>

Seznam příloh

Příloha č. 1 - Tabulky záznamů z průzkumu zdržení

Příloha č. 2 - Tabulky záznamů z průzkumu doby dojezdu od detektorů