

**UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2009

BC. Martin NĚMEC

**UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA**

**OPTIMALIZACE A ŘÍZENÍ OSOBNÍ AUTOMOBILOVÉ
DOPRAVY VE MĚSTECH**

Bc. Martin Němec

2009

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Katedra technologie a řízení dopravy
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin NĚMEC**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy**

Název tématu: **Optimalizace a řízení osobní automobilové dopravy ve městě**

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

Úvod
Prostředky pro optimalizaci dopravy
Analýza optimalizované dopravní sítě
Návrh a způsob řízení v oblasti
Aplikace systému pro optimalizaci řízení dopravy
Měření a vyhodnocení systému
Závěr

Rozsah grafických prací: 2-5
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- Příbyl P. Svítek M.: Inteligentní dopravní systémy, BEN, Praha, 2002..
Svítek M. a kol.: Závěrečná zpráva projektu „ITS v dopravně-telekomunikačním prostředí ČR“ za rok 2001. Technická zpráva. www.lt.fd.cvut.cz. Praha, 2001
Tichý T, Němec M : Komplexní vyhodnocení systému MOTION: Praha, 2006
Tichý T., Brúna P., Němec M.: Reakce systému MOTION na dopravu v oblasti Smíchova, EDS, 2004.
Tichý T.: Vyhodnocení funkčnosti systémů řízení dopravy v oblasti města. Silniční obzor, 5/2007, ročník 68, číslo 5, Česká silniční společnost, str. 132-137, ISSN 0322-7154.
Tichý T.: The application of telematics city systems. TST - Conference - transport systems telematics. Poland 2007, Poland Katowice 17.-19.10. 2007. Advances in transport system telematics Silesian university of technology ISBN 978-83-917156-6-6, s. 419-427, Polsko Katowice 2007.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Michaela Ledvinová, Ph.D.**
Katedra technologie a řízení dopravy

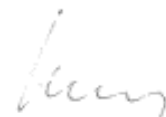
Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2008**

Termín odevzdání diplomové práce: **25. května 2009**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.



prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 30. ledna 2009

Prohlašuji:

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

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 20. 3. 2009

Martin Němec

ANOTACE

Tato diplomová práce se zabývá problematikou optimalizace a řízení osobní dopravy ve městě, za účelem zkvalitnění řízení silniční dopravy v městských aglomeracích. Hlavní náplní práce je návrh, aplikace a vyhodnocení prostředků pro optimalizaci dopravy, seznámit čtenáře s konkrétními způsoby optimalizace na vybrané dopravní síti, implementací optimalizačního modulu a vyhodnocení přínosu tohoto modulu na dopravu ve sledované oblasti. Tato práce se především zaměřuje na optimalizaci osobní dopravy a to vzhledem k faktu, že velký podíl na dynamickém nárůstu dopravy ve městech má právě osobní doprava.

KLÍČOVÁ SLOVA

adaptivní systém, optimalizace řízení dopravy

ANOTATION

This diploma work deals with the problematic of Optimisation and control traffic in the city, for purpose of improves traffic control in city agglomerations. The main target of this work is design, application and evaluation tool of Optimisation of traffic, acquaint the reader with the concrete way of Optimisation on the selected network, implementation and evaluation of benefits for this module of the traffic on the area. This work is mainly focused on the Optimisation of individual traffic in the city and considering the fact, that main part on dynamic growth of traffic in the city has just individual traffic.

KEYWORDS

Adaptive system, Optimisation of individual traffic

Poděkování

Chtěl bych především, velice rád poděkovat svému vedoucímu diplomové práce paní Ing. Michaele Ledvinové Ph.D. za příkladné vedení mé diplomové práce a za podnětné připomínky k této práci. Děkuji také vedení společnosti ELTODO dopravní systémy s.r.o., za podporu a umožnění studia v magisterském studijním programu na Dopravní fakultě Jana Pernera Univerzity Pardubice. V neposlední řadě bych také chtěl poděkovat svým rodičům a především pak své manželce Martině a dceři Amálce za trpělivost a obrovskou podporu při studiu.

OBSAH

Úvod	9
1 Prostředky pro optimalizaci dopravy.....	11
1.1 Způsoby řízení dopravy v oblasti	11
1.2 Nástroje pro adaptivní řízení dopravy	12
1.3 Metoda řízení prostřednictvím nástroje MOTION.....	13
1.3.1 Koncepce řízení.....	13
1.3.2 Zpracování dat.....	16
1.3.3 Programové moduly v MOTION.....	17
2 Analýza optimalizované dopravní sítě.....	23
2.1 Skladba dopravního proudu.....	24
2.2 Časové variace automobilové dopravy	24
2.3 Světelné signalizační zařízení	24
2.4 Dopravní ústředna MIGRA Central.....	25
2.5 Popis křižovatek v oblasti Smíchova.....	26
3 Návrh, způsob řízení a nasazení systému.....	30
3.1 Základní konfigurace řídicího systému	31
3.1.1 Dopravní ústředna	32
3.1.2 Dohledová ústředna.....	33
3.1.3 Monitorovací funkce.....	33
3.1.4 Dopravní detektory	34
3.1.5 Videodetekce	36
3.1.6 Adaptivní řízení MOTION.....	38
3.1.7 Řízení v případě událostí	39
3.2 Koordinace v oblasti	41
3.2.1 Výpočet koordinovaných tahů	43
3.2.2 Komunikace a propojení řadičů s dopravní ústřednou.....	43
3.3 Nastavení systému MOTION +CIM	43
3.3.1 Seznam taktik pro modul CIM.....	44
3.4 Nasazení systému MOTION	48
4 Měření a vyhodnocení systému.....	50
4.1 Vyhodnocení systému MOTION – DI data.....	51
4.1.1 Porovnání intenzit dopravy.....	53
4.1.2 Porovnání obsazenosti dopravy.....	55
4.1.3 Zhodnocení DI dat	58

4.2	Vyhodnocení systému MOTION – plovoucí vozidlo	58
4.2.1	Průměrná doba jízdy plovoucího vozidla	60
4.3	Průměrná doba zdržení plovoucího vozidla	61
4.3.1	Porovnání navržených tras pro plovoucí vozidlo	62
4.3.2	Zhodnocení plovoucího vozidla.....	71
4.4	Reakce systému MOTION na dopravní situace	73
4.4.1	Zhodnocení reakce systému MOTION s modulem CIM	76
4.5	Zhodnocení oblasti Smíchova	76
	Závěr	78
	Seznam použitých informačních zdrojů.....	79
	Seznam obrázků	80
	Seznam tabulek.....	81
	Seznam zkratek.....	82

Úvod

Tato diplomová práce vznikla jako souhrn informací, poznatků a dat při realizaci systému adaptivního řízení MOTION v Praze Smíchov mezi léty 2003- 2007. Na tomto projektu jsem se aktivně podílel při instalaci, programování, nastavení a vyhodnocení tohoto systému.

Oblast Prahy 5, Smíchov, která je dopravně spjata a ovlivňována vnějším mimopražským okolím, jednak s dopravními oblastmi městské části Prahy 2, Prahy 1 a Prahy 6. Centrem zájmu jsou zde pak dopravní lokality související a ovlivňované Strahovským tunelem a tunelem Mrázovka.

Problém řízení dopravy v městských aglomeracích je již velmi starý a přes veškeré dosud vynaložené úsilí, i přes dosažené dílčí úspěchy, je stále aktuální a ještě značně otevřený. Příčinu tohoto stavu je třeba vidět především ve skutečnosti, že nároky na řízení dopravy v městských aglomeracích neustále silně stoupají. To souvisí především s růstem motorizace, ale též s rozsahem městských celků, hustotou jejich zalidnění, intenzitou obchodu, průmyslové činnosti v nich a rozvojem turistiky. Značný vliv mají též dříve nerespektované, či jen částečně zohledňované faktory, jako je vliv dopravy na životní prostředí, změny v sociální struktuře obyvatelstva a růst jeho životní úrovně.

Všechny tyto faktory vedou k obecně platnému poznatku, že konvenční metody řízení dopravy v městských aglomeracích pro současné požadavky již nestačí a že je nutné se smířit s nezbytností uplatňovat přístupy nové. Tento trend lze pozorovat v mnoha zemích Evropy a pochopitelně i mimo náš kontinent (zejména USA, Kanada, Japonsko).

V podmínkách ČR je z tohoto hlediska kritická situace především v Praze. Dnes již vchází v obecné vědomí skutečnost, že Praha patří mezi několik dopravně nejvíce zatížených měst v Evropě. Stupeň motorizace v Praze již nyní dosahuje hodnot méně než dva obyvatele na jeden registrovaný osobní automobil. Přitom lze očekávat, že přes veškeré předpovědi o brzké saturaci tohoto trendu bude nárůst v tomto směru ještě jistou dobu pokračovat. Snahy o administrativní omezování nárůstu dopravy, ať již jsou uplatňovány u nás či jinde, vyznívají přitom vesměs naplano a nelze v nich proto spatřovat cestu. „Kouzelný proutek“ zde zřejmě neexistuje a cestou je pouze soustavná a dlouhodobá snaha o postupné vybudování dostatečně sofistikovaných systémů pro analýzu aktuálních dopravních situací a jejich adaptivní a optimalizované řízení spolu s citlivým, ale neodkladným zapojováním telematiky do tohoto procesu.

V podmínkách takové městské aglomerace, jako je Praha, je to ovšem úloha maximálně obtížná a kontroverzní. Střety lze zde spatřovat nejen v rozdílných pojetích priorit jednotlivých akcí, ale i v rozdílných hodnoceních jejich účinnosti i požadavcích na funkci

řízení dopravy kladených. To se týká Prahy jako celku, ale i jednotlivých městských částí a lokalit.

1 Prostředky pro optimalizaci dopravy

Udržitelná mobilita je pojem, který se skloňuje stále častěji. Stále více si lidstvo uvědomuje, že musí hledat jiná východiska, než je pouhé rozšiřování dopravní sítě.

Cestou z možných problémů z omezování mobility obyvatelstva a z omezování přepravy zboží je využití informačních a telekomunikačních technologií – telematiky – i v sektoru silniční dopravy. Více než desetileté zkušenosti evropských zemí, USA a Japonska ukazují, že aplikací telematiky roste efektivita využití komunikací, klesá počet nehod a omezují se environmentální vlivy dopravy.

Telematické systémy jsou velmi komplexní systémy, které nejenom integrují různé technologie (sběr a vyhodnocování dat, řízení, telekomunikační přenosy apod.), ale jejich dopady jsou často nadnárodní. Proto také Evropská unie vkládá obrovské prostředky do pilotních projektů realizovaných v tzv. „rámcových programech“. Tyto projekty jsou, po vyhodnocení, vzorem pro další města či regiony.

1.1 Způsoby řízení dopravy v oblasti

Teorie řízení oblastí se stále ve světě vyvíjí. Je to dáno tím, že jsou k dispozici stále dokonalejší výpočetní prostředky, které umožňují provádět optimalizaci šíření vozidel v síti v reálném čase. Přitom se nejedná pouze o liniovou optimalizaci, známou jako tzv. „Zelená vlna“, ale jedná se o vícesměrovou optimalizaci. Parametry, obvykle se jedná o minimalizaci počtu zastavení a minimalizaci doby stání, jsou optimalizovány pro celou síť nebo se optimalizují pro předem vybrané směry. V České republice se zatím stále používají pouze nejjednodušší metody řízení oblastí. Pro oblast Smíchova byla použita nejperspektivnější metoda - metoda adaptivního řízení. Pro řízení oblastí lze obecně použít následující metody:

Časově závislá volba signálních plánů: Stále často využívaná metoda, kdy je dle kalendáře a v závislosti na čase vybrán program z předem připravené množiny programů, které odpovídají různým stavům dopravy (ranní a odpolední špička, dopravní sedlo). Programy jsou předem vypočítány dopravním inženýrem pomocí různých metod, na základě měření intenzit dopravy na vybraných místech sítě a dopravy. Tyto signální plány jsou následně implementovány na straně řadiče a dopravní ústředny.

Signální plány mohou být navrženy jako pevné nebo dynamické:

- Pevné signální plány neobsahují řídicí algoritmy, jejich vzhled je neměnný a každý cyklus stejný s fixní délkou cyklu.
- Dynamické signální plány mají implementovány řídicí algoritmy využívající vozidlové detektory, chodecké detektory a detektory pro preferenci městské

hromadné dopravy. Na základě informací z detektorů je modifikován sled fází, prodlužování fází, atd.

Dopravně závislá volba signálních plánů: Decentralizované dopravně závislé řízení na úrovni dopravního řadiče. Ve vybraných místech křižovatky jsou umístěny dopravní detektory, které měří intenzitu, obsazenost a rychlost. Detektory jsou umístěny v oblastech mimo pravidelné kongesce, aby postihly co nejvíce dopravních stavů. Na základě údajů z těchto detektorů jsou pomocí jednoduché logiky v dopravní ústředně a dopravním řadiči vybírány předem připravené dopravní programy.

Adaptivní řízení: Pro adaptivní řízení je charakteristické, že porovnává vstupní a výstupní veličiny a adaptuje řízené veličiny podle těchto hodnot tak, aby kvalita procesu zůstala zachována nebo aby se dokonce zvětšovala. Nutnou podmínkou je, že existuje část identifikační (měřicí), která shromažďuje a vyhodnocuje informace o změnách v systému a dále existuje část druhá, která realizuje potřebné zásahy tak, aby bylo dosaženo stanoveného optima. Pokud systém pouze zachovává udanou kvalitu jedná se o adaptivní systém, pod ale tuto kvalitu zvyšuje, jedná se o systém s učením.

Základní systém je tvořen řízeným objektem, na který působí řídicí člen v otevřené smyčce. Adaptivní regulace využívá principu zpětné vazby. Obvyklým prostředkem pro vyhodnocení informací o procesu řízení je dopravní počítač s dopravním modelem (MOTION), který dostává informace o charakteru vstupních veličin a o hodnotách řízeného procesu. Na základě těchto informací mění konstanty řídicího členu (délka cyklu, délka fáze, koordinační vazby, atd.), popřípadě celý algoritmus řízení [1].

1.2 Nástroje pro adaptivní řízení dopravy

Kapitola 1.1 popisuje co je adaptivní řízení, čím je specifické a jakým způsobem ovlivňuje dopravu v dané oblasti. V oblasti Smíchova byla použita metoda adaptivního řízení, která se nazývá **MOTION** (Method for the Optimisation of Traffic Signals In On-line controlled Networks). Podstatou metody je rozpoznání dopravní situace založené na účinném dopravním modelu dopravní sítě. Ten umožňuje dynamicky stanovovat zatížení jednotlivých směrů v uzlu a dopravních proudů v síti. Na základě vyhodnocení na úrovni uzlu a dále na základě vyhodnocení na úrovni oblasti je stanovována strategie řízení. Do programu se zadává nejenom topologie sítě a geometrie uzlu, ale i parametry řídicí strategie, jako např. stupeň priorit hromadné dopravy. Přitom se využívá vysoké výkonnosti a lokální inteligence dopravních řadičů. Metoda MOTION byla zpracována v rámci několika projektů Evropské unie. Základní metoda řízení byla ověřena v rámci DRIVE projektu ODIN a metody

klasifikace dopravního proudu v projektu MONICA. Po rozsáhlých testech byla nebo je v současné době nasazována v několika městech (Pireus, Kolín nad Rýnem, Gratz ...)[1,2].

Celkový koncept splňuje následující předpoklady:

- Základem pro efektivní řídicí proces je klasifikace a predikce dopravy. K tomu se využívá účinný a efektivní dopravní model.
- Pro zajištění flexibilního řízení pro všechny účastníky silničního provozu musí mít možnost optimalizační a rozhodovací proces měnit dobu cyklu, posloupnost fází, rozdělení zelené, případně posloupnost fází.
- Pro implementaci síťově působícího řízení a zároveň pro optimální využití řízení v uzlu musí být volně měnitelný stupeň centralizace. To umožňuje přecházet od plného dynamického řízení uzlu bez okrajových podmínek k centrálnímu řízení s minimální lokální dynamikou.
- Použitý programový nástroj je striktně modulární a dostatečně univerzální, tak, že plně kompatibilní pro stávající dopravní řadiče (SIEMENS), případně pro stávající řízení dopravní sítě.

1.3 Metoda řízení prostřednictvím nástroje MOTION

Jak bylo již zmíněno pro řízení oblasti Smíchova byl použit programový produkt MOTION, který je implementován na úrovni Oblastní dopravní ústředny firmy SIEMENS – MIGRA CENTRAL.

1.3.1 Koncepce řízení

Systém MOTION jako nástroj pro řízení dopravy v dopravní síti má dva moduly způsobu řízení dopravy:

- adaptivní řízení, kdy dochází ke kalkulaci parametrů signálního plánu pro časové období na základě on-line dopravních dat
- výběr signálních plánů, kdy pro vybrané SSZ z důvodu napojení na tunely Mrázovka (ATM) a Strahov (SAT) - krizové řízení SSZ v případě mimořádné události v tunelu. Na základě on-line dopravních dat jsou vybírány předem zadané signální plány.

Oba moduly způsobu řízení dopravy spolu kooperují a navzájem se doplňují. Výsledkem toho je zachování veškerých koordinačních vazeb a plynulost řízení dopravy i během krizového řízení dopravy v tunelech.

Řídící metody adaptivního řízení v programu MOTION jsou v zásadě rozloženy do tří hierarchických úrovní:

Na strategické úrovni dopravní ústředny (každých 15 min.) je určována:

- doba cyklu,
- rozdělení zelených,
- základní sled fází,
- parametry koordinace (ofset).

V taktické úrovni dopravního řadiče (po 60-90 sec) je ovlivňován:

- lokální sled fází, např. pro preferování hromadné dopravy.

Na operační úrovni dopravního řadiče (cca 1 sec) je měněna:

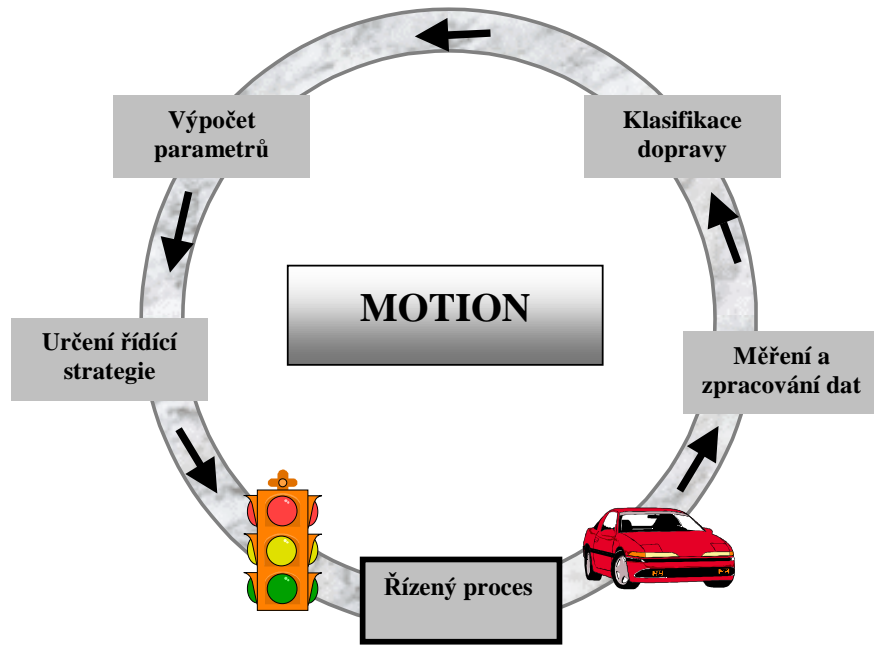
- proměnná délka zelené pro daný směr vozidel (reakce na informace z detektorů o průjezdech jednotlivých vozidel).

Systém MOTION využívá také decentralizovanou inteligenci, takže jsou parametricky odděleny úlohy příslušející centrálnímu řízení, od úloh, které lze realizovat na lokální úrovni. Úlohy jsou vesměs modulární a zadání spočívá v parametrizaci modulu. Vlastní řízení se uskutečňuje vždy tam, kde je to z dopravního hlediska nejvhodnější.

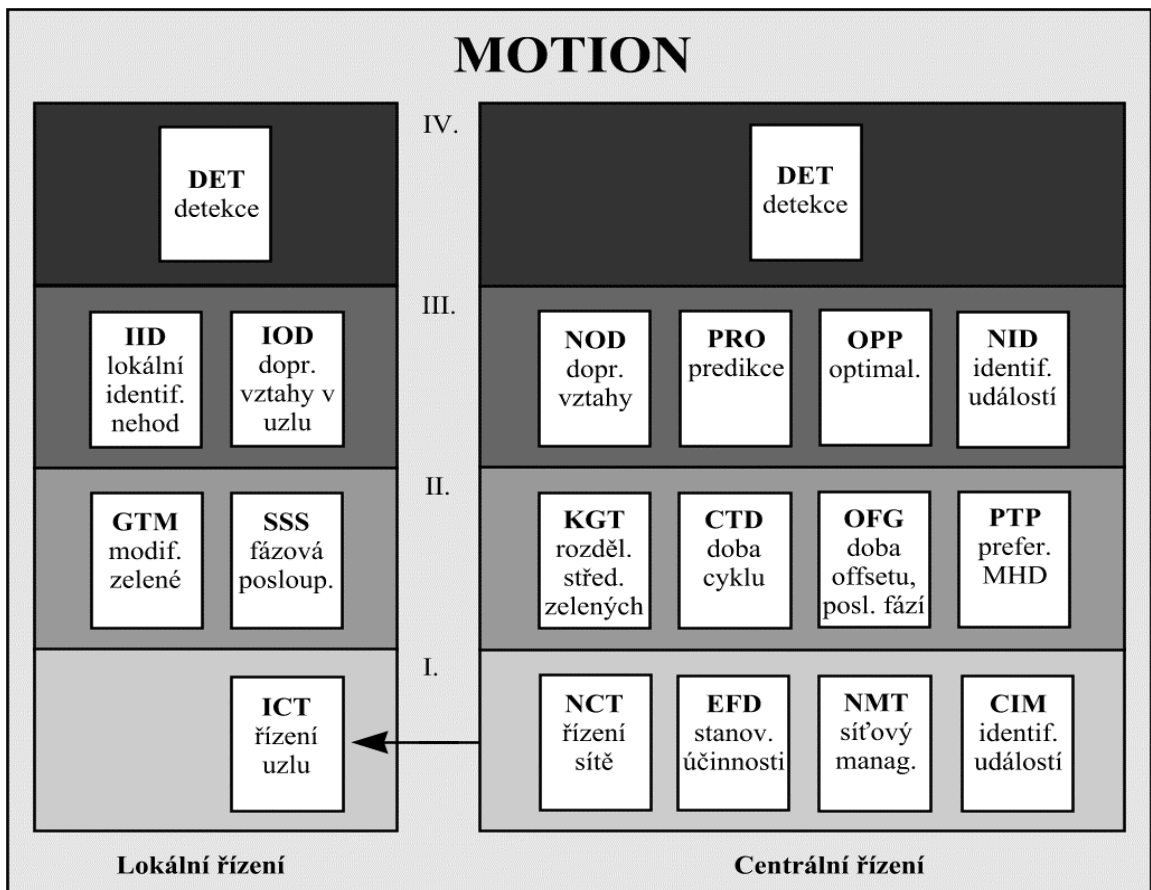
Obecná strategie řízení je založena na optimalizaci šíření vozidel v síti, tj. na jejich plynulém průjezdu. Pro to, aby takový systém pracoval, musí být včas identifikováno každé přetížení větve sítě (vjezd/výjezd), aby bylo možné cílenými opatřeními opět zvýšit plynulost dopravy. Z hlediska centrálního řízení je lokální dynamika uzlu omezena jen požadavky na dobrou koordinaci a případně dalšími parametry, zlepšujícími šíření vozidel v síti. Hromadná doprava může mít zvolenu vyšší váhu, než doprava individuální. Z těchto hledisek jsou tedy všechny uzly v síti každých 15 min znovu koordinovány, při zachování potřebné míry lokální dynamiky (výběr fází na výzvu od detektoru, preference MHD, dynamická délka zelené).

Na obr. 1 je principiální schéma systému MOTION jako adaptivního regulátoru a na obr. 2 je přehled programových modulů a jejich přiřazení k centrální nebo lokální úrovni a zároveň jejich přiřazení z hlediska regulace na čtyři úrovně:

- I. Určení řídicí strategie;
- II. Výpočet a optimalizace regulovaných parametrů;
- III. Klasifikace dopravy a její analýza;
- IV. Měření dat a jejich zpracování.



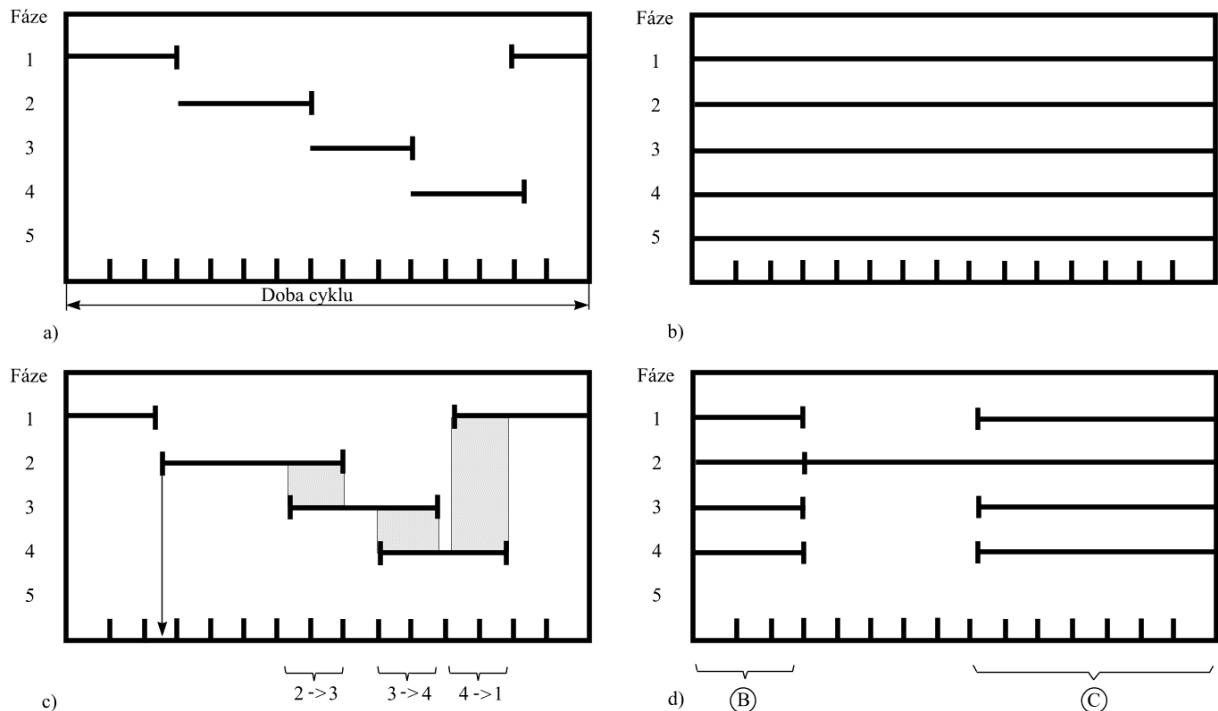
Obrázek č. 1: Principiální schéma činnosti MOTION [6]



Obrázek č. 2: Programové moduly v MOTION s rozdělením na lokální a centrální úroveň[6]

Základním prostředkem pro interakci mezi úrovní sítě a lokální úrovní uzlu je tzv. rámcový signální plán. Princip řízení je ten, že pro jednotlivé fáze nejsou přesně dány doby začátků a ukončení, ale je dáno časové rozmezí obou těchto časů. Tím vznikají tzv. doby

překrytí, znázorněné v obr. 3. V rámci dob překrytí potom dopravní řadič jemně reaguje na okamžité dopravní podmínky v daném uzlu. Rámcový plán tedy vnucuje inteligentnímu dopravnímu řadiči parametrické meze regulace.



Obrázek č. 3: Různé způsoby realizace řízení na lokální úrovni [6]

- Signální plán pro pevné časy s koordinací, bez možnosti rozhodování na lokální úrovni.
- Signální plán s úplnou volností pro rozhodování na lokální úrovni.
- Signální plán s koordinací fáze 2, pevnou sekvencí fází a s možností rozhodování na lokální úrovni (doby překrytí - vyznačené plochy v obr.).
- Rámcový signální plán s koordinovanou fází 2 a s lokálním rozhodováním o skladbě fází (B, C) a jejich délce v rámci doby cyklu.

1.3.2 Zpracování dat

Data jsou zpracovávána v modulech řízení a lze je rozdělit na strategická data v síti a na lokální data. Polohu strategických detektorů zvolil dopravní inženýr na vstupech a výstupech dopravní regulované sítě a v kritických místech sítě, hlavně pomocí heuristických postupů vycházejících z detailních znalostí a měření řízené sítě. V kritických místech jsou strategické detektory umístěny ve vzdálenosti cca 100-200m od stopčáry, tedy v místě, kde kolony nevznikají vzdutím vozidel od křižovatky, ale díky přesycení dopravní sítě. Na lokální úrovni jsou používány standardní prodlužovací detektory, vzdálené cca 40 m od Stop linie (měří také přítok vozidel v době zelené) a někdy se používají i detektory cca. 20-40 m za

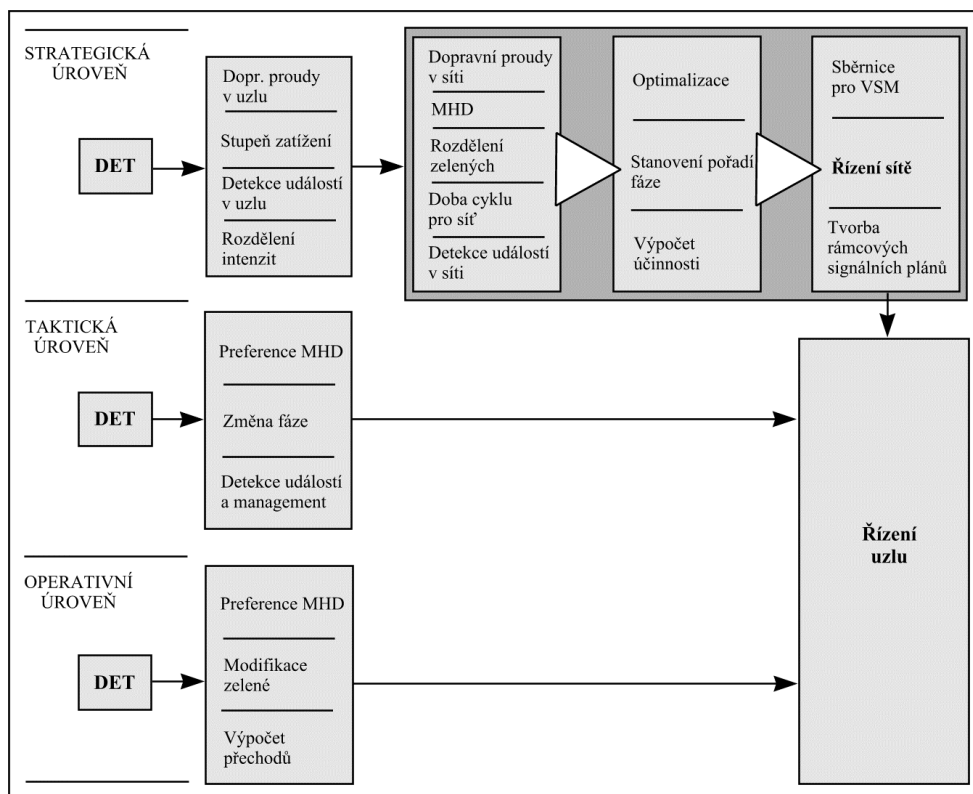
křižovatkou pro měření odtoku vozidel. Tyto detektory jsou potom většinou používány i jako strategické detektory a to zvláště v případě blízkých křižovatek. Výhodné je, že MOTION je schopen pracovat se všemi dosud instalovanými detektory v oblasti. K tomu stačí zadat jejich parametry a pozice [8].

Každý z detektorů je připojen k řadiči, který vyhodnocuje následující veličiny:

- počet vozidel za jednotku času,
- obsazenost za jednotku času,
- časové mezery mezi aktivací detektoru.

1.3.3 Programové moduly v MOTION

Systém MOTION je složen z programových modulů, jenž jsou umístěny v centrální (dopravní ústředna) tak i lokální (dopravní řadič) části řídicího systému. Typy modulů a jejich přiřazení je schematicky zobrazeno na obrázku č. 4.



Obrázek č. 4: Funkční schéma řízení MOTION [7]

Důležité moduly systému MOTION.

Modul DET:

V modulu DET se předzpracovávají a filtrují informace z dopravních senzorů. Na centrální úrovni jsou vypočítávány další veličiny vstupující do řídicího procesu:

- intenzita vozidel [voz.čas-1],
- stupeň zatížení [%],
- časové průběhy počtu vozidel nad detektorem při signálu „volno“,
- doby jízdy, počet zastavení a doby stání.

MOTION využívá předzpracovaná data, která jsou snímána v časovém scanu 90sec, přičemž se pro klasifikaci v dopravním modelu využívá měřená intenzita a obsazenost. Pro prostředky MHD (Městská Hromadná Doprava) umožňuje modul DET minimálně lokální přihlášení a maximálně je možné detekovat: předzvěst, přihlášení, odhlášení a dále informace o lince/směru, případně i o zpoždění. Tyto informace umožní na centrální úrovni zjistit relativně přesně časovou i prostorovou informaci o poloze prostředku MHD.

Modul DAT:

Kromě on-line dat zpracovávaných v modulu DAT je zde ještě soubor základních informací, které musí být zadány, dříve než je prováděna automatická optimalizace:

- Parametry křižovatky
 - číslo křižovatky,
 - čísla signálních skupin,
 - jízdní pruhy v přiřazení na signální skupinu,
 - fázové schéma ;
- Parametry linie
 - délka,
 - počet jízdních pruhů,
 - polohopis detektorů,
 - fázové schéma,
 - číslo uzlu, který napouští vozidla (včetně čísel signálních skupin);
- Parametry dopravní sítě
 - meze doby cyklu.

Dále jsou zde parametry, které je nutné zadávat vždy ve vztahu ke konkrétním dopravním situacím:

- Parametry křižovatky
 - minimální zelená pro signální skupinu,
 - maximální zelená pro signální skupinu,
 - kapacita (saturovaný tok) pro signální skupinu,
 - váhy pro signální skupinu, pokud má být vzat v úvahu při výpočtu ofsetu,
 - přípustná kombinace fází,
 - faktor zatížení;
- Parametry linie/jízdního pruhu
 - povolená rychlost,
 - váhový faktor pro zpoždění,
 - váhový faktor pro počet zastavení,
 - metody pro určování ofsetu (začátek/konec zelené);
- Parametry dopravní sítě
 - dopravní proudy v síti,
 - optimalizační plány (pokud jsou navrženy pevné optimalizační plány).

Principiální schéma základních sekvencí programu MOTION je na obr. 4, který také ukazuje nejdůležitější rozhodovací úrovně. Schéma programových modulů, popisovaných dále, je i v obr. 2. Základem řídicího procesu je kontinuální přizpůsobování strategicko-taktické úrovně reálným podmínkám v síti. Těžištěm je přitom určení „dopravních proudů v uzlu“ pomocí měřených dat a dopravního modelu PFE (Path Flow Estimator). Tím se vypočítávají směrové vztahy pro všechny přípustné směry v uzlu a je možné, v modulu KGT, stanovit základní požadavky na „rozdělení zelené“ na lokální úrovni. Ze středních hodnot dob zelené a z hodnot mezičasů je vypočítána minimální doba cyklu pro každý z uzlů.

Modul CTD:

V modulu **CTD** je na základě hodnot stanovených pro každý uzel vypočítána optimální „doba cyklu“ pro všechny uzly v regulované síti. V tomto modulu jsou ovšem, po stanovení dob cyklu pro celou síť, zpětně přepočítány základní délky signálu Volno pro každou křižovatku. Tímto způsobem je trvale modifikováno rozdělení délek signálu Volno na každé křižovatce a je k dispozici pro výpočet „rámcových signálních plánů“.

Modul PFE:

Dalším důležitým výpočtem je stanovení šíření vozidel v celé síti. To je důležité pro výpočty ofsetů a optimalizaci sledu fází. Pro tyto účely se opět využívá model **Path Flow Estimator (PFE)**, který poskytuje účinnou metodu pro stanovení dopravních poměrů v relativně komplikované dopravní síti a to jak staticky tak i pseudo-dynamicky. Algoritmus vypočítá trasy vozidel a předpokládané doby jízdy z dat získaných detektory, na základě stanovených nároků, což znamená, že každý směr v síti je ohodnocen, kdy liniím s nejvyšším ohodnocením odpovídá nejvyšší priority. Do algoritmu mohou být implementována jednorázově i měření plovoucím vozidlem nebo změřené O/D matice. Jestliže je „nejcennější“ směr saturován, je využíván směr s nižší cenou. Tato O/D ocenění jsou pak stanovena jak pro uzel, tak pro celou síť. Vypočítané hodnoty směrových toků na úrovni uzlu jsou nutné pro výpočet rozdělení zelené a nároků na minimální doby cyklu předávané na centrální úroveň. Metoda PFE je založena na stochastické rovnovážné teorii, omezuje nevhodné přidělování směrů a umožňuje počítat pro každou linii dobu cesty.

Vstupy

Mapový podklad oblasti v elektronické podobě a historická i aktuální dopravní data. Dále logické shlukování jízdnic pruhů se stejnými dopravními charakteristikami a fáze řízení. V programu je řada parametrů zadávána jako implicitní hodnota a množina parametrů.

- Statická data (pro každou linii);
- Jízdnic pruhů a uzly ve směru jízdy (pokud je SSZ řízená, zadává se i číslo uzlu);
- Informace, zda se jedná o zdrojovou nebo cílovou linii;
- Délka a povolená rychlost nebo doba jízdy pro optimální podmínky;
- Počet jízdnic pruhů;
- Saturovaný tok pro jízdnic pruh;
- Typ linie (priorita, řízeno SSZ ...);
- Pozice detektorů a spolehlivost jejich údajů vyjádřená v procentech;
- Dynamická data;
- Doba zelené a doba cyklu;
- Měřená dopravní data z detektorů.

Výstupy

- Stanovení směrů pohybů v síti a tím i určení O-D matice;
- Výpočet cestovních dob a zpoždění v liniích;

- Výpočet intenzit dopravy ve směrech bez dopravních detektorů.

Modul **OPP**:

Moduly provádějící optimalizaci sekvence fází a počítající ofsety pro jednotlivé směry v síti, které jsou v modulu **OPP** zadány podle své váhy (hlavní směr 1, vedlejší směr 1 atd.) vychází z vypočtených „dopravních toků v síti“. Optimalizace je ovlivněna zadaným stupněm „priorit městské hromadné dopravy“.

Softwarový produkt MOTION, obsahuje programové bloky pro „detekci událostí“, kterými jsou myšleny nejenom kongesce, ale i nehody a dále příslušné reakce na tyto události. Reakce definuje dopravní inženýr, jako různé „taktiky“. Příkladem může být vyprazdňování jisté linie, pokud jsou splněny předem definované logické podmínky nad vybranými detektory.

Modul **NMT**:

Vzhledem k tomu, že se adaptivní regulace uskutečňuje nad jistou omezenou dopravní oblastí je možnost propojit MOTION s vyšší hierarchickou úrovní „sběrníci pro VSM“. Program obsahuje modul síťového managementu **NMT**, který je schopen reagovat na události v nadřazené úrovni. Příkladem mohou být zásadní nehody v jiné oblasti a z toho vyplývající nároky na jiné dopravní výkony v dotčené oblasti nebo zhoršení ekologických podmínek detekované na úrovni městského managementu. Za těchto podmínek je možné adaptovat koordinaci, sekvence fází a rozdělení zelených na nově vzniklé nároky.

Modul **NID**:

Modul **NID** je součástí adaptivního systému MOTION, detekuje kongesce v oblasti silniční sítě. Data jsou sbírána ze smyčkových detektorů a jsou posílány radičem do centrální řídicí úrovně. Základním zjišťováním kongesce je stupeň obsazenosti a intenzita dopravy na jednotlivých detektorech v oblasti. Pro jednotlivé detektory jsou stanoveny meze obsazenosti a intenzity pro stanovení normální a kritické situace. Pro oblast Smíchova byly vybrány rozhodující strategické detektory, které bude využívat modul CIM.

Modul **CIM** - management kongescí:

Funkce **CIM** rozhoduje na úrovni sítě o reakcích na vzniklé kongesce (dále i události), přičemž bere v potaz výsledky modulů tyto události identifikující. V závislosti na dopravní situaci je z množiny taktik vybrána optimální sestava parametrů charakterizujících událost, která pak určuje, jakým způsobem jsou počítány parametry signálních programů v MOTION.

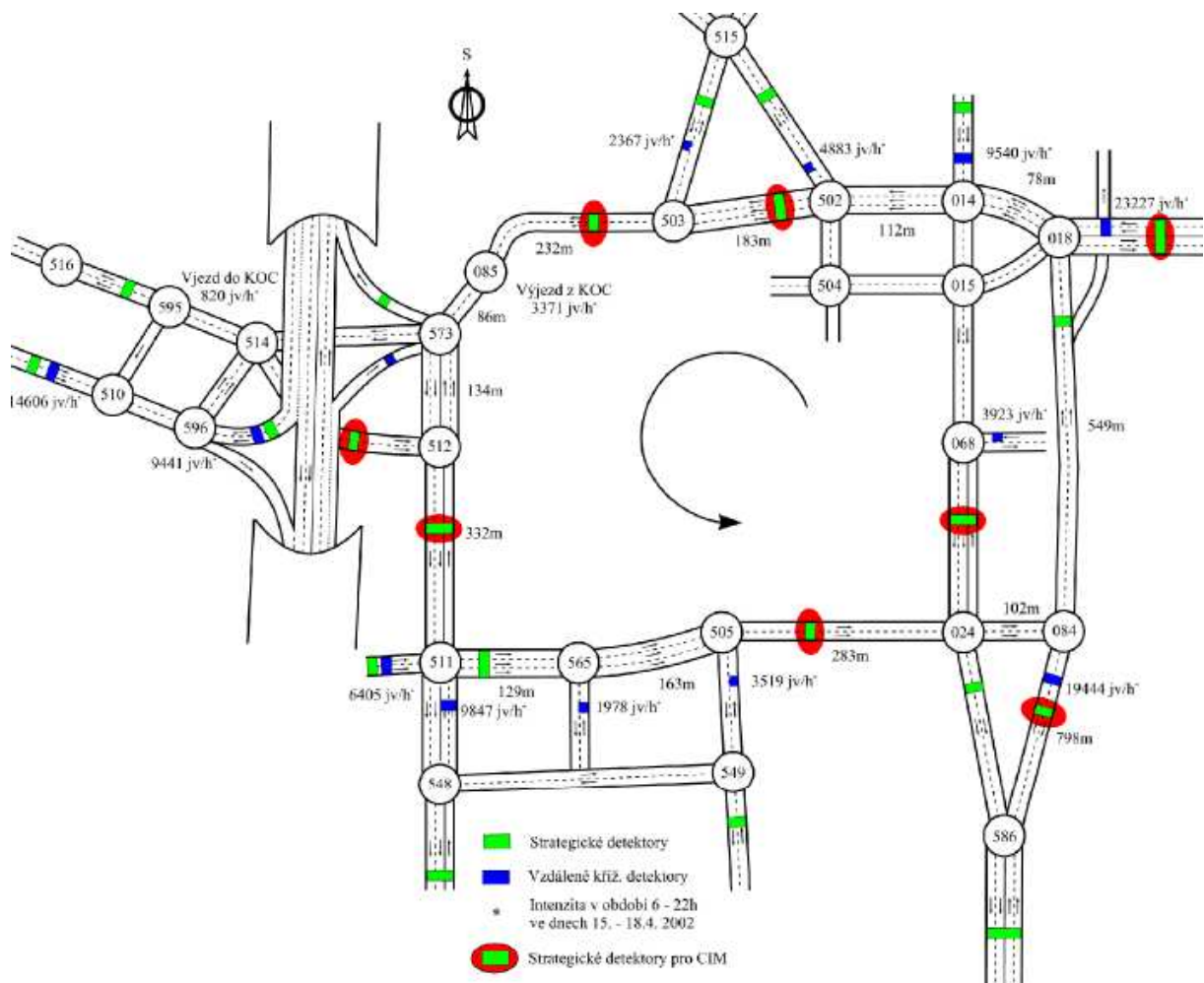
Možnost volby dopravních parametrů, které mohou být přiřazeny k dané dopravní situaci je skutečně veliká: byly zadány parametry pro výpočet rozdělení zelených a ofsetu (max. a

min. doby zelených, doby odstupů mezi vozidly, ofset, doba cyklu při tvorbě kolon, různé sledy fází) [6, 8].

2 Analýza optimalizované dopravní sítě

Oblast Smíchova je již dlouhou dobu z pohledu individuální automobilové dopravy (IAD) velmi frekventovanou oblastí. Na růstu IAD se podílí výstavby nových obchodních a zábavních center, hypermarketů a kanceláří. Významný podíl vozidel také zaujímají vozidla, která touto oblastí projíždějí a to především ve směrech Centrum -> Radlice, Stodůlky, Strahov, Strakonická -> Centrum, Radlice, Stodůlky, Strahov, Vrchlického -> Centrum, Strakonická, Zlíchov.

Na obrázku č. 5 zobrazen současný stav organizace dopravy v oblasti Smíchova včetně umístění strategických detektorů nutný pro systém MOTION a jeho moduly (především NID a CIM).



Obrázek č. 5: Mapa oblasti Smíchova

2.1 Skladba dopravního proudu

Ve skladbě dopravního proudu výrazně převažují osobní automobily. Z hlediska územního rozložení se podíl osobních automobilů v dopravním proudu zvyšuje. V oblasti Smíchova podíl osobních automobilů ve skladbě dopravního proudu činí okolo 96%.

2.2 Časové variace automobilové dopravy

Denní variace dopravních výkonů automobilové dopravy v pracovních dnech jsou charakteristické především skutečnostmi:

- většina výkonů se odehrála v denním období a to v časovém rozmezí mezi 6 -18 hodinou,
- dopravní výkony začínají významně klesat cca po 17 hodině,
- ranní špička je v období od 07-09 hodin a odpolední špička od 15-18 hodiny,
- rozdíly v intenzitách dopravy mezi dopravními špičkami a dopravním sedlem se snižuje.

2.3 Světelné signalizační zařízení

Oblast Smíchova je vybavena moderními dopravními řadiči firmy SIEMENS, které nesou označení C800 a představují technologickou špičku v řízení světelné signalizace. Návěstidla jsou od téhož výrobce nesou označení LED3 a využívají energeticky, provozně a servisně nenáročnou LED technologii.



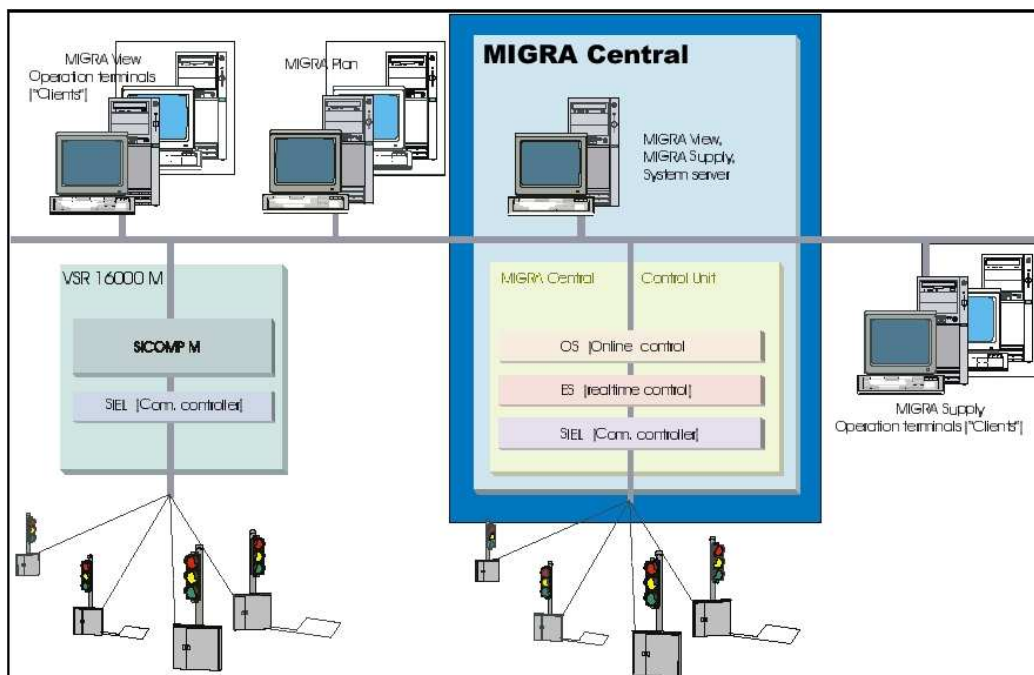
Obrázek č. 6: Dopravní řadič SIEMENS C800V

2.4 Dopravní ústředna MIGRA Central

Dopravní ústředna řídicí ústředna slouží k řízení SSZ v oblasti Smíchova. V dopravní ústředně MIGRA CENTRAL je implementovaný kompletní software určený pro řízení dopravy v oblasti včetně softwaru pro adaptivní řízení světelných signalizačních zařízení MOTION.

Základní vlastnosti systému MIGRA Central:

- Zobrazení mapy dopravní sítě obsahující aktuální stavy křižovatek.
- Online vizualizace signálních plánů koordinačních grafů (dráha/čas)
- Zobrazení poruch a výstražných hlášení.
- Centrální ukládání dat (dopravní data, provozní hlášení).
- Zpracování a export dopravních dat
- Umožňuje časové řízení podle časového nastavení kalendáře (JAUT).
- Umožňuje dopravně závislý výběr plánů na vysoké úrovni (TASS).
- Umožňuje adaptivně řídit rozsáhlou síť – MOTION.
- Dispečerské řízení SSZ pomocí přepínání signálních plánů, prioritních plánu.



Obrázek č. 7: Topologie systému dopravní ústředny MIGRA CENTRAL [6]

2.5 Popis křižovatek v oblasti Smíchova

Tato kapitola popisuje jednotlivé křižovatky z hlediska dopravní funkce v oblasti.

5.014 – Zborovská – V botanice

Křižovatkou jsou vedeny dva koordinované tahy, přičemž je preferován směr po Smíchovském okruhu.

5.015 – Zborovská – Matoušova

Křižovatka je veden koordinovaný tah po ulici Zborovské. Na křižovatce dochází k občasnému stání vozidel z důvodu neprůjezdnosti Jiráskova mostu a tvoření zpětné kolony od SSZ 5.018.

5.018 – Jiráskův most – Janáčkovo nábřeží

Křižovatka patří mezi nejvytíženější křižovatky v oblasti Smíchova. Nejkritičtější místem je Jiráskův most, na kterém vznikají kolony v dopoledních hodinách ve směru do centra a v odpoledních hodinách směrem z centra. Kritickými kolonami jsou dopolední kongesce, které se zpětně šíří do oblasti Smíchova a vytváří problémy v dopravě na okruhu. Problémy jsou navíc umocněny průpletem na rampě před Jiráskovým mostem, kde se vozidla snaží prioritně odbočit směrem na Jiráskův most. Obecně pro jakýkoliv systém či způsob řízení je velice obtížné uřídit oblast, ze které neodjíždějí vozidla.

5.024 – Svornosti – Vltavská

Křižovatku, podobně jako SSZ 5.014, vedou koordinované tahy ve dvou směrech, přičemž koordinace po okruhu má větší priority.

5.068 – Lidická – Zborovská

Křižovatka je v koordinovaném tahu po ulici Zborovské. Křižovatka je silně vytížená pojezdem tramvají, ale i vozidel po ulici Zborovské a Lidické ve směru od Palackého mostu. Na křižovatce je preference tramvají i pomocí vkládané fáze pro tramvaje. Tato vkládaná fáze je na výzvu od tramvají a může se realizovat ve delších cyklech (od 80s včetně).

5.084 – Hořejší nábřeží – Vltavská

Ke křižovatce patří přechod, vzdálen 80m od křižovatky, který je vnitřně koordinován s křižovatkou, aby nedocházelo k dvojitmu zastavování vozidel. Tato křižovatka je silně vytížená především v dopoledních hodinách, kdy se tvoří zpětné kolony do ulice Strakonické. Křižovatka slouží i jako částečně redukční ve směru po Hořejším nábřeží a okruh je více preferován.

5.085 – Kartouzská – KOC

Nejtíživějším problémem této křižovatky je výjezd z parkoviště. Parkoviště KOC má sice dva výjezdy, ale signalizovaný výjezd je nejpoužívanější. K nejdélšímu zdržení, jak již bylo uvedeno, dochází v odpoledních hodinách. Důvodem snižujícím kapacitu je nejen preferování ulice Kartouzské, ale i vlastní stavební úpravy tj. úzký výjezd se strmým stoupáním, ale i vlastní uspořádání na parkovišti. Umístěné nosní sloupy malé poloměry a těsně před výjezdem svedení vozidel i z nižšího patra parkoviště má za následek, že dochází ke vzájemnému zdržování vozidel. Pozitivním jevem je naopak vybudování předsazeného vzdáleného přechodu na ulici Kartouzské, který by měl přejít z provizorního do trvalého provozu s jednoznačnými klady pro pohyb chodců v této části Smíchova.

5.502 – Preslova – V botanice

Křižovatka je v koordinované skupině po ulici V botanice. Kolona před křižovatkou ve směru od náměstí Kinských je detekována a redukována systémem TASS na SSZ 5.515, tak aby ke kongescím nedocházelo. Křižovatka slouží i jako objízdna trasa při uzavřeném Strahovském tunelu ve směru od Smíchova i opačném.

5.503 – Štefánikova – Kartouzská

Křižovatka je také v koordinovaném tahu a současně křižovatkou projíždí tramvaje, které koordinovaný tah přerušují. Především v odpoledních hodinách dochází na ulici Štefánkově ve směru od Arbesova náměstí k růst individuální automobilové dopravy a dochází ke vzájemnému zdržování tramvaje a vozidel, neboť používají společný jízdní pruh.

5.504 – Preslova – Matoušova

Křižovatka je v hlavním směru pojížděna autobusem MHD od SSZ 5.502 na křižovatku 5.015. V době kdy dochází k tvorbě kolony na Jiráskově mostě, narůstá také zdržení autobusů MHD. Zpětně šířící se kongesce zasahuje i do křižovatky a stěžuje průjezd vozidel MHD, která chtějí jet od náměstí 14. října. Oblast okolo této křižovatky patří mezi méně vytížené v oblasti Smíchova. Při koloně na Rašínově nábřeží a na Palackého mostě před SSZ 5.068, vozidla objíždějí tyto kolony ve směru na Smíchov ulicemi Janáčkovo nábřeží, Lesnická do ulice Preslovy. Dochází k občasným kolonám ve směru výzvové signální skupiny VC.

5.505 – Nádražní – Vltavská

Křižovatka je v hlavním směru koordinovaná po ulici Vltavské a ulice Nádražní je využívána tramvají. Na této křižovatce dochází k objíždění kolony, která se vytváří od Jiráskova mostu, kde vozidla ve směru z Ostrovského ulice odbočí vlevo do ulice Nádražní a

následně pokračují ke křižovatce 5.068. Současně se tvoří kolona z bočního směru na ulici Nádražní od Smíchovského nádraží. Před touto křižovatkou na ulici Ostrovského dochází i k občasným krátkým kolonám z důvodu stání vozidel v levém jízdním pruhu vedle parkovacího pruhu.

5.510 – Duškova – Tomáškova

Křižovatka slouží jako vstupní do oblasti z ulice Vrchlického. Funkcí křižovatky je redukovat vjezd do oblasti Smíchova.

5.511 – Radlická – Ostrovského

Křižovatka patří mezi nejvytíženější v oblasti Smíchova a reaguje i na mimořádné stavy tramvají na ulici Radlické. Po otevření tunelu Mrázovka došlo k částečnému snížení intenzity vozidel na ulici Radlické. Přesto dochází v této ulici ve směru na Zlíchov ke tvorbě kolon způsobené částečně stavbou, z důvodu zastavujících kamionů s materiálem v levém nebo v pravém jízdním pruhu. Dochází k velice častému parkování resp. stání vozidel v pravém jízdním pruhu, což významně zasahuje do plynulosti dopravy. V opačném směru nedochází k výraznějším problémům, pouze ke zdržení při vyjíždění vozidel ze stavby či krátkodobého zastavení. Na příjezdu z ulice Ostrovského do oblasti nebyly zaznamenány problémy. Křižovatka je v koordinované skupině po Smíchovském okruhu.

5.512 – Plzeňská – Radlická

Křižovatka reaguje na mimořádné stavy v ulici Radlické i na mimořádné stavy Strahovského tunelu a tunelu Mrázova. Křižovatka patří také k dosti vytíženým křižovatkám v oblasti Smíchova. Došlo k poklesu dopravy na ulici Radlické směrem od Zlíchova. Na křižovatce docházelo k úpravám jízdních pruhů pro odbočení na ulici Plzeňské, které bylo vráceno na dva jízdní pruhy pro pravé odbočení do ulice Radlické. K výraznému navýšení dopravy nastala po otevření tunelu Mrázovka, kde vozidla využívají pravé odbočení do ulice Plzeňské z ulice Radlické. Křižovatka je také významně zatížena tramvajovou dopravou

5.514 – Plzeňská – Kartouzská

Řízení křižovatky reaguje na mimořádné stavy obou tunelů a mimořádný stav KOC. K výraznému navýšení dopravy došlo ve směru signální skupiny VA na ulici Plzeňské. Směr je využíván pro vozidla, která vyjíždějí z tunelu Mrázovka a jedou na ulici Plzeňskou. Křižovatka je také zatížena pojezdem tramvají.

5.516 – Plzeňská – Na Čechelčce

Úkolem křižovatky je redukovat vjezd tramvají do oblasti z důvodu kapacity zastávky Anděl a následnému hromadění tramvají.

5.548 – Radlická – Za Ženskými domovy

Na křižovatce po otevření tunelu Mrázovka došlo k poklesu dopravy po ulici Radlické. Křižovatka je koordinována pouze ve směru od křižovatky 5.511 směrem na Zlíchov, její software pro řízení dopravy reaguje na mimořádné stavy tramvaje v ulici Radlické. Tramvaje v trvalém provozu využívají pravý oblouk od ulice Radlické směrem do ulice Za Ženskými domovy a obráceně. Na křižovatce došlo k úpravě jízdních pruhů, kdy pro jízdu přímo je možné využít i pravý jízdní pruh. Došlo tedy ke změně řazení jízdního pruhu určeného pouze pro pravé odbočení, na řazení pro jízdu přímo a vpravo. Tím došlo k významnému snížení zdržení vozidel v případě příjezdu tramvaje i zvýšení kapacity vjezdu do oblasti.

5.565 – Ostrovského – Stroupežnického

Křižovatka je v koordinované skupině po ulici Ostrovského s dlouhou délkou zelené v hlavním dopravním koordinovaném tahu. Křižovatku ve vedlejších směrech využívají také autobusy MHD.

5.573 – Radlická – Kartouzská

Řízení křižovatky reaguje na mimořádné stavy tunelu Mrázovka, Strahovského tunelu a KOC. Množstvím a kombinací mimořádných stavů se křižovatka řadí mezi nejsložitější křižovatky v oblasti Smíchova. Na křižovatce dochází k občasnému stání vozidel na výjezdu z tunelu Mrázovka směrem do ulice Radlické. Ke zdržení před křižovatkou dochází i zpětnou kolonou z ulice Plzeňské přes ulici Kartouzskou a zpětnou kolonou z ulice Radlické. Největší problémy vznikají při levém odbočení z ulice Kartouzské do ulice Radlické před SSZ 5.512. V krátkém úseku mezi křižovatkami dochází ke hromadění vozidel a k průpletům, protože větší část vozidel z tunelu Mrázovka odbočuje do Plzeňské ulice. I přes zákaz zastavení a stání na Radlické ulici ve směru od SSZ 5.512 dochází ke stání vozidel zásobování u obchodního domu v pravém jízdním pruhu. Dochází tak k občasnému blokování vozidel přijíždějících od SSZ 5.512 a následně tramvajů na ulici Plzeňské.

5.595 – Plzeňská – Tomášková

Křižovatka reaguje na mimořádné stavy obou tunelů. Křižovatka je také zatížena pojezdem tramvajů.

5.596 – Duškova – Mozartova

Řízení křižovatky reaguje na mimořádné stavy obou tunelů. Křižovatka je také v koordinovaném tahu. Otevřením tunelu Mrázovka došlo k výraznému poklesu intenzity vozidel ze Strahovského tunelu.[3]

3 Návrh, způsob řízení a nasazení systému

Řízení oblasti Smíchova je rozděleno na tři režimy automatizovaného a dva způsoby manuálního řízení:

- adaptivní řízení v centrální oblasti Smíchova,
- řízení volbou signálního plánu pro SSZ napojené na tunely SAT a ATM,
- řízení při nehodách a kongescích v centrální oblasti Smíchova,
- dopravně závislým/časovým řízením v širší oblasti Smíchova,
- řízení zvláštními programy na vybraných trasách oblasti,
- Manuální řízení s modifikací parametrů.

Adaptivní řízení na základě vah působí pomocí optimalizace tří parametrů na dané zadané síti: délky cyklu, ofsetu, délky zelené. Nejedná se tedy o výběr předem připravených programů, ale o reálnou optimalizaci dopravní sítě. Vstupní parametry jsou počítány nejenom dle údajů ze strategických detektorů, ale využívají se i prodlužovací a výzvové detektory na křižovatkách. Tím se podstatně zpřesňuje určení dopravního modelu při současné minimalizaci ceny za instalaci detektorů. Tento režim řízení předpokládá zachování lokální inteligence řadiče, který na základě údajů z detektorů v uzlu v sekundovém rastru dynamicky mění délky zelených nebo přerozděluje fáze – to vše v rámci strategického řízení „vnuceného“ z nadřazené ústředny.

Řízení volbou signálního plánu pro SSZ napojené na tunely SAT a ATM je zaveden z důvodu zajištění bezpečnosti a plynulosti provozu v tunelech při mimořádných událostech typu: nehoda v tunelu, kolona v tunelu, požár, uzávěra tunelu. V systému MOTION a SSZ připojených na oba tunely jsou předem připraveny různé typy signálních plánů, které svojí délkou cyklu a skladbou signálních skupin pokrývají veškeré variace dopravy jak při „normálním“ řízení dopravy tak i při krizovém řízení tunelů. Moduly **adaptivního řízení a volby signálních plánů** systému MOTION jsou spolu úzce propojeny tak, aby byly zajištěny veškeré dopravní vazby.

Řízení při nehodách a kongescích (modul CIM) vychází z předpokladu, že model implementovaný v dopravní ústředně je tak propracován, že dokáže již v předstihu předvídat tvorbu kolony, případně dokáže velmi rychle reagovat na vznik nehody. Reakce znamená, že v ústředně je implementována sestava parametrů, které jsou automaticky měněny při vzniku krizové situace. Zásadní předností oproti manuálnímu řízení je včasnost rozpoznání problému, reagování na něj standardním a vždy stejným způsobem, bez ohledu na

momentální dispozici operátora a dále možnost on-line modifikování sestavy parametrů, čímž se tato kategorie řízení dynamicky ladí:

- zadržování na vstupu,
- otevřený výstup,
- zamezení blokování kolizních směrů,
- priority pro vybrané směry.

Dopravně závislé/časové řízení na úrovni dopravní ústředny vyhodnocuje parametry strategických detektorů a v závislosti na obrazu dopravy nad jedním či více detektory volí vhodný program z předem připravené množiny programů. Bude použito pro SSZ, která nejsou řízena programem MOTION, ale jsou propojena na dopravní ústřednu (mimo centrální oblast).

Zatímco výše uvedené režimy řízení, včetně řízení při nehodách a kongescích pracují zcela bez zásahu lidské obsluhy a optimalizují řízení dle algoritmů popsanych v předchozí kapitole, další dva typy řízení již vyžadují spoluúčast operátora.

Řízení zvláštními programy se využívá pro preferenci vozidel městského integrovaného záchranného systému (záchranné složky, policie, hasiči). Jedná se o speciální programy implementované pro dopravní řadiče na vybraných trasách. Trasy i programy jsou voleny z operátorské konzole systému dopravní ústředny. Různé kombinace tras lze ukládat do paměti dopravní ústředny a vyvolávat dle aktuální potřeby. Samozřejmě při navolení trasy v oblasti řízené MOTION se ruší jeho automatické funkce.

Manuální řízení prostřednictvím předem vytvořených signálních plánů: Kromě automatizovaného systému řízení je také umožněno pracovat se signálními plány, které jsou přednastaveny v dopravní ústředně pro potřeby operátorského zásahu. Jejich konfiguraci určuje dopravní inženýr, který vychází z empirických zkušeností dispečera dopravní ústředny. Tímto způsobem jsou pokryty požadavky na mimořádné řízení dopravy v nestandardních situacích. Toto řízení by mělo být využíváno ve velmi omezené míře a spíše v počátečním stádiu ladění, neboť po přepnutí do automatického režimu trvá následné ustálení systému adaptivního řízení cca 15 minut.

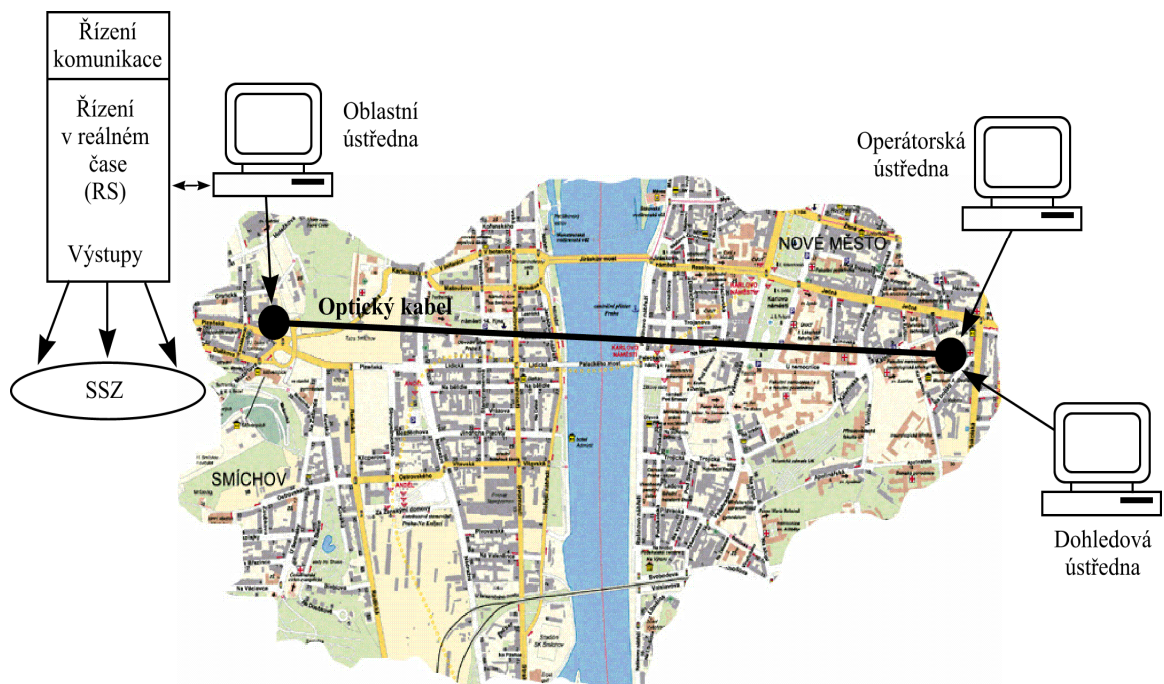
3.1 Základní konfigurace řídicího systému

Jak již bylo uvedeno v kapitole 1.3 Oblast Smíchova je řízena dopravní ústřednou MIGRA Central. Její řízení je rozděleno do dvou vrstev, kdy každá vrstva má svá specifika v oblasti možností řízení i jejich umístění v rámci města.

3.1.1 Dopravní ústředna

Jádrem řízení oblasti je oblastní dopravní ústředna MIGRA, ke které jsou hvězdicově připojeny dopravní řadiče. Ústředna umožňuje, kromě hvězdicové konfigurace i sběrnicové připojení řadičů (až 16 řadičů na jednu linii). To však nebude v centrální oblasti použito, neboť pro reálné adaptivní řízení dochází k výměně velkých objemů dat mezi řadičem a ústřednou a sběrnicové propojení by výměnu dat zpožďovalo. Je ho však možné bez problému použít pro dopravně/časově řízené řadiče nebo pro rozšiřování systému v oblasti 3. Oba druhy komunikačního propojení lze kombinovat, takže na jednu ústřednu lze připojit část řadičů sběrnicově a ostatní řadiče v konfiguraci do hvězdy. Připojení řadičů je metalické a pro plně hodnotnou komunikaci postačuje dvoudrátové propojení. Přenosový protokol je robustní a odolný proti poruchám, takže optické propojení není vyžadováno. Principiální schéma komunikační sítě je na obrázku 8. V obrázku je naznačena i ústředna pro dohled nad celým systémem, která je provozována správcem systému. Jedná se o analogii řízení a dohledu na technologii v tunelových systémech.

Oblastní ústředna je tvořena komunikačním zařízením obsahujícím řídicí systém komunikace „Řízení komunikace“ a vlastní „Řízení v reálném čase (RS)“. Jsou zde tedy implementovány všechny řídicí algoritmy. SSZ jsou připojena přes speciální oddělovací bezpečnostní obvody. Pro styk s operátorem, např. při ladění systému, je zde plnohodnotná operátorská konzole. Ve standardním režimu však veškeré zásahy obsluhy budou realizovány z Hlavní dopravní řídicí ústředny.



Obrázek č. 8: Principiální uspořádání řídicího systému světelné signalizace [1]

Oblastní ústředna komunikuje v režimu on-line se všemi připojenými řadiči a řídí celou oblast. V případě mimořádných režimů Strahovského tunelu jsou řadiče na obou vjezdech a výjezdech řízeny přímo řídicím systémem tunelu, přičemž přechod do tohoto stavu je bezprostředně zaznamenán na ústředně a ta na tyto stavy reaguje předem připravenými taktikami popsanými v modulu CIM.

Oblastní dopravní ústředna je situována v místnosti jižní opěry Strahovského tunelu. Místnost je vybavena zabezpečovacím zařízením a zdrojem nepřerušovaného napájení. Ústředna je bezobslužná.

Oblastní a hlavní dopravní ústředna jsou propojeny optickým kabelem. Na HDŘÚ je operátorská konzole, která umožňuje všechny režimy řízení MOTION, včetně CIM modulu. Operátorská konzole bude tvořena počítačem v rozváděčové skříní a vlastní aplikace se bude spouštět z nadřazeného systému, který je již instalován.

Propojení se realizuje na úrovni IP protokolů a kdykoli je možno na úrovni této sítě přidat další plnohodnotné operátorské pracoviště, např. na Odboru dopravy Magistrátu hl. m. Prahy. Přístup k řízení sítě je pak již dán pouze přístupovými právy: z některých pracovišť lze dopravu řídit, jiná pouze monitorují.

3.1.2 Dohledová ústředna

Pro dohled nad celým systémem SSZ a stavem ODŘÚ slouží dohledová ústředna, která je realizována na stejné bázi PC a je situována u správce systému, tedy TSK hl. m. Prahy. Tato možnost je poskytnuta díky síťovému propojení na bázi ETHERNET.

Na ústředně bude přehledově znázorněn momentální technický stav řízené dopravní sítě, ale bude zde i obraz dopravy. Veškeré poruchy budou prostřednictvím alarmů předávány obsluze a zároveň zaznamenávány do deníků pro dodatečnou kontrolu. V denících budou i záznamy o odstranění poruchy a další informace. Je zde i možnost posílat automaticky zprávy o poruchách servisní organizaci faxem nebo GSM.

Kromě toho bude na tomto pracovišti monitorován stav ODŘÚ, to je např. hlášení o vypuknutí požáru, o vniknutí do místnosti, výpadcích napájení apod. V ODŘÚ budou všechny tyto informace sloučeny do řídicí jednotky, která bude prostřednictvím sériového výstupu a kodéru komunikovat po optickém kabelu přenášejícím digitalizované video.

3.1.3 Monitorovací funkce

Mezi řadičem a ústřednou budou přenášeny soubory dat, která lze zásadně rozdělit na data dopravní, informační a řídicí:

Data dopravní ze vstupních zařízení (detektory, tlačítka, ...), jsou zpracována řadičem a výsledkem je předání předzpracovaných veličin, jako jsou:

- počet vozidel [voz.h-1],
- obsazenost za jednotku času [%],
- časové mezery na detektorech [sec] atd.

Tyto hodnoty jsou předány na ODŘU, kde jsou data dále zpracována pro účely řízení. Výsledkem jsou další veličiny:

- stupeň zatížení komunikace [0 až 3],
- modelované intenzity v řezech, kde nejsou detektory [voz.h-1],
- Matice zdrojů a cílů (O-D matrix),
- doba jízdy [sec],
- počet zastavení [-],
- doby stání [sec].

Data jsou současně přenášena na HDŘU, kde jsou k dispozici pro operátory a kde se ukládají do archivů.

Data řídicí jsou vesměs data, která jsou předávána ústřednou řadičům na jednotlivých SSZ. Jedná se o modifikované signální plány, které budou vysílány v patnácti minutových intervalech a o data, která on-line řídí SSZ při manuálním řízení operátorem pomocí strukturálních a zvláštních programů.

Data informační. Jedná se o přenos stávajících signálních programů v režimu on-line od řadiče k ústředně. Dále budou přenášeny deníky:

- provozních hlášení,
- deníky nehod a poruch,
- dohlídání signálních skupin,
- deník chybových hlášení.

3.1.4 Dopravní detektory

Pro řízení a modelování dopravy je nezbytné znát její obraz, k čemuž se využívají dopravní detektory. Navržený systém řízení MOTION s CIM využívá následující typy detektorů:

- detektor pro řízení uzlu,
- detektor pro řízení sítě.

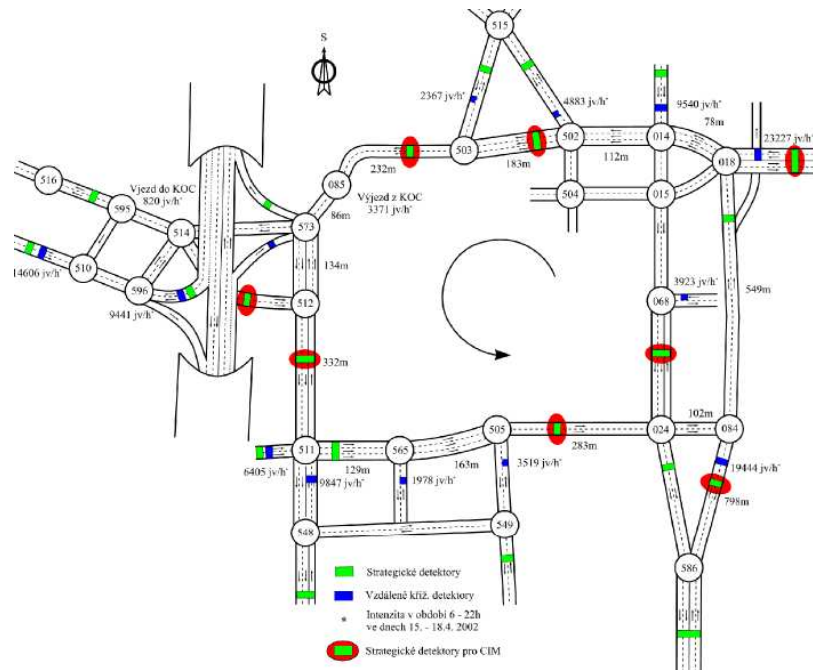
Detektory pro řízení uzlu: Tyto detektory jsou umístěny dle standardního dopravního řešení pro dopravní režim lokální dynamiky - Traffic Responsive (TR). Používají se detektory prodlužovací, výzvoové a všechny typy detektorů trolejových. Kromě toho, že tyto detektory umožní řídit lokální dynamiku, jsou využívány i pro řízení dopravní sítě na úrovni strategické. Toto řešení přináší významné úspory z hlediska finančního, neboť redukuje počty strategických detektorů. Z hlediska řízení se předpokládá na všech SSZ, včetně SSZ instalovaných v etapě I/D, využívat řízení TR, čímž je dána nutnost instalovat dopravní detektory na úrovni uzlu. Jejich detailní návrh je předmětem dopravních řešení konkrétních uzlů. Předpokládá se respektování pražských „normálií“.

Detektory pro řízení sítě: Základní zásadou pro návrh strategických detektorů je, že se umísťují na všechny významné vjezdy a výjezdy řízené dopravní sítě (zde sítě řízené pomocí MOTION+CIM). Na základě analýzy dopravních toků předmětné oblasti jsou navrženy detektory na vstupech a výstupech sítě a dále několik detektorů uvnitř Smíchovského okruhu. V tomto případě se jedná o tři strategické detektory umístěné uvnitř MSO ve vzdálenostech cca 40-80 m za křižovatkou ve směru jízdy:

SSZ:	ve směru:
5.514	východ
5.505	východ
5.502	Západ

Takto umístěné detektory umožňují lépe počítat ofset a dále se budou využívat pro rychlejší identifikaci událostí -modul CIM. Zároveň umožní sledovat případná „vzduť“ vozidel od předchozí SSZ. Přibližné polohy detektorů jsou znázorněny v **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..** Jejich detailní polohy budou řešeny v rámci dopravního řešení příslušné SSZ. Strategické detektory jsou ve všech případech situovány ve všech jízdnicích pruzích.

Platí zásada, že indukční smyčky tvořící strategické detektory jsou vždy připojeny do nejbližšího řadiče. Potřebné údaje, jako intenzity, obsazenosti, resp. rychlosti jsou předzpracovány v software tohoto řadiče. Na jeden řadič může být připojeno několik strategických detektorů, jejichž hodnoty mohou/nemusí být využity pro lokální dynamické řízení.



Obrázek č. 9 : Orientační pozice strategických detektorů v řízení dopravní sítě [3]

3.1.5 Videodetekce

Při základních úvahách o řízení sítě se předpokládalo využívání pouze standardních smyčkových detektorů, ať již pro řízení *TR* nebo *adaptivní* řízení.

V uvedené oblasti však existují tři kriticky citlivá místa, kde je vhodné umístit kameru a zařízení videodetekce, jednak proto, aby bylo možné sledovat dopravní parametry podél dopravní linie a nejenom bodově a také proto, že je v těchto místech technicky obtížné zařezávat indukční smyčky, případně dlouhé smyčky pro zjišťování obsazenosti.

Konkrétně se jedná o následující lokality:

Pozice	Směr	Funkce:
Strahovský tunel	- jižní výjezd-rampa A, - připojení na Mozartova	- plynulost dopravy/klasifikace - délka kolony
Hořejší nábřeží	- rampa vjezdu k SSZ 5.018	- délka kolony
Jiráskův most	- západní část mostu - zaústění do SSZ 5.018	- plynulost dopravy/klasifikace na vjezdu i výjezdu - délka kolony směr západ - plynulost výjezdu od 5.018

Tabulka č. 1: Umístění videodetekce subsystémů řízení dopravy

Pro vyhodnocování dopravních dat z videodetekce bude použit server AUTOSCOPE, který je již *instalován* na hlavní ústředně v rámci řízení tunelu Těšnov a není tedy vyžadována žádná další investice. Předpokládá se navíc využít jednotky AUTOSCOPE Solo, které již mají diskrétní výstup ve formě sběrnice RS485 a lze je propojit s ODRÚ koordinacími kabely. Vyhodnocená data budou předávána v rámci sítě ETHERNET do serveru AUTOSCOPE a počítače PS019 také již instalovaného na HDRÚ, který je dále zpracuje ve zvláštním programovém bloku, jehož výstupy jsou pro subsystemy:

Subsystem	Vyhodnocené údaje z:	Funkce:
Řídicí systém Strahovský tunel	- jižní výjezd, rampa A	- změna délky zelené na 6.195
Řídicí systém MOTION	- jižní výjezd, rampa A - Jiráskův most - Hořejší nábřeží	- vstup do <i>NMT</i> modulu - vstup do <i>NMT</i> modulu - vstup do <i>NMT</i> modulu

Tabulka č. 2: Výstupy videodetekce jako vstupy subsystemů řízení dopravy

Jižní výjezd Strahovského tunelu: Ohodnocení dopravy na jižním výjezdu Strahovského tunelu, hlavně délka kolony, budou alternativně přímo řídit délku zelené na severním vjezdu (delší kolona \Rightarrow kratší zelená) nebo budou prostřednictvím modulu *NMT* a modulu řízení událostí **CIM** řídit SSZ 6.195 prostřednictvím oblastní ústředny. Volba jednoho z ekvivalentních způsobů řízení bude dána v dopravním řešení oblasti.

Hořejší nábřeží: Videodetekce na vjezdu k SSZ 5.018 bude sledovat vzduť vozidel a po vyhodnocení v počítači PS019 bude dodávat informace o kategorii události prostřednictvím modulu **MNT** do managementu nehod *CIM*.

V případě, že bude vyhodnocena kolona kritické délky a zároveň bude vysoký stupeň intenzity dopravy v severní části MSO bude aktivována proměnná informační tabule, která doporučí alternativní trasu pod Jiráskovým mostem, ulicí Vodní na křižovatku na Náměstí Kinských.

Jiráskův most: Na západní straně Jiráskova mostu budou umístěny dvě kamery pro vyhodnocování dopravních parametrů na této části mostu. Pokud bude nepřiměřená délka kolony na Jiráskově mostě ve směru k SSZ 5.018 bude aktivován modul managementu událostí **CIM**, který bude preferovat tento vjezd.

Pokud bude docházet ke vzduť vozidel z pravobřežní křižovatky Jiráskovo náměstí až do vzdálenosti cca 50 m od SSZ 5.018 směrem východním, bude navíc aktivována proměnná informační tabule a řidičům bude doporučena alternativní trasa průjezdem pod Jiráskovým mostem ústící na Janáčkovo nábřeží s možností využití alternativní trasy ulicí Vodní či přes Most legii.

System komunikace

Výstupy všech kamerových jednotek AUTOSCOPE Solo (nová varianta původního systému) mají několik komunikačních rozhraní. Pro komunikaci do ODRŮ bude využita sběrnice RS485 a stávající koordinační kabely. V ODRŮ budou kódovány výstupy RS485 do prostředí ETHERNET a protokolu TCP-IP.

3.1.6 Adaptivní řízení MOTION

Adaptivní řízení bude použito pro řízení centrální oblasti Smíchova. Názvy SSZ, která budou řízena tímto programovým produktem jsou uvedena v tabulce č.3:

Poř.č.	Číslo SSZ	Název
1.	5.014	Zborovská – V Botanice
2.	5.018	Jiráskův most – Rampa
3.	5.024	Svornosti – Vltavská
4.	5.068	Lidická – Zborovská
5.	5.084	Hořejší nábřeží – Vltavská
6.	5.502	Preslova – V Botanice
7.	5.503	Štefanikova – Kartouzská
8.	5.505	Nádražní – Vltavská
9.	5.511	Radlická – Ostrovského
10.	5.512	Plzeňská – Radlická
11.	5.565	Ostrovského – Stroupežnického
12.	5.510	Duškova – Tomášková
13.	5.514	Plzeňská – Kartouzská

Poř.č.	Číslo SSZ	Název
14.	5.595	Plzeňská – Tomášková
15.	5.573	Kartouzská – spojka
16.	5.596	Duškova – Mozartova
17.	5.548	Radlická – Za ženskými domovy
18.	5.549	Nádražní – Za ženskými domovy
19.	5.504	Matoušova - Preslova
20.	5.015	Zborovská - Matoušova

Tabulka. 3: SSZ zařazené do adaptivního řízení

Pokud se ukáže, že je vhodné do systému adaptivního řízení zařadit další křižovatky, je to možné doplnit kdykoli v budoucnosti, bez nutnosti měnit či upravovat hardware, postačuje pouze upravit přiřazení příslušné SSZ do vybraného režimu řízení.

Výše uvedená SSZ budou tedy řízena ve standardním režimu pomocí aplikace MOTION, v případě událostí modulem CIM. Detailní návrhy řídicích parametrů nejsou předmětem této práce a budou součástí dopravního řešení oblasti.

Zásady pro praktickou implementaci MOTION:

Uvedení systému do provozu v režimu pevných časů (s možností jejich počáteční modifikace) a měření dopravních dat:

- vyhodnocení dopravních dat a počáteční nastavení parametrů řízení,
- simulace řízení na simulačním pracovišti,
- vyhodnocení nastavených parametrů a jejich případná modifikace,
- implementace optimalizovaných parametrů pro reálné řízení a měření chování řízené sítě,
- případná další modifikace parametrů v delších časových intervalech.

3.1.7 Řízení v případě událostí

V oblasti jsou použity různé taktiky v případě výskytu mimořádných okolností, které jsou popsány v následující tabulce:

Priorita	Taktika		Název taktiky
∅	∅		Normální provoz
1	I.	I. A	Tunely uzavřeny
2	I.	I. B	Rampa D uzavřena
3	I.	I. C	Rampa A uzavřena
4	II.		Tramvaj v ulici Radlické
5	V.	V. A	Kombinace taktik III. A + III. B
6	V.	V. B	Kombinace taktik III. A + IV. A
			Kombinace taktik III. A + IV. B
7	V.	V. C	Kombinace taktik III. B + IV
8	III.	III. A	Kongesce jižní části Smíchova
9	III.	III. B	Kongesce severní části Smíchova
10	IV.	IV. A	Kongesce na Jiráskově mostě do centra
11	IV.	IV. B	Kongesce na Jiráskově mostě z centra
12	VI.		Kongesce v ulici Hořejší nábřeží
13	VII.		Kongesce v ulici Svornosti

Tabulka. 4: Seznam taktik pro řízení SSZ na Smíchovském okruhu

Událost typu I. (I. A, I. B, I. C)

Pro řešení jsou sady předem předpřipravených signálních plánů podléhajících systému MOTION/CIM s modulem výběru signálních plánů. Jedná se o úplnou nebo částečnou uzavěru tunelů Strahov nebo Mrázovka, případně jejich nájezdových ramp

Události typu II.

Jedná se o případy kdy je nastaven parametr pro mimořádný provoz tramvají po ulici Radlické mezi SSZ 5.512 a 5.11, která je v normálním provozu tramvajemi nepojížděna.

Události typu III. (III. A, III. B)

Událost lze popsat jako tvorbu kongescí některé z částí malého Smíchovského okruhu. Pro tuto situaci je definováno řízení dopravy zadržováním na vstupu. Jedná se o následující SSZ uvedené v tabulce č. 5.

Poř.č.	Číslo SSZ	Název
21.	5.506	Strakonická – nádražní
22.	5.523	Vrchlického – Jinonická
23.	5.519	Plzeňská – Pobělohorská
24.	6.195	Patočkova – Strahovský tunel
25.	6.149	Patočkova – Myslbekova
26.	5.515	Náměstí Kinských

Tabulka. 5: Křižovatky určené pro řízení zadržováním

Událost typu IV. (IV. A, IV. B)

Tato událost znamená, že se na Jiráskově mostě ve směru z centra nebo do centra se tvoří kongesce dosahující až na opačnou stranu mostu. Délky kolon jsou identifikovány systémem videodohledu.

Událost typu V. (V. A, V. B)

Jedná se o událost, která je kombinací uzávěr tunelů nebo jejich nájezdových ramp.

Událost typu VI.

Událost lze popsat jako tvorbu kongescí v ulici Hořejší nábřeží na vjezdu do oblasti malého Smíchovského okruhu před SSZ 5.084

Událost typu VII.

Událost, při níž dochází k tvorbě kongescí v ulici Svornosti v oblasti Smíchova.

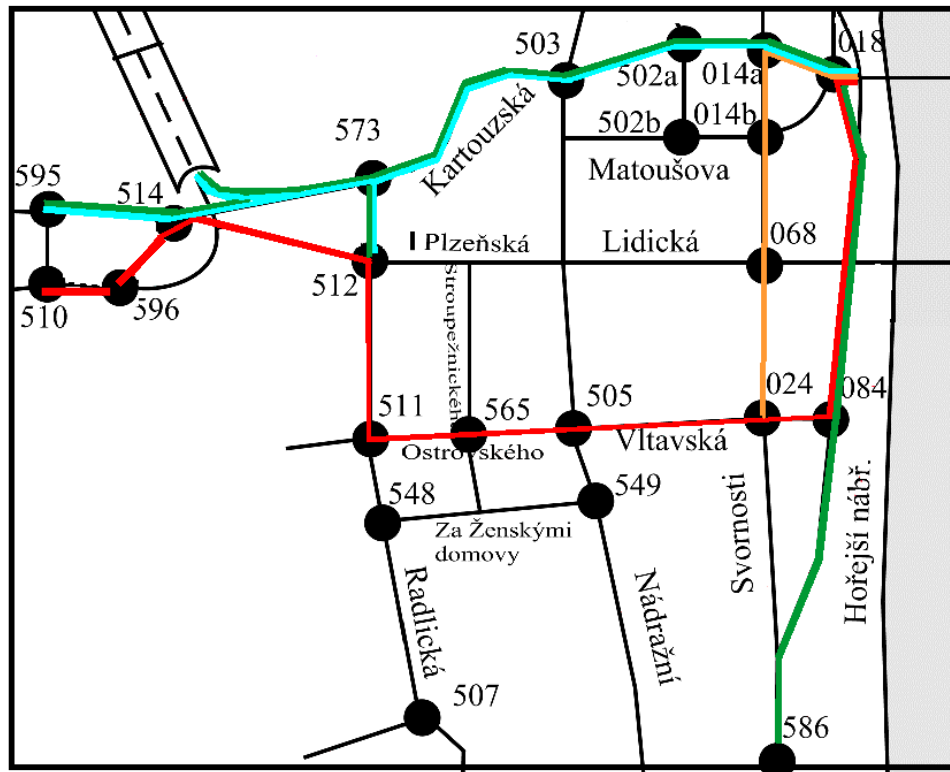
3.2 Koordinace v oblasti

Koordinace SSZ je u uzlů propojených na oblastní dopravní ústřednu prováděna zásadně synchronizačními telegramy ke každému připojenému řadiči. Tím odpadá nutnost definovat tzv. skupináře. Koordinované skupiny se vytvářejí na úrovni dopravní ústředny a lze je volně modifikovat.

V případě výpadku kabelového propojení přechází systém na synchronizaci radiovou prostřednictvím DCF77.

Jedná se celkem o čtyři koordinované tahy v centrální oblasti Smíchova a další koordinované tahy mimo tuto oblast. Tři vzájemně na sebe navazující tahy tvořící tzv. Malý

Smíchovský okruh a jeden koordinovaný tah, který tento okruh protíná. Všechny jsou zobrazeny na obrázku č. 10.



Obrázek č. 10 : Koordinované tahy malého Smíchovského okruhu [7]

První koordinovaný tah (červená barva) začíná na SSZ 5.510 Duškova – Mozartova, přes SSZ 5.596 Duškova - SAT a navazuje na výjezd ze SAT, který je preferován a pokračuje přes křižovatky SSZ: 5.514 Plzeňská – Kartouzská, 5.512 Plzeňská – Radlická, 5.511 Radlická – Ostrovského, 5.565 Ostrovského – Stroupežnického, 5.505 Nádražní – Vltavská, 5.024 Svornosti – Vltavská, až k SSZ 5.084 Hořejší nábřeží – Vltavská, kde se počítá s velkým množstvím odbočujících vozidel a dále k SSZ 5.018 Jiráskův most – Janáčkovo nábřeží, kde tah končí a zbytek vozidel odbočuje na Jiráskův most.

Druhý koordinovaný tah (modrá barva) začíná na SSZ 5.018 Jiráskův most – Janáčkovo nábřeží a pokračuje přes křižovatky SSZ 5.014a V Botanice – Zborovská, 5.502 V Botanice-Preslova, 5.503 Štefánikova – Kartouzská, až k SSZ 5.573 Kartouzská – Radlická, kde se dopravní tok dělí na tři části (vlevo – do ul. Radlická a pokračuje dále po okruhu, vpravo – nájezd do SAT, rovně – po koordinovaném tahu ulicí Kartouzská), SSZ 5.514 Plzeňská – Kartouzská a dále k SSZ 5.595 Plzeňská – Tomášková, kde koordinace končí.

Třetí koordinovaný tah (zelená barva) začíná na SSZ 5.586 Strakonická – U Královské louky, pokračuje přes SSZ 5.084 Hořejší nábřeží – Vltavská a dále k SSZ 5.018 Jiráskův

most – Janáčkovo nábřeží, kde část vozidel odbočuje na Jiráskův mostu a zbytek pokračuje po stejné trase jako druhý koordinovaný tah až k SSZ 5.595 Plzeňská – Tomášková, kde koordinace končí.

Čtvrtý koordinovaný tah (oranžová barva) vede od SZ 5.018 Jiráskův most - Janáčkovo nábřeží přes SSZ 5.014 V Botanice – Zborovská až k 5.068 Lidická – Zborovská.

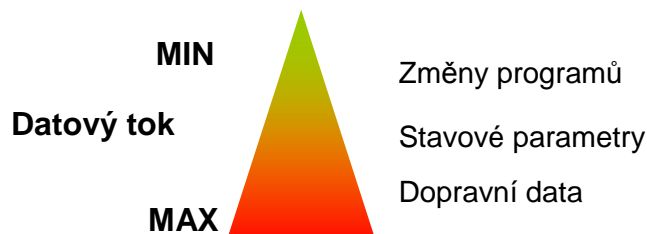
3.2.1 Výpočet koordinovaných tahů

Pro výpočet koordinovaných tahů jsou kromě intenzit vozidel rozhodující i vzdálenosti stop čar. Vzdálenosti, které byly získány odečtem z digitálních map a některé vzdálenosti byly i prakticky ověřeny

3.2.2 Komunikace a propojení řadičů s dopravní ústřednou

Veškeré řadiče SSZ jsou na dopravní ústřednu propojeny kabelovým vedením. Toto spojení umožňuje přenos velkého objemu dat, který je závislý na typu přenášených veličin. Na přenos nejnáročnější a objemově největší je přenos dopravních dat a dat adaptivního řízení MOTION.

Objem přenosu dat z řadičů na dopravní ústřednu viz. obrázek č.11:



Obrázek č. 11 : Datový tok mezi DU a SSZ

Pro komunikaci na straně ústředny jsou využity modemy f. SIEMENS nesoucí označení ZMO a na straně řadiče MoMo. Jako komunikační protokol je využit protokol od téže společnosti označovaný BEFA 15.

3.3 Nastavení systému MOTION +CIM

MOTION – výběr signálních plánů

Tento způsob řízení bude nasazen na SSZ 5.512, 5.514, 5.595 a 5.516. Princip spočívá ve výběru vhodného již zadaného signálního plánu na základě informací detektorů v celé oblasti. Budou vybírány signální plány v závislosti na dopravě a přepínány jednotlivé čísla signálních plánů. V řadiči budou pro jednotlivé signální plány naprogramované parametry pro dynamické řízení. Systém MOTION bude využívat signální plány P1/80s, P2/60s, P5/70s a

P6/90. Systém bude řídit dopravu v nižších cyklech. Vysoké cykly budou využívány pro CIM situace jako reakce na mimořádný provoz v dopravě.

MOTION + CIM – výběr signálních plánů

Tento způsob řízení bude v případě mimořádných událostí v dopravě v oblasti Smíchova. Budou vybírány jednotlivé taktiky, které jsou popisovány níže a pro SSZ 5.512, 5.514, 5.595 a 5.516 budou vybírány příslušné signální plány. Systém MOTION s modulem CIM bude využívat signální plány P7/100s, P8/120s, P9/100s, P10/120s, P22/100s, P23/120s, P24/100s, P25/120s, které v radiči budou mít naprogramované parametry pro dynamické řízení. Systém bude řídit dopravu ve vyšších cyklech.

MOTION s modulem CIM.

Signální plány pro SSZ 5.512, 5.514, 5.595 a 5.516 pro CIM:

- P7/100s, P8/120s - kolona na jihu Smíchovského okruhu nebo kolona v ulicích Zborovská a Svornosti,
- P9/100s, P10/120s - kolona na severu Smíchovského okruhu nebo tunely SAT a ATM uzavřeny,
- P22/100S, P23/120 - SAT uzavřen,
- P24/100s, P25/120s – ATM.

Tento způsob řízení bude mít přínos v zefektivnění řízení v oblasti se zaručenou preferencí MHD po ulici Plzeňské, kde systém bude přepínat čtyři různé cykly v závislosti na dopravě. MOTION spolu se systémem CIM bude automaticky reagovat na mimořádné situace v oblasti a budou v závislosti na dopravě vybírány signální plány s vyššími cykly a preferencí určitých směrů.

3.3.1 Seznam taktik pro modul CIM

Modul CIM systému MOTION obsahuje tzv. TAKTIKY, které definují a řeší jednotlivé situace. Každá taktika je vybrána na základě dopravních vstupů (dopravní data, videodetekce) a je řešena podle doporučení dopravního inženýra pomocí úpravy parametrů signálního plánu (zrušení, zkrácení, prodloužení doby volna na signální skupině).

Taktika I. - Tunel uzavřen

I. A – Celková uzávěra tunelu

Reakce na dopravní situaci:

- Redukce na vjezdu do oblasti před SSZ 5.510.

- Navýšení délky zelené na koordinovaném tahu SSZ 5.573-5.514-5.595-5.516.
- SSZ 5.573 zrušení signálu volno pro VA a snížení délky signálu volno pro SG VF.
- Navýšení délky zelené na koordinovaném tahu SSZ 5.510-5.596-5.514-5.512-5.511-5.548.
- SSZ 5.596 zrušení signálu volno pro VA a snížení délky signálu volno pro SG VC.

Alternativní trasy

- *Alternativní trasa 1:* 5.515-5.502-5.503-5.085-5.573-5.512-5.511-5.548;
- *Alternativní trasa 2:* 5.515-5.502-5.504-5.015-5.068-5.024;
- *Alternativní trasa 3:* 5.510-5.596-5.514-5.512-5.511-5.565-5.505-5.024-5.084-5.018-5.014-5.502-5.515.

Informace jsou získány ze strategických detektorů v oblasti a informací o mimořádném stavu SAT a ATM z řídicího systému SAT, ATM nebo HDRŮ.

Volba signálního plánu pro SSZ 5.512–5.516

- P9 C= 100s,
- P10 C= 120s.

I. B – Uzavřen tunel Strahov - rampa D uzavřena

Reakce na dopravní situaci:

- Redukce na vjezdu do oblasti před SSZ 5.510.
- Navýšení délky zelené na koordinovaném tahu SSZ 5.573-5.514-5.595-5.516.
- SSZ 5.573 zrušení signálu volno pro VA a zvýšení délky signálu volno pro SG VF + SF.
- SSZ 5.512 zvýšení délky signálu volno pro VA + SA.

Alternativní trasy

- *Alternativní trasa 1:* 5.515-5.502-5.503-5.085-5.573-5.512-5.511-5.548.
- *Alternativní trasa 2:* 5.515-5.502-5.504-5.015-5.068-5.024.
- *Alternativní trasa 3:* 5.573-5.512-5.514-5.595-5.516.

Informace jsou získány ze strategických detektorů v oblasti a informací o mimořádném stavu SAT a ATM z řídicího systému SAT, ATM nebo HDRÚ.

Volba signálního plánu pro SSZ 5.512–5.516

- P22 C= 100s.
- P23 C= 120s.

I. C – Uzavřen tunel Mrázovka - rampa A uzavřena

Reakce na dopravní situaci

- Redukce na vjezdu do oblasti před SSZ 5.510.
- Navýšení délky zelené na koordinovaném tahu SSZ 5.596-5.514-5.512-5.511-5.548.
- SSZ 5.512 zvýšení délky signálu volno pro SD.

Alternativní trasy

- *Alternativní trasa 1:* SSZ 5.596-5.514-5.512-5.511-5.548.

Informace jsou získány ze strategických detektorů v oblasti a informace o mimořádném stavu SAT a ATM z řídicího systému SAT, ATM nebo HDRÚ.

Volba signálního plánu pro SSZ 5.512–5.516

- P24 C= 100s.
- P25 C= 120s.

Taktika II.– Kongesce na severu oblasti Smíchova (5.014-5.573+Jiráskův most)

Reakce na dopravní situaci

- Mírná redukce na vjezdu do oblasti před SSZ 5.084.
- Navýšení délky zelené na koordinovaném tahu SSZ 5.018-5.014-5.502-5.503-5.085-5.573-5.514.

Reakce na základě informací ze strategických detektorů mezi křižovatkami 5.502-5.503 a 5.503-5.085 a před 5.018 (Jiráskův most).

Volba signálního plánu pro SSZ 5.512–5.516

- P9 C= 100s.
- P10 C= 120s.

Taktika III. – Kongesce na jihu oblasti Smíchova (5.512-5.084)

Reakce na dopravní situaci

- Redukce na vjezdu do oblasti před SSZ 5.510.
- Navýšení délky zelené na koordinovaném tahu SSZ 5.512-5.511-5.565-5.505-5.024-5.084.

Reakce na základě informací ze strategických detektorů mezi křižovatkami 5.512-5.511, 5.511-5.565 a 5.505-5.024 a před 5.512.

Volba signálního plánu pro SSZ 5.512–5.516

- P1 C= 80s.
- P2 C= 60s.
- P5 C= 70s.
- P6 C= 90s.
- P7 C= 100s.
- P8 C= 120s.

Taktika IV. – Kongesce v ulici Zborovská a Svornosti

Reakce na dopravní situaci

- Navýšení délky zelené na koordinovaném tahu SSZ 5.014-5.015-5.068-5.024.
- Na SSZ 5.024 má větší prioritu Smíchovský okruh.

Reakce na základě informací ze strategických detektorů mezi křižovatkami 5.014 a 5.024.

Volba signálního plánu pro SSZ 5.512–5.516

- P1 C= 80s.
- P2 C= 60s.
- P5 C= 70s.
- P6 C= 90s.
- P7 C= 100s.
- P8 C= 120s.

Taktika V. – Kongesce v oblasti nábřeží a před křižovatkou 5.084

VI. A – Kongesce v oblasti Hořejší nábřeží

Reakce na dopravní situaci

- Navýšení délky zelené SSZ 5.018 VD.

Reakce na základě informací ze strategických detektorů v mezi křižovatkami 5.018 a 5.084.

Volba signálního plánu pro SSZ 5.512–5.516

- P1 C= 80s.
- P2 C= 60s.
- P5 C= 70s.
- P6 C= 90s.
- P7 C= 100s.
- P8 C= 120s.

3.4 Nasazení systému MOTION

V oblasti Smíchova byl nasazen systém MOTION ve dvou základních etapách. První etapa představovala nasazení systému na SSZ 5.014, 5.015 a 5.068. Po ověření funkcí systému následovala aplikace systému do zbývajících SSZ v oblasti Smíchova viz tabulka č. 3: SSZ zařazené do adaptivního řízení. Systém MOTION byl v první etapě realizován bez modulu CIM. Souběžně probíhaly přípravy na implementaci nového modulu CIM, který byl následně realizován v rámci ladění systému. Na základě požadavku MHMP a PČR byly do systému MOTION implementovány automatické reakce na tunelové technologie tunelů SAT a ATM. Tento úkol byl splněn právě modulem CIM.

Práce na systému MOTION proběhly ve třech úrovních:

- dopravně inženýrská,
- programátorská - na úrovni dopravního řadiče,
- programátorská - na úrovni dopravní ústředny.

Dopravně inženýrské práce spočívali především v tvorbě dopravních řešení pro jednotlivé řadiče SSZ v oblasti Smíchova a dopravní řešení pro dopravní ústřednu. Dopravní řešení pro SSZ obsahovaly signální plány, algoritmy a data parametry pro dynamické

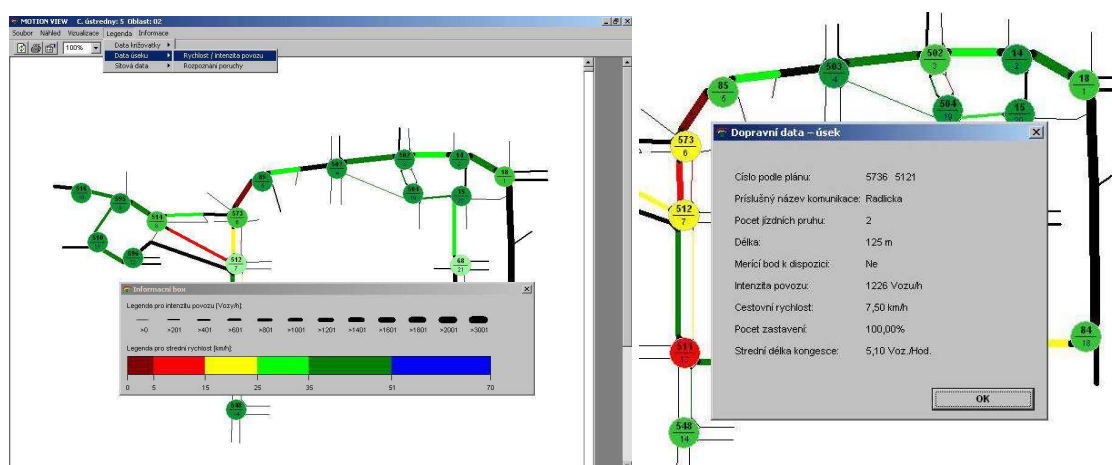
adaptivní řízení. Práce na těchto řešeních byly projednávány se zástupci PČR a MHMP, posléze probíhalo jejich schvalování.

Programování dopravních řadičů zpracovali schválená dopravní řešení do softwarové podoby. Vzniklý software byl nainstalován do daného dopravního řadiče a spolu s tvůrcem dopravního řešení odladěn a schválen.

Programování dopravní ústředny respektive systému MOTION, bylo provedeno na základě schváleného dopravního řešení pro dopravní ústřednu a systém MOTION. Zdrojovým daty byly především následující parametry:

- signální skupiny SSZ,
- signální obraz fází,
- sled fází (hlavní led, alternativní sled),
- fázové přechody,
- délky cyklů jednotlivých programů,
- vzdálenosti stopčar mezi SSZ,
- minimální a maximální doby volny pro jednotlivé situace a taktiky.

Následným krokem po programování dopravní ústředny bylo spuštění testovacího provozu tzv. „Off-Line test“ systému MOTION. V tomto testovacím režimu systém pracuje s reálnými vstupy (on-line) dopravními daty, výstupe ze systému však nejsou zasílány do jednotlivých řadičů, ale jsou v datové formě ukládány na serverech dopravní ústředny MIGRA CENTRAL kde byly následně vyhodnoceny. Třetím krokem byl on-line test, kdy výstupy již byly zasílány na jednotlivé řadiče, a sledovala se následná reakce dopravy.[7,9]



Obrázek č. 12 : Uživatelské rozhraní systému MOTION [6]

4 Měření a vyhodnocení systému

Pro vyhodnocení systému MOTION byla použita data pro dva základní stavy řízení v oblasti Smíchova tj. při vypnutém systému MOTION a při zapnutém systému MOTION včetně reakcí modulu CIM. Vlastní část vyhodnocení je členěna do čtyř základních objektivizujících částí s naměřenými daty doplněných dalšími kapitolami popisujícími a křižovatky.

V první části jsou prezentována dopravně inženýrská data intenzity a obsazenosti naměřená na detektorech příslušných křižovatek. Pro porovnání jsou brána data na jednotlivých vjezdech do oblasti, na jednotlivých řezech v oblasti a na jednotlivých výjezdech z oblasti ve třech časových pásmech. Intenzita je udávána jako příslušná suma hodnot na příslušných vjezdech, řezech a výjezdech. Obsazenost je udávána jako průměrná hodnota na příslušných vjezdech, řezech a výjezdech.

V druhé části jsou porovnána data získána z plovoucích vozidel, která byla zaznamenávána posádkou vozidel do počítače. Pro porovnání dat bylo navrženo šest tras, které postihují průjezd vozidel oblastí včetně koordinačních vazeb. Z dat je možné určit průměrnou dobu jízdy příslušnou trasou a průměrné zdržení na trase včetně průměrné zdržení před křižovatkou a průměrnou dobu jízdy mezi křižovatkami.

Třetí část popisuje reakci resp. funkci systému MOTION s modulem CIM z dopravně inženýrských dat. Je zde prezentován výběr situací a modifikace doby cyklu v závislosti jen na vybraných datech z oblasti. Důvodem je velký počet detektorů v oblasti a snaha o „zprůhlednění“ vybrání příslušné situace a výpočtu cyklu.

Obecně lze říci, že pro vlastní posouzení byly vybrány a posuzovány vždy stejné dny v týdnu tj. pondělí se zapnutým systémem MOTION a pondělí s vypnutým systémem MOTION. V kapitole 4.1 jsou uvedeny příslušné grafy, pokud jsou uváděny tabulky s procentuelním rozdílem mezi zapnutým systémem MOTION a vypnutým systémem MOTION, tak vždy kladná hodnota (+) je pozitivní pro systém MOTION a záporná hodnota (-) je vždy negativní pro systém MOTION.

V oblasti Smíchova během vyhodnocení nedošlo k takovým problémům, že by nebylo možné údaje z některého dne použít. V oblasti Smíchova nedocházelo ani ke stavebním či jiným rozsáhlým omezením, která by měla vážný vliv na měření. Docházelo k uzavření tunelové technologie v nočních hodinách, což na měření nemělo vliv. Při vyhodnocení byl kladen důraz objektivizovat nasazení systému MOTION z pozitivní, ale i z negativní stránky včetně uvedení doporučení úprav v oblasti Smíchova či systému.

4.1 Vyhodnocení systému MOTION – DI data

Pro vyhodnocení zkušebního provozu systému MOTION byly vybrána dvě základní dopravně inženýrská kritéria - intenzita a obsazenost. Byly porovnávány dva stavy řízení v oblasti Smíchova se zapnutým systémem MOTION a s vypnutým systémem. Měření probíhalo vždy v období od 7. 00h do 11.00h, od 11.00h do 15.00h a od 15.00h do 19.00h. Dopravně inženýrská data byla sbírána na vjezdech do oblasti, na vybraných řezech Smíchovského okruhu a na výjezdech z oblasti viz Tabulky č. 6 - 8. Data byla vybírána ze všech strategických detektorů včetně některých vzdálených smyček, které jsou na příjezdu do oblasti a nejsou pokryty strategickým detektorem.

Vzhledem k tomu, že při vyhodnocení došlo k poruše dvou strategických detektorů S61 a S62 v ulici Kartouzské za křižovatkou 5.503, jsou dále počítány a uvažovány hodnoty z prodlužovacích detektorů před 5.085 (DVA, DVA', DVA''). Porucha detektorů neměla vliv na funkci řízení. Při vyhodnocování nebyly zaznamenány jiné problémy s detektory, které by mohly mít negativní vliv na řízení nebo způsobovat obtíže při vyhodnocení.

Vjezdy do oblasti		
Ulice	Vjezd před SSZ	Detektory
Jiráskův most	5.018	S22, S23
Zborovská	5.014	S15, S16
Preslova	5.502	S13
Štefánikova	5.503	S11
Duškova	5.510	S3, S4
Strahovský tunel	5.596	DVC1a, DVC1b
rampa Mrázovka	5.573	DVF1, DVF1a
Ostrovského	5.511	S38, S49
Radlická	5.511	DVE, DVEa
Radlická	5.548	DVCa
Nádražní	5.505	S47
Hořejší nábřeží	5.084	S39, S40
Lidická	5.068	DVB1

Tabulka č. 6: Vjezdy do oblasti

Vybrané komunikace v oblasti		
Ulice	Vybrané řezy před SSZ	Detektory
V botanice	5.503	S18, S19
Kartouzská	5.085	DVA, DVA', DVA''
Plzeňská	5.512	SD8, SD9
Radlická	5.511	S63, S64
Radlická	5.512	S65, S65a
Ostrovského	5.565	S35, S36, S37
Vltavská	5.024	S33, S34
Janáčkovo nábřeží	5.018	S28, S29
Svornosti	5.024	S30, S31
Matoušova	5.015	S20, S21

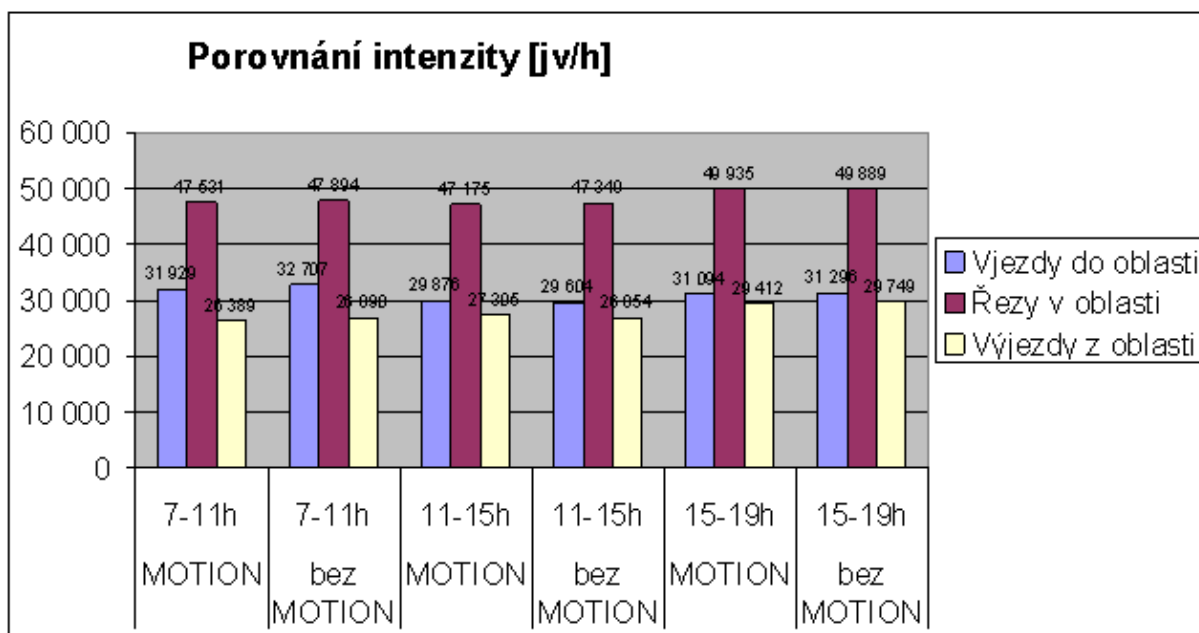
Tabulka č. 7: Vybrané řezy v oblasti

Výjezdy z oblasti		
Ulice	Výjezdy ze SSZ	Detektory
Preslova	5.502	S14
Štefánikova	5.503	S12
Strahovský tunel	5.573	SD7
Plzeňská	5.595	S1, S2
Duškova	5.596	DVA=S6
Ostrovského	5.511	S50
Radlická	5.548	S45, S46
Nádražní	5.505	S48
Svornosti	5.024	S51, S52
Jiráskův most	5.018	S25, S26
Janáčkovo nábřeží	5.018	S27

Tabulka č. 8: Výjezdy z oblasti

4.1.1 Porovnání intenzit dopravy

Porovnání hodnot intenzit při zapnutém a vypnutém systému MOTION jsou uvedeny sumárně pro jednotlivé dny. Celkové porovnání DI hodnot bylo bez zahrnutí soboty a neděle. Porovnání intenzit při zapnutém systému a vypnutém systému MOTION na vjezdech, řezech a výjezdech ve špičkových hodinách je patrné z Obrázku č. 13. Je zřejmé, že rozdíly hodnot intenzity při vypnutém a zapnutém systému MOTION nejsou tak výrazné a pohybují se maximálně od -2% do +2%, viz Tabulka č. 9. V oblasti Smíchova při vypnutém systému MOTION projelo více vozidel v dopoledních a odpoledních hodinách než při zapnutém systému MOTION, tj. při řízení systémem MOTION se v oblasti nacházelo o něco málo méně vozidel za jednotku času.



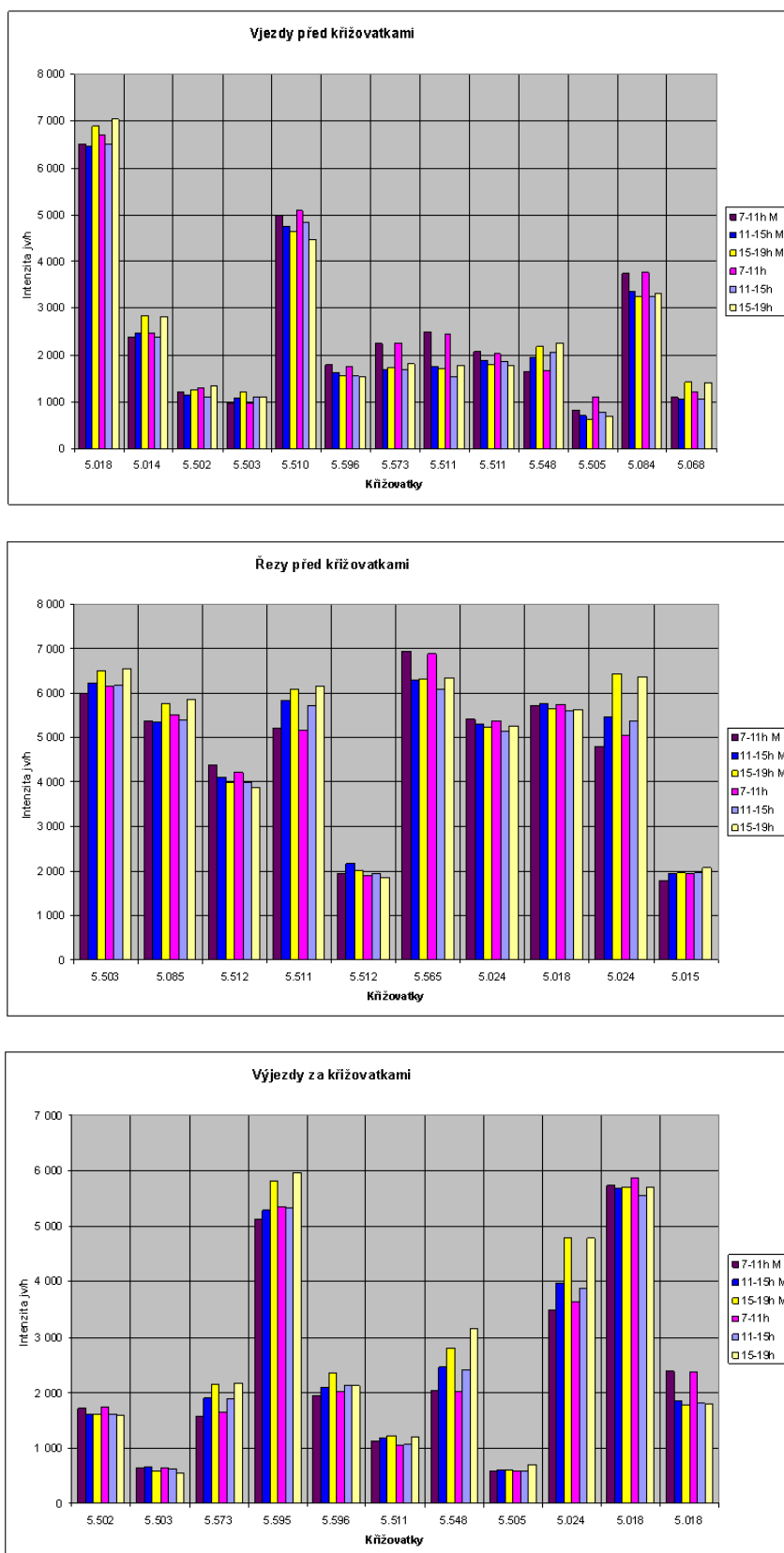
Obrázek č. 13: Průběhy součtu intenzity v oblasti Smíchova. [3]

Intenzita v oblasti			
	Rozdíl %	Rozdíl %	Rozdíl%
Čas	7-11h	11-15h	15-19h
Vjezdy do oblasti	-2	1	-1
Řezy v oblasti	-1	0	0
Výjezdy z oblasti	-2	2	-1

Tabulka č. 9: Porovnání intenzity v oblasti Smíchova v procentech

Podrobné porovnání intenzit vjezdů, řezů a výjezdů křižovatek v oblasti je na Obrázku č.14. Jak je patrné intenzity na vjezdech se vzájemně neliší a pohybují se pro

jednotlivé křižovatky v rozmezí $\pm 3\%$, vybrané řezy v oblasti se také výrazně neliší a rozdíly se pohybují okolo $\pm 1,5\%$ a výjezdy z oblasti se pohybují okolo $\pm 2\%$.



Obrázek č. 14: Průběhy intenzity pro vjezdy, řezy a výjezdy křižovatek v oblasti Smíchova [3].

V případě samostatného porovnávání intenzity vozidel, není možné určit jednoznačný závěr o dopravě v oblasti. Lze pouze konstatovat, zda se v oblasti nacházelo více či méně vozidel. Proto se zjišťuje a měří další hodnota a tou je obsazenost.

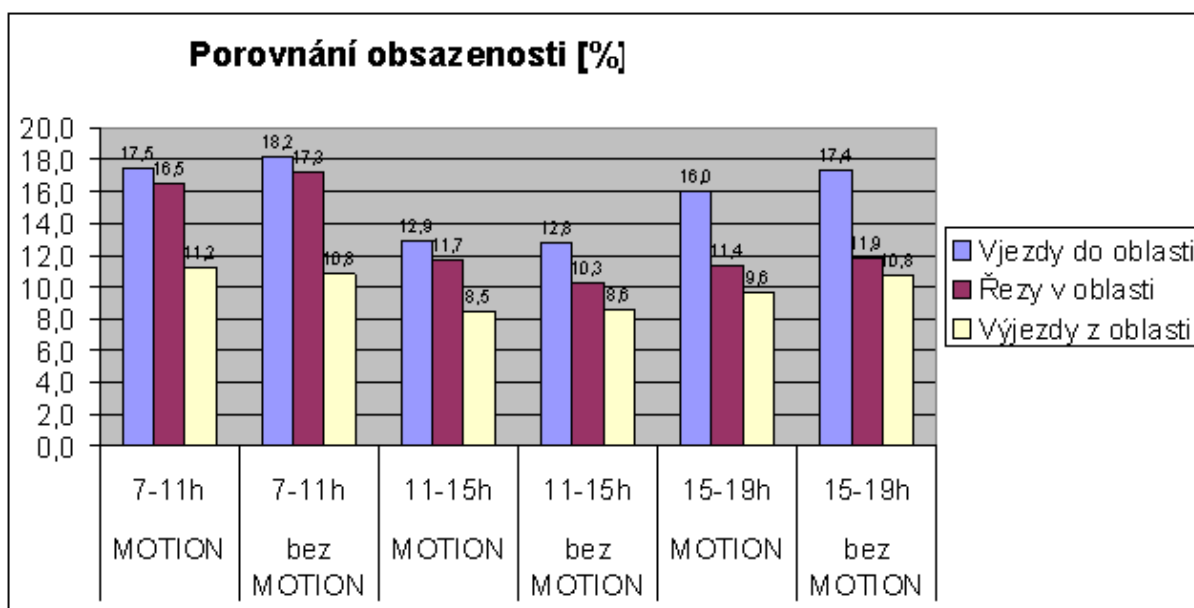
4.1.2 Porovnání obsazenosti dopravy

Porovnání obsazenosti při zapnutém systému a vypnutém systému MOTION jsou uvedeny pro jednotlivé dny. Celkové porovnání DI hodnot bylo bez zahrnutí soboty a neděle.

Porovnání obsazenosti při zapnutém systému a vypnutém systému MOTION na vjezdech, řezech a výjezdech ve špičkových hodinách je patrné na Obrázku č. 15. Oproti hodnotám intenzit je možné již lépe z hodnot obsazenosti posuzovat řízení se systémem a bez systému MOTION.

Tabulka č. 10 ukazuje rozdílné hodnoty obsazenosti, kde kladné rozdíly procentuelních hodnot, jsou pozitivní pro MOTION tj. obsazenost byla nižší, a naopak záporné hodnoty ukazují zhoršení obsazenosti pro systém.

V dopoledních hodinách systém MOTION vychází, lépe s tím, že dochází ke zhoršení obsazenosti na výjezdu, tj. dochází ke zdržení vozidel na výjezdu z oblasti. V poledních hodinách dochází ke zvýšení obsazenosti uvnitř oblasti řízení a v odpoledních hodinách je obsazenost výrazně lepší pro systém MOTION, než pro vypnutý systém. Hodnoty obsazenosti se pohybují ve větších maximálních rozdílech, než je intenzita, od -12% do +12%. Obsazenost měřená na detektorech již určuje vznik kolony a následné zdržení vozidel.



Obrázek č. 15: Průběhy průměrných obsazeností v oblasti Smíchova [3].

Obsazenost v oblasti			
	Rozdíl %	Rozdíl %	Rozdíl%
Čas	7-11h	11-15h	15-19h
Vjezdy do oblasti	4	-1	9
Řezy v oblasti	4	-12	4
Výjezdy z oblasti	-4	2	12

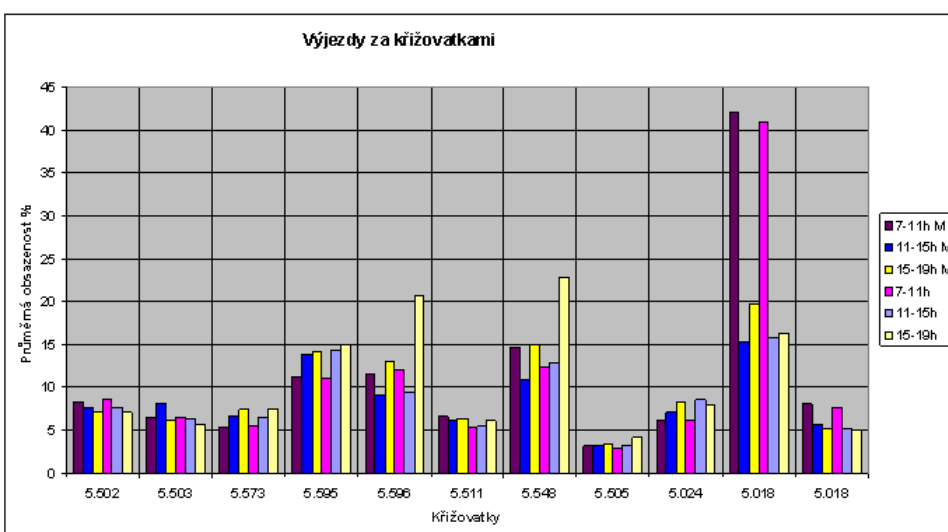
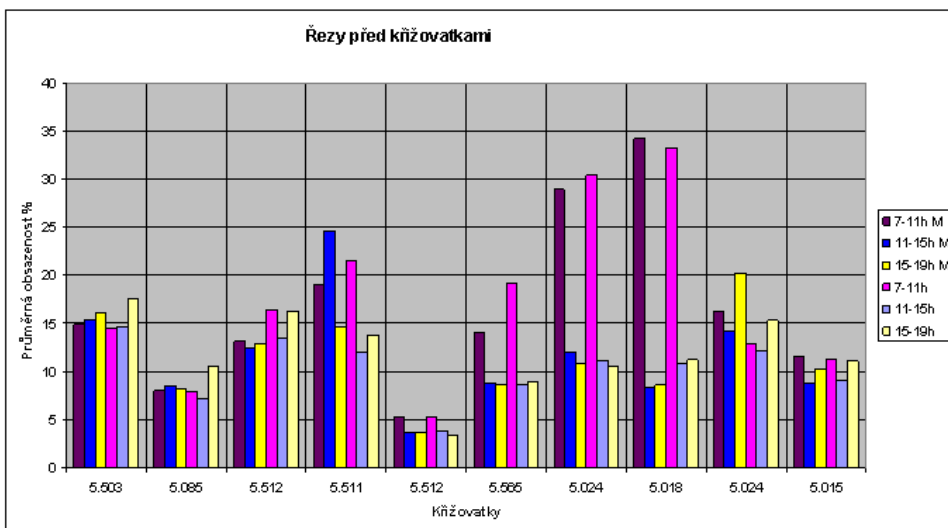
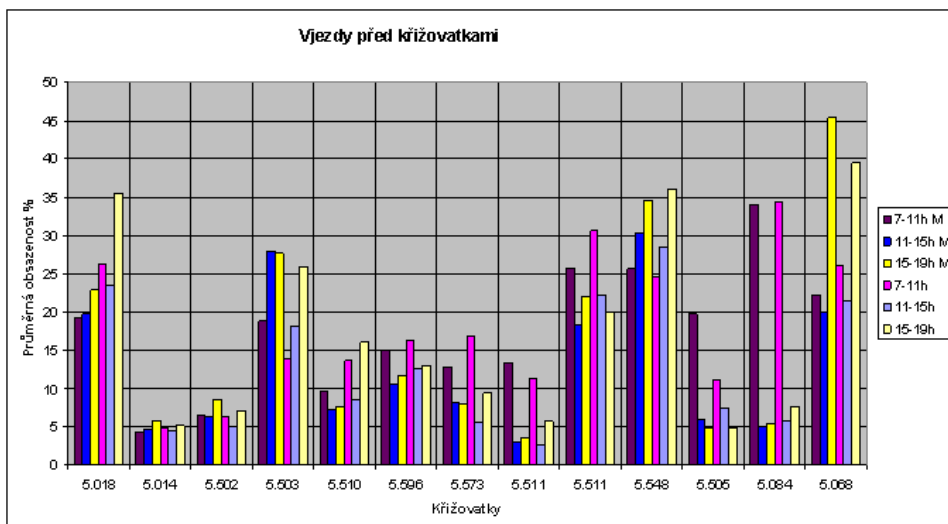
Tabulka č. 10: Porovnání obsazenosti v oblasti Smíchova v procentech

Podrobné porovnání obsazenosti vjezdů, řezů a výjezdů pro křižovatky v oblasti jsou na Obrázku č. 15. Pro vjezd do oblasti Smíchova po celý den vychází systém MOTION lépe pro křižovatky 5.018, 5.510 a v dopravní špičce pro 5.573. Při vypnutém systému MOTION vychází lépe pro 5.503 a 5.511. Během dne je možné pozorovat zejména problémy na výjezdu z oblasti v dopoledních hodinách, kdy se vytváří kolona od Jiráskova mostu a zasahuje směrem do Smíchovského okruhu. V odpoledních hodinách dochází ke krátkodobým „nárazovým“ kolonám na ulici Plzeňské ve směru z centra.

Pro řezy v oblasti vychází pro MOTION lépe křižovatka 5.512 a naopak hůře křižovatka 5.024. V oblasti je zřetelná dopolední špička na křižovatkách 5.565, 5.024 a 5.018, kde díky nemožnosti průjezdu Jiráskova mostu dochází k tvorbě kolony v oblasti. Na křižovatce 5.511 dochází v poledních hodinách ke zhoršení při řízení systémem MOTION. Důvodem jsou kratší cykly, což má pro tuto vytíženou křižovatku výrazné snížení kapacity.

Pro výjezd z oblasti vychází systém MOTION lépe pro křižovatku 5.596 a hůře pro křižovatky 5.511 a 5.018. Na vjezdu v dopoledních hodinách dochází k tvorbě kolony před 5.084 již z důvodů popsaných a ke zdržování vozidel na ulici Radlické před 5.548. Nezanedbatelné problémy vznikají i před SSZ 5.068 ve směru od Palackého mostu, kdy v odpoledních hodinách bývá doprava v tomto směru kritická. V dopoledních hodinách se tvoří naopak kolony od Palackého mostu.

Jak je patrné z Obrázku č. 16, obsazenosti na vjezdech se vzájemně liší a pohybují se pro jednotlivé křižovatky v rozmezí $\pm 15\%$, vybrané řezy v oblasti se také výrazně liší a rozdíly se pohybují okolo $\pm 8,5\%$ a rozdíly na výjezdech z oblasti se pohybují okolo $\pm 7\%$.



Obrázek č. 16 Průběhy obsazenosti pro vjezdy, řezy a výjezdy křižovatek v oblasti Smíchova [3].

4.1.3 Zhodnocení DI dat

Pokud je porovnáváno celkové množství vozidel, která projedou oblastí Smíchova při zapnutém a při vypnutém systému MOTION, pak dopoledne bylo množství vozidel o 2% nižší než při zapnutém systému. V poledních hodinách je množství vozidel při zapnutém systému MOTION o 2% vyšší a o v odpoledních hodinách je množství vozidel srovnatelné tj. rozdíl je 0%. Množství vozidel v oblasti při vypnutém a zapnutém systému MOTION je možné považovat za shodné.

Při porovnání celkové průměrné hodnoty obsazenosti při zapnutém systému a při vypnutém systému řízení MOTION, jsou výsledky měření obsazenosti v dopolední špičce o 2% lepší a v odpoledních hodinách o 8% lepší. V poledním sedle je dynamické řízení s vypnutým systémem lepší než systém MOTION a to o 4%.

Hodnoty obsazenosti lze interpretovat i jako míru zdržení či vznik kolony. Lze tedy na základě dopravně inženýrských dat konstatovat, že řízení se systémem MOTION je lepší v dopoledních a odpoledních hodinách při prakticky stejném množství vozidel.

Při porovnání řízení s vypnutým systémem a se zapnutým systémem MOTION na křižovatkách, lze konstatovat, že z dopravně inženýrských dat není patrné výrazné zhoršení či zlepšení. V oblasti dochází nezávisle na způsobu řízení ke kolonám na Jiráskově mostě a následně zpětným směrem do oblasti Smíchova a na ulici Strakonickou. V odpoledních hodinách dochází k problémům na příjezdu od Palackého mostu k ulici Zborovské, přičemž v dopoledních hodinách je tomu naopak. Vzhledem k výpočtu krátkých dob cyklů v poledních hodinách je snížena kapacita křižovatky 5.511, což má za následek růst obsazenosti a výsledné zhoršení řízení systémem MOTION pro tuto křižovatku.

Je vhodné obecně poznamenat, že na výjezdových komunikacích, ze kterých neodjíždějí vozidla, je obtížné oblast řídit jakýmkoliv způsobem či systémem bez vazby na navazující oblast.

4.2 Vyhodnocení systému MOTION – plovoucí vozidlo

Měření pomocí plovoucího vozidla bylo provedeno s cílem zjištění chování dopravy v oblasti Smíchova při zapnutém a vypnutém řízení systému MOTION i pro upřesnění dopravně inženýrských dat. Byly porovnávány dva stavy řízení v oblasti Smíchova zapnutým s vypnutým systémem MOTION.

Měření probíhalo vždy v období od 7. 00h do 11.00h, od 11.00h do 15.00h a od 15.00h do 19.00h. Data byla zaznamenávána do počítače jako doba zdržení před křižovatkou a doba jízdy mezi křižovatkami pro jednotlivé definované trasy.

Měření bylo realizováno na předem stanovených trasách, které jsou základními koordinovanými tahy a zároveň nejlépe reprezentují celou měřenou oblast Smíchova. Na Obrázku č. 16 jsou vyznačeny jednotlivé trasy plovoucího vozidla:

Trasa A – 510-596-514-512-511-565-505-024-084-018

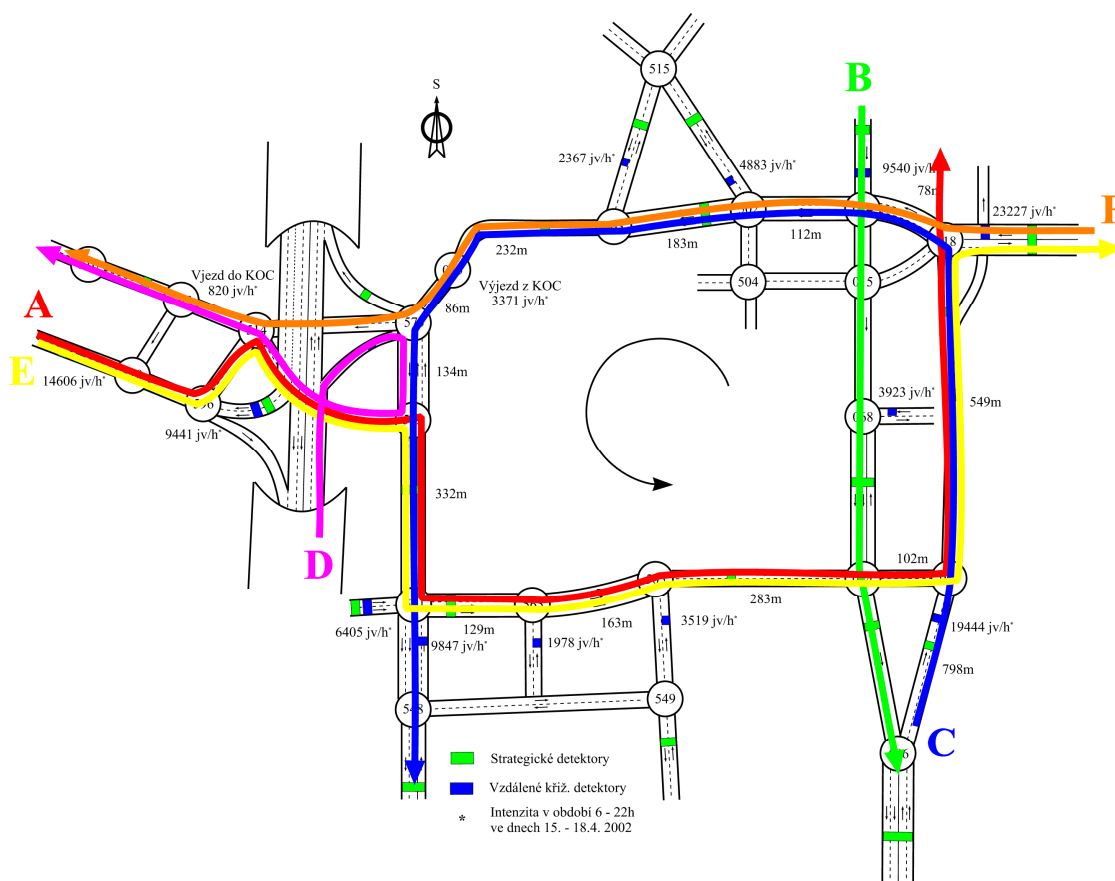
Trasa B – 014-015-068-024

Trasa C – 084-018-014-502-503-085-573-512-511-548

Trasa D – 573-512-514-595-516

Trasa E – 510-596-514-512-511-565-505-024-084-018-1.012

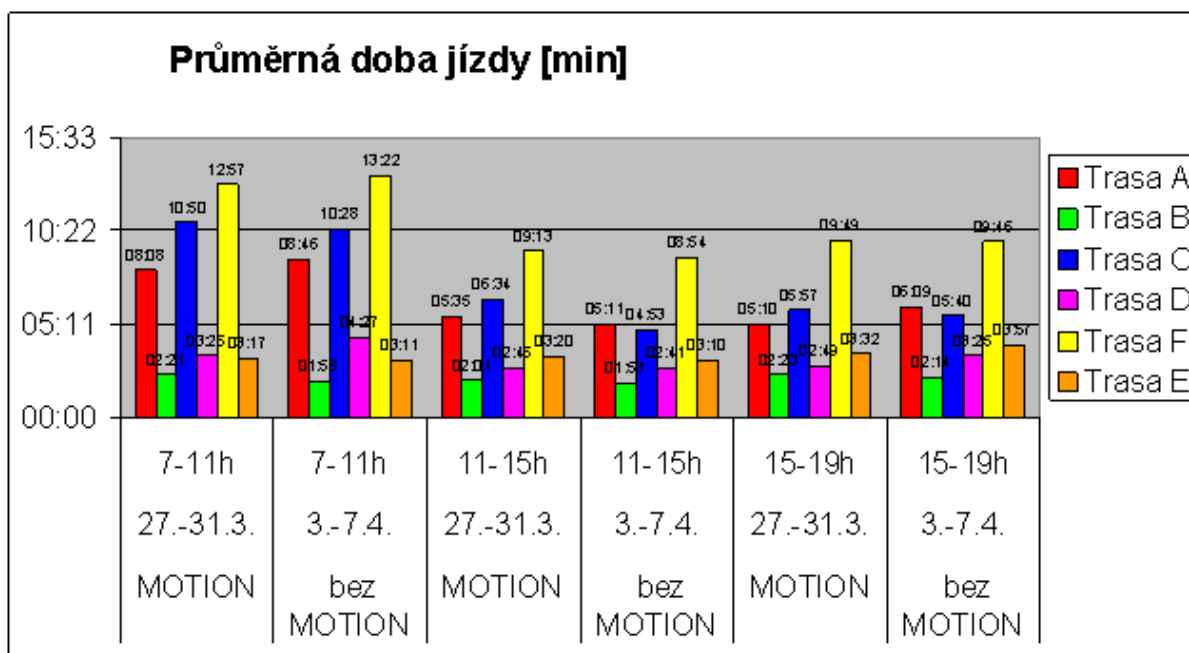
Trasa F – 018-014-502-503-085-573-514-595-516



Obrázek č. 17: Trasy plovoucího vozidla[3].

4.2.1 Průměrná doba jízdy plovoucího vozidla

Pro posouzení oblasti je možné stanovit průměrnou dobu jízdy oblastí a průměrné zdržení v oblasti pro jednotlivé trasy při zapnutém systému a při vypnutém systému MOTION. Na Obrázku č. 18 je vidět grafické znázornění doby jízdy pro jednotlivé trasy ve třech denních časových intervalech, což je také deklarováno v Tabulce č. 11.



Obrázek č. 18 Průměrná doba jízdy v oblasti Smíchova pro šest tras [3].

Doby jízdy	Rozdíl %		
	7-11h	11-15h	15-19h
Čas			
Trasa A	8	-7	19
Trasa B	-16	-6	-6
Trasa C	-3	-26	-5
Trasa D	30	-3	21
Trasa E	3	-3	-1
Trasa F	-3	-5	12

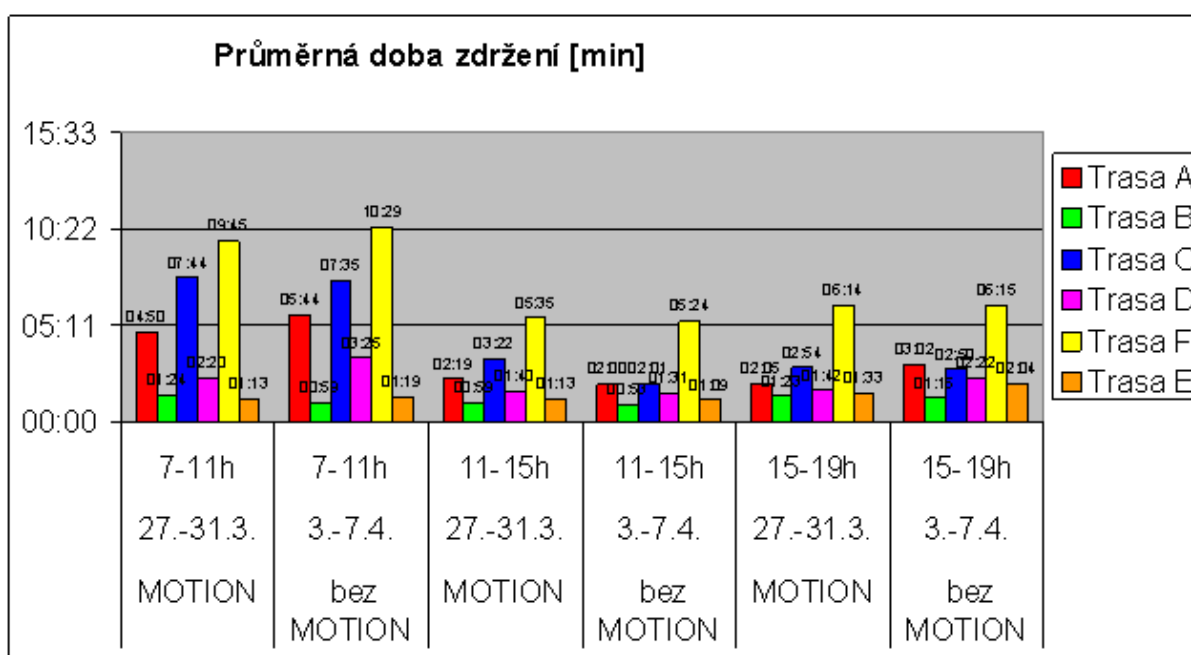
Tabulka č. 11: Porovnání průměrné doby jízdy v oblasti Smíchova v procentech

Průměrná celková doba jízdy pro trasu A je kratší při zapnutém systému MOTION v dopolední a odpolední dopravní špičce v průměru o 13%, v poledním sedle trasa A vychází o něco hůře. Trasa B vychází po celý den hůře pro řízení systémem MOTION v průměru o 9%. Trasa C vychází hůře pro systém MOTION po celý den o 11%. Trasa D pro dopolední a

odpolední špičku vychází lépe pro systém MOTION o 26% v poledním čase vyhodnocení pro systém MOTION již nevyznívá tak dobře. Trasa E je v dopoledních hodinách při řízení systémem MOTION příznivější o 3%, zatímco v poledních a odpoledních hodinách vychází lépe samotné dynamické řízení. Naproti tomu trasa F vychází lépe pro odpolední špičku a to o 12% zatímco dopolední a polední hodiny jsou příznivější pro řízení bez systému.

4.3 Průměrná doba zdržení plovoucího vozidla

Porovnání průměrného zdržení v oblasti se zapnutým a vypnutým systémem MOTION je na Obrázku č. 19 a v Tabulce č. 12. Na obrázku je zobrazeno grafické znázornění zdržení v oblasti pro jednotlivé trasy ve třech časových intervalech..



Obrázek č. 19: Průměrná doba zdržení v oblasti Smíchova pro šest tras [3].

Doby zdržení	Rozdíl %		
	7-11h	11-15h	15-19h
Čas	7-11h	11-15h	15-19h
Trasa A	19	-14	46
Trasa B	-30	-10	-9
Trasa C	-2	-40	-2
Trasa D	46	-8	39
Trasa E	8	-3	0

Doby zdržení			
	Rozdíl %	Rozdíl %	Rozdíl%
Čas	7-11h	11-15h	15-19h
Trasa F	8	-5	34

Tabulka č. 12: Porovnání průměrné doby zdržení v oblasti Smíchova v procentech

Průměrná celková doba zdržení pro trasu A je kratší při zapnutém systému MOTION v dopolední a odpolední dopravní špičce v průměru o 35%, v poledním sedle trasa A vychází o hůře o 14%. Trasa B vychází po celý den hůře pro řízení systémem MOTION v průměru o 16%. Trasa C vychází nepříznivěji pro systém MOTION v dopolední a odpolední špičce o 2%, polední doprava je výrazně horší. Trasa D pro dopolední a odpolední špičku je příznivější pro systém MOTION o 46%, v poledním čase vychází vyhodnocení pro systém MOTION nepříznivěji. Trasa E je v dopoledních hodinách při řízení systémem MOTION lepší o 8%, zatímco v poledních hodinách vychází lépe samotné dynamické řízení a v odpoledních hodinách se systémy vyrovnávají. Trasa F vychází v dopolední a odpolední špičce v průměru lépe o 21%, zatímco polední hodiny jsou příznivější pro řízení bez systému MOTION.

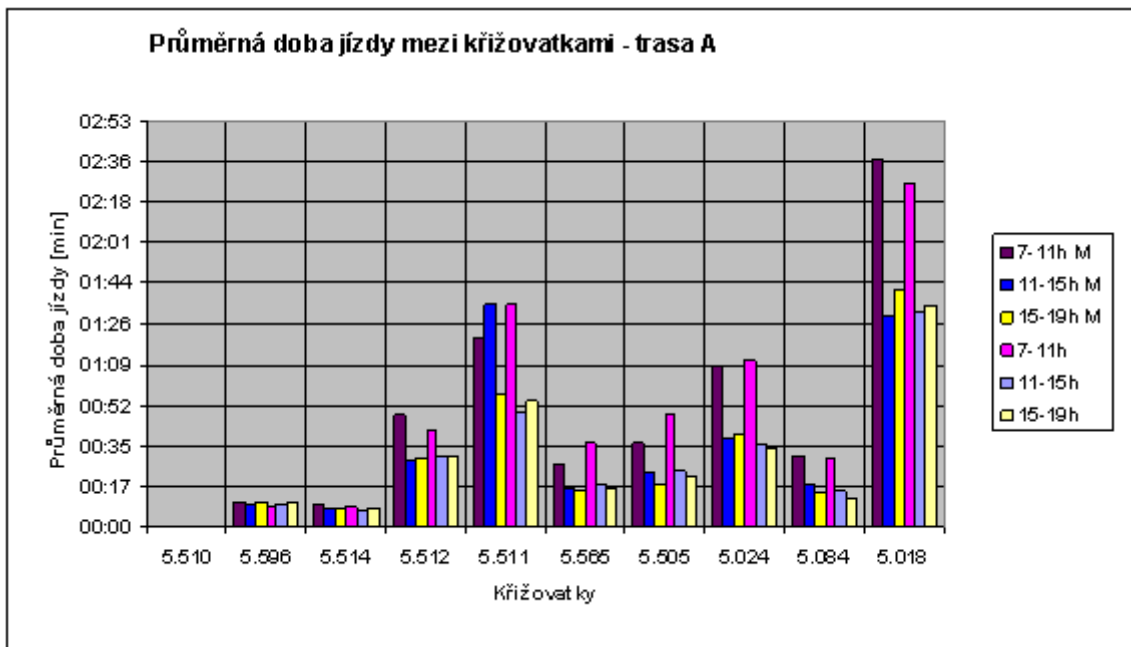
Při celkovém porovnání doby průjezdu a doby zdržení vozidel na jednotlivou trasu přepočítanou na celou oblast, pak doba průjezdu oblastí při zapnutém a vypnutém systému MOTION je prakticky stejná tj. je nulový procentuelní rozdíl. Naproti tomu porovnání doby zdržení před oblastí v oblasti i na výjezdu z oblasti je o 4% je pro systém MOTION příznivější [5].

4.3.1 Porovnání navržených tras pro plovoucí vozidlo

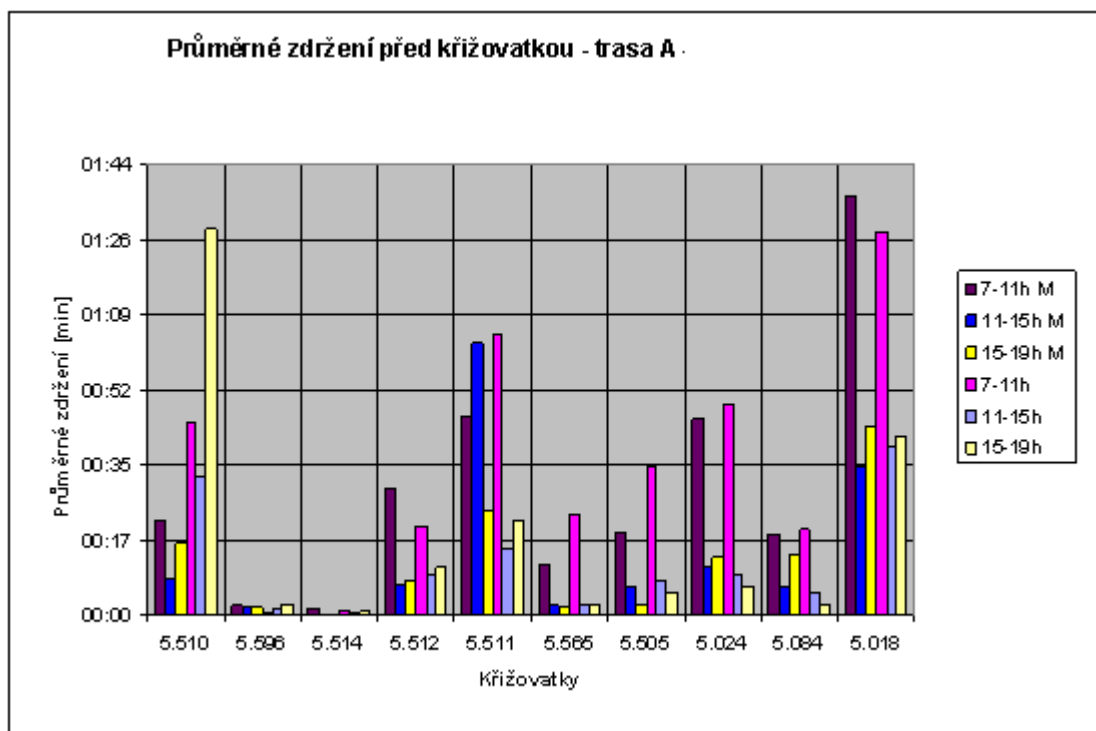
Jednotlivé trasy jsou porovnávány z hlediska průměrné doby jízdy mezi křižovatkami, kde je uvažována pouze hodnota mezi křižovatkami na dané trase na rozdíl od doby jízdy, ve které je započítáno i zdržení před trasou. Doba zdržení je uváděna i před křižovatkou, kde začíná trasa měření. Doba zdržení před křižovatkou i doba jízdy mezi křižovatkami je posuzována ve třech denních obdobích.

Trasa A je navržena tak, aby byla popsána jižní část Smíchovského okruhu (510-596-514-512-511-565-505-024-084-018). Na křižovatce 5.018 se neodbočuje na Jiráskův most, ale trasa pokračuje směrem na Janáčkovo nábřeží. Doby jízdy mezi křižovatkami jsou na Obrázku č. 20., kde je dobře zřetelná dopolední dopravní špička před křižovatkou 5.018. Celková průměrná doba jízdy pro trasu A v dopoledních hodinách je kratší o 3% při řízení systémem MOTION. Při vypnutém systému MOTION je doba jízdy delší v dopoledních

hodinách pro křižovatky 5.565 a 5.505. V poledních hodinách je systém MOTION horší o 14% z důvodu delší doby jízdy před SSZ 5.511. V odpoledních hodinách je systém MOTION horší o 5% z důvodu delší doby jízdy před SSZ 5.018 a 5.024 naopak pro křižovatku 5.505 je systém MOTION lepší.



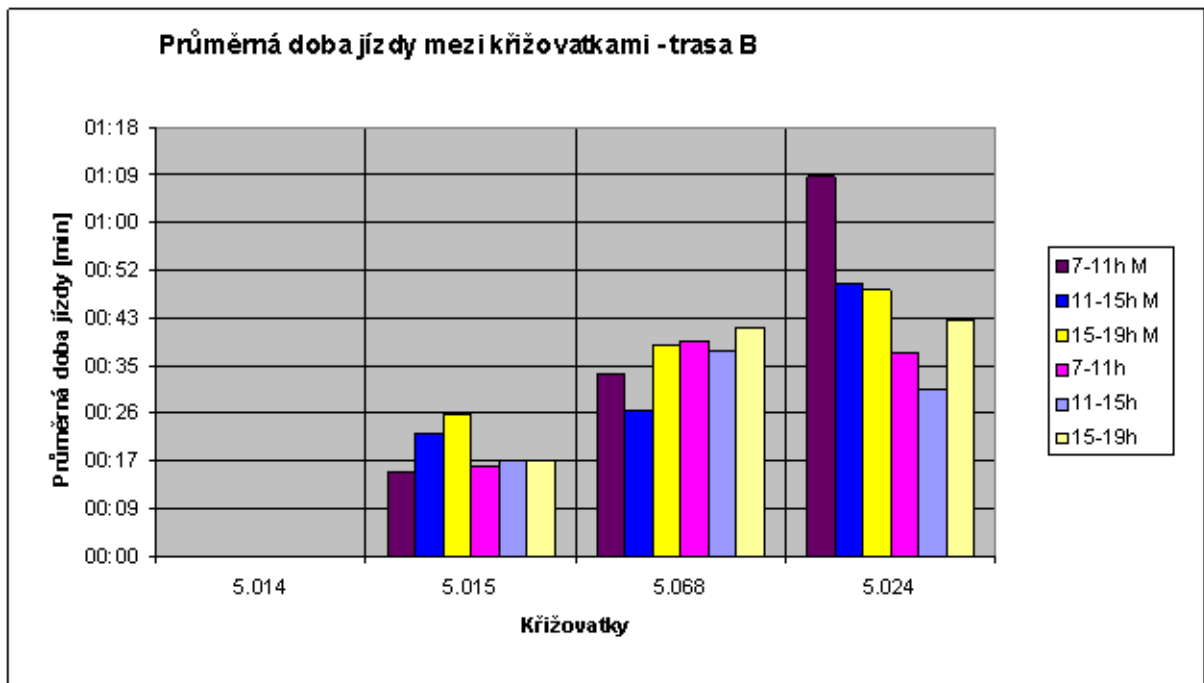
Obrázek č. 20: Doba jízdy mezi křižovatkami – trasa A [3].



Obrázek č. 21: Průměrné doby zdržení před křižovatkami – trasa A [3]

Z Obrázku č. 21 je patrné, že ke zdržení vozidel při vypnutém systému MOTION dochází zejména před křižovatkou 5.510. Velice dobře je zřetelná dopolední špička před křižovatkou 5.018. Celkové průměrné zdržení při zapnutém systému MOTION v dopoledních hodinách je nižší o 18% než při vypnutém systému. Odpolední špička vychází také lépe pro systém MOTION o 46%, což je způsobeno zejména křižovatkou 5.510. Polední doprava vychází v neprospěch systému MOTION o 14% a je to způsobeno zejména zdržením před křižovatkou 5.511.

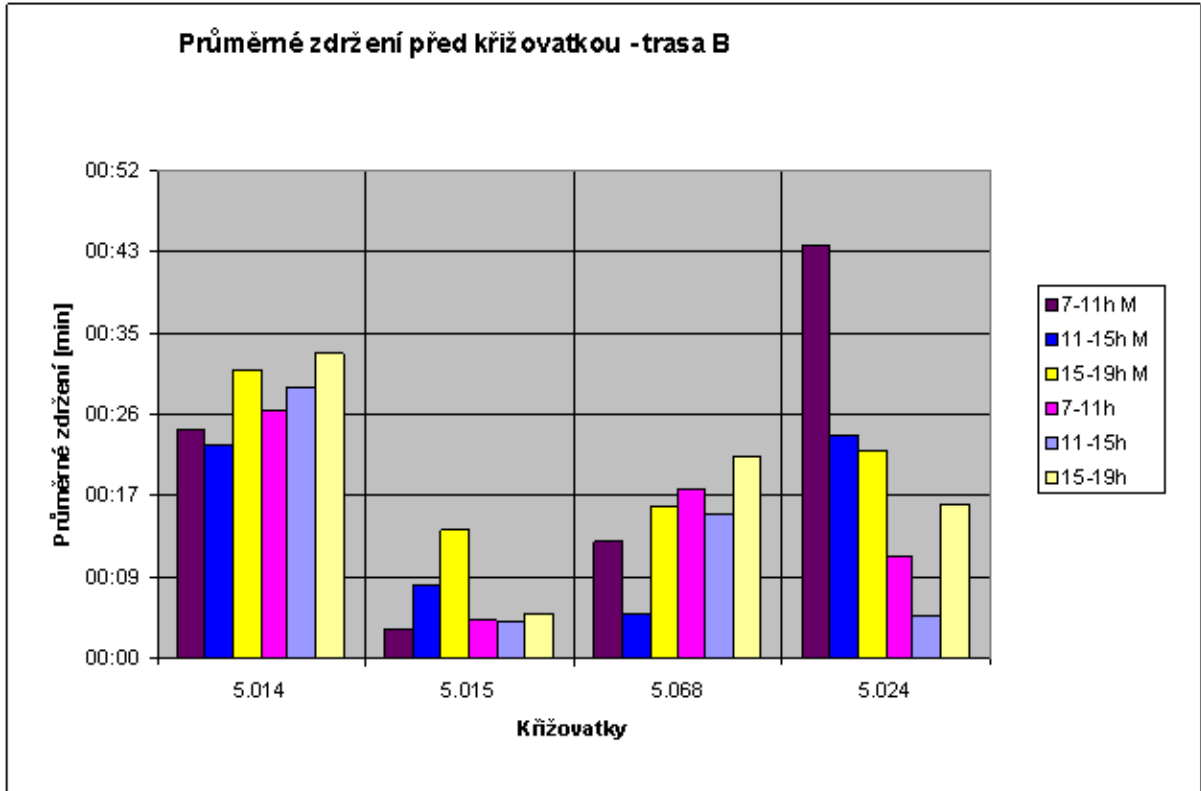
Trasu B využívající vozidla jedoucí po ulici Zborovské a po ulici Svornosti směrem na ulici Strakonickou (014-015-068-024). Jedná se o tah jdoucí napříč Smíchovským okruhem, který jej na dvou místech protíná. Doby jízdy mezi křižovatkami jsou na Obrázku č. 22., kde je dobře zřetelná dopolední dopravní špička před křižovatkou 5.024. Celková průměrná doba jízdy pro trasu B se zapnutým systémem MOTION je horší o 15% oproti vypnutému systému. Nejproblematictější křižovatkou při řízení systémem MOTION je křižovatka 5.024, přičemž na této křižovatce je preferován více Smíchovský okruh. Naopak křižovatka 5.068 vychází lépe při řízení systémem MOTION a navíc vychází i lépe pro doby zdržení z bočních směrů z vedlejších směrů, které nejsou na této křižovatce zanedbatelné.



Obrázek č. 22: Průměrná doba jízdy mezi křižovatkami – trasa B [3].

Z Obrázku č. 22 je patrné, že ke zdržení vozidel při vypnutém systému MOTION dochází zejména před křižovatkou 5.024. Naopak příjezd ke křižovatce 5.014 je s menším zdržením. Celková průměrná doba zdržení pro systém MOTION je horší o 16%. V poledním čase je

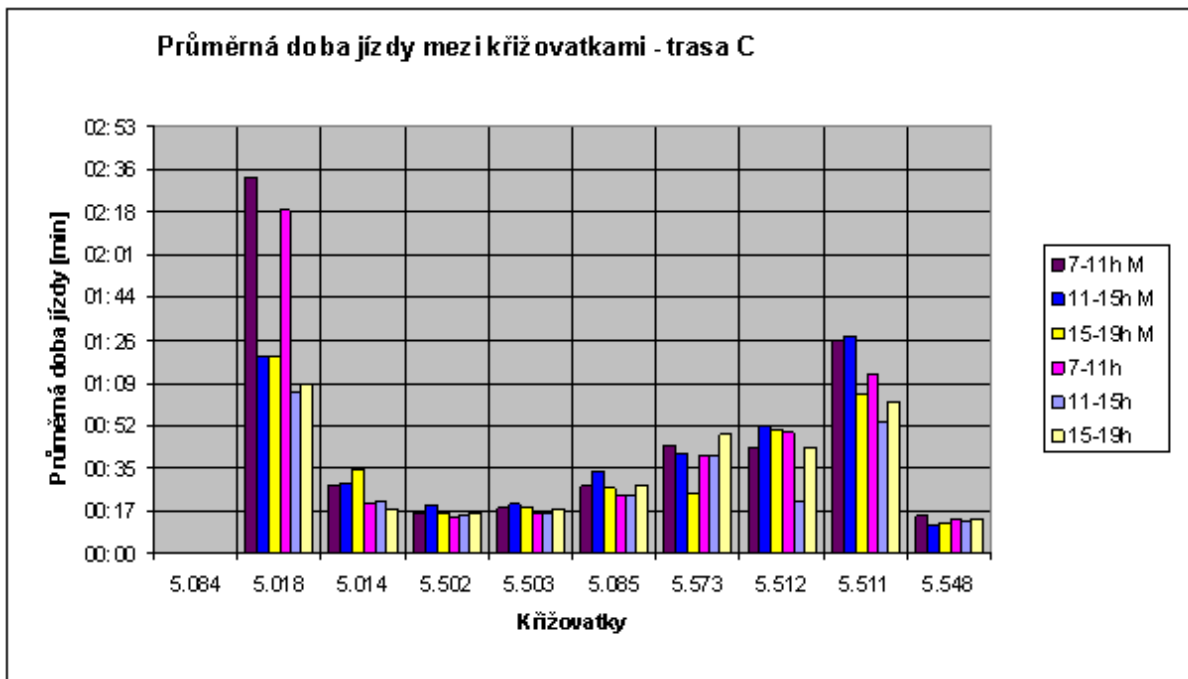
pozitivní řízení systém MOTION na křižovatku 5.068, naproti tomu v poledních a dopoledních hodinách dochází ke zdržení před SSZ 5.024.



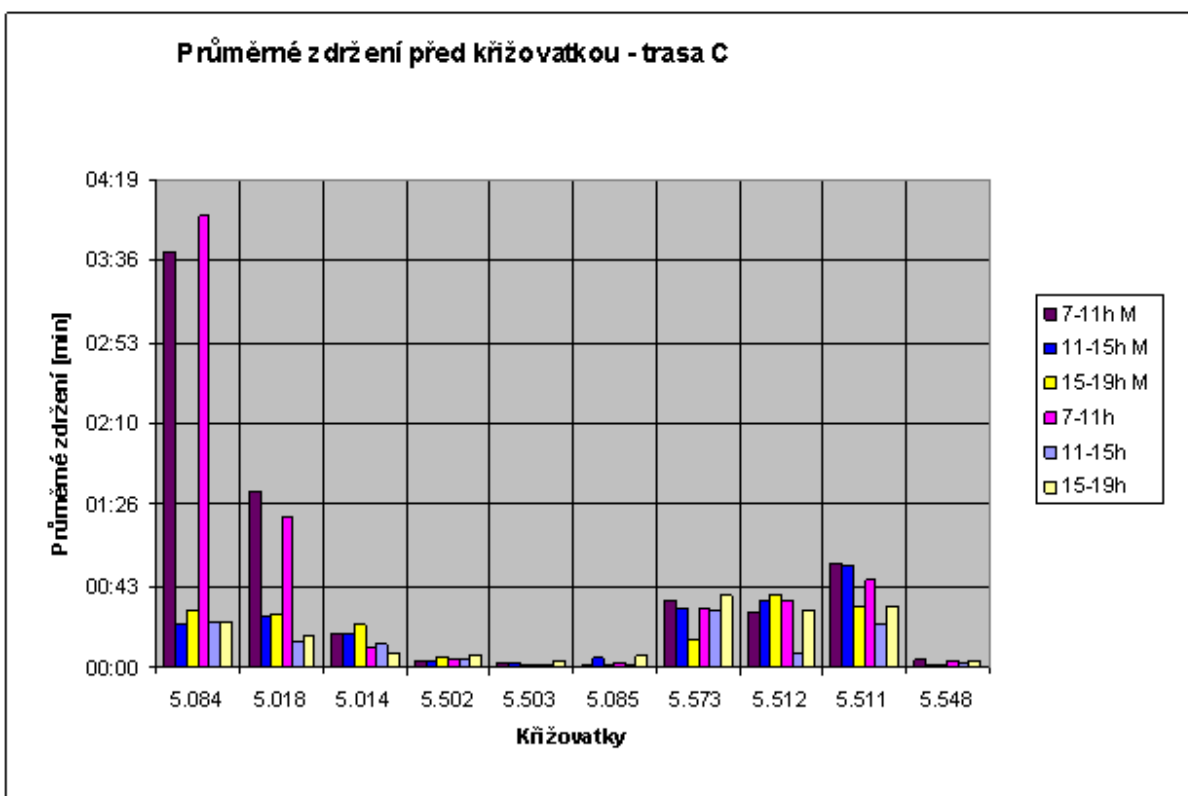
Obrázek č. 23: Průměrné doby zdržení před křižovatkami – trasa B[3].

Trasa C byla zvolena tak, aby byly popsány směry vozidel jedoucí od Strakonické ulice a ulice Hořejší nábřeží k Jiráskovu mostu. Dále vozidla, která jedou severní částí Smíchovského okruhu, kde mohou pokračovat na ulici Radlickou směrem na Zlíčov (084-018-014-502-503-085-573-512-511-548). Celou trasu s velkou pravděpodobností vozidla nevyužívají, ale popisuje důležité části a vazby v oblasti Smíchova.

Doby jízdy mezi křižovatkami jsou na Obrázku č. 24., kde je dobře zřetelná dopolední dopravní špička před křižovatkou 5.018 a 5.511. Celková průměrná doba jízdy pro trasu C se systémem MOTION je horší o 13% oproti vypnutému systému. Nejproblematictější křižovatkou při řízení systém MOTION je křižovatka 5.511 a 5.018. Naopak křižovatka 5.548 vychází lépe při řízení systém MOTION.



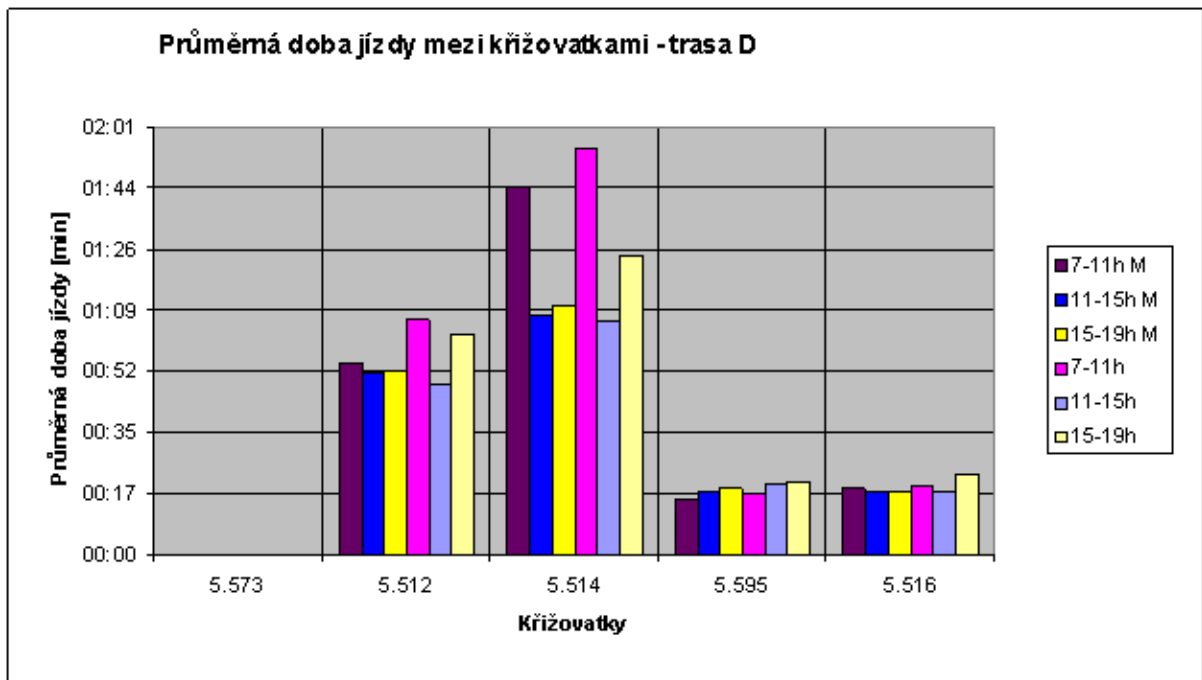
Obrázek č. 24: Průměrná doba jízdy mezi křižovatkami – trasa C [3].



Obrázek č. 25: Průměrné doby zdržení před křižovatkami – trasa C[3].

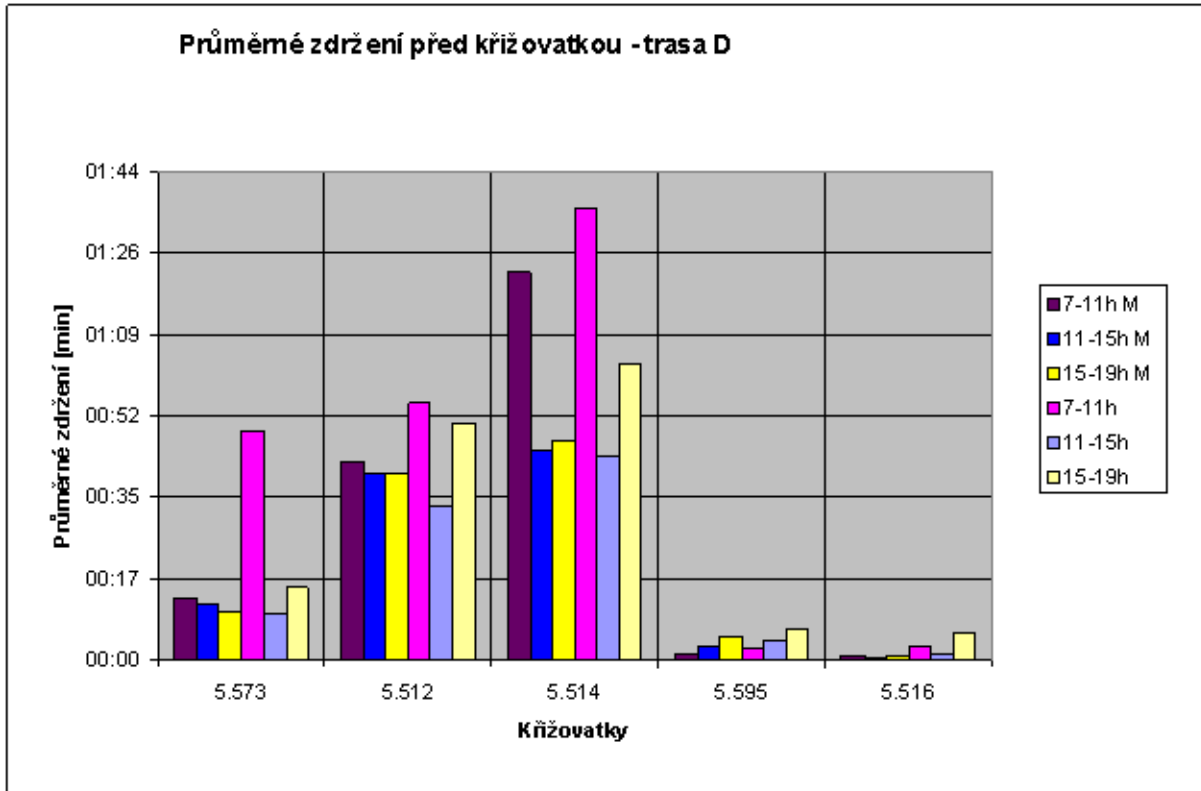
Z Obrázku č. 25 je patrné, že nejvíce problematickým úsekem je ulice Hořejší nábřeží před SSZ 5.084, kde především v dopolední špičce dochází ke zpětným kolonám směrem na ulici Strakonickou, ale při zapnutém systému MOTION dochází k nižšímu zdržení o 8%. Celková průměrná doba zdržení pro systém MOTION je horší o 14%. Zdržení před křižovatkami 5.502, 5.503 a 5.085 je zdržení minimální a srovnatelné při zapnutém i vypnutém systému.

Trasu D využívají vozidla jedoucí z tunelu Mrázovka směrem na ulici Plzeňskou a dále z centra (573-512-514-595-516). Doby jízdy mezi křižovatkami jsou na Obrázku č. 26, kde je dobře zřetelná dopolední dopravní špička před křižovatkou 5.514. Celková průměrná doba jízdy pro trasu D se systémem MOTION je lepší o 15% oproti vypnutému systému. Především v dopoledních a odpoledních hodinách je křižovatka 5.512 a 5.514 významně lepší pod řízením systémem MOTION.



Obrázek č. 26: Průměrná doba jízdy mezi křižovatkami – trasa D[3].

Z Obrázku č. 27 je patrné, že řízení systémem MOTION je lepší v dopoledních a odpoledních hodinách. Celková průměrná doba zdržení pro systém MOTION je lepší o 26%. Nejvíce zřetelné zlepšení ve prospěch systému MOTION je v dopoledních hodinách, kdy dochází k výrazně nižšímu zdržení před SSZ 5.573 a 5. 512 a 5.573. V dopoledních hodinách řízení systémem MOTION méně efektivní a to díky kratším cyklům a tím snížení kapacity z měřené vedlejší trasy.

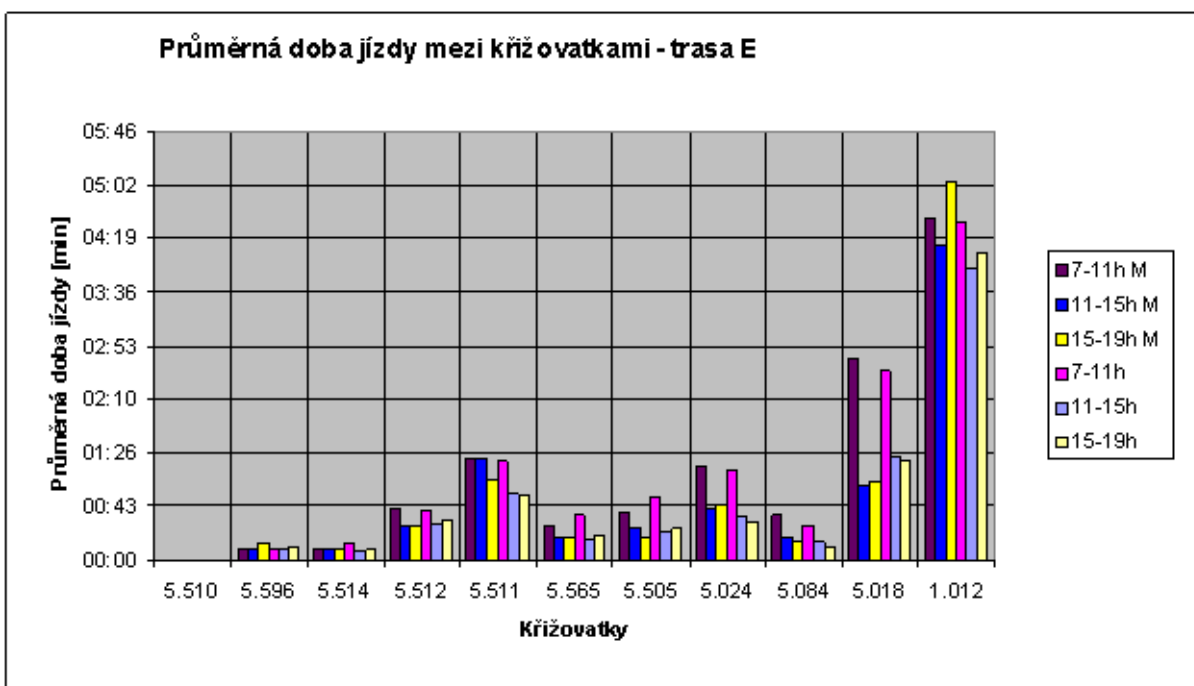


Obrázek č. 27: Průměrné doby zdržení před křižovatkami – trasa D [3].

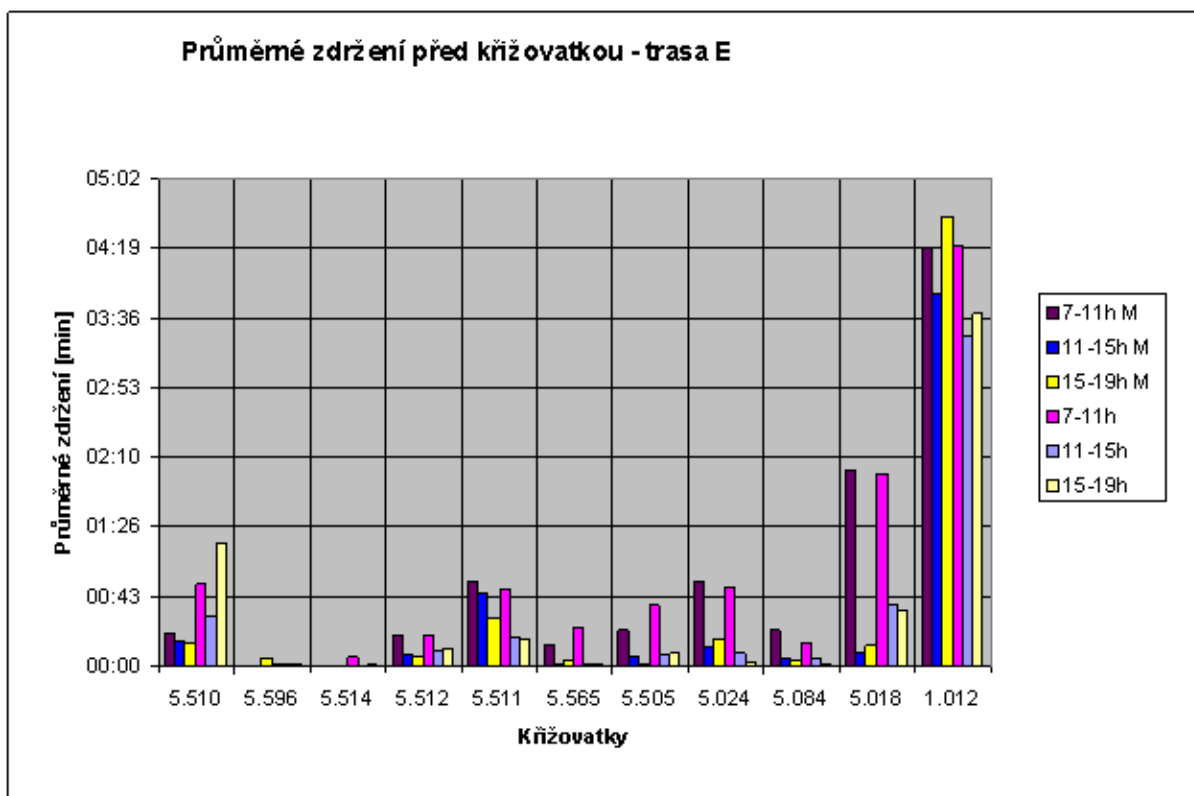
Trasa E je navržena tak, aby byla popsána jižní část Smíchovského okruhu (510-596-514-512-511-565-505-024-084-018-1.012), přičemž je prakticky shodná s trasou A. Na křižovatce 5.018 dochází oproti trase A k odbočení na Jiráskův most směre do centra. Doby jízdy mezi křižovatkami jsou na Obrázku č. 28, kde je dobře zřetelná dopolední dopravní špička před křižovatkou 5.018 a na druhém břehu Vltavy SSZ 1.012 – Jiráskovo náměstí. Celková průměrná doba jízdy pro trasu E je o 6% delší při řízení systémem MOTION. Důvodem je především započítání výsledků z křižovatky 1.012, která však není součástí systému MOTION. Z obrázku je také patrný časový poměr resp. doba jízdy k 1.012 k poměru ostatním křižovatkám v oblasti a tím k vlastnímu ovlivnění vyhodnocení měřené trasy E. Proto přesnějším resp. objektivnějším měřením plovoucím vozidlem definovaných tras je trasa A.

Z Obrázku č. 29 je patrné, že ke zdržení vozidel při vypnutém systému MOTION dochází zejména před křižovatkou 5.510. Velice dobře je zřetelná dopolední špička před křižovatkou 5.018 a prakticky celý den problémy před 1.012 (SSZ není součástí systému MOTION). Ke zdržení dochází také na SSZ 5.511. Z obrázku je také patrný časový poměr resp. doba zdržení před 1.012 k poměru ostatním křižovatkám v oblasti a tím k vlastnímu ovlivnění vyhodnocení měřené trasy E. Celkové průměrné zdržení při zapnutém systému MOTION v dopoledních hodinách je o 3% nižší než při vypnutém systému. Dopolední špička vychází

lépe pro systém MOTION o 8% oproti polední špičce, která je horší o 3%. Odpolední špička je srovnatelná se systémem a bez systému MOTION.

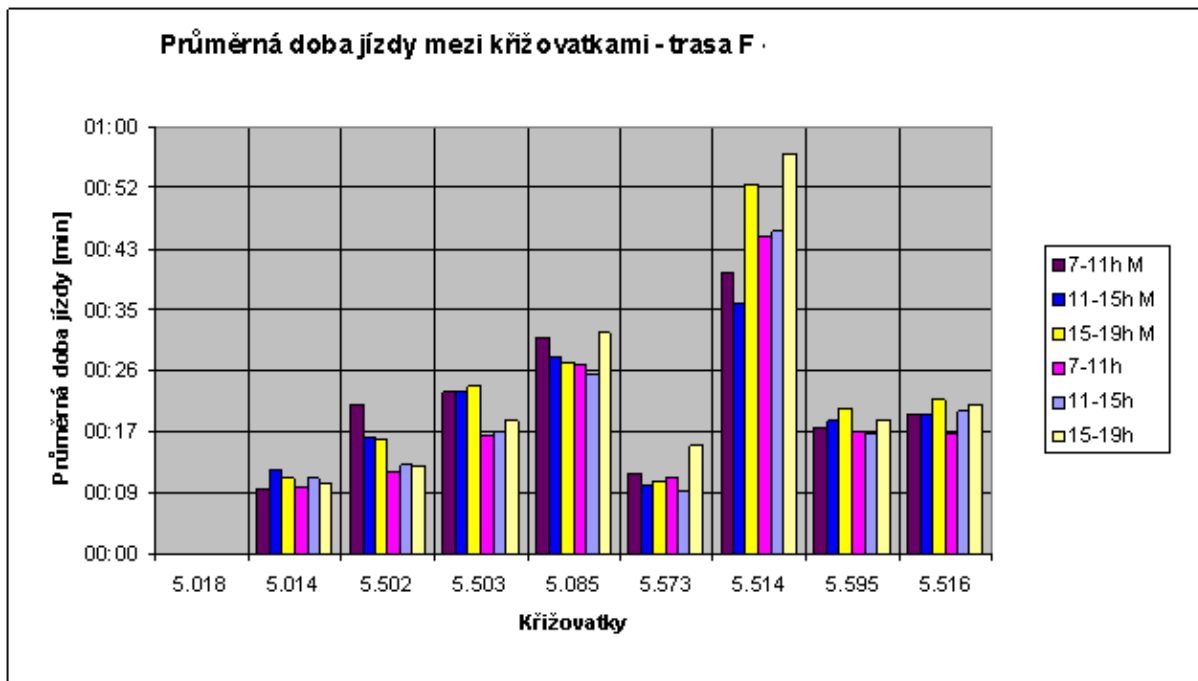


Obrázek č. 28: Průměrná doba jízdy mezi křižovatkami – trasa E [3].



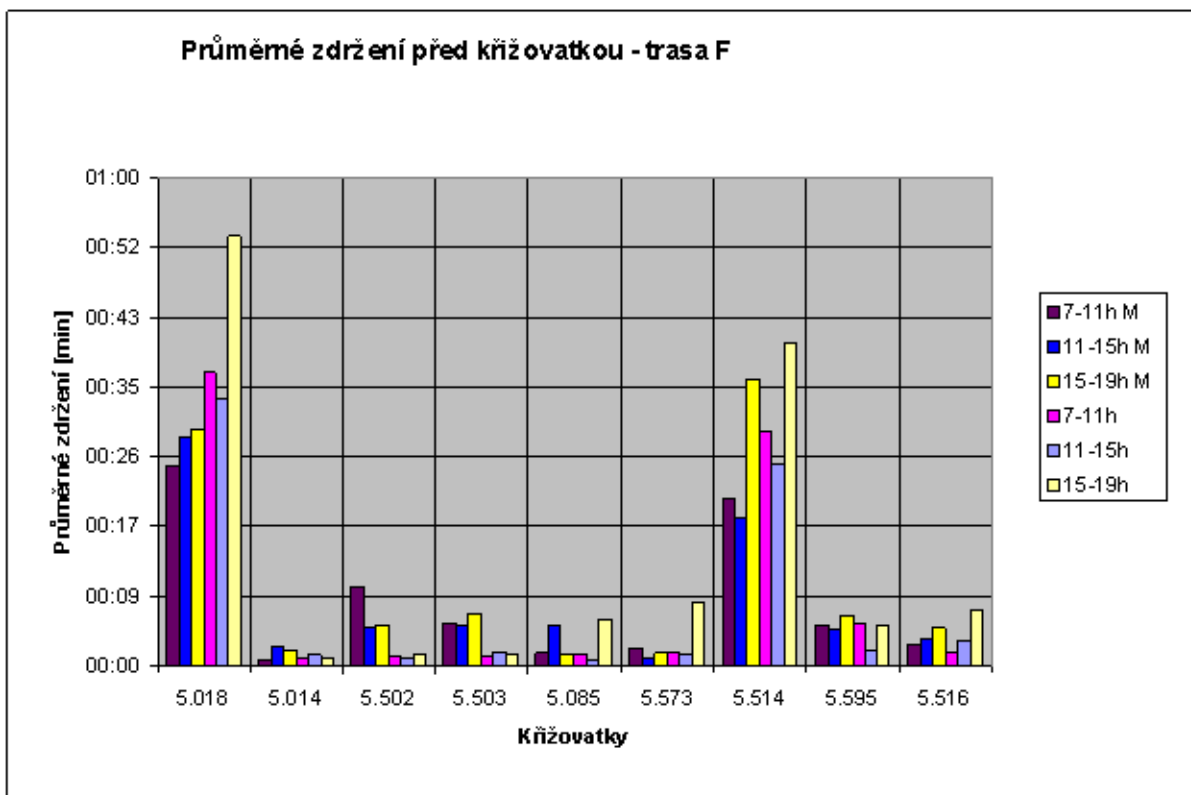
Obrázek č. 28: Průměrné doby zdržení před křižovatkami – trasa E [3].

Trasa F je navržena tak, aby byla popsána severní část Smíchovského okruhu (018-014-502-503-085-573-514-595-516) od Jiráskova mostu směrem na Plzeňskou jako výjezd z centra. Doby jízdy mezi křižovatkami jsou na Obrázku č. 30. Celková průměrná doba jízdy pro trasu F je o 6% delší při řízení systému MOTION. Průměrná doba jízdy vychází hůře pro křižovatky 5.502 a 5.503 při řízení systémem MOTION, naproti tomu křižovatka 5.514 vychází lépe.



Obrázek č. 30: Průměrná doba jízdy mezi křižovatkami – trasa F[3].

Z obrázku č. 31 je patrné, že ke zdržení vozidel při zapnutém systému MOTION dochází zejména před křižovatkou 5.502 a 5.503. Naproti tomu výrazné zlepšení pro systém MOTION je patrné před SSZ 5.018 a 5.514. Celkové průměrné zdržení při zapnutém systému MOTION v dopoledních hodinách je o 12% nižší než při vypnutém systému. Dopolední špička vychází lépe pro systém MOTION o 8% oproti polední špičce, která je horší o 5%. Odpolední špička je o 32% lepší pro systém MOTION.



Obrázek č. 31: Průměrné doby zdržení před křižovatkami – trasa F[3].

4.3.2 Zhodnocení plovoucího vozidla

Pro jednotlivé trasy vychází celkové hodnocení systému MOTION následovně:

Trasa A – pozitivně

- doba jízdy je lepší o 6%,
- doba zdržení je lepší o 17%.

Trasa D – pozitivně

- doba jízdy je lepší o 16%,
- doba zdržení je lepší o 26%.

Trasa E – uspokojivě

- doba zdržení je stejná 0%,
- doba zdržení je lepší o 2%.

Trasa F – pozitivně

- doba jízdy je lepší o 2%,
- doba zdržení je lepší o 12%.

Trasa B – negativně

- doba jízdy horší o 9%
- doba zdržení je horší o 16%

Trasa C – negativně

- doba jízdy horší o 11%
- doba zdržení je horší o 14%.

Důvodem zhoršení trasy B je, že protíná dva hlavní koordinované tahy s vyšší prioritou řízení, což má za následek zhoršení doby zdržení této trasy při řízení systémem MOTION. V dopoledních hodinách může docházet ke zdržení průjezdu i z důvodu tvorby zpětné kolony před SSZ 2.013 z Palackého mostu do ulice Zborovské a do ulice Lidické. Na druhé straně je možné vidět pozitivní řízení na křižovatce 5.068, kde je menší zdržení z bočních směrů.

Trasa C prochází třemi komplikovanými úseky, kde dochází ke zdržení, přičemž celou trasu C s velkou pravděpodobností vozidla nevyužívají. Prvním úsekem je průplet na rampě před Jiráskovým mostem, kde vozidla se snaží prioritně odbočit na Jiráskův most. Druhým úsekem je ulice Kartouzská a odbočení do ulice Radlické, kde systém řeší poptávku vozidel z tunelu Mrázovka (trasa D) a následnou preferenci trasy A a E. Třetím úsekem je průplet před křižovatkou Ostrovského – Radlická (SSZ 5.511), kde pro jízdu přímo a vpravo je využíván jeden krátký odbočovací pruh (ve kterém občas stojí vozidla), zatímco pro levé odbočení jsou dva samostatné jízdní pruhy.

Porovnáním celkové doby jízdy pro jednotlivé trasy v oblasti Smíchova vychází zapnutý systém MOTION lépe v dopoledních hodinách o 3% a v odpoledních hodinách o 5%, v poledních hodinách systém MOTION vykazuje zhoršení o 9%. Srovnání celkové doby zdržení pro jednotlivé trasy v oblasti, pak systém MOTION vychází v dopoledních hodinách lépe o 8% v odpoledních hodinách lépe o 12%, poledních hodinách je systém MOTION vychází hůře o 14%.

Porovnání a posouzení zdržení před jednotlivými křižovatkami, či doby jízdy mezi křižovatkami, je pak pro některé křižovatky řízené systémem MOTION přínosem (SSZ 5.514, 5.510, 5.068) pro některé křižovatky je to sporné (SSZ 5.018, 5.084) a pro jiné vychází

system MOTION hůře (SSZ 5.511, 5.024). Je proto dobré si uvědomit, že systém pracuje nad celou oblastí a následně v jednotlivostech.[3]

Pro určení funkce systému MOTION na řízení oblasti je o něco transparentnější doba zdržení než doba průjezdu. Důvodem je například velké množství vozidel, kdy vozidla jedou pomalou jízdou ale nezastavují tj. dochází ke snížení doby průjezdu, ale nedochází ke zdržení ve smyslu nutnosti zastavení.

Ke zdržení v oblasti dochází především mimo dopravní špičku. Zatímco v dopolední i odpolední dopravní špičce můžeme hovořit o přínosu systému MOTION, pak v poledním sedle tomu tak úplně není. Důvodem je vypočet kratších dob cyklu 60s a 70s, které snižují kapacitu křižovatek, tím zvýšení zdržení vozidel v hlavním tahu. Naopak dochází preferování či umožňují lepšího průjezdu z vedlejších směrů. Také kratší cykly mají příznivý vliv na další účastníky provozu a to jsou chodci, kteří dostávají volno za kratší časový úsek.

4.4 Reakce systému MOTION na dopravní situace

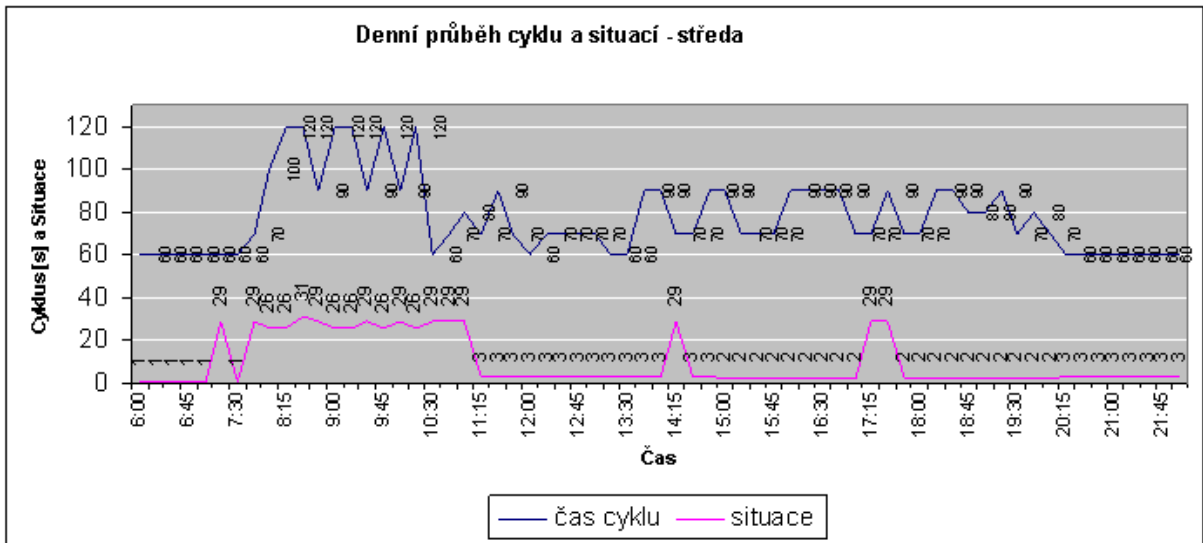
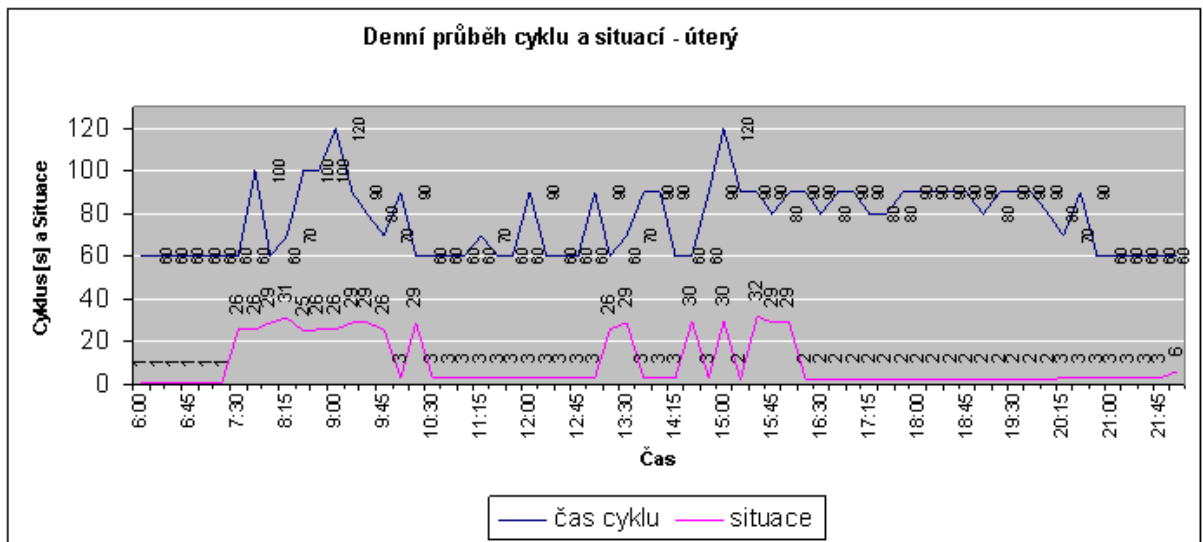
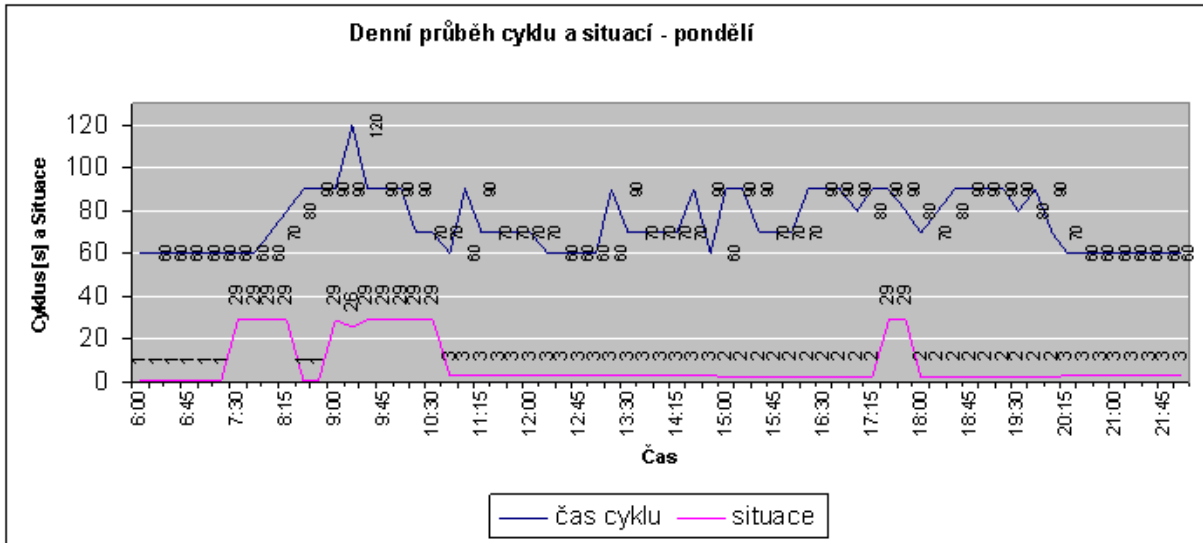
Systém MOTION zpracovává příchozí data a každých 5 minut vypočítá hodnotu intenzity, obsazenosti a stupeň saturovaného toku. Jednotlivé dopravní stavy se vyhodnocují a porovnávají každých 5 minut s daty, které byly vypočítány v minulém 5 minutovém intervalu. Porovnáním dat na jednotlivých detektorech se získává trend, tj. zda dochází ke snížení, k navýšení nebo se hodnoty dopravy nemění. Na základě takto porovnaných dat z detektorů včetně porovnání nastavení mezních hodnot na detektorech, jsou vybírány jednotlivé dopravní změny.

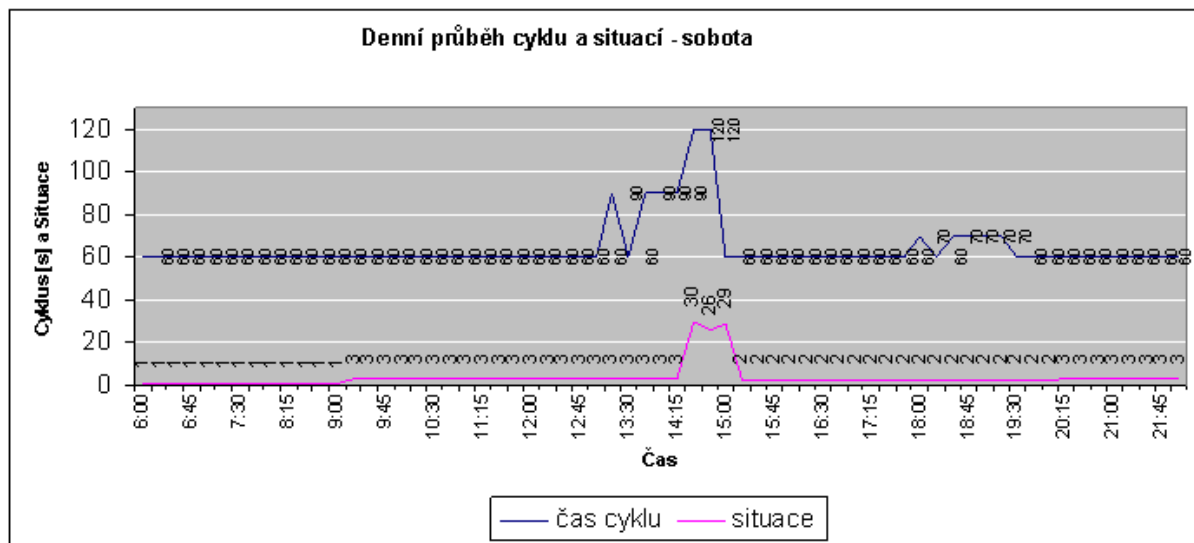
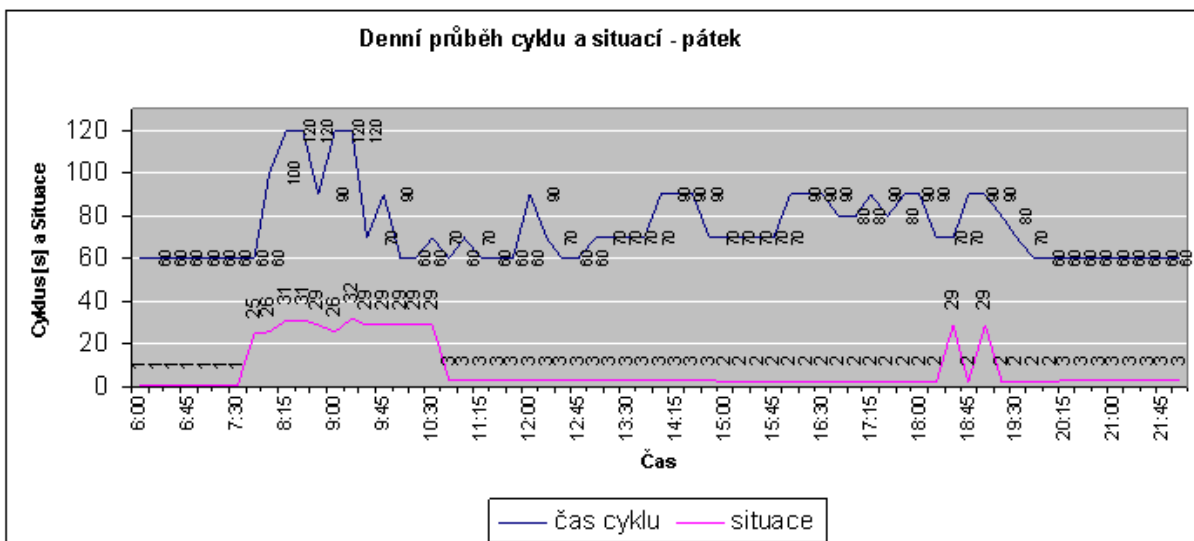
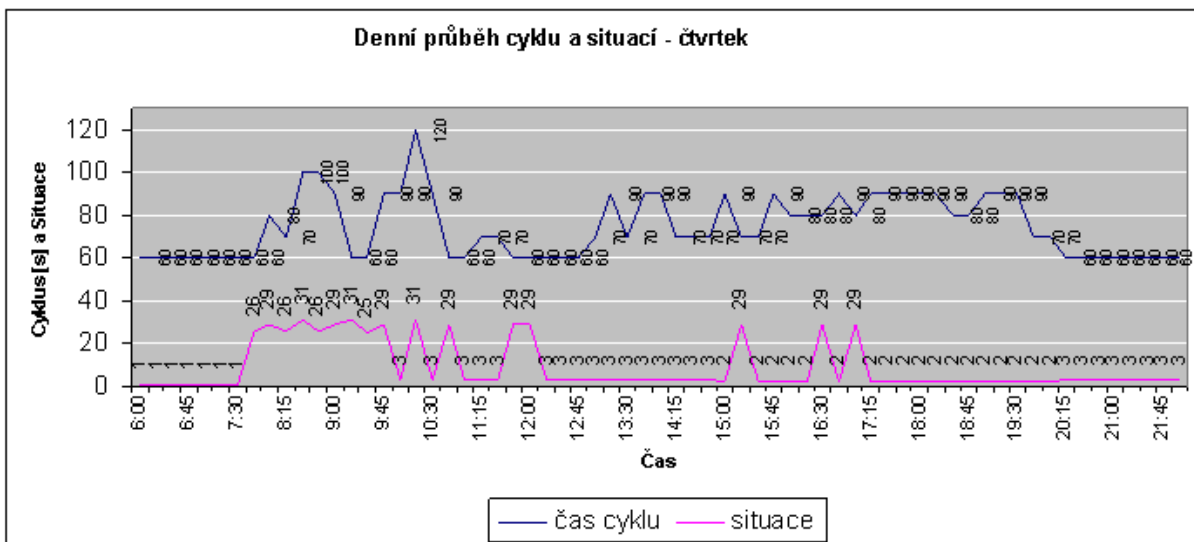
Adaptivní systém MOTION pomocí modulu CIM, reaguje na incidenty (nehody, kongesce, mimořádné stavy apod.) v dopravní síti. CIM rozhoduje na strategické úrovni a vybírá příslušnou nadefinovanou taktiku či nastavuje příslušné parametry v závislosti na dopravní situaci a určuje, jakým způsobem jsou počítány a modifikovány signální plány v MOTION každých 15 minut. Parametry, které se nastavují pro příslušnou situaci jako je doba cyklu, offset, rozdělení zelených a sled fází jsou doplněny o další parametry:

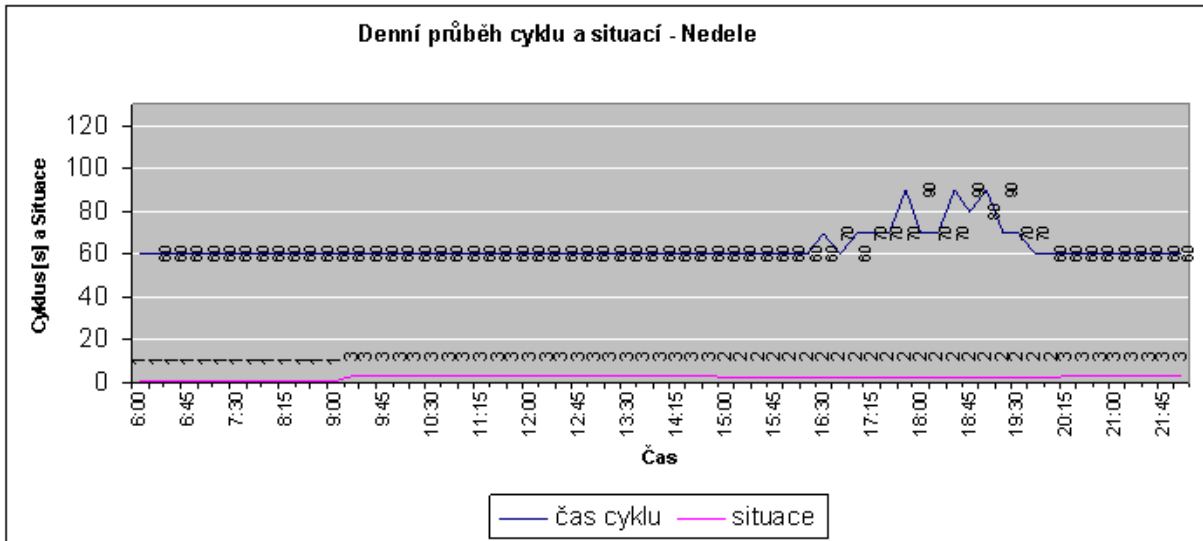
- hodnota času požadovaného průjezdu vozidla křižovatkou,
- minimální a maximální čas zelené,
- faktor zdržení a zastavení.

Pro porovnání měření oblasti Smíchova se systémem a bez systému MOTION, byl systém zapnut ve 13. týdnu a vypnut ve 14. týdnu. Z archivů systému MOTION je možné popsat pro jednotlivé dny reakce systému MOTION resp. vypočítané doby cyklu a

nastavované situace, které byly detekovány modulem CIM. Grafy reakcí systému MOTION jsou dokladovány v následujícím obrázku č. 32.







Obrázek č. 32: Týdenní průběh cyklů a situací [3].

4.4.1 Zhodnocení reakce systému MOTION s modulem CIM

Z průběhů nad jednotlivými detektory lze vysledovat vybranou taktiku modulem CIM, přičemž výpočet délky cyklu je dále ovlivněno celou oblastí řízenou systémem MOTION nikoli jedním nebo dvěma detektory. Naopak přerozdělení zelené pro příslušnou křižovatku může být přepočítáno na základně detektorů příslušné křižovatky. Z uvedeného příkladu je možné stanovit závěr, že modul CIM reaguje na nastalé situace dle priorit a nastavení. Je možné vysledovat, z průběhu denních cyklů, že systém MOTION využívá spíše kratší délky cyklu a dlouhé jen pro zkapacitnění oblasti. V době dopolední špičky dochází k výběru vysokých cyklů až k 120s. Naproti tomu v odpolední špičce se pohybují doby cyklů okolo 90s.[5]

4.5 Zhodnocení oblasti Smíchova

Porovnání dopravních dat při zapnutého systému MOTION a s vypnutým systémem je možné sledovat, že výsledky ukazují pro vozidla z bočních směrů, že systém MOTION vychází v dopoledních hodinách o 15% lépe, v poledních hodinách o 12% lépe a v odpoledních hodinách o 23% lépe.

Systém MOTION v dopoledních hodinách vypočítává kratší délky doby cyklu 60 s až 70 s, což snižuje kapacitu některých silně vytížených křižovatek, ale v oblasti dochází ke zlepšení průjezdů vozidel a tramvají z vedlejších směrů. Také kratší cykly mají příznivý vliv pro další účastníky provozu, jako jsou chodci, kteří dostávají volno za kratší časový úsek. Adaptivní systém MOTION v oblasti Smíchova vykazuje celkově pozitivní efekt při zapnutém systému MOTION na řízení dopravy v oblasti Smíchova v období ranní i odpolední dopravní špičky. Oblast Smíchova je svým dopravním řešením velmi složitá (realizace mimořádných

stavů tunelových technologií, reakce na mimořádné stavy tramvaje apod.) přičemž ve střední a východní Evropě není systém MOTION v podobně širokém rozsahu, jako je v oblasti Smíchova, ještě nikde realizován. Je proto pochopitelné, že celkové odladění systému vyžaduje poměrně vysoké úsilí při zohlednění všech možných požadavků, které se v dané oblasti vyskytují. Při testování a zkušebním provozu systému byly brány v úvahu všechny připomínky, poznatky i podněty zákazníka i veřejnosti.

Závěr

V souladu se zadáním se diplomová práce zabývá problematikou optimalizace a řízení dopravy ve městě. Jako oblast vhodná pro instalaci adaptivního systému byl vybrán malý Smíchovský okruh v oblasti Smíchova města Prahy. Primární cílem práce byla optimalizace individuální vozidlové dopravy pomocí adaptivního systému řízení. Zaměření na individuální dopravu bylo z důvodu vysoké intenzity vozidel v dané oblasti. Na realizaci tohoto systému se podílel tým odborníků, jehož jsem byl nedílnou součástí.

Pro optimalizace oblasti byl vybrán adaptivní systém řízení MOTION od společnosti SIEMENS, který byl implementován jako nadstavbový systém dopravní ústředny MIGRA CENTRAL od výše jmenované společnosti. Systém MOTION byl připojen pro řízení 21 SSZ v oblasti Smíchova, pro které na základě aktuálních dopravních dat každých 15 minut generuje optimální signální plány s délkou signálů volno a cyklu tak, aby byla zachována, případně zlepšena kvalita řízení dopravy v oblasti. Po implementaci systému bylo provedeno vyhodnocení pomocí plovoucích vozidel, dopravních dat z detektorů a vlastního měření v oblasti. Vyhodnocení ukázalo, že systém MOTION je účinným nástrojem pro řízení dopravy v období vysoké dopravní zátěže ranních a odpoledních špiček.

Tato diplomová práce ukazuje, jak jsou systémy adaptivního řízení účinným nástrojem pro optimalizaci dopravy v městských aglomeracích a jejich nasazení přispívá ke zkvalitnění života obyvatel měst. Přesto vzhledem technickému vývoji v oblasti výpočetní techniky a komunikačních technologií je třeba stále zlepšovat stávající způsoby a hledat nová řešení optimalizace dopravy na městské síti.

Seznam použitých informačních zdrojů

- [1] Příbyl, P - Svítek, M.: *Inteligentní dopravní systémy*, BEN, Praha, 2002..
- [2] Svítek, M. a kol.: *Závěrečná zpráva projektu „ITS v dopravně-telekomunikačním prostředí ČR“ za rok 2001*. Technická zpráva. www.lt.fd.cvu.cz. Praha, 2001
- [3] Tichý T. - Němec, M : *Komplexní vyhodnocení systému MOTION*: Praha, 2006
- [4] Tichý, T. - Němec, M. - Brůna P.: *Reakce systému MOTION na dopravu v oblasti Smíchova*, EDS, 2004
- [5] Tichý T.: *Vyhodnocení funkčnosti systémů řízení dopravy v oblasti města*. Silniční obzor, 5/2007, ročník 68, číslo 5, Česká silniční společnost, str. 132-137, ISSN 0322-7154.
- [6] Siemens AG: *MOTION central V2.0, Traffic-Actuated Signal Programm Optimization, Planning manual*, Edition A001, 2000-11-16, Siemens AG
- [7] P. Příbyl a kolektiv: *Koncepce řízení dopravy oblastí 3*, Eltodo, a.s., Praha, 2000
- [8] Tichý T.: *The application of telematic city systems*. TST - Conference - transport systems telematics. Poland 2007, Poland Katowice 17.-19.10. 2007. Advances in transport system telematics Silesian university of technology ISBN 978-83-917156-6-6, s. 419-427, Polsko Katowice 2007.

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Principiální schéma činnosti MOTION [6]	15
Obrázek č. 2: Programové moduly v MOTION s rozdělením na lokální a centrální úroveň[6]	15
Obrázek č. 3: Různé způsoby realizace řízení na lokální úrovni [6]	16
Obrázek č. 4: Funkční schéma řízení MOTION [7]	17
Obrázek č. 5: Mapa oblasti Smíchova	23
Obrázek č. 6: Dopravní řadič SIEMENS C800V	24
Obrázek č. 7: Topologie systému dopravní ústředny MIGRA CENTRAL [6].....	25
Obrázek č. 8: Principiální uspořádání řídicího systému světelné signalizace [1]	32
Obrázek č. 9 : Orientační pozice strategických detektorů v řízené dopravní síti [3].....	36
Obrázek č. 10 : Koordinované tahy malého Smíchovského okruhu [7]	42
Obrázek č. 11 : Datový tok mezi DU a SSZ.....	43
Obrázek č. 12 : Uživatelské rozhraní systému MOTION [6].....	49
Obrázek č. 14: Průběhy intenzity pro vjezdy, řezy a výjezdy křižovatek v oblasti Smíchova [3].	54
Obrázek č. 15: Průběhy průměrných obsazeností v oblasti Smíchova [3].	55
Obrázek č. 16 Průběhy obsazenosti pro vjezdy, řezy a výjezdy křižovatek v oblasti Smíchova [3].	57
Obrázek č. 17: Trasy plovoucího vozidla[3].....	59
Obrázek č. 18 Průměrná doba jízdy v oblasti Smíchova pro šest tras [3].	60
Obrázek č. 19: Průměrná doba zdržení v oblasti Smíchova pro šest tras [3].....	61
Obrázek č. 20: Doba jízdy mezi křižovatkami – trasa A [3].	63
Obrázek č. 22: Průměrná doba jízdy mezi křižovatkami – trasa B [3].	64
Obrázek č. 23: Průměrné doby zdržení před křižovatkami – trasa B[3].	65
Obrázek č. 24: Průměrná doba jízdy mezi křižovatkami – trasa C [3].	66
Obrázek č. 25: Průměrné doby zdržení před křižovatkami – trasa C[3].	66
Obrázek č. 26: Průměrná doba jízdy mezi křižovatkami – trasa D[3].	67
Obrázek č. 27: Průměrné doby zdržení před křižovatkami – trasa D [3].	68
Obrázek č. 28: Průměrná doba jízdy mezi křižovatkami – trasa E [3].....	69
Obrázek č. 28: Průměrné doby zdržení před křižovatkami – trasa E [3].	69
Obrázek č. 30: Průměrná doba jízdy mezi křižovatkami – trasa F[3].....	70
Obrázek č. 31: Průměrné doby zdržení před křižovatkami – trasa F[3].....	71
Obrázek č. 32: Týdenní průběh cyklů a situací [3].....	76

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Umístění videodetekce subsystémů řízení dopravy	36
Tabulka č. 2: Výstupy videodetekce jako vstupy subsystémů řízení dopravy	37
Tabulka. 3: SSZ zařazené do adaptivního řízení.....	39
Tabulka. 4: Seznam taktik pro řízení SSZ na Smíchovském okruhu	40
Tabulka. 5: Křižovatky určené pro řízení zadržováním	41
Tabulka č. 6: Vjezdy do oblasti	51
Tabulka č. 7: Vybrané řezy v oblasti.....	52
Tabulka č. 8: Výjezdy z oblasti.....	52
Tabulka č. 9: Porovnání intenzity v oblasti Smíchova v procentech.....	53
Tabulka č. 10: Porovnání obsazenosti v oblasti Smíchova v procentech	56
Tabulka č. 11: Porovnání průměrné doby jízdy v oblasti Smíchova v procentech	60
Tabulka č. 12: Porovnání průměrné doby zdržení v oblasti Smíchova v procentech ...	62

Seznam zkratk

ATM	Automobilový tunel Mrázovka
C	Doba cyklu
CTD	Modul pro výpočet délky cyklů řadičů řízených systémem MOTION
CIM	Modul managementu kongescí a událostí (Congestion and Incident Management)
DAT	Modul pro zpracování základních informací signálního plánu systému MOTION
DET	Modul pro zpracování dopravních dat systému MOTION
DI	Dopravně inženýrská data
ETHERNET	Komunikační rozhraní
HDRŽÚ	Hlavní dopravní řídicí ústředna hl. m. Prahy (Na Bojišti 5, Praha 2)
HW	Hardware
FW	Firmware
IAD	Individuální automobilová doprava
JAUT	Roční nastavení spínání signálních plánů dopravní ústředny
KOC	Kulturně obchodní centrum na Smíchově
M	Označení v grafech – řízené systémem MOTION
MHMP	Magistrát hlavního města Prahy
MIGRA Central	Počítač pro řízení dopravy v oblasti se součástmi „on-line řízení“ (OS), řízení v reálném čase“ (ES), „MIGRA View“ a „MIGRA Supply“

MOTION	Method for the Optimisation of Traffic Signals In On-line controlled Network (metoda optimalizace dopravní signalizace v on-line řízených sítí)
NID	Modul systému MOTION detekující kongesce v oblasti silniční sítě.
NMT	Modul síťového managementu systému MOTION, který je schopen reagovat na události v nadřazené úrovni.
ODŘÚ	Oblastní dopravní řídicí ústředna Smíchov (u jižního portálu Strahovského automobilového tunelu)
OPP	Modul systému MOTION pro optimalizaci sekvence fází a počítající ofsety pro jednotlivé směry v síti
PC	Osobní počítač
PČR	Policie české republiky
PFE	Modul systému MOTION pro určení dopravních poměrů v řízené síti
S	Označení strategického detektoru
SAT	Strahovský automobilový tunel
SSZ	Světelné signalizační zařízení
SW	Softwarové (prostředky), software
TASS	Dopravně závislý výběr signálních plánů (Traffic Actuated Signalplan Selection)

ÚDAJE PRO KNIHOVNICKOU DATABÁZI

NÁZEV PRÁCE	Optimalizace a řízení automobilové dopravy ve městech
AUTOR PRÁCE	Bc. Martin Němec
OBOR	Technologie a řízení dopravy
ROK OBHAJOBY	2009
VEDOUCÍ PRÁCE	Ing. Michaela Ledvinová, Ph.D.
ANOTACE	Návrh a řešení řízení automobilové dopravy pomocí adaptivního systému řízení dopravy
KLÍČOVÁ SLOVA	Adaptivní systém, Optimalizace řízení dopravy