

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Petr Hajduk

SVĚTELNÁ ZÁVORA V LIBERECKÉ ULICI A JEJÍ VLIV
NA EMISE A PLYNULOST PROVOZU

Bakalářská práce

2016

Poděkování

Chtěl bych poděkovat ústavu k620 za zapůjčení techniky potřebné pro dopravní průzkumy (kamera a stativ) a též za poskytnutí odborné literatury. Též bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Milanu Koukolovi, PhD., za poskytnutí odborných rad a vedení mé bakalářské práce, Jakobovi Matějčíkovi za pomoc se zajištěním dopravního průzkumu a organizaci Technická správa komunikací hl. m. Prahy za poskytnutí podkladů. V neposlední řadě musím také poděkovat své rodině za podporu při studiu.

Prohlášení

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

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

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

V Praze dne

.....
podpis

Abstrakt

V této bakalářské práci se věnuji vytvoření dopravního mikrosimulačního modelu ulice Liberecká, V Holešovičkách a dalších přilehlých ulic. Navržený model je použit k ověření důsledků hypotetického umístění světelné závory do prostoru ulice Liberecká, směrem do centra. Hlavní zkoumané důsledky jsou vliv světelné závory na emise a plynulost dopravního proudu.

Klíčová slova

světelná závora, Liberecká, V Holešovičkách, světelné signalizační zařízení, ramp meetering, PTV Vissim

Abstract

In this bachelor thesis I concentrate myself on following tasks, first, modelling the current situation in Liberecká street, V Holešovičkách street and its surroundings and, second, evaluation of the effects of hypothetical mainline meetering in Liberecká street (in direction to the city centre). Main observed consequences are its effects on emissions and traffic flow.

Keywords

Mainline Meetering, Liberecká, V Holešovičkách, Traffic Lights, Ramp Meetering, PTV Vissim

Obsah

Seznam použitých zkratké.....	8
1. Úvod	9
1.1. Motivace pro bakalářskou práci	9
1.2. Lokalizace	9
1.3. Časový horizont	9
1.4. Postup práce.....	9
1.5. Odůvodnění cíle bakalářské práce	10
2. Popis současného stavu organizace dopravy	10
2.1. Ulice V Holešovičkách.....	10
2.2. Most Barikádníků	12
2.3. Světelná křižovatka Argentinská x Plynární.....	12
2.4. Světelná křižovatka Nová Povltavská x V Holešovičkách	12
2.5. Doplnující místní komunikace v oblasti.....	13
2.6. Mimoúrovňová křižovatka Vychovatelna.....	14
2.7. Výkres v programu Autocad	14
3. Dopravní průzkum oblasti	15
3.1. Vlastní prováděné dopravní průzkumy	15
3.2. Další zdroje dat.....	15
3.3. Kategorie pro sčítání a stanovení pravidel	15
3.3.1. Navrhované kategorie pro sčítání vozidel:.....	16
3.3.2. Stanovení času sčítání	16
3.3.3. Stanovení podmínek sčítání	16
3.4. První průzkum – křižovatka Pelc-Tyrolka	16
3.4.1. Bližší popis průzkumu	16
3.4.2. Zachycené detaily	17
3.4.3. Doplnkový průzkum	17
3.4.4. Fotodokumentace	17
3.5. Druhý průzkum – křižovatka Povltavská x Pátkova	18
3.5.1. Bližší popis průzkumu	18
3.5.2. Zachycené detaily	18
3.5.3. Doplnkové průzkumy	19
3.5.4. Fotodokumentace	19
3.6. Třetí průzkum – křižovatka na Vychovatelně.....	20
3.6.1. Rozestavení kamer	20
3.6.2. Bližší popis průzkumu	21

3.6.3.	Zachycené detaily	21
3.6.4.	Kapacita	21
3.6.5.	Doplňkové průzkumy	21
3.6.6.	Fotodokumentace	22
3.7.	Druhy dopravy zaznamenané z kamerových záznamů	22
3.8.	Sčítání dopravy z kamerových záznamů.....	23
3.8.1.	Popis skriptu	23
3.8.2.	Agregování dat	23
3.9.	Kalibrace dat pro potřeby dopravního modelování	23
3.9.1.	Kalibrační body	23
3.10.	Celkový stav intenzit.....	25
4.	Tvorba dopravního modelu v programu PTV Vissim.....	25
4.1.	Programy pro dopravní modelování	25
4.2.	Podstata mikroskopické simulace	26
4.3.	Fungování jádra programu	26
4.4.	Car-following model	26
4.4.1.	Podstata car-following modelu	27
4.5.	Základní nastavení.....	27
4.6.	Podkladová mapa	28
4.7.	Tvoření základních linií (linků).....	28
4.8.	Konfliktní oblasti (Conflict Areas).....	28
4.9.	Časové intervaly (Time Intervals)	29
4.10.	Tvorba skladby dopravního proudu (Vehicle Composition).....	29
4.11.	Vstupy vozidel (Vehicle Inputs)	31
4.12.	Směrování vozidel (Vehicle Routes).....	31
4.13.	Stanovení maximální dovolené rychlosti	31
4.14.	Chování řidičů (Behavior)	32
4.15.	Signal Controller	32
4.16.	Vjezdová skupina (Signal Heads)	33
4.17.	Nastavení parametrů vyhodnocení.....	33
4.18.	Vyhodnocení simulace	33
5.	Definice světelné závory	34
5.1.	Definice	34
5.2.	Problémy s vyhledáváním relevantních informací.....	34
5.3.	Anglický termín.....	34
5.4.	Příklady světelné závory.....	34

5.5.	Světelné závory u tunelů a mostů	34
5.6.	Světelné závory jako součást preference MHD.....	34
5.7.	Regulace provozu	35
5.8.	Konkrétní aplikace světelné závory do ulice V Holešovičkách	35
6.	Návrh variant umístění světelné závory	36
6.1.	Nulová varianta „V0“	36
6.2.	Období fungování světelné závory.....	36
6.3.	Základní výpočty pro světelnou závory.....	36
6.4.	Délka cyklu	36
6.5.	Varianta 1 „V1“	37
6.5.1.	Předpokládané výhody.....	37
6.5.2.	Možné nevýhody	37
6.5.3.	Kapacita a signální plán	37
6.6.	Varianta 2 „V2“	39
6.6.1.	Předpokládané výhody.....	40
6.6.2.	Možné nevýhody	40
6.6.3.	Kapacita a signální plán	40
6.7.	Varianta 3 „V3“	41
6.7.1.	Předpokládané výhody.....	42
6.7.2.	Možné nevýhody	42
6.7.3.	Kapacita a signální plán	42
6.8.	Další nástroje ke zlepšení funkce světelné závory	43
7.	Analýza výsledků z dopravního modelu	44
7.1.	Výsledky z programu PTV Vissim.....	44
7.2.	Cestovní doba	44
7.2.1.	Cestovní doba Liberecká – V Holešovičkách	44
7.2.2.	Cestovní doba Davídkova – V Holešovičkách	47
7.3.	Vyhodnocení emisí v programu PTV Vissim	48
8.	Návrh optimálního řešení.....	50
9.	Zhodnocení dopadů a přínosů pro lokalitu	50
9.1.	Plynulost provozu.....	50
9.2.	Emise	50
9.3.	Bezpečnost provozu	51
	Závěr.....	51
	Bibliografie	52
	Seznam obrázků	54

Seznam tabulek	55
Seznam příloh.....	56

Seznam použitých zkratk

IZS – integrovaný záchranný systém

JP – jízdní pruh

Matfyz – matematicko-fyzikální fakulta (Univerzity Karlovy)

MHD – městská hromadná doprava

MÚK – mimoúrovňová křižovatka

SOKP – Silniční okruh kolem Prahy

SSZ – světelné signalizační zařízení

TKB – tunelový komplex Blanka

TP – technické podmínky

VDZ – vodorovné dopravní značení

1. Úvod

1.1. Motivace pro bakalářskou práci

Vzhledem k tomu, že mám k dané oblasti (Horní Libeň) určitý vztah a domnívám se, že znám její problémy, rozhodl jsem se zužitkovat své znalosti a pokusit se vyřešit jeden z nich, a to problém s dopravou v ulici V Holešovičkách. Ve zdejší ulici jsou dlouhodobě překračovány limity, co se týče emisí, prachu a hluku [1]. Cílem mé práce je najít alespoň částečné řešení, které problémy pomůže zmírnit. Za jediné úplné řešení však považuji pouze a jedině převedení komunikace do tunelu, ať už hloubeného či raženého, s tím, že místní doprava bude fungovat nadále v místech původní komunikace, avšak ve zklidněném dopravním režimu a pouze pro místní dopravu. Jistý vliv může mít i stavba severozápadní části Pražského okruhu (SOKP).

Je také vhodné podotknout, že za světelnou závoru v ulici V Holešovičkách bojují některá občanská sdružení jako je například sdružení Auto*mat [2]. Jedním z mých cílů tedy bude nezávisle ověřit, zda má jejich vize smysl.

1.2. Lokalizace

Ve své práci chci řešit oblast ulice V Holešovičkách na Praze 8 a ulice k ní přiléhající, vzhledem ke smysluplnosti práce bude také potřeba obsáhnout též most Barikádníků až po světelnou křižovatku ulice Plynární a Argentinské. Právě křižovatky Argentinská x Plynární a Nová Povltavská x V Holešovičkách budou navrhovanými opatřeními nejvíce ovlivněny a také na ně jsou opatření nejvíce cílena.

1.3. Časový horizont

Ve své práci bych chtěl sledovat několik časových horizontů, krátkodobý, střednědobý a dlouhodobý. Vzhledem k tomu, že z krátkodobého hlediska jsou v dané oblasti díky otevření tunelu Blanka s velkou kapacitou (cca 4 000 voz/h v jednom směru) relativně malé problémy [3], nejzajímavější bude pro mou práci pravděpodobně horizont střednědobý a dlouhodobý, kdy předpokládám nárůst dopravy, kterého se ale ve vyhodnocení dotýkám spíše okrajově. Tento nárůst dopravy bude způsoben pravděpodobně takzvanou dopravní indukci, což je jev, který způsobuje, že pokud je na nějaké komunikaci volná kapacita a místo pro rozvoj dopravy, dochází obvykle k jejímu nárůstu [4]. Ostatně již teď lze pozorovat na základě zaznamenaných údajů značný nárůst dopravy v ulici V Holešovičkách [5].

1.4. Postup práce

Postup mé práce je následující. Zaprvé, zmapovat současný stav a to jak popisně, tak výkresově v programu Autocad. Dalším bodem je získáním klíčových dopravně inženýrských dat. Dopravní data získávám ze svého vlastního bodového průzkumu, popřípadě ze stálých měřících míst (profilové měření). Zatřetí data zpracovávám příslušným způsobem. Hlavním bodem bakalářské práce je namodelování situace v programu PTV Vissim, přičemž jsem pro

tento účel obdržel plnou verzi programu pro studijní účely od společnosti *PTV Planung Transport Verkehr AG*. S pomocí tohoto modelu pak modeluji jednotlivé scénáře pro různé umístění světelných závor. Posledním bodem pak je vyhodnocení jednotlivých scénářů s výběrem toho nevhodnějšího.

1.5. Odůvodnění cíle bakalářské práce

Cílem bakalářské práce je navrhnout a otestovat světelnou závoru v ulici V Holešovičkách, nikoli samotný mikrosimulační model nebo výkres v programu AutoCAD. Pojem světelná závoru bude vysvětlen v následujících kapitolách, zejména v kapitole Návrh variant umístění světelné závory.

2. Popis současného stavu organizace dopravy

2.1. Ulice V Holešovičkách

Ulice V Holešovičkách je součástí silniční komunikace I/8 vedoucí z centra Prahy směrem na Teplice a dále do Drážďan ve Spolkové republice Německo. Původně zde byla poměrně klidná obslužná komunikace procházející vilovou čtvrtí Rokoska viz obrázek níže. Situace se ovšem změnila po zkapacitnění a rozšíření celého tahu. Tramvajová trať byla přesunuta do úplně nové stopy o cca 1 km více na západ na provizorní most Elektrické dráhy (v současné době nahrazen plnohodnotným Trojským mostem) a dále vedena do Kobylis Trojskou ulicí. V původní stopě ulic V Holešovičkách byla trať zrušena. [6] Byly také upraveny křížení s místními ulicemi, mnohé byly zaslepeny, zjednosměrněny a vybudován byl most pro ulici Valčíkova, čímž je zajištěno propojení mezi odříznutými částmi této městské čtvrti.



Obrázek 1 Tramvaj stoupá ulicí V Holešovičkách, zdroj: prazsketramvaje.cz¹



Obrázek 2 Současný stav podoby komunikace V Holešovičkách, zdroj prazsketramvaje.cz²

¹ <http://www.prazsketramvaje.cz/obrazky/tratezrusene/pelc-tyrolka/t-pelctyrolka-vozy-02m.jpg>

² <http://www.prazsketramvaje.cz/obrazky/tratezrusene/pelc-tyrolka/t-pelctyrolka-trat-03m.jpg>

2.2. Most Barikádníků

Most Barikádníků je přímým pokračováním ulice V Holešovičkách a taktéž spadá pod komunikaci I/8. Tento most se jmenoval původně Trojský [7]. I přes most Barikádníků (resp. Trojský most) původně vedla tramvajová trať, která však musela být zejména kvůli dezolátnímu stavu zrušena a celá konstrukce byla nahrazena novou, již bez tramvajové trati, pravděpodobně z kapacitních důvodů a také z důvodů zjednodušení mimoúrovňových křížení [6]. Nová, kapacitní komunikace začala fungovat od roku 1980, celková šířka mostu je 33,5 metru a celková délka i s přemostěním mimoúrovňové křižovatky je 212 m. Z hlediska dopravního uspořádání se zde nacházejí 3 jízdní pruhy v každém směru. Most Barikádníků je též zatím předposledním mostem po proudu řeky Vltavy na území Prahy (k 6/2016).

2.3. Světelná křižovatka Argentinská x Plynární

Světelná křižovatka Argentinská x Plynární se nachází v severní části Holešovic (Praha 7). Jedná se o jednu z nejvytíženějších světelných křižovatek v Praze [8] a je dokonce použita jako příklad pro kapacitní úpravy ve vydání TP81 [9]. Jedná se o čtyřramennou křižovatku, z níž dvě ramena (východozápadní směr) jsou používána tramvajovou dopravou. Pro automobilovou dopravu je pak klíčový zejména severojižní směr a směr od západu na sever (druhý směr je veden ulicí Jankovcovou). Kromě směru od západu na sever jsou na této křižovatce zrušena všechna levá odbočení [9]. Průjezd tramvají touto křižovatkou je preferován podmíněnou preferencí. [10]

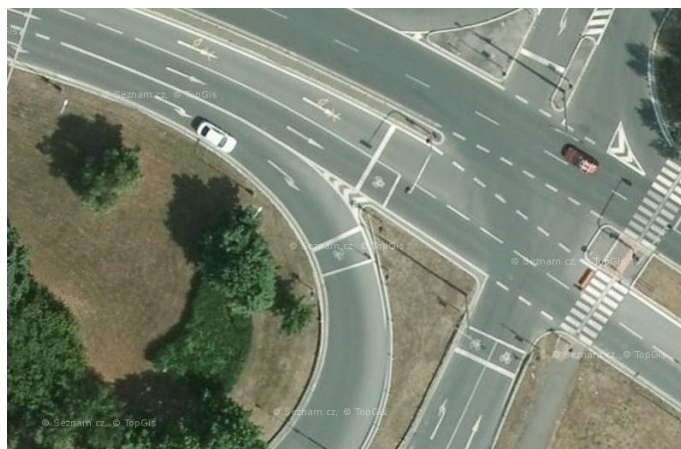


Obrázek 3 Letecký snímek křižovatky Argentinská x Plynární, zdroj mapy.cz

2.4. Světelná křižovatka Nová Povltavská x V Holešovičkách

Světelná křižovatka Nová Povltavská x V Holešovičkách je ve skutečnosti soustavou dvou koordinovaných světelných křižovatek, které zde vznikly až po vybudování tunelového

komplexu Blanka. V souvislosti s vybudováním tunelového komplexu došlo také ke zrušení levého odbočení z ul. Povltavská na rampu ústící do ulice V Holešovičkách směrem na Kobylisy, pravděpodobně z kapacitních důvodů. Toto opatření tak nutí řidiče jet až na následující světelnou křižovatku u vyústění Bubenečského tunelu (součást tunelového komplexu Blanka), zde se přes soustavu světelných křižovatek otočit do protisměru a pak najet na původní rampu. Stejným způsobem je omezen od budov UK čili na rampu, která přivádí řidiče na ul. V Holešovičkách ve směru na Kobylisy, se lze dostat pouze od tunelového komplexu Blanka. Pozoruhodné je, že na pravém odbočení ve směru od Bubenečského tunelu je vybudováno SSZ, které ovšem nechrání dopravu od žádného kolizního směru viz následující obrázek.



Obrázek 4 Letecký snímek ukazující nájezd na rampu od tunelového komplexu Blanka bez jakýchkoli kolizních směrů, zdroj mapy.cz

Druhá z komplexu světelných křižovatek zachovala všechny předtím použitelné směry kromě odbočení vlevo z Povltavské na parkoviště u tenisových kurtů Baník Praha. Klíčový je zde směr západovýchodní (převážně od západu) a směr od severu (rampa z ul. V Holešovičkách) na západ (proud V Holešovičkách – Bubenečský tunel).

Oběma světelnými křižovatkami prochází linka pražské MHD č. 112, ovšem pouze ve směru do Zoologické zahrady. Obě křižovatky jsou řízeny dynamicky, lze se tedy domnívat, že jsou autobusy této linky preferovány.

2.5. Doplnující místní komunikace v oblasti

Argentinská – součást takzvané severojižní magistrály, spojuje Bubenské nábřeží s mostem Barikádníků, dopravní uspořádání 2+2 jízdní pruhy mezi Plynární a Bubenským nábřežím, dále k mostu Barikádníků zde jsou 3 jízdní pruhy v každém směru

Plynární – ulice ve východozápadním směru, vede tudy tramvajová trať Dělnická – Nádraží Holešovice se třemi linkami MHD – 12, 24 a 156, částečně pak linky 112 a 201. Z hlediska

dopravní uspořádání má ulice pro automobilovou dopravu po každé straně jeden jízdní pruh a uprostřed tramvajový pás částečně oddělený od automobilové dopravy podélnými tvarovkami.

Jankovcova – delší ulice, kterou dříve vedla železniční vlečka v oblasti severních Holešovic

Bondyho – spojovací ulice ve funkci „rampy“ mezi ulicemi Argentinská a Vrbenskou

Na Truhlářce – paralelní ulice k ulici V Holešovičkách, má převážně klidový charakter, mohli bychom ji zařadit jako komunikaci kategorie C – obslužná. Při dopravních excesech v ulici V Holešovičkách může být teoreticky znalejšími řidiči využívána jako objízdna trasa.

Valčíkova – ulice spojující mostním objektem obě strany „údolí“ ulice V Holešovičkách. Propojuje ulici Na Truhlářce a ulici v Holešovičkách směrem do centra. Samotný mostní objekt prošel v nedávné době rekonstrukcí. [11]

Liberecká – volné pokračování ulice V Holešovičkách. Zde už přechází komunikace městská v komunikaci dálničního typu a komunikace se mnohem více jeví jako v extravilánu, například zde neparkují po stranách komunikace automobily a nejsou zde chodníky. De facto zde začíná dálnice D8, byť kilometráž (kladná) začíná až u Zdib.

Zenklova – ulice spojující oblast Palmovky s Kobylisy. Ve zkoumané oblasti je rozšířena na 2+2 jízdní pruhy, jinak kolísá mezi jedním až dvěma jízdními pruhy v každém směru. Uprostřed ulice je vedena tramvajová trať oddělená od automobilové dopravy, stavebně na otevřeném kolejovém svršku.

Davídkova – spojuje oblast Bulovky a Ládví, obvykle v uspořádání jeden pruh v každém směru. Pouze v podjezdu pod Libereckou ulicí je komunikace jednosměrná se dvěma jízdními pruhy. Druhý směr je veden na Libereckou ulici a pak vratnou rampou do ulice Zenklova.

2.6. Mimoúrovňová křižovatka Vychovatelna

MÚK Vychovatelna se nachází na místě styku ulic Zenklova, Liberecká a V Holešovičkách. Svou podobu získala v roce 1980 [6], kdy byla přebudována z původně úrovňové křižovatky. Ta tehdy sloužila i jako křižovatka tramvajová, neboť ještě fungovala i trať ulicí V Holešovičkách. V místech této MÚK se také nachází Heydrichova zatáčka, tj. místo atentátu na Reinharda Heydricha, a památník vybudovaný na památku této události.

Samotná křižovatka se chová jako pětiramenná (5 ramen – Zenklova S, Davídkova, Liberecká, Zenklova J, V Holešovičkách) a čítá celkem 6 ramp.

2.7. Výkres v programu Autocad

Jako podklad pro danou oblast je potřeba vytvořit výkres. Zvolil jsem si program AutoCAD, V tomto programu je relativně snadné vytvořit výkres, který se dá použít jako podklad pro

tvorbu situace v programu Vissim. Použitý výkres je přiložen v příloze. Pro vytvoření výkresu jsem použil jako podložení zaměřené hrany budov a komunikací v celé oblasti a ortofotomapy ze serveru mapy.cz. Ty jsem vhodným způsobem spojil a hrany potřebné pro model přenesl do nové vrstvy, podle které byly narýsovány všechny linie v modelu.

3. Dopravní průzkum oblasti

3.1. Vlastní prováděné dopravní průzkumy

Aby bylo možno vymodelovat danou oblast, bude třeba provést následující dopravní průzkumy:

1. Křižovatkový (směrový) průzkum – křižovatka na Vychovatelně – MÚK ulic Zenklova x V Holešovičkách
2. Křižovatkový průzkum – křižovatka Pelc-Tyrolka – Nová Povltavská x V Holešovičkách
3. Křižovatkový průzkum – křižovatka u budov Matfyz UK – Povltavská x Pátkova

Tyto tři průzkumy mohou poskytnout dostatečná data o směrovosti automobilů. Ostatní křižovatky buď nedosahují potřebné významnosti pro model, popřípadě jejich směrovost už není pro model tak důležitá (křižovatka Argentinská x Plynární).

3.2. Další zdroje dat

Abych mohl potvrdit věrohodnost získaných dat, je třeba má data ještě značným způsobem rozšířit. Za tím účelem hodlám použít a zpracovat následující data:

1. Data z ručního sčítání na ulici V Holešovičkách poblíž Matfyz UK
2. Data z ručního sčítání na rampě ze Zenklovy ulice (směr od Kobylis) na ulici V Holešovičkách.

3.3. Kategorie pro sčítání a stanovení pravidel

Pro prováděné dopravní průzkumy je třeba stanovit určité zásady, zejména se jedná o stanovení času sčítání, podmínek a kategorií sčítaných vozidel.

3.3.1. Navrhované kategorie pro sčítání vozidel:

Kategorie	Zkratka	Příklady
Jízdní kolo	K	bicykl
Motocykl	M	skútr, motocykl
Osobní automobil	A	osobní automobil, dodávka
Nákladní automobil + bus	N	nákl. automobil, autobus
Nákladní souprava + kloubový bus	NS	nákladní souprava, kl. bus

Tabulka 1 Kategorie sčítaných vozidel

3.3.2. Stanovení času sčítání

Ideální je, aby sčítání probíhalo od úterý do čtvrtka a v letním období, nicméně s pomocí koeficientů z TP 189 je možné použít sčítání i z jiného období [12]. Rozhodl jsem se tedy provést sčítání vždy ve čtvrtek, tři následující týdny po sobě. Z důvodů mých časových možností jsem měření vždy prováděl cca od 7:45 do 9:15 dopoledne. Vzhledem k tomu, že mám k dispozici data, která se určitým způsobem kryjí (dva údaje za jeden úsek, pokaždé z jiného dne), bylo možné data o směrovosti v jednotlivých křižovatkách vzájemně vhodným způsobem zkalibrovat.

3.3.3. Stanovení podmínek sčítání

Sčítání dopravy nelze provádět, pokud se lze domnívat, že podmínky měření nejsou běžné a mohou ovlivnit výsledná data. Za příklad lze uvést například povodně, extrémní počasí nebo uzavření komunikace z jakéhokoli důvodu. [12]

3.4. První průzkum – křižovatka Pelc-Tyrolka

První průzkum byl proveden ve čtvrtek 7.4.2016 od 7:30 do 9:30. Za stanoviště byla zvolena lávka pro pěší a cyklisty propojující Barrandovský most s ostatními pěšími cestami. Odtud byla kamerou snímána situace na křižovatce ulice Nová Povltavská a rampy z ulice v Holešovičkách. Ze záběru potom bylo možno určit intenzity vozidel v jednotlivých směrech, které bylo možno poté nahrát do modelu.

3.4.1. Bližší popis průzkumu

Průzkum byl prováděn za poměrně pěkného dubnového počasí a nebyly zaznamenány žádné dopravní excesy během průběhu měření, které by jej mohly ovlivnit. Naopak k mému překvapení byla doprava plynulá a docházelo pouze k minimálním zdržením ve směru z tunelového komplexu Blanka na Vychovatelnu.

3.4.2. Zachycené detaily

Překvapil mne nezanedbatelný podíl motocyklů, používaných pravděpodobně hojně i k cestám do práce. Též jsem zachytil nebezpečný stav, kdy si chodci od kolejí 17. listopadu zkracují cestu po rampě od sledované křižovatky na most Barikádníků. Domnívám se, že tento jev je zapříčiněn špatným řešením pěších vazeb v oblasti MÚK V Holešovičkách x Nová Povltavská, neboť chodci jsou nuceni z most sejít až do podchodu a poté zpět na uliční úroveň, to je ještě umocněno rampami, které působí spíše esteticky nežli prakticky, neboť rozhodně nespojují místa nejkratší cestou a schodiště nejsou k dispozici všude, kde by byly třeba.

3.4.3. Doplnkový průzkum

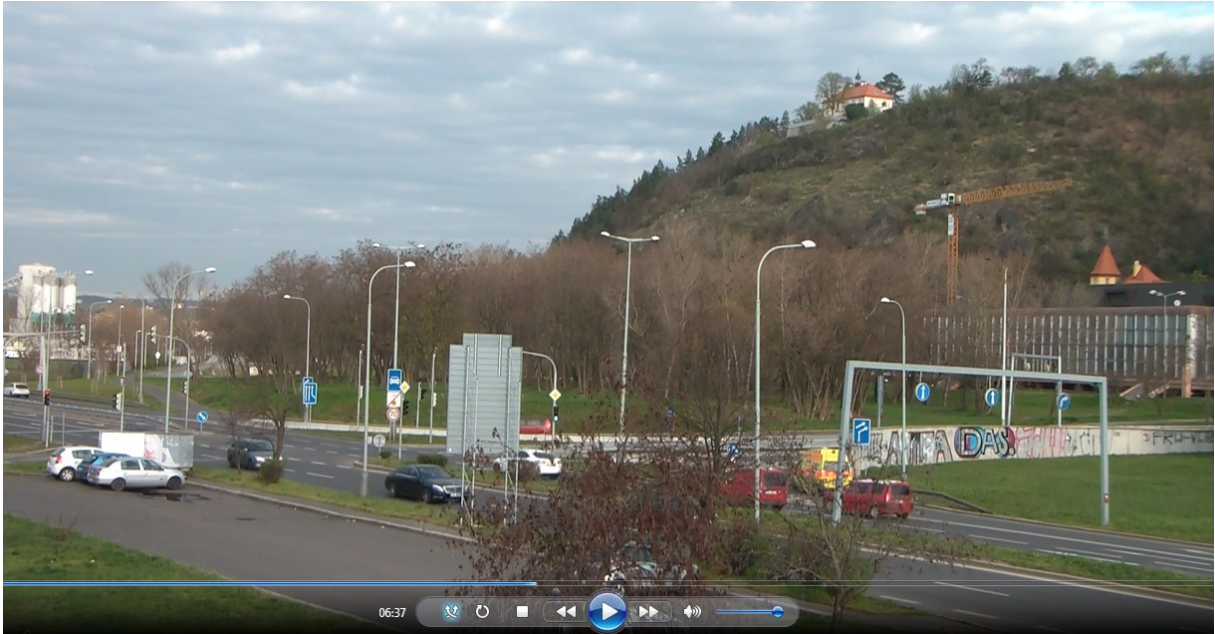
Jelikož snímání videa nebyla činnost, jež by stoprocentně zaměstnala mou pozornost, rozhodl jsem se ještě zjistit intenzity na příjezdu do centra z ulice V Holešovičkách. Sčítal jsem ručně čárkáním na papír, co řádek, to minuta. Kategorie vozidel jsem zachoval stejně jako při ostatních průzkumech. Sčítání jsem prováděl dvakrát, poprvé od 7:45 do 8:15, podruhé od 8:45 do 9:15.

3.4.4. Fotodokumentace

Ke zdokumentování provedení průzkumu může kromě videozáznamu posloužit i tato fotografie, je zde možné rozpoznat, že bylo poměrně obtížné najít místo s kvalitním výhledem na všechny křižovatkové pohyby.



Obrázek 5 Zachycování provozu na světelné křižovatce Nová Povltavská x rampa ulice V Holešovičkách na kameru, zdroj vlastní



Obrázek 6 - Záběr z videa zachycujícího křižovatku Pelc-Tyrolka, zdroj vlastní video

3.5. Druhý průzkum – křižovatka Povltavská x Pátkova

Druhý průzkum jsem provedl následující čtvrtek, tedy 14.4.2016. Přestože bylo mým původním záměrem měřit ve stejný čas, z osobních důvodů bylo třeba čas měření o něco posunout. Měřil jsem tedy od 8:15 do 9:45. Nebylo úplně snadné najít vhodné stanoviště pro snímání této křižovatky, nalezené místo tedy sice není perfektní, ale je použitelné.

3.5.1. Bližší popis průzkumu

Klimatické podmínky byly opět poměrně příznivé, přestože bylo zataženo a chladněji než při předchozím průzkumu. Tato okolnost by se mohla projevit zejména na podílu motocyklů na celkové dopravě. Doprava byla v době průzkumu opět plynulá, dopravní excesy nebyly v době průzkumu zaznamenány.

3.5.2. Zachycené detaily

Vozidla přijíždějící od tunelového komplexu Blanka byly již nadákovány předchozím signalizačním zařízením, což se projevuje i dávkovanými průjezdy přes sledovanou křižovatku. Očekával bych, že signální plán této křižovatky bude nastaven tak, aby tohoto dávkování bylo co nejvíce využito, nicméně na základě pozorování se domnívám, že tomu tak není a proud automobilů od TKB je na křižovatce často zastaven. Vzhledem k tomu, že se však v tomto směru používají dva řadící pruhy, nevznikají zde žádné větší dopravní problémy, problém je tedy pouze v rovině environmentální.

Další pozoruhodností je světelné signalizační zařízení i ve směru od TKB vpravo, tedy na rampu ve směru na Vychovatelnu. Tento směr není díky zrušenému levému odbočení ve směru od Libně a přímému směru od Matfyzu (z ulice Pátkova) kolizní s žádným jiným a taktéž

se zde nenachází žádný přechod nebo přejezd pro cyklisty. Lze se tedy domnívat, že toto SSZ funguje jako světelná závora pro vjezd do ulice V Holešovičkách.

Těž jsem pozoroval preferenci pro autobus MHD linky 112. MHD zde preferenci zvláště preferenci nedostává, dochází tedy k mírným zdržením, přestože je zde dle materiálů, které jsem získal od TSK Praha, dynamické řízení.

3.5.3. Doplnkové průzkumy

Opět jsem při snímání uskutečnil ještě dva doplňkové dopravní průzkumy. První jsem uskutečnil na křižovatkové větvi od mostu Barikádníků do ulice Povltavská (směr Libeň). Jednalo se znovu o ruční průzkum intenzit po minutě rozdělený dle jednotlivých kategorií vozidel, který jsem prováděl od 8:45 do 9:15. Další podobný průzkum jsem provedl od 9:30 do 10:00 na profilu v ulici V Holešovičkách, kde jsem sčítal všechny jízdní pruhy ve směru z centra (na Vychovatelnu).

3.5.4. Fotodokumentace



Obrázek 7 Postavení kamery při snímání křižovatky Povltavská x Pátkova, zdroj vlastní



Obrázek 8 Video zachycující křižovatku Povltavská x Pátkova, zdroj vlastní video

3.6. Třetí průzkum – křižovatka na Vychovatelně

Na třetí průzkum jsem se potřeboval trochu připravit, neboť mým cílem bylo zachytit všechny křižovatkové pohyby na této mimoúrovňové křižovatce. Měření jsem tedy uskutečnil až 5.5.2016. Měření proběhlo cca od 8:00 do 9:45, jelikož cílem bylo opět zachytit ranní špičku.

3.6.1. Rozestavení kamer

Bylo potřeba rozestavět co nejvíce kamer, neboť tato křižovatka je velmi obtížně zachytitelná jako celek. Osobně se domnívám, že by to bylo možné pouze z dronu či satelitu, což je mimo mé možnosti.

Celkem jsem tedy rozestavil a ohlídal 3 kamery (viz tabulka), kde každá zabírala jiné klíčové místo na rozlehlé křižovatce.

Těž bylo prakticky nemožné spustit měření ze všech třech najednou, to znamená, že některé kamery byly zapnuty později (ale se zaznamenaným časem zapnutí).

Postavení kamer viz následující tabulka

kamera	umístění
kamera 1	na rohu ulic Bulovka a Zenklova, naproti zastávce
kamera 2	rampa od Davídkovy ulice
kamera 3	na ul. Liberecká, snímá Zenklovu včetně rampy od Liberecké

Tabulka 2 Umístění kamer při dopravním průzkumu na křižovatce Vychovatelna, zdroj vlastní

3.6.2. Bližší popis průzkumu

Klimatické podmínky byly velmi příznivé, bylo slunečné a velmi příjemné počasí. Tato okolnost by se opět mohla projevit zejména na podílu motocyklů na celkové dopravě. Tentokrát doprava už plynulá nebyla. Auta popojížděla v kolonách a doprava se pohybovala ve stavu nad hranicí saturace. Tento stav se postupně měnil až do konce měření, kdy již byla doprava plynulá a bez větších problémů.

3.6.3. Zachycené detaily

Během průzkumu se podařilo zachytit několik zajímavých detailů. Za prvé to je stav, kdy je připojovací pruh od rampy z Davídkovy ulice směrem do centra využíván jako odbočovací, někdy dokonce i pro předjetí kolony. Takové využití ovšem znemožňuje dopravní stín, který takové počínání dělá nezákonným. Též zde dochází k relativně častým skoronehodám, zejména pokud tento pruh chtějí využít vozy IZS.

K další zajímavé situaci dochází na křižovatce Zenklova x Bulovka, kde je problém s levými odbočeními z protilehlých ramen ve stejné fázi. Kvůli tramvajové trati spolu totiž tyto dva směry mají dva kolizní body, to znamená, že se mohou poměrně snadno „zaseknout“. K takovýmto stavům zde opravdu občas docházelo, řidiči jej většinou řešili domluvou. Je ovšem otázkou zda je to problém řešitelný, posunout jedno z levých odbočení do jiné, popřípadě samostatné fáze, by pravděpodobně významně snížilo kapacitu křižovatky.

3.6.4. Kapacita

Je zarážející, že byly naměřeny v ulici Liberecká ve směru do centra intenzity pouze okolo 3000 pvoz/h, zejména s ohledem na to, že průměrné denní intenzity se pohybují okolo 45 000 vozidel za den [5]. Základní saturovaný tok má dle TP 235 hodnotu 2000 pvoz/h pro jeden jízdní pruh. [13] Pro dva jízdní pruhy tedy vychází kapacita 4000 voz/h. Stupeň dopravy zachycený na kamerách autor označuje na 4 z obvyklé stupnice (1-5). To znamená, že pomocí lepšího řízení dopravy, které dostane dopravu na úroveň saturovaného toku, by mělo být možné využít zbývající kapacitu.

3.6.5. Doplnkové průzkumy

Abych mohl vytvořit kompletní směrový průzkum pro tuto křižovatku, potřeboval jsem zachytit ještě jednu rampu, kterou se mi nepodařilo zachytit na žádnou jinou kameru, a to rampu ze Zenklovy ulice (od Kobylis) na ulici V Holešovičkách (směr do centra). Tento průzkum jsem provedl pouze krátce od 9:00 do 9:20, čísla tedy nemusí být tak přesná, přesto je považuji za použitelná.

3.6.6. Fotodokumentace



Obrázek 9 Kamera zabírající prostor křižovatky Bulovka x Zenklova, zdroj vlastní



Obrázek 10 Připojení rampy z Davidkovy ulice a zmiňovaný často přejížděný dopravní stín, pohled, který snímala kamera, zdroj vlastní

3.7. Druhy dopravy zaznamenané z kamerových záznamů

Vzhledem k zachování kompatibility s doplňkovými dopravními průzkumy byla vozidla tříděna do 5 kategorií, identických s doplňkovými dopravními průzkumy.

3.8. Sčítání dopravy z kamerových záznamů

Pro sčítání záznamů z kamery jsem použil vlastní skript, který umožňuje počítat auta pouze stisky kláves. Umožňuje sčítat celkem 6 druhů dopravy ve třech směrech, celkově tedy využívá 18 kláves na klávesnici.

3.8.1. Popis skriptu

Skript je dostupný na mých fakultních webových stránkách (webová adresa: <https://www.fd.cvut.cz/personal/hajdupet/dpz.html>) a autor dává souhlas k tomu, aby jej mohl kdokoli svobodně použít. Je psán v jazyce Javascript bez nějaké další knihovny či nástavby, ukázka viz obrázek.

Javascript pro sčítání vozidel - vytvořil Petr Hajduk

Směr vlevo	OA1 (q)	LN1 (w)	TN1 (e)	m1 (r)	c1 (t)	M1 (z)
	0	0	0	0	0	0
Směr přímo	OA2 (a)	LN2 (s)	TN2 (d)	m2 (f)	c2 (g)	M2 (h)
	0	0	0	0	0	0
Směr vpravo	OA3 (y)	LN3 (x)	TN3 (c)	m3 (v)	c3 (b)	M3 (n)
	0	0	0	0	0	0

Obrázek 11 Ukázka programu použitého pro sčítání z kamerových záznamů, zdroj vlastní

3.8.2. Agregování dat

Data jsou agregována po pěti minutách. To se jeví jako optimální interval pro modelování dopravy, neboť dokáže zachytit případné variace, ale zároveň příliš neztěžuje proces sčítání dopravy.

3.9. Kalibrace dat pro potřeby dopravního modelování

Abych mohl data uspokojivě dosadit do modelu, je potřeba data zkalibrovat. Data jsem totiž sbíral ve třech různých dnech (byť se vždy jednalo o čtvrtky), počty vozidel tedy nemůžou být přesně totožné. To by ovšem znamenalo, že by na kalibračních bodech, kde se setkávají data z různých dnů měření, docházelo ke skoku a vozidla by v místě musela buď vznikat, nebo zanikat. Tam, kde mám dostatek dat, budu data kalibrovat po pěti minutách. Pokud data chybí, pokusím se je nahradit průměrem, aby alespoň hodinové intenzity byly co nejvíce věrohodné. Pro chybějící měření z křižovatky Vosmíkových x Na Stráži jsem použil údaje ze sčítání dopravy od TSK Praha.

3.9.1. Kalibrační body

V následující tabulce popisují, kde se nacházejí jednotlivé kalibrační body, které byly zpracovávány.

Kalibrační bod	Dny sčítání (rok 2016)
V Holešovičkách, z centra*	14/4,5/5
V Holešovičkách, do centra	7/4,5/5
Povltavská, do TKB	7/4,14/4
Povltavská, z TKB	7/4,14/4

Tabulka 3 Kalibrační body v modelu

*=Vzhledem k tomu, že pro ulici V Holešovičkách směr z centra mám zaznamenán pouze časový úsek od 9:30 do 10:00, bude vhodné ji jako kalibrační bod nepoužít. Též tím zamezím tomu, že bych uvízl mezi třemi modely, které nemůžou nikdy přesně sedět (vždy mohou sedět například 1+2 a 1+3, ale pak 2+3 by mohl sedět pouze čirou náhodou). Výsledky na jednotlivých kalibračních bodech je možné vidět v následující tabulce pro osobní automobily:

čas	KB1-1 od TKB			KB1-1 do TKB			KB2-3 V Holešovičkách		
	KB1-1 od TKB	KB1-2 od TKB	poměr	KB1-1 do TKB	KB1-2 do TKB	poměr	KB2-3 VH 2	KB2-3 VH 3	poměr
8:00	195	194	1.005155	116	118	0.983051	279	304	0.917763
8:05	199	194	1.025773	112	118	0.949153	284	220	1.290909
8:10	197	194	1.015464	123	118	1.042373	305	246	1.239837
8:15	178	174	1.022989	113	117	0.965812	283	292	0.969178
8:20	170	207	0.821256	112	120	0.933333	305	318	0.959119
8:25	167	200	0.835	123	97	1.268041	286	288	0.993056
8:30	161	194	0.829897	102	116	0.87931	295	269	1.096654
8:35	195	157	1.242038	111	117	0.948718	296	254	1.165354
8:40	154	148	1.040541	121	86	1.406977	278	264	1.05303
8:45	167	178	0.938202	109	108	1.009259	291	231	1.25974
8:50	162	173	0.936416	110	78	1.410256	271	276	0.981884
8:55	159	161	0.987578	124	91	1.362637	277	229	1.209607
9:00	166	168	0.988095	119	87	1.367816	271	244	1.110656
9:05	162	162	1	115	100	1.15	253	267	0.947566

Tabulka 4 Poměry vstupů a výstupů na jednotlivých kalibračních bodech pro osobní automobily

S pomocí této tabulky jsem poté přenásobil zbylé hodnoty a tím získal použitelná data pro program PTV Vissim. Stejný postup jsem poté aplikoval i na kategorii nákladní automobily, kam podle délky spadají i standardní autobusy.

Naopak kalibraci jsem vzhledem k velikosti dat neprováděl pro motocykly a nákladní soupravy. Získaná data se obvykle pohybují v jednotkách, často dochází k dělení nulou a docházelo by tak ke ztrátě dat, popřípadě by data potřebovala jiné další ošetření.

3.10. Celkový stav intenzit

Veškeré intenzity jsem zaznamenal do souboru scitani_dopravy.xls, který je možno nalézt v příloze na CD.

4. Tvorba dopravního modelu v programu PTV Vissim

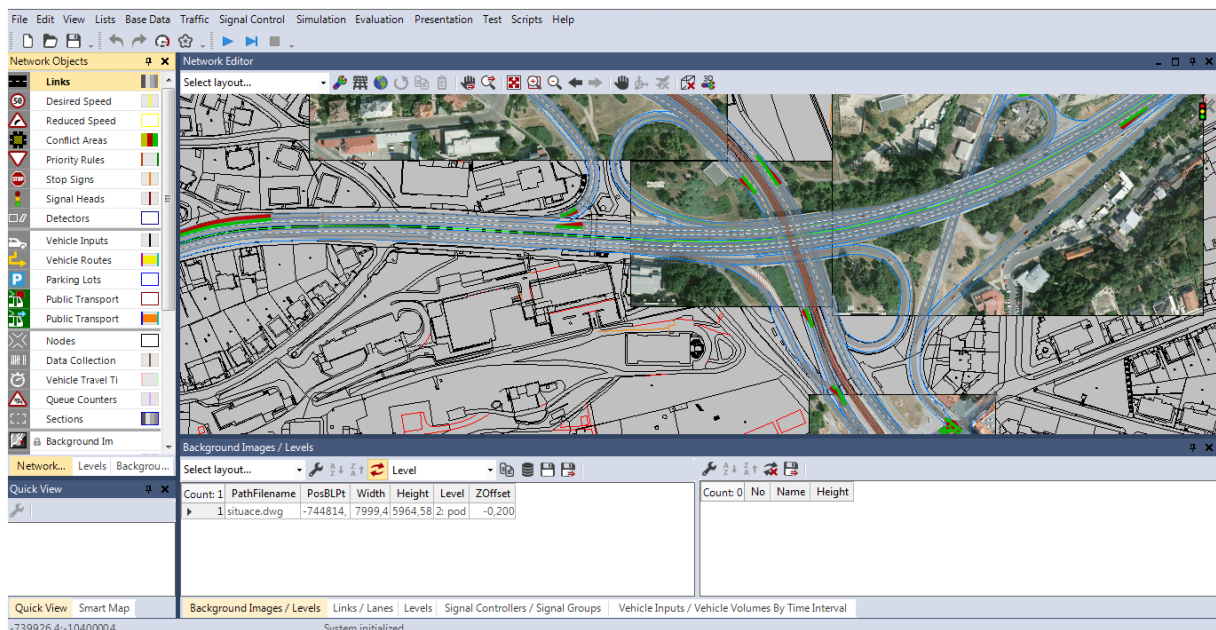
4.1. Programy pro dopravní modelování

Programy pro dopravní modelování vyvíjí například již zmíněná firma PTV. Mezi její produkty patří zejména PTV Vissim, určený pro mikrosimulace a PTV Visum, určený pro makrosimulace. Firma PTV sídlí v Karlsruhe, kde jsou zmíněné programy pod danou značkou vyvíjeny již od roku 1979 [14]. Tento program jsem se rozhodl pro svou činnost využít i já jakožto autor této bakalářské práce. Zvolil jsem si jej, neboť jej již umím ovládat a vyhovuje mi prostředí programu (viz obrázek níže) stejně tak jako kvalita výpočetních i grafických výstupů. Co bych mu trochu vytkl, je přílišná „hranatost“, nelze v něm dostatečně uspokojivě vytvářet oblouky, tedy alespoň ne tak přesně jako například v programu AutoCAD.

PTV VISSIM je nejúčinnějším nástrojem pro mikroskopickou simulaci multimodálních dopravních proudů, zahrnujících osobní a nákladní automobily, autobusy, tramvaje, příměstskou železnici, vlaky, cyklisty a chodce. Jeho flexibilní síťová struktura umožňuje detailní znázornění a modelování jakéhokoli uspořádání, od světelně řízených křižovatek, okružních křižovatek, silničních koridorů, až po celé autobusové nádraží a dokonce i letiště“-.

[15]

Následující kapitoly jsou seřazené chronologicky podle toho, jak byly autorem využity pro tvorbu dopravního modelu v programu PTV Vissim.



Obrázek 12 Prostředí programu PTV Vissim, zdroj vlastní

Mezi konkurenty pak patří například program Omnitrans od společnosti DAT.Mobility nebo produkt AIMSUN.

4.2. Podstata mikroskopické simulace

Na rozdíl od makroskopické či mezoskopické simulace, v mikroskopické simulaci je cílem namodelovat pohyb každého vozidla v síti včetně jeho fyzikálních charakteristik jako je rozjezd, brzdění atd. Dostáváme se tedy na mnohem podrobnější úroveň, která je mnohem přesnější, zároveň je však také náročnější na vymodelování a na výpočetní techniku. Důležitou otázkou je vhodnost modelování větších sítí jako mikroskopické simulace, neboť při daném stupni přiblížení jsou již sítě okolo 5 x 5 km velmi komplexní a ztrácí se přehlednost modelu. Popisovaný model se pohybuje přibližně na této hranici a jako autor se domnívám, že pokud by model měl zahrnout ještě větší území, již by byl vhodnější model mezoskopický, který už nezohledňuje každé jednotlivé vozidlo.

4.3. Fungování jádra programu

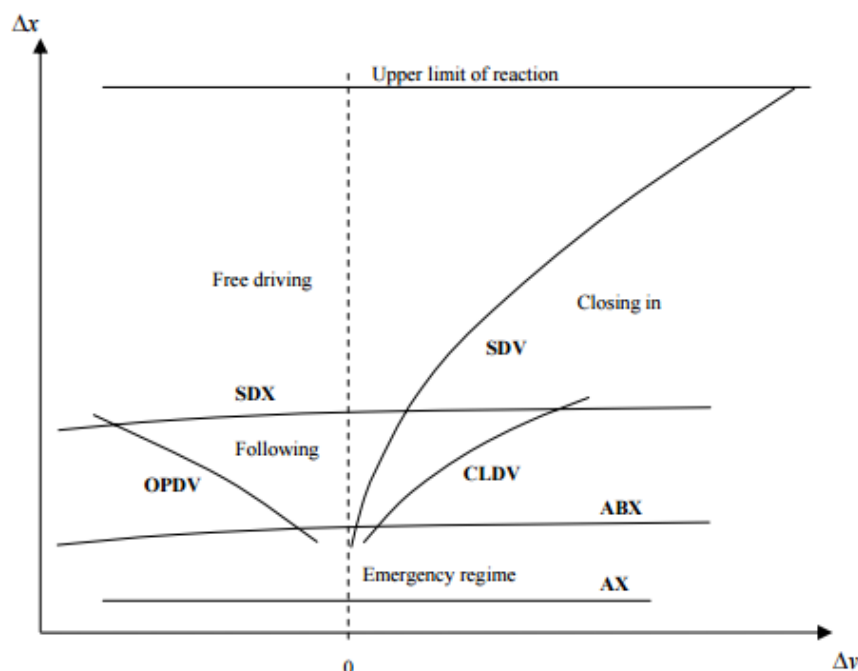
Jádro programu počítá při simulaci pohyb každého jednotlivého vozidla. Pro výsledek simulace není třeba vůbec znát „grafický“ průběh, simulace nehledá prostorově například kolize vozidel, pokud chce uživatel zamezit k jejich docházení, musí provést v programu potřebná nastavení.

4.4. Car-following model

Car-following model je způsob jakým od sebe auta při simulaci udržují vzdálenost a ovlivňuje řidičovo chování tak, aby se přiblížilo k reálnému [16]. Existuje několik druhů car-following modelů, program PTV Vissim používá model Wiedemann. Tento model byl vytvořen roku 1974 a je od té doby neustále vylepšován.

4.4.1. Podstata car-following modelu

Podstatou modelu je určení režimu jízdy na základě vzdálenosti mezi vozidly a rozdíly v jejich rychlosti viz následující obrázek:



Obrázek 13 Určení jízdních režimů na základě rozdílu ve vzdálenostech a rychlost dvou po sobě následujících vozidel [16]

Popis k obrázku: AX je požadovaný rozdíl ve vzdálenostech pro stojící vozidla. Pro nízké rychlosti platí požadovaná vzdálenost ABX, maximální vzdálenost pro následnou jízdu je SDX.

SDV je přibližovací bod, v tomto bodě řidič zaznamená přiblížení k předchozímu vozidlu. CLDV je podobné k SDV, s tím rozdílem, že se používá pro jemné přiblížování při nižších rychlostech. V programu PTV Vissim jsou ovšem obě křivky totožné. [16] OPDV je naproti tomu vzdálenost, kdy následující vozidlo zaznamená, že se předchozí vzdaluje, a začne zrychlovat.

Model tedy funguje tak, že pokud se k vozidlu přibližuje další, zmenšuje se nejprve jejich vzájemná vzdálenost. Když se vozidlo dostane ke křivce SDV, začne svou rychlost zmenšovat tak, aby stihlo svou rychlost snížit na úroveň předchozího vozidla. Pokud se pak opět předchozí vozidlo rozjede na vyšší rychlost, zvětší se rozdíl rychlostí a vozidlo narazí buď na křivku OPDV, nebo SDX a zrychlí.

4.5. Základní nastavení

Jako první je třeba pojmout rozhodnutí o délce simulace a časovém kroku. Osobně jsem nastavil 4200 s z toho důvodu, že má simulace bude trvat 3600 s a 600 s bude fungovat jako „zahřívací“ čas. Simulace tedy použije čas 8:00 – 8:10 jako zahřívací a poté pojedou v „ostrém

režimu“ v čase 8:10-9:10. Časový krok ovlivňuje výkon a plynulost simulace, v modelu pro bakalářskou práci používám časový krok 0,1 s.

4.6. Podkladová mapa

Aby bylo možné kreslit na reálné podklady, PTV Vissim umožňuje dva způsoby podložení. Prvním způsobem, který se mi osobně jako autorovi zdá méně praktický, je kreslení přímo na mapu světa (zdrojem těchto map je Bing), která se načítá průběžně z internetového zdroje. Tato možnost je ovšem dle mého pozorování náročnější na výkon, proto ji jako autor nedoporučuji, i když je pravdou, že se může hodit, pokud nemáme jiné, vhodnější podklady. Ideálními podklady se jeví výkresy ve formátu .dwg, které obsahují potřebné linie a prvky pro ztvárnění modelu a už nás nezatěžují dalšími nadbytečnými záležitostmi. Model vytvořený v této bakalářské práci je podložen výkresem situace.dwg, který je možno nalézt v příloze.

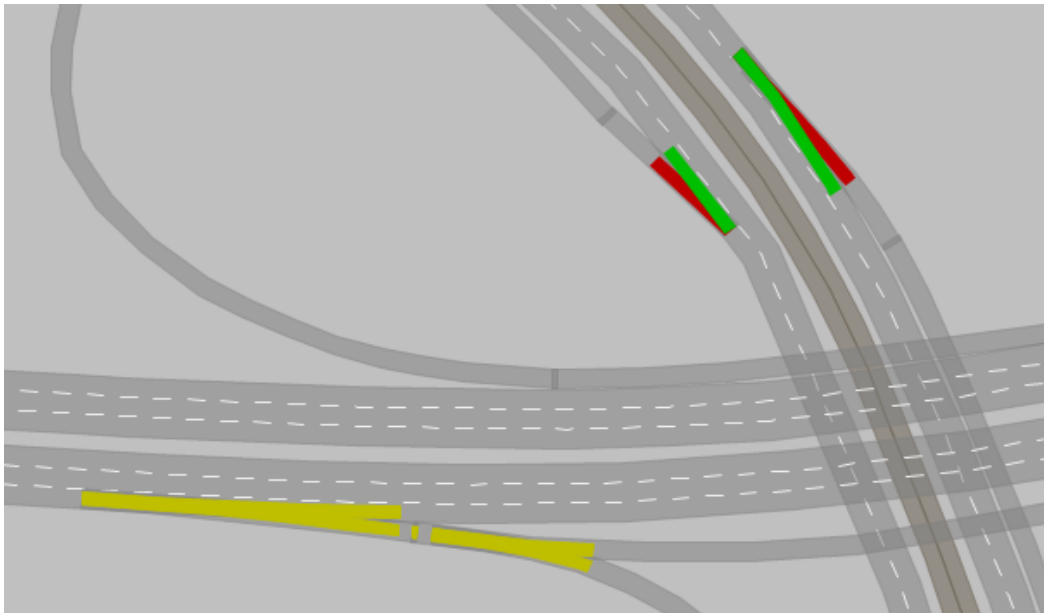
4.7. Tvoření základních linií (linků)

Základní síť v programu Vissim tvoří takzvané linky a konektory. Linky mají tvořit základní spojnice z bodu A do bodu B a Connectors nebo počestěně konektory mají tvořit spojnice mezi těmito linky. Jako ideální se jeví taková kombinace, kdy linky tvoří například hlavní silnice a silnice vedlejší a pouze jednotlivé křižovatkové větve a odbočení vlevo jsou řešeny pomocí konektorů.

Pokud pracujeme s rozdílnými (výškovými) úrovněmi, máme pak další možnosti. První je nastavovat u linků jednotlivé výškové úrovně. Výškovou úroveň však může mít link pouze jednu, proto je nutné je pak spojit konektory (viz dále), které ji mohou měnit. Druhou možností je nastavovat sklony přímo u jednotlivých linků. V modelu je nastaven sklon pouze u nejvýznamnější komunikace, tj. ulice v Holešovičkách a Liberecké. Údaje o sklonech byly získány z mapového serveru mapy.cz.

4.8. Konfliktní oblasti (Conflict Areas)

Conflict Areas neboli konfliktní místa je nástroj, který umožňuje napodobit poměrně efektivním způsobem přednosti v jízdě. PTV Vissim umožňuje zobrazit všechna tato konfliktní místa a nastavit na nich přednosti stejným způsobem tak, jak fungují ve skutečnosti. Defaultní přednost je žádná, tedy že na sebe vozidla vůbec nereagují. To se hodí například u těsně přiléhajících JP nebo u odpojovacích jízních pruhů. Příklad řešení viz následující obrázek.



Obrázek 14 Příklad řešení předností pomocí Conflict Areas

4.9. Časové intervaly (Time Intervals)

Program PTV Vissim umožňuje rozdělit si simulovaný časový úsek na jednotlivé požadované intervaly. Tím je opět možno dosáhnout co největšího přiblížení ke skutečnosti. Ve vytvořeném modelu pracuji s intervaly po 300 vteřinách, neboť stejným způsobem jsem vytvořil záznam z dopravních průzkumů.

4.10. Tvorba skladby dopravního proudu (Vehicle Composition)

Program PTV Vissim nám nabízí již předdefinované třídy vozidel (Vehicle Classes) viz obrázek níže a pouze jednu skladbu dopravního proudu (Vehicle Composition).

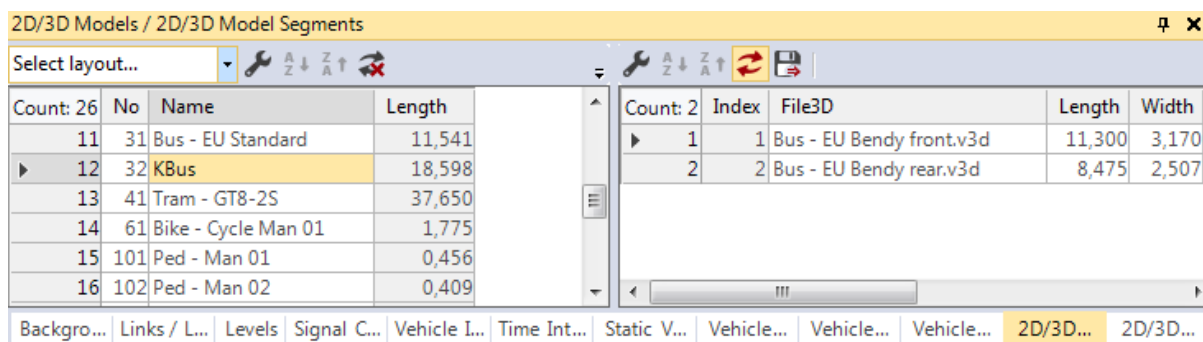
Count	No	Name	VehTypes	UseVehTypeColor	Color
1	10	Car	100	<input checked="" type="checkbox"/>	(255, 0, 0, 0)
2	20	HGV	200	<input checked="" type="checkbox"/>	(255, 0, 0, 0)
3	30	Bus	300	<input checked="" type="checkbox"/>	(255, 0, 0, 0)
4	40	Tram	400	<input checked="" type="checkbox"/>	(255, 0, 0, 0)
5	50	Pedestrian	510,520	<input checked="" type="checkbox"/>	(255, 0, 0, 0)
6	60	Bike	600	<input checked="" type="checkbox"/>	(255, 0, 0, 0)

Count	No	Name	Category	Model2D3D	ColorDistr1	OccupDistr	Capacity
1	100	Car	Car	10: Car	1: Default	1: Single Oc	0

Obrázek 15 Předem definované Vehicle Classes v programu PTV Vissim, zdroj vlastní

Pro účely mé bakalářské práce však tyto předdefinované třídy vozidel a skladby dopravního proudu nestačí a je nutné přidat další. Mým cílem je použít celkem 5 kategorií vozidel pro dopravní model, a to převážně podle kategorií sčítání dopravy, které jsem provedl, ovšem s tím rozdílem, že místo cyklistů budu mít kategorií tramvajů. Tuto kategorii jsem sice nesčítal, ale lze považovat za věrohodné, pokud pro ni využiji data z jízdních řádů. Data pro cyklisty byla sice zaznamenána v rámci dopravního průzkumu, ale není s nimi dále uvažováno, a to

z důvodu vyšší náročnosti pro modelování a též menší potřeby pro samotný model (cyklisté se v ulici V Holešovičkách prakticky nevyskytují, ostatně viz dopravní průzkum v příloze).



Obrázek 16 Definování jednotlivých 2D/3D modelů v programu PTV Vissim, zdroj vlastní

Abych napodobil co nejlépe skutečně se vyskytující vozidla, použil jsem následující modely, které jsem vhodným způsobem přiřadil do kategorií, viz následující tabulka

Model	Délka v m	2D/3D Segment	Vehicle Types	Vehicle Classes
Car - Volkswagen Golf	4,211	Car	Car	Car
Car - Audi A4	4,610	Car	Car	Car
Car - Mercedes CLK	4,644	Car	Car	Car
Car - Peugeot 607	4,760	Car	Car	Car
Car - Volkswagen Beetle	4,012	Car	Car	Car
Car - Porsche Cayman	4,359	Car	Car	Car
Car - Toyota Yaris	3,749	Car	Car	Car
HGV – EU 04	10,215	HGV	HGV	HGV
<i>Nakl souprava</i>	16,879	NS	NS	NS
<i>Kamion</i>	16,079	NS	NS	NS
Bus - EU Standard	11,541	Bus	Bus	Bus
<i>KBus</i>	18,598	KBus	KBus	KBus
Tram - GT8-2S	37,649	Tram	Tram	Tram
<i>Motocykl</i>	1,999	Moto	Moto	Moto
<i>Skútr</i>	1,800	Moto	Moto	Moto

Tabulka 5 Použité 2D/3D modely a jejich skládání do skladeb vozidel, modely označené kurzívou jsou dotvořené

Komentář k tabulce: Pro účely bakalářské práce jsem například sloučil skútry a motocykly či kamiony a nákladní soupravy vždy do jedné kategorie, a to z toho důvodu, že s nimi chci dále pracovat jako s vozidly s podobnými vlastnostmi.

Dále je nutné zmínit, že existují dva přístupy k tomu jak vytvořit skladbu vozidel (Vehicle Compositions). Zjednodušený předpokládá jeden vstup vozidel, poté je nutné do jednoho druhu skladby dopravy přiřadit všechny třídy dopravy, které se zde vyskytují. Tyto skladby je pak možné definovat pro každý vstup zvlášť. Druhý způsob, který využívám ve svém dopravním modelu, je vytvořit pro každou sčítanou kategorii zvlášť skladbu vozidel, pak je ale nutné mít na každém vstupu vozidel do modelu vícekrát použité Vehicle Inputs, podle toho kolik skladeb dopravního proudu upotřebím (na některých místech se například nebudou vyskytovat nákladní automobily).

4.11. Vstupy vozidel (Vehicle Inputs)

Vehicle inputs, jak název napovídá, slouží jako „vstup“ vozidel do sítě. Vehicle inputs umožňuje nadefinovat požadovanou skladbu dopravního proudu (ovšem pouze jednu) a intenzity vstupujících vozidel po nadefinovaných intervalech. Ve svém modelu používám pro každou sledovanou kategorii dopravy podle dopravních průzkumů vlastní vstup.

4.12. Směrování vozidel (Vehicle Routes)

Tento nástroj nám umožňuje definovat rozdělení vozidel ze vstupů podle jednotlivých směrů a také podle kategorií vozidel. Definujeme jej obvykle z bodu A do několika dalších bodů tak, abychom rozdělili dopravní proud ve stejném poměru jako v realitě. Pokud se chceme co nejvíce přiblížit reálnému chování, je též vhodné vymyslet například několik variant při dlouhém odbočovacím pruhu, například první variantou by mohlo být použití odbočovacího pruhu hned od počátku jeho vzniku, zatímco druhou variantou by mohla změna jízdního pruhu až v poslední možnou chvíli. K těmto variantám je pak vhodné přiřadit poměry vozidel tak, aby se chování vozidel blížilo co nejvíce chování skutečnému. Opět jsem též vždy pro každé směrování vytvořil 4 kopie tak, aby každá měřená kategorie měla své vlastní směrování.

4.13. Stanovení maximální dovolené rychlosti

Stanovení maximální dovolené rychlosti v programu PTV Vissim je možné dvěma způsoby. První možností je použít využít nástroj Požadovaná rychlostní rozhodnutí (Desired Speed Decisions), tím docílíme podobného chování, jako kdyby řidič spatřil dopravní značku omezující rychlost s danou hodnotou. Další možností je využívat Oblasti se sníženou rychlostí (Reduced Speed Areas), která nám umožňuje snížit rychlost na celý daný úsek, byť pouze v rámci jednoho linku či konektoru. To se výborně hodí například při průjezdu obloukem s malým poloměrem, popřípadě při průjezdu sníženou rychlostí okolo školy popřípadě přes křižovatku. Pokud totiž dovolené rychlosti nestanovíme, doprava se bude chovat vůči realitě velmi odlišně a i pro průjezdy složitými poměry bude používat implicitně nastavenou rychlost pro Vehicle Classes.

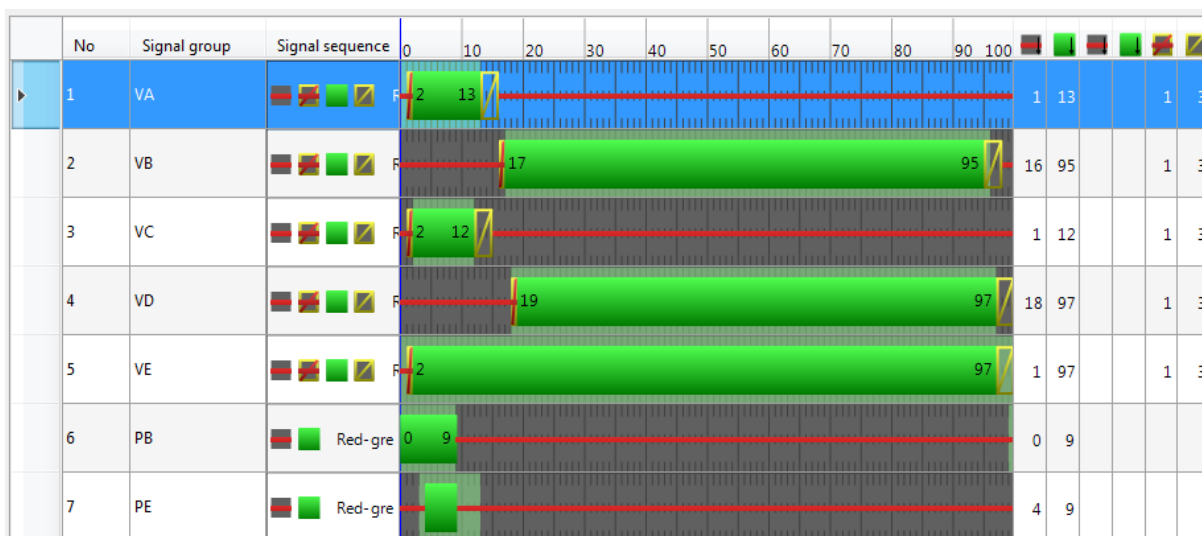
V bakalářské práci jsem tedy využíval nástroj Požadovaná rychlostní rozhodnutí tam, kde je skutečně dopravní značka SDZ B20a („Nejvyšší dovolená rychlost“) a Oblasti se sníženou rychlostí tam, kde ve skutečnosti nutné rychlost snížit z důvodu zajištění bezpečného průjezdu vozidla danými místy.

4.14. Chování řidičů (Behavior)

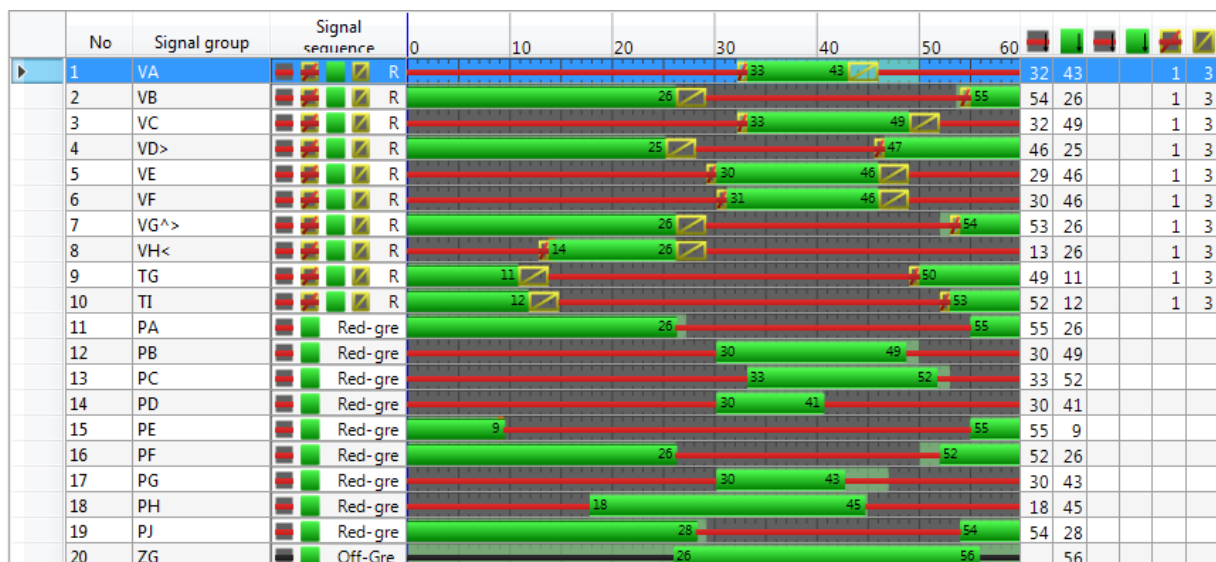
V programu PTV Vissim lze nastavit poměrně podrobně chování řidičů tak, aby se opět co nejvíce blížilo ke skutečnému. Hledání nového druhu chování ovšem není předmětem této bakalářské práce, a proto bylo využito standardní městské chování (Urban) založené na modelu Wiedemann 74.

4.15. Signal Controller

Volba Signal Control->Signal Controllers slouží k vytváření řadičů. V mém modelu figurují celkem 4 řadiče ovládající 5 světelně řízených křižovatek. Křižovatky Zenklova x Bulovka a Vosmíkových x Na Stráži jsou ovládány z jednoho řadiče, z toho důvodu je také stejným způsobem namodeluji. Jako podklady jsem využil materiály získané od TSK Praha. Příklady použitých signálních plánů viz následující obrázky.



Obrázek 17 Ukázka tvorby signálního plánu v programu PTV Vissim – křižovatka Povltavská x Pátkova, zdroj vlastní



Obrázek 18 Signální plán křižovatek Bulovka x Zenklova a Vosmikových x Na Stráži, které jsou ovládány z jednoho řadiče, zdroj vlastní

4.16. Vjezdová skupina (Signal Heads)

Vjezdové skupiny slouží především k emulaci skutečných světelných signalizačních zařízení. Jsou ovládány skrze Signal Controller. Pro představu představuji v následující tabulce počty Signal Headů pro každý řadič (Signal Controller).

řadič	křižovatka	Počet vjezdových skupin
1	Povltavská x Pátkova	7
2	Povltavská x rampa V Holešovičkách	6
3	Bulovka x Zenklova + Vosmikových x Na Stráži	19
4	Argentinská x Plynární	2*
5	Světelná závora Liberecká	4

Tabulka 6 Počty vjezdových skupin včetně pěších, zdroj vlastní

*=křižovatka je modelována pouze velmi zjednodušeně

4.17. Nastavení parametrů vyhodnocení

Pro zjednodušené vyhodnocení cestovních dob jsem nastavil interval (agregaci) 300 s, nicméně byl získán i podrobnější zápis cestovních dob s jednotlivými automobily, který zpracovávám dále.

4.18. Vyhodnocení simulace

Cílem simulace bylo co nejvíce napodobit skutečný stav dopravy v zadané oblasti. To se do určité míry povedlo. I ve skutečnosti se v oblasti doprava výrazně zlepšila po otevření tunelového komplexu Blanka, a to přestože se intenzity vozidel v ulici V Holešovičkách ještě zvýšily [5]. Co se ovšem povedlo již méně, je napodobit stav, který byl zachycen kamerami při dopravním průzkumu 5/5/2016 v oblasti Vychovatelny. Tento stav se v modelu nepodařilo

reprodukovat a autor se z toho důvodu domnívá, že tento stav musel být zapříčiněn nějakým externím vlivem (například dopravní nehodou). Intenzity dopravy zachycené v dopravním průzkumu mohou stejně odpovídat stupni dopravy 4 jako stupni dopravy 2, avšak podle rychlosti vozidel se muselo jednoznačně jednat o stupeň dopravy 4.

5. Definice světelné závory

5.1. Definice

Světelná závora je druh světelného signalizačního zařízení (SSZ). Od SSZ se liší tím, že se neumísťuje na křižovatky, ale do mezikřižovatkových úseků. V těchto úsecích pak dávkuje dopravu takovým způsobem, aby bylo dosaženo stanoveného cíle (preferenze pro tramvaje, menší počet kolizních situací atp.).

5.2. Problémy s vyhledáváním relevantních informací

U světelné závory je poměrně obtížné vyhledat relevantní informace, neboť je pojem zatížen ještě i jiným použitím v oblasti techniky, a to jako optická závora, která slouží většinou jako zařízení zachycující pohyb (přerušením světelného paprsku).

5.3. Anglický termín

Shodný anglický termín, který by popisoval světelnou závoru v anglickém jazyce se mi nepodařilo dohledat, avšak je možné použít pojmy „ramp meetering“ a „mainline meetering“. Oba tyto pojmy se týkají SSZ, které dávkuje dopravu, ať už z rampy, nebo z hlavní komunikace. Zejména zmíněný druhý pojem se však používá velmi zřídka, přesto lze jeho použití dokázat na několika příkladech [17] [18].

5.4. Příklady světelné závory

Příklady použití by se mohly rozdělit do třech skupin. První jsou tunely a mosty (resp. jejich vjezdy), druhou preferenze tramvajů a třetí regulace provozu na významné komunikaci.

5.5. Světelné závory u tunelů a mostů

Za světelnou závoru můžeme označit prakticky každý vjezd do tunelu, kde se nachází světelné signalizační zařízení. V Praze najdeme mnoho takových případů, zejména u Městského okruhu města Prahy, například vjezd do tunelu Mrázovka směrem od Zlíchova.

5.6. Světelné závory jako součást preference MHD

Světelná závora, která funguje jako součást preference MHD, se opět dá rozdělit na dva poddruhy. První příklad najdeme na Podolském nábřeží před vjezdem do Vyšehradského tunelu, zde se jedná o světelnou závoru na volné trati, která slouží k tomu, aby tramvaj mohla bezpečně a bez zdržení projet zúženým profilem ve Vyšehradském tunelu.



Obrázek 19 Preference tramvají na Podolském nábřeží, zdroj: preference.prazsketramvaje.cz

Další takový případ je možno nalézt na trati v Trojské ulici, kde světelná závora slouží zejména ke zvýšení bezpečnosti provozu.

Druhý poddruh nalezneme u zastávky Lihovar (trať Smíchovské nádraží – Sídliště Barrandov). Zde světelná závora funguje jako takzvaný časový ostrůvek [19], který zastaví provoz v přilehlém jízdním pruhu, pokud do zastávky přijíždí tramvaj a opět jej umožní až po jejím odjezdu. Toto řešení zvyšuje v daném místě bezpečnost a též usnadňuje cestujícím přestup na autobus v blízké zastávce.

5.7. Regulace provozu

Tento typ je nejvzácnější a je to i typ světelné závory, jež se snažím navrhnout ve své bakalářské práci. Nedávný, avšak již zrušený příklad takovéto světelné závory se nacházel na předmostí Nuselského mostu ve směru do centra. Reguloval dopravu tak, aby bylo možno optimálně využít kapacitu křižovatky na I.P.Pavlova [20]. Funkci této světelné závory nyní převzala SSZ na křižovatce s Wenzigovou ulicí.

5.8. Konkrétní aplikace světelné závory do ulice V Holešovičkách

Světelná závora bude fungovat jako nástroj řízení dopravního proudu. Cílem světelné závory je v mém případě rozdělit dopravní proud na „dávky“. V tomto případě (ulice V Holešovičkách)

považuji za vhodné, aby se podařilo docílit konstantní rychlosti na celém sledovaném úseku a koordinací s následujícími světelnými křižovatkami lepší kapacity, neboť vozidla přijedou ke křižovatce určitou rychlostí a neměla by ztrácet čas rozjezdem, v praxi je takovou koordinaci ovšem při delší vzdálenosti velmi obtížné nasimulovat. Mezi další výhody dávkovaného dopravního proudu lze uvést například snadnější parkování po celé délce ulice V Holešovičkách (na vyhrazených místech), snazší najetí autobusu MHD ze zastávkového zálivu nebo snazší připojení pro vozidla z místních ulic menšího významu.

6. Návrh variant umístění světelné závory

6.1. Nulová varianta „V0“

Základní, nulová varianta s umístěním světelné závory nepočítá. Je třeba ji zde uvést, neboť je nezbytná pro vyhodnocení, zda je vůbec použití světelné závory vhodné. V nulové variantě tedy není dopravní proud ve směru od Liberecké ulice ničím brzděn kromě sebe sama a rychlostních omezení.

6.2. Období fungování světelné závory

Světelná závora má sloužit mimo jiné k odstranění zátěže z kongescí v ulici V Holešovičkách. Z toho důvodu považuji za vhodné, aby světelná závora fungovala pouze v době, kdy může pomoci, tedy v době ranní dopravní špičky. Mimo čas dopravní špičky by měla být světelná závora, popřípadě jejich soustava, vypnutá. Z toho důvodu se domnívám, že úpravy VDZ v místě umístění světelných závor jsou nežádoucí, kromě příčných čar souvislých (stopčar). V optimálním případě by bylo vhodné proměnlivé VDZ, které by umožňovalo přidat řadicí pruhy u návěstidel, přičemž toto by bylo použitelné zejména pro světelné závory na vedlejších komunikacích.

6.3. Základní výpočty pro světelnou závoru

U výpočtů pro světelnou závoru je možné se poněkud odchýlit od standardních výpočtů pro světelnou křižovatku, a to zejména v oblasti mezičasů. V případě této světelné závory totiž nehrozí žádné kolize, jelikož zde jsou vždy připojovací pruhy. Mezičas je použit pouze jeden, a to 0 s, který je použit jako doba fázového přechodu. Tento mezičas je odzkoušen na modelu jako funkční tak, aby se vedlejší a hlavní proud přesně skládaly v jeden hlavní proud bezkolizním způsobem (první puštěné vozidlo z druhé vjezdové skupiny plynule se plynule zapojí za poslední vozidlo z předchozí vjezdové skupiny).

6.4. Délka cyklu

Délka cyklu světelné závory by měla být kratší než u běžného světelného signalizačního zařízení na křižovatce, neboť řidič před sebou na rozdíl od křižovatky nevidí žádnou zjevnou překážku a je proto ochoten strpět kratší čekací dobu, proto se jako autor domnívám, že by docházelo k nekázni řidičů. To se částečně dá zvrátit vynucovacími prostředky (kamerový

dohled), nicméně cílem autora není vytvářet další místo pro vznik přestupků. V modelu jsem tedy zvolil délku cyklu 30 s, kterou považuji za maximální přijatelnou.

6.5. Varianta 1 „V1“

Varianta 1 počítá s umístěním světelných závor do místa připojení rampy z Davídkovy ulice. Světelná závora by se nacházela před spojením obou komunikací, vždy cca 5 m před místo, kde dochází ke spojení v jednu komunikaci.



Obrázek 20 Schéma světelné závory ve variantě 1, zdroj podkladové mapy: mapy.cz, zdroj popisů vlastní

6.5.1. Předpokládané výhody

Toto umístění světelné závory by mělo mít výhodu především v tom, že by nemělo v takové míře docházet k nerespektování signálu stůj. Tomu by měl napomoci zelený signál pro automobily z rampy od Davídkovy ulice, které tak pomohou vytvořit i „psychologickou“ závoru.

Další možnou výhodou spatřuji v tom, že případná kongesce by se nacházela více v Liberecké ulici a nezasahovala tolik do MÚK Vychovatelna. Na MÚK Vychovatelna by se díky tomuto opatření mohla zlepšit průjezdnost i v kritickém období.

6.5.2. Možné nevýhody

Možnou nevýhodou umístění světelné závory v této poloze může být to, že by bezdůvodně zdržela auta mířící do Zenklovy ulice.

6.5.3. Kapacita a signální plán

Podle Websterovy metody saturovaných toků dle TP 81 [9] stanovují délky jednotlivých fází podle stupně saturace na jednotlivých vjezdech. Celková doba cyklu je podle dříve

stanovených podmínek určena na 30 s. Intenzity jsou použity z provedených dopravních průzkumů (v čase 8:00-9:00). Přepočítaná vozidla na hodinu jsou získána přenásobením podle tabulkových hodnot z TP 235, vzorec viz níže. [13]

$$I_C = 0,5 * I_{C_{ykl}} + 0,8 * I_{Moto} + I_{OA} + 1,7 * I_{NA} + 2,5 * I_{NS}$$

Rovnice 1 Výpočet celkové hodinové intenzity v přepočítaných vozidlech

vjezd (ulice)	osobní automobily [voz/h]	nákladní automobily [voz/h]	nákladní soupravy [voz/h]	motocykly [voz/h]	celkem [pvoz/h]
Liberecká	2707	128	47	36	3070
Davídkova	612	26	0	5	660

Tabulka 7 Výpočet přepočítaných vozidel podle TP 235, zdroj vlastní

Dále je vypočítán saturovaný tok, stupeň saturace a přidělena doba zelené. Saturovaný tok je počítán jako ničím neovlivněný, poloměr oblouku je vzhledem ke své velikosti též zanedbán.

Výpočty pro následující tabulku:

$$\text{Stupeň saturace } y = \frac{I_C}{S}$$

Rovnice 2 Výpočet stupně saturace

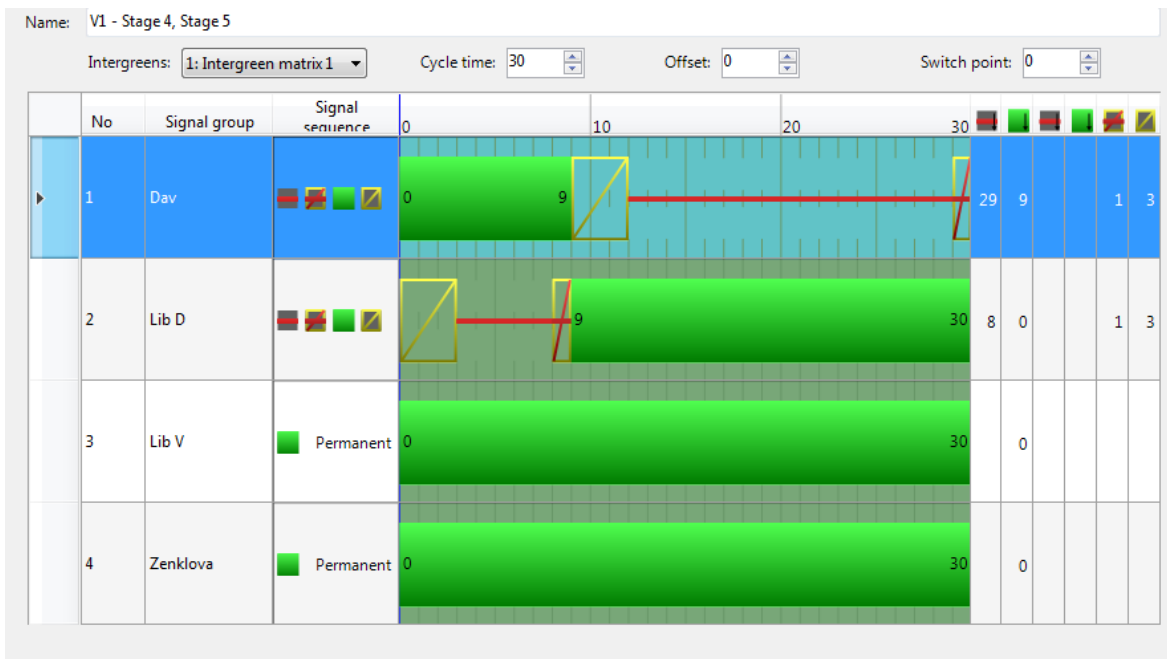
$$\text{Doba zelené } t_z = \frac{y_i}{\sum_i y_i} * t_c, \text{ kde } t_c = \text{doba cyklu (30 s)}$$

Rovnice 3 Výpočet doby zelené

vjezd (ulice)	celkem [pvoz/h]	Saturovaný tok [pvoz/h]	Stupeň saturace [-]	Doba zelené [s]
Liberecká	3070	4000	0,7675	20,98 (21)
Davídkova	660	2000	0,33	9,02 (9)
Celkem			1,0975	30

Tabulka 8 Výpočet doby zelených, zdroj vlastní

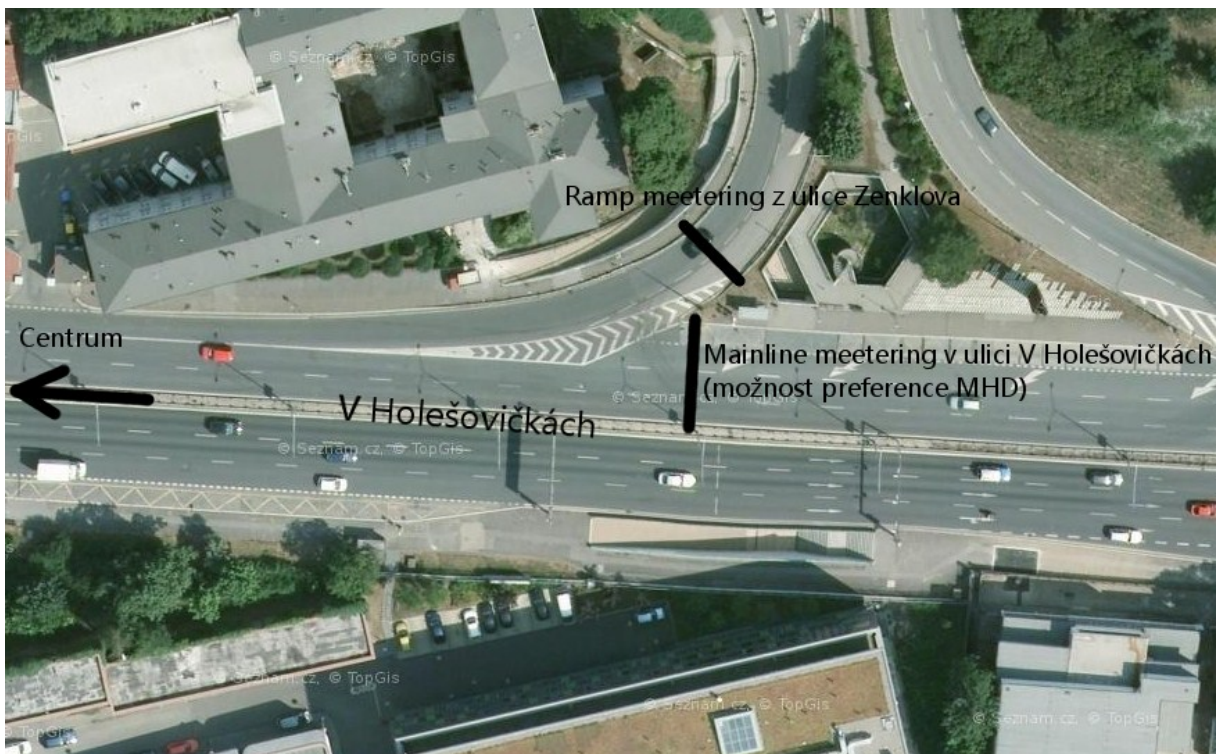
Výsledný signální plán viz následující obrázek z programu PTV Vissim.



Obrázek 21 Signální program varianty 1, zdroj vlastní, program PTV Vissim

6.6. Varianta 2 „V2“

Varianta 2 spočívá v umístění světelné závory cca v místě současné zastávky MHD Vychovatelna pro autobus linky 201 a na přilehlou připojující rampu od ulice Zenklova.



Obrázek 22 Schéma umístění světelné závory, varianta 2, zdroj podkladové mapy: mapy.cz, zdroj popisků vlastní

6.6.1. Předpokládané výhody

Výhodou tohoto řešení může být umožnění volného odbočení (bez SSZ) na rampu do Zenklova (směr Libeň). Další možnou výhodou spatřuji v možnosti zavedení preference pro autobusy MHD.

6.6.2. Možné nevýhody

Mezi možné nevýhody bych řadil například to, že kongesce by začínala již u nemocničních pavilonů, které jsou součástí areálu Nemocnice Na Bulovce, a to včetně nově vybudovaného Protonového centra.

6.6.3. Kapacita a signální plán

Podle Websterovy metody saturovaných toků dle TP 81 [9] opět stanovují délky jednotlivých fází podle stupně saturace na jednotlivých vjezdech. Celková doba cyklu je podle dříve stanovených podmínek též opět určena na 30 s. Intenzity jsou použity z provedených dopravních průzkumů (v čase 8:00-9:00). Přepočítaná vozidla na hodinu jsou získána přenásobením podle tabulkových hodnot z TP 235, vzorec viz níže. [13]

$$\text{Celková intenzita } I_C = 0,5 * I_{C_{ykl}} + 0,8 * I_{Moto} + I_{OA} + 1,7 * I_{NA} + 2,5 * I_{NS}$$

Rovnice 4 Výpočet celkové hodinové intenzity v přepočítaných vozidlech

vjezd (ulice)	osobní automobily [voz/h]	nákladní automobily [voz/h]	nákladní soupravy [voz/h]	motocykly [voz/h]	celkem [pvoz/h]
Liberecká	2846	125	33	39	3172
Zenklova	604	28	0	12	656

Tabulka 9 Výpočet přepočítaných vozidel podle TP 235, zdroj vlastní

Dále je vypočítán saturovaný tok, stupeň saturace a přidělena doba zelené. Saturovaný tok je počítán jako ničím neovlivněný, poloměr oblouku je vzhledem ke své velikosti též zanedbán.

Výpočty pro následující tabulku:

$$\text{Stupeň saturace } y = \frac{I_C}{S}$$

Rovnice 5 Výpočet stupně saturace

$$\text{Doba zelené } t_z = \frac{y_i}{\sum y_i} * t_c, \text{ kde } t_c = \text{doba cyklu (30 s)}$$

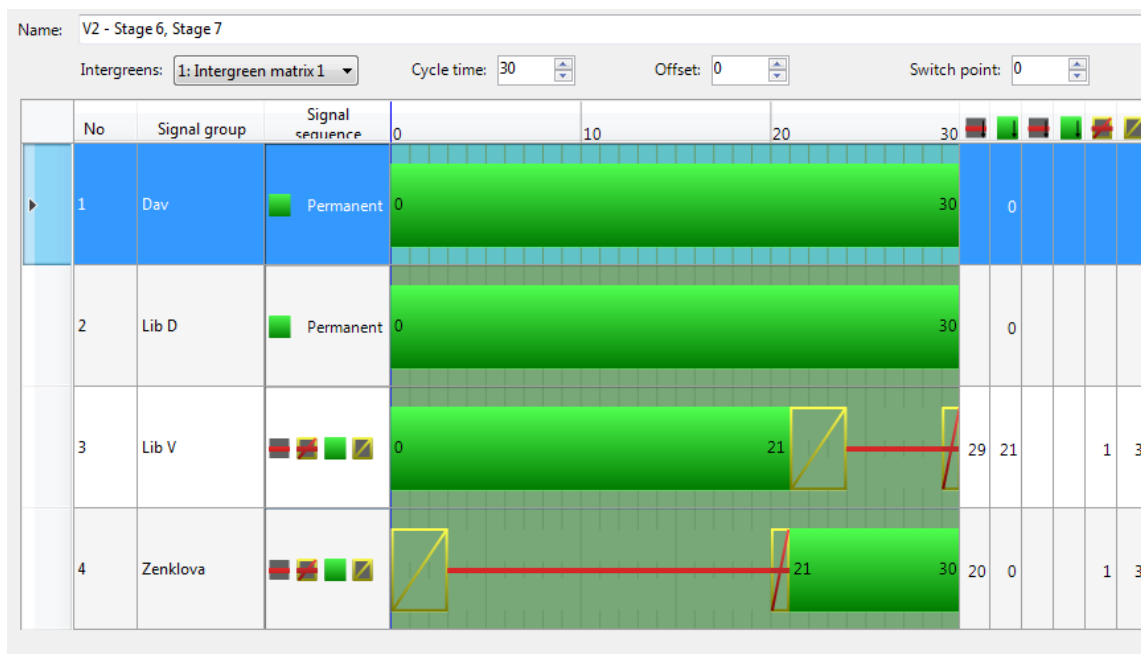
Rovnice 6 Výpočet doby zelené

vjezd (ulice)	celkem [pvoz/h]	Saturovaný tok [pvoz/h]	Stupeň saturace [-]	Doba zelené [s]
---------------	-----------------	-------------------------	---------------------	-----------------

Liberecká	3172	4000	0,793	21,22 (21)
Zenklova	656	2000	0,328	8,78 (9)
Celkem			1,121	30

Tabulka 10 Výpočet doby zelených, zdroj vlastní

Výsledný signální plán viz následující obrázek z programu PTV Vissim.



Obrázek 23 Signální program varianty 1, zdroj vlastní, program PTV Vissim

6.7. Varianta 3 „V3“

Varianta 3 spočívá v umístění obou možných světelných závor (z varianty 1 i 2) ve vzájemné koordinaci. Offset byl stanoven na 21 vteřin a to experimentálně za pomoci již vytvořeného modelu.



Obrázek 24 Schéma umístění soustavy světelných závor, varianta 3, zdroj podkladové mapy: mapy.cz, zdroj popisků vlastní

6.7.1. Předpokládané výhody

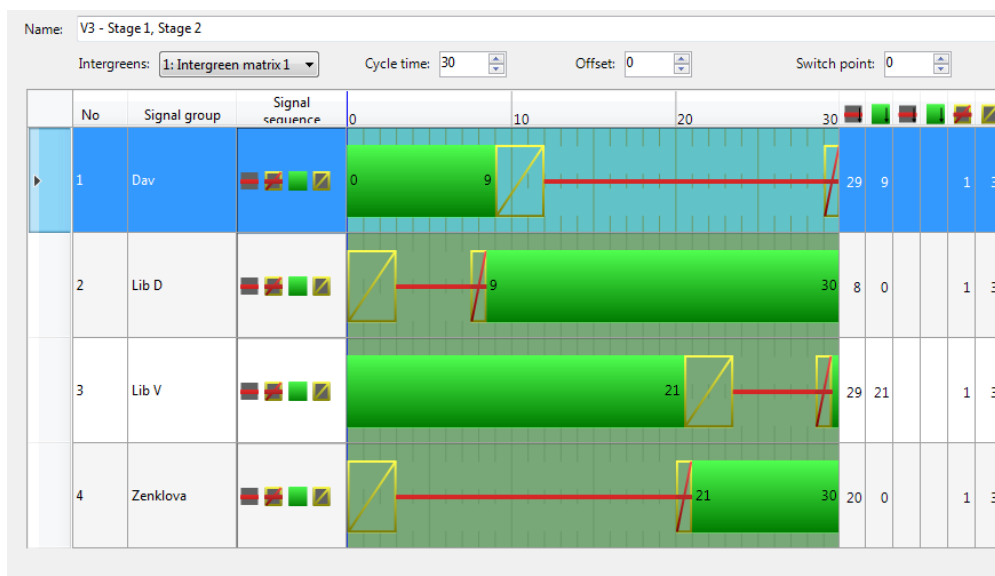
S takovou soustavou světelných závor by bylo možno lépe vynutit rychlost projíždějících vozidel. Je možné řídit dopravní proudy ze všech ramp stejně tak jako z hlavního směru

6.7.2. Možné nevýhody

Mezi očekávané nevýhody patří zejména vyšší cena a náročnost na koordinaci

6.7.3. Kapacita a signální plán

Kapacita byla již spočítána jednotlivě pro dílčí „křižovatky“ v předchozích zmíněných variantách. Signální plán vznikl spojením obou signálních plánů v jeden s offsetem 21 s, ostatně viz obrázek.



Obrázek 25 Signální plán světelné závory pro variantu 3, zdroj vlastní, program PTV Vissim

6.8. Další nástroje ke zlepšení funkce světelné závory

Před každou světelnou závorou by mělo být světelné signalizační zařízení, které bude buď blikající žlutou, nebo zelenou barvou upozorňovat na návěstní znak na dalším návěstidle podobně jako tomu je v ulici Za Viaduktem na Praze 7 viz následující obrázek. Toto návěstidlo je vhodné doplnit svislým dopravním značením A10 „Světelné signály“ tak jako je tomu v uvedeném příkladu.



Obrázek 26 Návěstidlo upozorňující na návěstní znak na dalším návěstidle, ulice Za Viaduktem, zdroj Panorama mapy.cz

7. Analýza výsledků z dopravního modelu

7.1. Výsledky z programu PTV Vissim

Jsou hodnoceny následující varianty:

- 1) nulová varianta s indukcí kongesce (V0k) *
- 2) nulová varianta bez indukce kongesce (V0)
- 3) varianta se světelnými závory pouze u Davídkovy ulice (V1)
- 4) varianta se světelnými závory pouze u rampy od Zenklovy ulice (V2)
- 5) varianta s koordinovanými světelnými závory (V3)

Indukce kongesce slouží k napodobení reálně zaznamenaného stavu, je pro ni použito umělé snížení rychlosti na krátkém úseku před oblastí Rokoska. Toto omezení trvá pouze od času 8:01 (sim. čas 100 s) do času 8:10 (sim. čas 600 s), poté se v místě drží dále stop&go vlny a tím je dosaženo věrného napodobení reálného stavu (stupně dopravy 4).

7.2. Cestovní doba

Asi nejjednodušší způsob vyhodnocení možných řešení je s pomocí cestovní doby (Travel Time) mezi dvěma stanovenými profily. Existuje jak jednoduché řešení, které se vypisuje do tabulky po stanoveném intervalu – příklad viz obrázek, a složitější, kdy se výsledek vyexportuje do textového souboru (přípona .rsr), tento postup využívám dále pro podrobnější analýzu po minutě.

Count: 36	SimRun	TimeInt	VehicleTravelTimeMeasurement	Vehs(All)	TravTm(All)	VehicleTravelTim
1	60	0-300	1: Travel Time DC	136	81,88	1495,03
2	60	0-300	2: TT z Davídkovy	37	67,10	995,20
3	60	300-600	1: Travel Time DC	179	85,35	1495,03
4	60	300-600	2: TT z Davídkovy	31	71,40	995,20
5	60	600-820	1: Travel Time DC	129	104,14	1495,03
6	60	600-820	2: TT z Davídkovy	32	88,76	995,20
7	61	0-300	1: Travel Time DC	136	81,88	1495,03
8	61	0-300	2: TT z Davídkovy	37	67,10	995,20

Obrázek 27 Zjednodušené vyhodnocení cestovních dob, zdroj vlastní, program PTV Vissim

7.2.1. Cestovní doba Liberecká – V Holešovičkách

Jako první jsem vyhodnocoval cestovní dobu (Travel Time) mezi profilem na ulici Liberecká směr do centra – cca 600 metrů před světelnou závorou a profilem v ulici V Holešovičkách zhruba na úrovni zastávky MHD Rokoska. V tabulce níže uvádím jako ukázkou zpracování varianty v0 s indukcí kongesce.

minuta	v0k - 1	v0k - 2	v0k - 3	v0k - 4	v0k - 5	průměr
0	367.5833	365.54	317.52	410.6714	313.8	355.023
1	301.9889	380.5929	353.3	372.4	331.6625	347.9888
2	341.3571	288.7	342.3846	384.0333	333.5833	338.0117
3	317.0143	364.325	367.3889	321.12	380.2571	350.0211
4	261.65	386.62	372.675	314.58	311.75	329.455
5	237.4625	296.9917	304.5556	244.32	269.4938	270.5647
6	241.1846	261.8769	273.6182	224.3375	308.1	261.8234
7	245.23	279.9	288.2	236.7313	318.8308	273.7784
8	244.7455	308.175	309.325	239.36	298.5286	280.0268
9	250.4364	330.6625	334.1	234.225	325.51	294.9868
10	247.41	332.7333	284.4389	224.5	303.15	278.4464
11	298.875	315.1308	241.2692	267.35	290.5333	282.6317
12	273.6875	335.5875	199	267.4	290.1	273.155
13	269.4111	312.64	219.8	271.25	304.9286	275.6059
14	242.8625	337.7727	270.325	292.5667	318.48	292.4014
15	231	270.3909	280.94	305.15	311.52	279.8002
16	263.8	328.5571	310	333.5	289.3273	305.0369
17	316.1	286.7143	291.3	310.3714	298.1	300.5171
18	319.3667	282.7286	359	281.59	276.14	303.765
19	391.05	288.0833	346.0222	321.1571	297.2	328.7025
20	308.4889	283.3667	322.5333	322.725	271.15	301.6528
21	369.0125	272.34	307.8	270.8273	215.55	287.106
22	342.92	280.0714	259.2	279.175	228.2333	277.92
23	342.9714	275.2182	275.5667	306.2545	261.2167	292.2455
24	301.1667	271.71	303.25	287.35	239.4667	280.5887
25	280.2909	233.425	283.5444	286.9333	285.15	273.8687
26	280.7	197.6231	318.0857	294.5556	305.3133	279.2555
27	296.1286	206.975	268.6	322.1286	270.6333	272.8931
28	287.5455	214.9143	281.3692	360.4	243.3727	277.5203
29	312.9333	235.625	289.4714	366.025	198.525	280.516
30	334.775	289.9333	289.475	390.6857	201.25	301.2238
31	305.7556	266.3091	321.66	393.57	215.7571	300.6104
32	230.5941	329.2692	329.2778	358.08	191.2	287.6842
33	272.3375	343.6818	318.1273	342.8545	218.9	299.1802

minuta	v0k - 1	v0k - 2	v0k - 3	v0k - 4	v0k - 5	průměr
34	254.08	307.3643	294.5667	300.5333	201.5	271.6089
35	196.7571	220.7	409.85	264.15	252.2	268.7314
36	209.45		305.16	271.8667	222.2	252.1692
37	231.7286	189.825	293.65	288.8714	286.3	258.075
38	227.0714	260.1	276.675	216.0333	261.125	248.201
39	237.6667	209.92	221.8143	179.3	281.55	226.0502
40	279.1	198.3692	196.2667	240.9	245.0875	231.9447
41	257.65	195.8	199.5667	229.8857	261.04	228.7885
42	283.65	194.2	188.8333	214.84	184.8	213.2647
43	251.5	173.7	184.7	208.6	225.2333	208.7467
44	363.3		222.25	206.99	265.04	264.395
45	349.0333	156.9167	271.92	230.575	283.6667	258.4223
46	320.9333	195	239	213.1143	299.7667	253.5629
47	318.5	215.1	313.5	176.55	253.9667	255.5233
48	306.4286		275.2125	181.8	259.36	255.7003
49	243.1	299.5		216.5		253.0333
50	220.6	328.8	251.9778	220.26	297.4	263.8076
51	231.1	279.2	238	209.75	283.4333	248.2967
52	238.2333	381.55	232.475	257.14	297.45	281.3697
53	260.075	404.9	255.45	187.7	322.0167	286.0283
54	223.025	357.8286	263.85	267.45	241.6714	270.765
55	230.4	314.4571	310.28	332.65	273.6	292.2774
56	247.1	300.025	314.35	310.6143	206.62	275.7419
57	262.45	278.85	304.7333	290.6167	208.15	268.96
58	268.55	278.8	308.8	310.475	264.7333	286.2717
59						

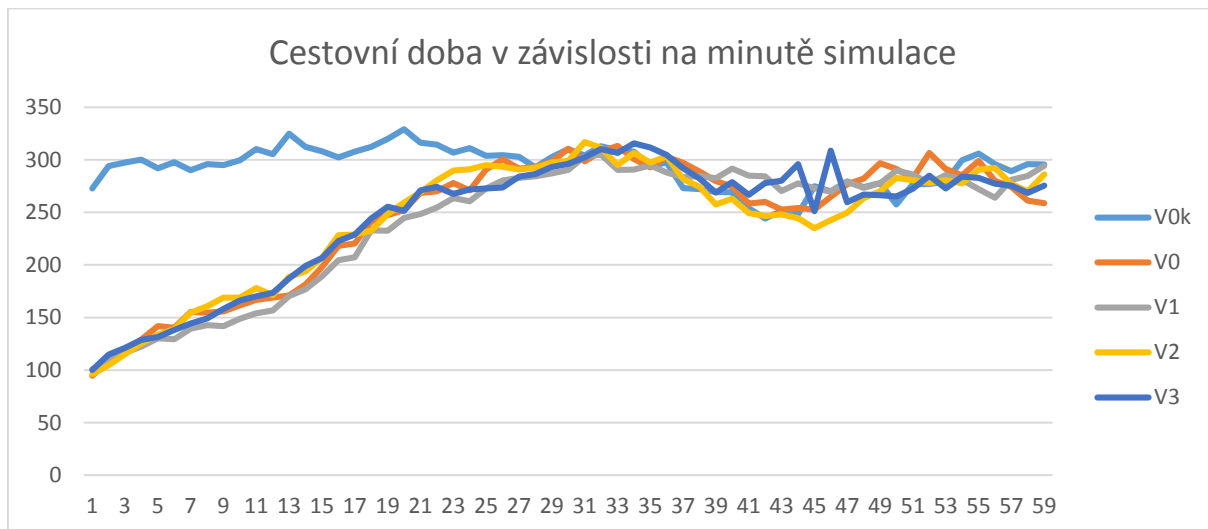
Tabulka 11 Zpracování dat cestovních dob po minutách pro variantu v0 s indukcí kongesce, zdroj vlastní

Průměr cestovních dob pro jednotlivé varianty uvádí následující tabulka:

varianta	průměr cestovních dob [s]
varianta v0k (s indukcí kongesce)	293,016
varianta v0	245,490
varianta v1	240,586
varianta v2	243,602
varianta v3	245,525

Tabulka 12 Srovnání průměrů cestovních dob pro trasu po Liberecké ulici, zdroj vlastní

Podrobné tabulky cestovních dob ke všem variantám je možné nalézt v příloze. Dále uvádím graf, kdy na ose x jsou vyneseny jednotlivé minuty a na ose y jsou vyneseny hodnoty průměrných cestovních v daném čase pro danou variantu.



Obrázek 28 Graf závislosti cestovní doby na minutě simulace, zdroj vlastní

Komentář ke grafu: V grafu můžeme pozorovat, že se významně liší pouze varianta „V0k“, tedy nulová varianta s indukovanou kongescí. Je však nutné podotknout, že všechny varianty se nakonec blíží ke stejným hodnotám nacházejícím se okolo 275 s.

7.2.2. Cestovní doba Davídkova – V Holešovičkách

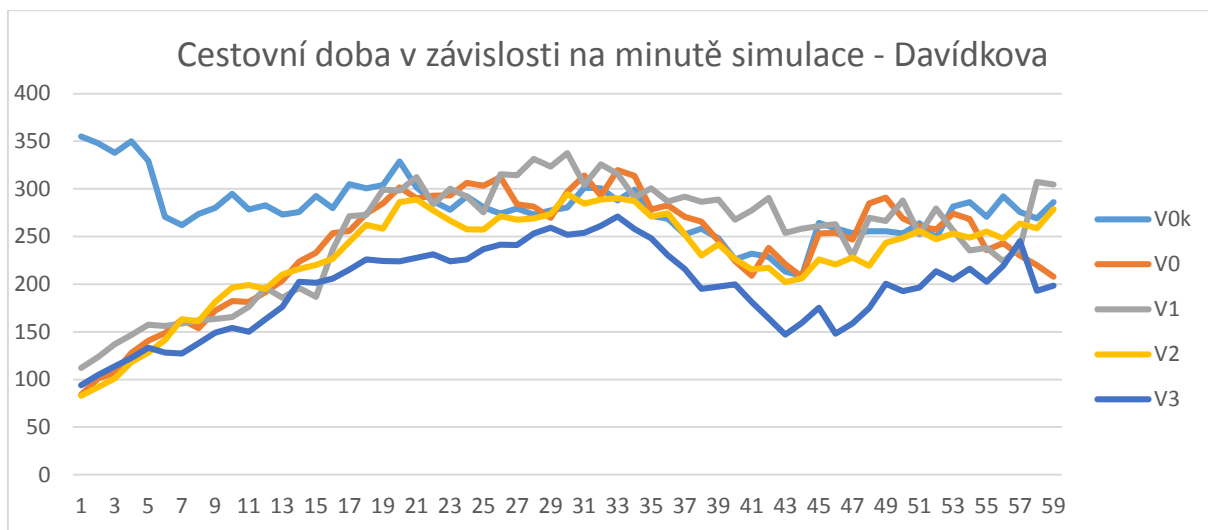
Druhou hodnocenou trasou pro Travel Time byla trasa Davídkova (profil před křižovatkou s rampou do ulice Liberecká) – V Holešovičkách, opět zhruba na úroveň zastávky MHD Rokoska.

Průměr cestovních dob pro jednotlivé varianty opět uvádí následující tabulka:

varianta	průměr cestovních dob [s]
varianta v0k (s indukci kongesce)	293,016
varianta v0	245,490
varianta v1	240,586
varianta v2	243,602
varianta v3	245,525

Tabulka 13 Srovnání průměrů cestovních dob pro trasu z Davídkovy ulice, zdroj vlastní

A dále v následujícím grafu je opět vynesena závislost cestovní doby na čase simulace po minutách.



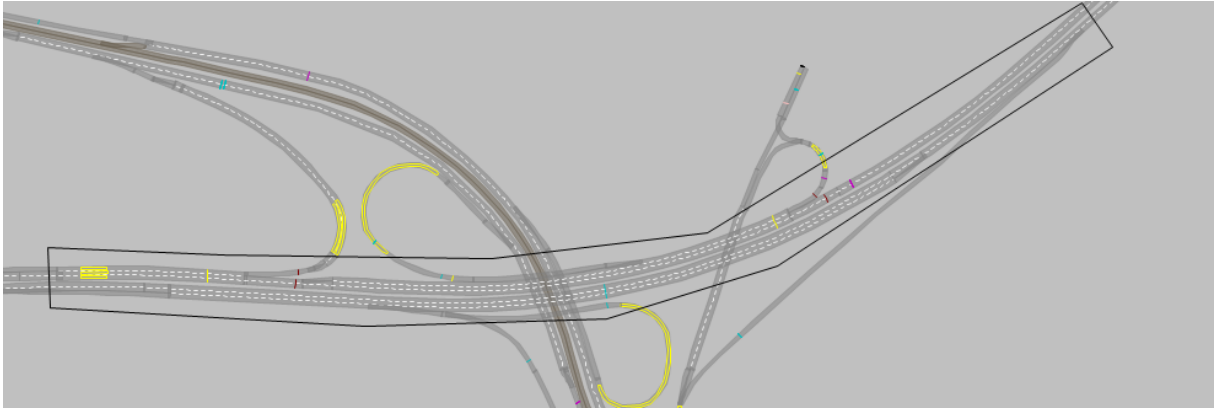
Obrázek 29 Cestovní doba v závislosti na čase po minutě, z ul. Davídkova, zdroj vlastní

Komentář: Opět je zřejmý rozdílný počátek pro variantu „V0k“ s uměle indukovanou kongescí. Poté všechny varianty znovu konvergují k podobné hodnotě okolo 250 s. Přesto si nelze nevšimnout, že cestovní doby pro variantu „V3“ jsou často až o 50 s kratší než v ostatních variantách. To může být způsobeno lepší plynulostí provozu, avšak vzhledem k tomu, že měření pouze na Liberecké ulici podobné výsledky nevykazuje, tak se domnívám, že se jedná pouze o snazší zapojení do hlavního proudu.

7.3. Vyhodnocení emisí v programu PTV Vissim

Aby bylo možno získat vyhodnocení vlivu dopravy na emise v dané oblasti, nabízí skupina PTV Group modul EnViVer, do kterého se dají naimportovat data z programu PTV Vissim. Možnou konkurencí tomuto rozšíření je program MOVES od US Environmental Protection Agency.

Avšak studentská licence, kterou jsem obdržel pro svou bakalářskou práci, modul EnViVer neobsahuje, a tak bylo nutné si vystačit se zabudovaným vyhodnocením emisí přes Vyhodnocení uzlu (Node Evaluation). Ve vyhodnocení uzlu jsou hodnoceny tři kategorie emisí, a to CO (oxid uhlíčitý, uhelnatý apod.), NO (oxidy dusíku) a VOC (Volatile Organic Compounds, těkavé organické sloučeniny). Na následujícím obrázku lze spatřit uzel (Node), na kterém jsem prováděl vyhodnocení.



Obrázek 30 Uzel (Node) pro vyhodnocení emisí (černé ohraničení), zdroj vlastní, program PTV Vissim

Emise jsem vyhodnocoval po pěti minutách, výsledek je možno vidět v následujících tabulkách.

čas	v0k	v0	v1	v2	v3
600-900	4273.624	1850.048	1995.777	2012.423	2207.939
900-1200	3382.94	2333.36	2386.285	2410.55	2582.235
1200-1500	3495.163	2612.853	2596.79	2841.363	2856.701
1500-1800	3360.055	2908.087	2929.317	2961.964	3182.17
1800-2100	3504.012	3388.019	3329.448	3419.432	3506.757
2100-2400	3536.217	3529.909	3690.942	3587.014	3465.973
2400-2700	3606.736	3536.189	3852.555	3574.125	3921.829
2700-3000	3374.016	3524.862	3504.377	3455.47	3401.249
3000-3300	3281.733	3144.643	3411.405	3197.729	2877.602
3300-3600	3290.011	3131.527	3229.986	3054.931	2583.453
3600-3900	3475.612	3685.78	3586.452	3688.926	2936.283
3900-4200	3579.01	3440.93	3161.226	3527.701	2937.621
celkem	42159.13	37086.21	37674.56	37731.63	36459.81

Obrázek 31 Emise COx zaznamenané z modelu, zdroj vlastní

	v0k	v0	v1	v2	v3
600-900	831.4919	359.9521	388.3057	391.5444	429.5848
900-1200	658.1973	453.987	464.2844	469.0054	502.4091
1200-1500	680.0317	508.3663	505.2409	552.8259	555.8103
1500-1800	653.7446	565.8081	569.9386	576.2906	619.1347
1800-2100	681.7533	659.1854	647.7896	665.2971	682.2875
2100-2400	688.0193	686.792	718.1233	697.9026	674.3523
2400-2700	701.7398	688.0138	749.5672	695.3948	763.0455

2700-3000	656.4609	685.81	681.8243	672.3089	661.7596
3000-3300	638.506	611.8333	663.7354	622.1619	559.8769
3300-3600	640.1166	609.2814	628.438	594.3785	502.6461
3600-3900	676.2279	717.1189	697.7933	717.7309	571.294
3900-4200	696.3453	669.4799	615.0597	686.3624	571.5543
celkem	8202.634494	7215.62809	7330.10039	7341.20364	7093.75506

Obrázek 32 Emise NOx zaznamenané z modelu, zdroj vlastní

	v0k	v0	v1	v2	v3
600-900	990.4535	428.7665	462.5406	466.3985	511.7113
900-1200	784.0291	540.7786	553.0446	558.6682	598.4578
1200-1500	810.0377	605.5539	601.8311	658.5132	662.0681
1500-1800	778.7251	673.9773	678.8974	686.4638	737.4987
1800-2100	812.0885	785.2061	771.6318	792.4863	812.7248
2100-2400	819.5524	818.0904	855.4115	831.3251	803.2726
2400-2700	835.8959	819.5458	892.8668	828.3379	908.9218
2700-3000	781.9607	816.9207	812.1731	800.8386	788.2724
3000-3300	760.5734	728.8014	790.626	741.1047	666.9121
3300-3600	762.4918	725.7616	748.5805	708.0097	598.7402
3600-3900	805.5067	854.2151	831.1949	854.9442	680.512
3900-4200	829.4702	797.4687	732.6447	817.5788	680.8221
celkem	9770.785207	8595.08641	8731.443116	8744.669055	8449.91412

Obrázek 33 Emise VOC zaznamenané z modelu, zdroj vlastní

Komentář: Z předchozích tabulek můžeme jasně vypožorovat, že nejhůře vychází varianta „V0k“. Naopak nejlépe zde vychází varianta „V3“, ale rozdíl je oproti ostatním variantám zanedbatelný.

8. Návrh optimálního řešení

Podle výsledků vyhodnocení se jako nejvýhodnější jeví skutečně světelnou závoru postavit, a to v plné variantě „V3“, nicméně je rozhodně nutné vytvořit ještě podrobnější analýzu, neboť světelná signalizace na takovéto komunikaci by mohla být pro velkou část motoristické veřejnosti značně kontroverzní.

9. Zhodnocení dopadů a přínosů pro lokalitu

9.1. Plynulost provozu

Světelná závora bude mít pouze malý vliv na plynulost provozu, a to zejména na hlavní komunikace (Liberecká ulice), kde by docházelo pouze k minimálním zdržením

9.2. Emise

Vliv na emise není nikterak významný a pohybuje se v řádu jednotlivých procent. Přesto nejlépe opět vychází varianta „V3“ s koordinovanou kombinací světelných závor.

9.3. Bezpečnost provozu

Bezpečnost provozu se v programu PTV Vissim simuluje poměrně obtížně a je mimo rámec této bakalářské práce. Navzdory tomu se domnívám, že oddělením jednotlivých proudů se bezpečnost provozu v daném místělepší a umožní i méně zkušeným řidičům komfortní napojení na Libereckou ulici.

Závěr

Světelná závora je světelné signalizační zařízení, které dává dopravě požadovaný způsobem. Cílem této práce bylo ověřit smysl takové světelné závory v Praze na Liberecké ulici a přilehlých rampách ve směru do centra.

Nejprve byl proveden poměrně obsáhlý dopravní průzkum (celkem tři měřicí dny), který byl následně zkalibrován a výsledky byly použity pro vytvoření modelu v programu PTV Vissim.

Byl vytvořen model zabírající širší oblast okolo sledovaného území tak, aby bylo možné zachytit případné vlivy okolních světelných křižovatek na provoz v Liberecké ulici. Je ovšem nutné přiznat, že s otevřením Tunelového komplexu Blanka už okolní světelné křižovatky nemají tak velké kapacitní problémy (snad kromě křižovatky Bulovka), neboť velkou část intenzit pojme právě TKB. Provoz byl podle provedených dopravních průzkumů nasimulován pro období ranní špičky od 8:00 do 9:10 pracovního dne, přičemž prvních 10 minut slouží jako „zahřívací“ čas.

Vzhledem k tomu, že se část modelu neshodovala s pozorovanou skutečností (navzdory dosažení dat získaných z kamer), bylo potřeba alespoň v jedné variaci na nulovou variantu (varianta „V0k“) vytvořit z podsaturevaného toku tok přesaturevaný. Toho bylo docíleno dočasným umělým omezením rychlosti na krátkém úseku v ulici V Holešovičkách.

Na takto upraveném modelu bylo poté nasimulováno všech 5 variant provozu, z toho 3 varianty se světelnou závorou a dva druhy nulové varianty bez světelné závory. Simulace byla provedena zejména s ohledem na cestovní dobu (kterou považuji za možnou charakteristiku plynulosti dopravy) a emise, u kterých pozoruji celkem 3 druhy škodlivin.

Z výsledků simulací vyplývá, že nejhorší je „reálná“ nulová varianta „V0k“, která má nejhorší výsledky co se týče cestovní doby i emisí. Naopak nejlépe dopadla varianta „V3“, která předpokládá existenci soustavy světelných závor, které jsou pro hlavní proud mezi sebou časově zkoordinovány. Tato varianta dopadla lépe zejména pro připojení z rampy od Davídkovy ulice.

Autor této bakalářské práce přesto nemůže vybudování světelné závory jednoznačně doporučit a domnívá se, že je nutná další, ještě podrobnější analýza.

Téma této bakalářské práce se jeví jako velmi obsáhlé, možná i právě proto autor nevyklučuje pokračování v tomto tématu v rámci diplomové práce.

Seznam použité literatury

1. **Chvátalová, Kateřina.** Pražany trápí hluk, kriticky je na tom 50 ulic. [Online] 10. 5 2013. [Citace: 10. 6 2016.] http://prazsky.denik.cz/zpravy_region/prazany-trapi-hluk-kriticky-je-na-tom-50-ulic-20130510.html.
2. **Cach, Tomáš.** Co s ulicí V Holešovičkách? [Online] 31. 3 2016. [Citace: 10. 6 2016.] <http://www.auto-mat.cz/2016/03/co-s-ulici-v-holesovickach/>.
3. **Váchal, Adam.** Otevření Blanky dva týdny poté: nejvíc trpí Strakonická a „Kulaťák“. [Online] 5. 10 2015. http://praha.idnes.cz/otevreni-tunelu-blanka-07s-/praha-zpravy.aspx?c=A151005_2196289_praha-zpravy_nub.
4. **Kurfürst, Petr.** Dopravní indukce a řízení poptávky po dopravě. [Online] <http://sospraha.cz/dalsi/MproL/DoprIndu.htm>.
5. Intenzity dopravy 36 týdnů po zprovoznění. [Online] 2016. [Citace: 10. 6 2016.] <http://www.tunelblanka.info/intenzity-dopravy-36-tydnu-po-zprovozneni/>.
6. Tramvaje na Pelc-Tyrolce. [Online] <http://www.prazsketramvaje.cz/view.php?cislocianku=2006041611>.
7. Most Barikádníků se jmenoval Trojský a ten původní odplul lodí. [Online] 28. 10 2013. <http://www.i60.cz/clanek/detail/6045/most-barikadniku-se-jmenoval-trojsky-a-ten-puvodni-odplul-lodi>.
8. **kolektiv autorů.** Ročenka dopravy Praha 2015. [Online] <http://www.tsk-praha.cz/static/udi-rocenka-2015-cz.pdf>.
9. **Martolos, Jan.** *TP 81 Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích.* Plzeň : EDIP, s.r.o., 11 2015. nemá.
10. Pražské tramvaje. SSZ na tramvajové síti. [Online] 2016. <http://preference.prazsketramvaje.cz/ostatni/ssz.xls>.
11. Uzavírka mostu ul. Valčíkova. [Online] http://www.praha.eu/jnp/cz/o_meste/mestske_casti/praha_8/uzavirka_mostu_ul_valcikova.html.
12. **Bartoš, Luděk.** TP č.189 Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích. [technické podmínky]. 2012. 978-80-87394-06-9.
13. **Martolos, Jan.** TP 235 Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek. [technické podmínky]. Plzeň : EDIP s.r.o., 2012. ISBN 978-80-87394-03-8.
14. History (of PTV Group). [Online] <http://company.ptvgroup.com/en/ptv-group/history/>.
15. **Mádrová, Lenka.** Využití dopravních modelů k analýze křižovatek ve Veselí nad Moravou. Praha : autor neznámý, 2010.
16. **Olstam, J.J. a Tapani, A.** Comparison of Car-following models. [Online] 2004. [Citace: 2016. 5 21.] <https://www.vti.se/en/publications/pdf/comparison-of-car-following-models.pdf>. 0347-6049.

17. Haboian, Kevin A. A Case for Freeway Mainline Metering. [Online] 1995.
<http://onlinepubs.trb.org...trr/1995/1494/1494-002.pdf>. 0361-1981.

18. Piotrowicz, Gary a Robinson, James. Ramp Metering Status in North America. [Online] 6 1995.
<http://isddc.dot.gov/OLPFiles/RSPA/006815.pdf>.

19. Vysvědčení 2005. [Online] 2006.
<http://preference.prazsketramvaje.cz/showpage.php?name=vysvedceni2005>.

20. Světelná závara na Nuselském mostě ulehčila Legerově ulici. [Online] 2. 10 2012.
http://www.praha.eu/jnp/cz/o_meste/magistrat/tiskovy_servis/tiskove_zpravy/svetelna_zavora_na_nuselskem_moste.html.

Seznam obrázků

Obrázek 1 Tramvaj stoupá ulicí V Holešovičkách, zdroj: prazsketramvaje.cz.....	11
Obrázek 2 Současný stav podoby komunikace V Holešovičkách, zdroj prazsketramvaje.cz	11
Obrázek 3 Letecký snímek křižovatky Argentinská x Plynární, zdroj mapy.cz	12
Obrázek 4 Letecký snímek ukazující nájezd na rampu od tunelového komplexu Blanka bez jakýchkoli kolizních směrů, zdroj mapy.cz	13
Obrázek 5 Zachycování provozu na světelné křižovatce Nová Povltavská x rampa ulice V Holešovičkách na kameru, zdroj vlastní	17
Obrázek 6 - Záběr z videa zachycujícího křižovatku Pelc-Tyrolka, zdroj vlastní video	18
Obrázek 7 Postavení kamery při snímání křižovatky Povltavská x Pátkova, zdroj vlastní	19
Obrázek 8 Video zachycující křižovatku Povltavská x Pátkova, zdroj vlastní video	20
Obrázek 9 Kamera zabírající prostor křižovatky Bulovka x Zenklova, zdroj vlastní.....	22
Obrázek 10 Připojení rampy z Davídkovy ulice a zmiňovaný často přejížděný dopravní stín, pohled, který snímala kamera, zdroj vlastní	22
Obrázek 11 Ukázka programu použitého pro sčítání z kamerových záznamů.....	23
Obrázek 12 Prostředí programu PTV Vissim, zdroj vlastní.....	26
Obrázek 13 Určení jízdních režimů na základě rozdílu ve vzdálenostech a rychlost dvou po sobě následujících vozidel [19]	27
Obrázek 14 Příklad řešení předností pomocí Conflict Areas.....	29
Obrázek 15 Předem definované Vehicle Classes v programu PTV Vissim, zdroj vlastní.....	29
Obrázek 16 Definování jednotlivých 2D/3D modelů v programu PTV Vissim, zdroj vlastní	30
Obrázek 17 Ukázka tvorby signálního plánu v programu PTV Vissim – křižovatka Povltavská x Pátkova, zdroj vlastní	32
Obrázek 18 Signální plán křižovatek Bulovka x Zenklova a Vosmíkových x Na Stráži, které jsou ovládány z jednoho řadiče, zdroj vlastní.....	33
Obrázek 19 Preference tramvajů na Podolském nábřeží, zdroj: preference.prazsketramvaje.cz	35
Obrázek 20 Schéma světelné závoře ve variantě 1, zdroj podkladové mapy: mapy.cz, zdroj popisků vlastní	37
Obrázek 21 Signální program varianty 1, zdroj vlastní, program PTV Vissim	39
Obrázek 22 Schéma umístění světelné závoře, varianta 2, zdroj podkladové mapy: mapy.cz, zdroj popisků vlastní.....	39
Obrázek 23 Signální program varianty 1, zdroj vlastní, program PTV Vissim	41
Obrázek 24 Schéma umístění soustavy světelných závor, varianta 3, zdroj podkladové mapy: mapy.cz, zdroj popisků vlastní.....	42
Obrázek 25 Signální plán světelné závoře pro variantu 3, zdroj vlastní, program PTV Vissim	43
Obrázek 26 Návěstidlo upozorňující na návěstní znak na dalším návěstidle, ulice Za Viaduktem, zdroj Panorama mapy.cz	43
Obrázek 27 Zjednodušené vyhodnocení cestovních dob, zdroj vlastní, program PTV Vissim	44
Obrázek 28 Graf závislosti cestovní doby na minutě simulace, zdroj vlastní.....	47
Obrázek 29 Cestovní doba v závislosti na čase po minutě, z ul. Davídkova, zdroj vlastní	48
Obrázek 30 Uzel (Node) pro vyhodnocení emisí (černé ohraničení), zdroj vlastní, program PTV Vissim	49
Obrázek 31 Emise COx zaznamenané z modelu, zdroj vlastní	49
Obrázek 32 Emise NOx zaznamenané z modelu	50
Obrázek 33 Emise VOC zaznamenané z modelu	50

Seznam tabulek

Tabulka 1 Kategorie sčítaných vozidel	16
Tabulka 2 Umístění kamer při dopravním průzkumu na křižovatce Vychovatelna, zdroj vlastní.....	20
Tabulka 3 Kalibrační body v modelu	24
Tabulka 4 Poměry vstupů a výstupů na jednotlivých kalibračních bodech pro osobní automobily	24
Tabulka 5 Použité 2D/3D modely a jejich skládání do skladeb vozidel, modely označené kurzívou jsou dotvořené.....	30
Tabulka 6 Počty vjezdových skupin včetně pěších, zdroj vlastní.....	33
Tabulka 7 Výpočet přepočítaných vozidel podle TP 235, zdroj vlastní	38
Tabulka 8 Výpočet doby zelených, zdroj vlastní	38
Tabulka 9 Výpočet přepočítaných vozidel podle TP 235, zdroj vlastní	40
Tabulka 10 Výpočet doby zelených, zdroj vlastní	41
Tabulka 11 Zpracování dat cestovních dob po minutách pro variantu v0 s indukcí kongesce, zdroj vlastní	46
Tabulka 12 Srovnání průměrů cestovních dob pro trasu po Liberecké ulici, zdroj vlastní.....	47
Tabulka 13 Srovnání průměrů cestovních dob pro trasu z Davídkovy ulice, zdroj vlastní.....	47

Seznam příloh

Následující přílohy jsou součástí přiloženého CD:

Příloha A: Arch se zaznamenanými intenzitami, scitani_dopravy.xlsx (sešit MS Excel)

Příloha B: Podkladový výkres pro program PTV Vissim, situace.dwg (výkres AutoCAD)

Příloha C: Podložení pod výkres situace.dwg, podklad.dwg (výkres AutoCAD)

Příloha D: Komprimovaná složka s podkladovými mapami, mapy.zip (komprimovaná složka)

Příloha E: Model pro program PTV Vissim, sit.inpx (soubor PTV Vissim)

Příloha F: Komprimovaná složka se signal controllery, sc.zip (komprimovaná složka)

Příloha G: Výsledky simulací – cestovní doba, TravelTimes–data.xlsx (sešit MS Excel)

Příloha H: Vyhodnocení Travel Times a emisí, vyhodnoceni.xlsx (sešit MS Excel)