

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ**

Jiří Brož

ANALÝZA PREFERENCE MHD V PLZNI, ULICE U PRAZDROJE

(Bakalářská práce)

Praha, 2017



K620..... Ústav dopravní telematiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Jiří Brož

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – ITS – Inteligentní dopravní systémy

Název tématu (česky): **Analýza preference MHD na křižovatkách v ulicích
U Prazdroje, Rokycanská v Plzn**

Název tématu (anglicky): **Analysis of Public Transport on the Streets U Prazdroje,
Rokycanská in Plzeň**

Zásady pro vypracování

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

- analýza stávající dopravní situace na křižovatkách v ulicích U Prazdroje a Rokycanská
- směrový průzkum intenzit dopravních proudů na všech řešených křižovatkách společně s průzkumem MHD ve vybrané lokalitě
- návrh variant uspořádání křižovatek/mezikřižovatkových úseků - optimalizace preference MHD (změna prostorového uspořádání, úprava signálních plánů SSZ atd.) pro dopravní model
- vytvoření dopravních modelů v příslušném softwarovém nástroji pro navrhované varianty uspořádání křižovatek a mezikřižovatkových úseků
- analýza výsledků z dopravního modelu (cestovní doby MHD, IAD, plynulost dopravního proudu, emise atp.)
- návrh optimálního dopravně-inženýrského řešení pro vybranou lokalitu
- zhodnocení přínosů a dopadů jednotlivých variant



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Tichý T.: Řídicí systémy dopravy – Dopravní telematika, ČVUT 2004
PTV Vissim 8, VisVAP, VAP user manual
Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek, TP 235

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milan Koukol, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **23. října 2015**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

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

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



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Jiří Brož
jméno a podpis studenta

V Praze dne30. listopadu 2016

Poděkování

Zde bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli materiály k vypracování této bakalářské práce, zejména panu Ing. Josefu Brůhovi a jeho kolegům ze Správy veřejného statku města Plzně. Rád bych také poděkoval za vypůjčení příslušenství k provedení dopravních průzkumů fakultě dopravní. Za odbornou pomoc a konzultace po celou dobu práce panu Ing. Milanu Koukolovi Ph.D. a zaměstnancům ústavu K620. Také bych rád poděkoval své rodině a blízkým za výpomoc při dopravních průzkumech a morální podporu během studia.

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 etické 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 26. srpna 2017

.....

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

ANALÝZA PREFERENCE MHD V PLZNI ULICE U PRAZDROJE

Bakalářská práce

Srpen 2017

Abstrakt

Předmětem bakalářské práce „Analýza preference MHD v Plzni, ulice U Prazdroje“ je popsat stávající stav dopravy a porovnat jej s výhledovým řešením, které je součástí této práce.

Abstract

The subject of the bachelor thesis „Analysis of public transport on the streets U Prazdroje, Rokycanská in Plzeň“ is description of the traffic situation and comparison with the possible solution, which is part of this work.

Obsah

Úvod	7
1 Východiska, cíle a přínosy bakalářské práce.....	8
2 Popis dopravní situace v Plzni	10
2.1 Analyzovaná oblast.....	11
3 Dopravní průzkum.....	13
3.1 Vlastní měření intenzit dopravy a směrovosti vozidel.....	13
3.2 Vyhodnocení dat z dopravního průzkumu.....	15
3.3 Průzkum rychlostí vozidel	16
3.4 Naměřené intenzity dopravy pomocí indukčních smyček.....	18
3.5 Průzkum tranzitní dopravy skrz město	19
4 Řízení dopravy.....	21
4.1 K112 – U Prazdroje x Lobežská (Šumavská).....	22
4.2 K113 – U Prazdroje x Gambrinus.....	23
4.3 K401 – Rokycanská x Jateční.....	23
5 Dopravní model	25
5.1 Tvorba sítě	25
5.2 Typy a třídy vozidel.....	26
5.3 Nastavení 2D/3D modelů vozidel.....	26
5.4 Skladba dopravního proudu.....	27
5.5 Distribuce rychlostí vozidel	28
5.6 Vstupy a směrování vozidel.....	29
5.7 Umístění detektorů a systém řízení vozidel.....	29
5.8 Aplikace řídicího algoritmu a jeho popis.....	31
5.9 Preference MHD	33
6 Vyhodnocení simulace	34
6.1 Rozšíření o jeden jízdní pruh ve směru do města	35
6.2 Vyhrazený bus pruh ve směru z města	35
6.3 Prodloužení řadících pruhů na K401 pro směr z města do ulice Jateční	36
6.4 Porovnání modelů navrhovaných změn oproti stávajícímu stavu	36
Závěr	40
Seznam použitých zdrojů	42
Seznam obrázků.....	43
Seznam příloh.....	44

Seznam použitých zkratk

MHD – Městská hromadná doprava

PUMP – Plán udržitelné mobility města Plzně

SVSMP – Správa veřejného statku města Plzně

ŘSD – Ředitelství silnic a dálnic

WiFi – standard bezdrátové komunikace

RZ – registrační značka

GPS – globální polohový systém (Global Positioning System)

TASS - systém řízení dopravy na základě provozu (Traffic Actuated Signal plan Selection)

SW – software

VAP – programovací jazyk v softwaru VisVAP

Úvod

Bakalářská práce je věnována analýze dopravní situace na vybraných křižovatkách a jejich mezilehlých prostor v Plzni (ulice U Prazdroje). Účelem této práce je zanalyzovat stávající stav dopravy a porovnat jej s případnými návrhy za účelem zlepšení plynulosti dopravního proudu.

Tuto problematiku jsem si zvolil jako autor této práce především na základě mé zkušenosti po absolvování studentské stáže v Plzeňských městských dopravních podnicích, kde jsem měl možnost alespoň částečně nahlédnout do problematiky veřejné dopravy a čemu se jednotliví pracovníci věnují. Přestože dle mého názoru je v Plzni tento typ dopravy velmi pokrokový například poměrně hustou sítí zastávek ve městě, zaváděním inteligentních systémů, provázáním technologií s jinými možnostmi, které se přímo netýkají dopravy (Plzeňská karta), zájmem společnosti bylo oslovení více potenciálních cestujících hromadnou dopravou. Proto je analýza zaměřena právě na preferenci MHD.

Dalším důvodem pro výběr tohoto tématu bylo zkusit aplikovat všechny postupy, které jsem poznal během mého studia na dopravní fakultě ČVUT, spolu s pracovními zkušenostmi ze společnosti Eltodo a.s. a AF – Cityplan s.r.o. Zde jsem se setkal s dopravními průzkumy, jejich přípravou, organizací, testováním dopravních detektorů, ručním sčítáním, vyhodnocením dat a jejich následnou analýzou. Měl jsem možnost pracovat s mikro i makro simulačními nástroji pro tvorbu dopravní modelů (konkrétně software PTV Vissim a PTV Visum). Dále jsem se seznámil s problematikou řízení dopravy a návrhem dopravních řešení, kde jsem pracoval na základních dopravních charakteristikách jako je výpočet mezičasů, schéma fází a jejich sled, tvorba signálního plánu apod. Následně jsem pracoval s logickými podmínkami a vytvářel algoritmy řízení dopravy. Všechny tyto jmenované úkony jsem však řešil pouze jako dílčí část, na které spolupracovalo více lidí. Proto jsem se chtěl věnovat v této bakalářské práci jedné oblasti, kde bych měl možnost všechny zmiňované znalosti využít a pracovat s nimi na komplexním řešení, tedy vytvořit dopravní model na základě dopravního průzkumu, otestování řízení dopravy, vymyslet vize, jak ve vytipované oblasti zlepšit stav dopravy a následně je porovnat s modelem stávajícího stavu.

1 Východiska, cíle a přínosy bakalářské práce

Na základě zkušenosti s dopravní situací v Plzni, byla vytipována oblast, kde by bylo možné přijít s řešením, které by zlepšilo plynulost dopravního proudu. Jak z názvu bakalářské práce vyplývá, cílem bylo zlepšit podmínky nejen pro samotný dopravní proud, ale především pro veřejnou dopravu. Pro analýzu byla zvolena ulice U Prazdroje (dále Rokycanská). Určená oblast k analýze vybízí zejména z následujících důvodů:

- Dlouhá cestovní doba ve vztahu k ostatním druhům dopravy (pomocí navigačních nástrojů je jízda pomocí MHD úplně nejpomalejší, pokud je uvažováno se startem cesty v dané oblasti a cílem na náměstí Republiky, tedy úplným centrem města). Toto porovnání bylo analyzováno dle navigačního nástroje portálu mapy.cz a maps.google.com, spolu s veřejnou dopravou byla testována jízda na kole a osobním automobilem [1][2].
- Trolejbusová (autobusová) doprava zde nemá alternativu v podobě tramvajových linek, jako tomu je u ostatních komunikací vedoucích z centra. Přesto obsluhuje městské části Doubravku, Lobzy a některé linky jedou až na kraj města k ústřednímu hřbitovu.
- Možnost pracovat s prostorovým uspořádáním komunikace. Jsou zde rozlehlé chodníky pro pěší a cyklisty, velké ostrůvky oddělující jednotlivé směry z města, resp. do města. Není nutné řešit problémy s parkováním, v blízkosti je několik odstavných ploch, nákupní střediska mají svoje velká parkoviště a k tomu v dané oblasti leží ještě dvě malá (jedno z nich spadá do městských parkovacích zón a je zpoplatněné).
- Jsou zde vysoké intenzity vozidel, které mohou způsobit snížení plynulosti veřejné dopravy.
- Projíždí tudy 8 autobusových, resp. trolejbusových linek (linky 11, 13, 15, 16, 17, 28 a dvě noční N3, N6) z celkových 48 v Plzni (téměř jedna pětina) [3].
- Možnost analýzy omezení nákladních vozidel v oblasti (souvislost s tranzitní dopravou skrz město a dostavbou městského okruhu).

Cílem bakalářské práce je zanalyzovat stávající stav dopravy pomocí dopravních průzkumů. Na základě této analýzy jsou vytvořena případná řešení, která by mohla situaci v dané lokalitě zlepšit, a to zejména s důrazem na preferenci veřejné dopravy. Hlavním cílem je otestovat, jak by dopravu ovlivnilo případné zrealizování vyhrazeného jízdního pruhu pouze pro autobusy

(trolejbusy). Tento druh preference veřejné dopravy je v Plzni víceméně ojedinělý a jeho absence je jednou z připomínek Plánu mobility města Plzně (PUMP) ke slabým stránkám uličního prostoru[4]. Návrhy pro zlepšení podmínek veřejné hromadné dopravy jsou spolu se stávajícím stavem namodelovány pomocí softwaru PTV Vissim, kde jsme schopni naměřit jízdní doby, plynulost dopravního proudu a další.

Výsledkem této práce by mělo být porovnání výhledového řešení oproti současnému stavu, za pomoci analýzy dopravních veličin získaných ve vytvořeném dopravním modelu, a popis přínosů či dopadů konkrétních změn, které by v dané lokalitě dopravu ovlivnily.

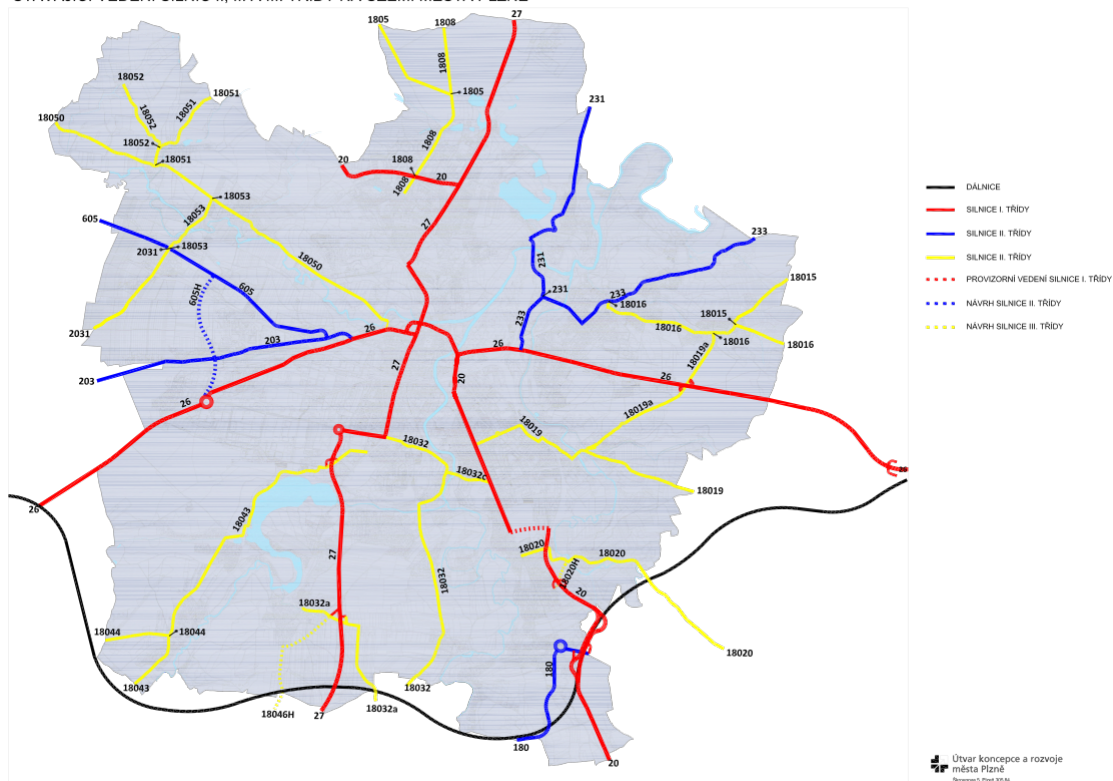
2 Popis dopravní situace v Plzni

Plzeň je 4. největší město republiky a jak z názvu vypovídá je hlavním centrem Plzeňského kraje. Z hlediska dopravy je tedy tato oblast velmi ovlivněna množstvím nákupních center, dojížděním za prací, kulturním vyžitím apod. Kolem Plzně vede dálnice D5, která propojuje hlavní město Prahu se sousedním Německem. Toto spojení pro město v minulosti znamenalo velký dopravní problém, kdy veškerá doprava byla vedena centrem. V roce 2003 byla otevřena velká část obchvatu a po uvedení tunelu Valík do provozu (2006) se tato dříve tranzitní doprava odklonila mimo město. Stavba jižního obchvatu však nevyřešila jízdu vozidel skrz město úplně. Z dopravních průzkumů, které má Správa veřejného statku města Plzně¹ (dále SVSMP) k dispozici, je vidět velká četnost nákladních vozidel i na komunikacích ve městě, po kterých se jezdilo ještě před jeho zprovozněním (součást přílohy ke 2. kapitole). Důvodem je pravděpodobně vysoké množství průmyslových zón v západní části a situování pivovaru prakticky uprostřed města. Jako jedno z řešení, jak tomuto jevu zamezit bylo zrušení poplatků na úseku dálnice D5 od počátku roku 2017. Výsledky tohoto opatření zatím nejsou k dispozici, protože město vyhodnocuje vyřízení komunikací vždy po uplynutí kalendářního roku [5][6].

V Plzni se vyskytuje radiální systém vedení dopravních komunikací (viz. Obr. 1), který způsobuje velmi časté shlukování vozidel a tvorbu dopravních kongescí ve středu města. Prakticky všechny komunikace jsou vedeny do jednoho uzlu V Sadech Pětatřicátníků, kde se mohou vozidla napojit na další komunikace, to z této křižovatky dělá jednu z nejvytíženějších ve městě. Tento systém přispívá ke zvyšování tranzitní dopravy a to především pro cesty, které spojují komunikace vedoucí na Karlovy Vary, respektive Most s dálnicí D5. Plzeň momentálně postrádá kompletní městský okruh, který by tranzitní dopravu skrz centrum odkláněl. Západní část je ovšem v realizaci a její dokončení je plánováno na rok 2022. Jedná se o jednu z prioritních dopravních staveb v Plzni, která by propojila komunikaci Domažlickou (I/26) a Karlovarskou (I/20) mimo střed města. Okruh následně bude pokračovat propojením zmiňované Karlovarské a Jateční ulice, která je přímo napojena na oblast, již se tato bakalářská práce věnuje (dopravní uzel Rokycanská x Jateční) [7].

¹ Správa veřejného statku města Plzně poskytla během bakalářské práce velké množství podpůrných materiálů a byla jedním z hlavních zdrojů. Odkaz na oficiální webové stránky této organizace: <http://www.svsmp.cz>

STÁVAJÍCÍ VEDENÍ SILNIC I., II. A III. TŘÍDY NA ÚZEMÍ MĚSTA PLZNĚ



Obrázek 1: Stávající vedení silnic na území města Plzně ke konci roku 2016 [8]

Součástí přílohy k této kapitole je porovnání stávajícího vedení silnic s výhledovým řešením, kde je patrné, že součástí koncepce města je stavba městského okruhu.

2.1 Analyzovaná oblast

V rámci této bakalářské práce byla pro analýzu dopravní situace, především s důrazem na preferenci veřejné dopravy, vybrána část komunikace v ulici U Prazdroje (dále Rokycanská) propojující střed města s výpadovkou na dálnici D5. Toto propojení slouží i vozidlům, která skrz Plzeň pouze projíždějí. Například vozidla, která míří z dálnice D5 (od Prahy) směrem na Karlovy Vary, jsou odkázána na průjezd středem města. Vytíženost této komunikace je velmi silně ovlivněna velkým množstvím nákladních vozidel, pro která tímto směrem prakticky neexistuje alternativní cesta. (cesta kolem Velkého boleveckého rybníka je vzhledem k četnosti podjezdů a jiných dopravních omezení nákladním vozidlům zakázána). Této situaci by však mohla velmi odlehčit zmiňovaná výstavba městského okruhu. Další významné ovlivnění této komunikace vyplývá ze samotného názvu ulice, v přímém napojení na komunikaci jsou tři výjezdy z místního pivovaru, který leží podél celé délky komunikace. Na opačné straně se napojuje ulice Lobežská (Šumavská), která propojuje oblast s městským obvodem Plzeň 2-Slovany. Touto křižovatkou začíná vytipovaná oblast, která je v této práci

analyzována. Směrem z centra se pak připojují vozidla jedoucí z nákupního centra s velkým parkovištěm. Dále komunikace vede pod přemostěním železniční trati, zde se jedná o místo s omezením případných změn v prostorovém uspořádání komunikace. Za přemostěním se název ulice mění na Rokycanskou, kde se nachází rozsáhlá křižovatka (poslední z řešené oblasti) se silným levým odbočením do ulice Jateční (součást připravované výstavby městského okruhu) a k dalším nákupním střediskům.



Obrázek 2: Vyznačení řešené oblasti a dopravní vztahy [2].

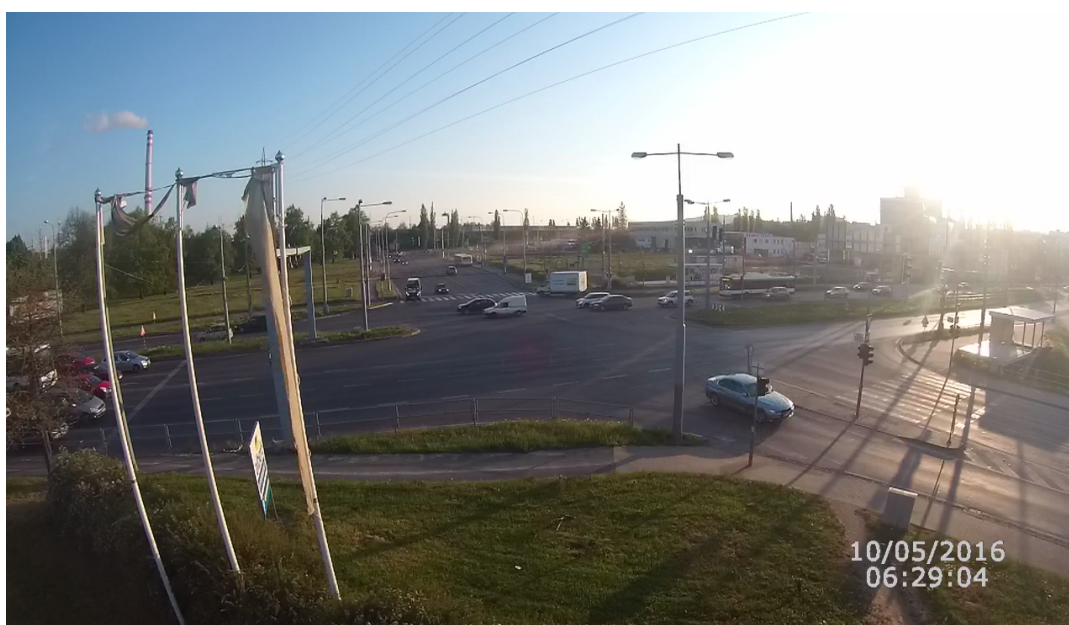
Tato radiála, spojující okraj města s jeho centrem, je jedinou v Plzni, na které nenajdeme trasu pro tramvajové linky. Pravděpodobně se s rozšířením sítě tímto směrem v minulosti počítalo, což lze pozorovat zejména na velmi rozlehlých křižovatkách, kde se můžeme setkat až s 5-ti řadícími pruhy na jednom vjezdu do křižovatky (např. prostorové uspořádání křižovatky K401 - Rokycanská x Jateční směrem z města). V řešené oblasti jsou tři světelně řízené křižovatky, na kterých lze pozorovat, že jsou velmi silně ovlivněny zmiňovaným silným dopravním proudem směrem z města na dálnici D5.

3 Dopravní průzkum

Pro dopravní model bylo nutné získat dopravní charakteristiky, které by popsaly stav provozu v dané oblasti. Jedná se především o intenzity dopravy, směrovost vozidel, druh vozidla a jejich rychlost. Mimo jiné bylo nutné získat trasy autobusových (trolejbusových) linek a jejich časový harmonogram. Vzhledem ke skutečnosti, že SVSMP vyhodnocuje data z indukčních smyček pouze v hodinových intervalech a bez rozlišení typu vozidla, byly tyto dopravní informace pro model nedostatečné a muselo se přikročit k řešení vlastního měření. V rámci analýzy oblasti byl vykonán průzkum směrovosti a intenzit vozidel na vybraných křižovatkách, průzkum rychlosti vozidel (použito úsekové i stacionární měření) a testování za účelem sběru dat o tranzitní dopravě skrz město. Následně byly naměřené a vyhodnocené veličiny z provedeného průzkumu porovnány s daty z indukčních smyček, jejichž analýza je popsána v následujících kapitolách.

3.1 Vlastní měření intenzit dopravy a směrovosti vozidel

Pro získání dat o intenzitách dopravy a směrovosti proudu vozidel na vybraných křižovatkách byl uspořádán čtyřdenní průzkum. Průzkum probíhal od 10. do 17. května v průměrných pracovních dnech. Hlavním úkolem bylo naměřit vždy co nejdelší časový úsek dne pro následné zpracování a získání co nejobjektivnějších dat. Pro následnou analýzu byl určen čas průzkumů od 5:30 do 18:00 hodin, tak aby byl vidět nárůst počtu vozidel během ranní špičky, sedlo během poledne, odpolední špička a pokles po jejím skončení.



Obrázek 3: Ukázka z videozáznamu měření dopravy pomocí kamery, křižovatka K401[15].

K měření byla na každé křižovatce použita kamera, která sledovala celý prostor včetně přechodů pro chodce (viz. obr. 3). Jedna z kamer byla upevněna po předchozí domluvě se SVSMP na sloup veřejného osvětlení. Na dalších křižovatkách byly kamery kvůli jejich prostorovému uspořádání umístěny na sedmimetrový stativ, tak aby záběr kamery zasáhl ke všem jejich ramenům. Použití kamerového záznamu má obrovskou výhodu v přesnosti sčítání vozidel, kdy je při následném zpracování možnost zpomalení, zastavení nebo úplného zopakování záznamu. Toto čtení může znemožnit pouze překrývání vozidel, kdy je blíže ke kameře např. velké nákladní vozidlo a nelze tak spočítat osobní automobily jedoucí v zákrytu. Tento jev ovšem díky velké výšce umístění kamer nastával pouze zřídka. Další z výhod měření je také nízký počet osob nutných k vykonání průzkumu. Nutnost přítomnosti byla pouze na stanovištích se stativy, kde je nutné hlídat, zdali je stativ dobře upevněn (na videozáznamech je vidět, co s kamerou dělá silný vítr), nebo projevy vandalismu. Obsluha kamery upevněné na sloupu veřejného osvětlení vyžaduje pouze instalaci, která je díky umístění kamery v plastové krabici s plexisklem poměrně jednoduchá. Krabice se přichytí pomocí upínacího pásu s ráčnou a po skončení měření se opět sejme. Obsluha kamery umožňuje spárovat ji pomocí technologie Wi-Fi s mobilním telefonem. V příslušné mobilní aplikaci je poté k vidění obraz kamery, aplikace podporuje jednoduché ovládání, schopnost zapnutí, vypnutí kamery apod. Během průzkumu se stalo, že se díky výšce umístění kamery několikrát nepodařilo spárovat ji s mobilním telefonem. Tato situace se řešila vždy pořízením videozáznamu, jeho následným přehráním a pomocí opakování se umístění kamery kalibrovalo, dokud nebyla vidět celá křižovatka. Nevýhodou použití kamer je odolnost vůči počasí, a to zejména vysokým teplotám. Během realizovaného dopravního průzkumu se několikrát stalo, že se kamera automaticky vypnula. Právě z tohoto důvodu byl rozšířen průzkum o jeden den z původních třech plánovaných. Další nevýhodou měření pomocí kamerového záznamu je časová náročnost vyhodnocení dat. Průběh vyhodnocení a postupů pro analýzu dat je proto popsán v samostatné podkapitole.

V příloze věnované dopravnímu průzkumu je mimo jiné také fotodokumentace z jeho provedení, jejíž součástí je měření dopravních veličin, instalace zařízení, pomocí kterých je doprava detekována apod. Vzhledem k objemu dat nejsou v příloze uvedeny všechny videozáznamy z měření intenzit dopravy, ale pouze ilustrační záznam z jedné z křižovatek (K401 – Rokycanská x Jateční).

3.2 Vyhodnocení dat z dopravního průzkumu

Data získaná z kamerového záznamu jsou velmi přesná, například v porovnání s ručním sčítáním je však podstatně náročnější vyhodnocení z hlediska jeho doby. Zatímco u ručního sčítání se vyhodnocují dopravní veličiny už v průběhu průzkumu (větší četnost chyb, chyby nelze opravit apod.), vyhodnocení pomocí kamerového záznamu lze provést až po jeho skončení. Každý směr je nutné sčítat na každé křižovatce jednotlivě, což proces vyhodnocení mnohonásobně prodlouží. Délku tohoto procesu významně ovlivní časový interval, ve kterém se data vyhodnocují, a především jaké skupiny vozidel se rozlišují. V rámci tohoto průzkumu byla skladba dopravního proudu dělena do následujících 8 skupin: osobní automobily, dodávky (lehká nákladní vozidla), krátká nákladní vozidla, dlouhá nákladní vozidla, autobusy, autobusy MHD krátké, autobusy MHD dlouhé a poslední skupinou byly motocykly. Pro každé rameno křižovatky byl ještě zaznamenáván počet vozidel jedoucích s přívěsem. Jak je z obr. 4 patrné, vyhodnocení průjezdu vozidel křižovatkou bylo zaznamenáno (vždy při projetí stopčarou) v minutových intervalech.

čas	Směr z města na D5							
	osobní automobil	dodávka (LNV)	MHD krátké	MHD dlouhé	autobus	nákladní krátké	nákladní dlouhé	motocykl
0:01:00								
5:22:00	2						2	
5:23:00	1		1					
5:24:00	3	2					1	
5:25:00							2	
5:26:00	9	1						1
5:27:00	4	1						
5:28:00	3		1				1	
5:29:00	9							

Obrázek 4: Formulář pro zaznamenání intenzit vozidel na křižovatce K112 [15].

Vyhodnocení videozáznamu probíhalo pomocí SW MS Excel, pro každou křižovatkou byl vytvořen jeden sešit (pro každý den průzkumu), kde se vypisoval příslušný počet projetých vozidel dle konkrétního typu pro každou minutu. Na každém listě sešitu byla tabulka označující příslušný směr příjezdu na křižovatkou (signální skupinu). Postupně se tabulka na základě zhlédnutí videozáznamu doplňovala tak, aby byl pokryt celý den, respektive celá doba průzkumu.

Vzhledem k tomu, že bylo více měřících dnů (více sešitů), byla tato data překopírována do jednoho sešitu (celkem 3 sešity: K112; K113; K401), kde bylo nutné vytvořit průměrný den ze všech měření. Pomocí aritmetického průměru byla vypočítána každá minuta průměrného dne. Následně bylo potřeba vyhladit data pro model, stávalo se totiž, že např. v jedné minutě

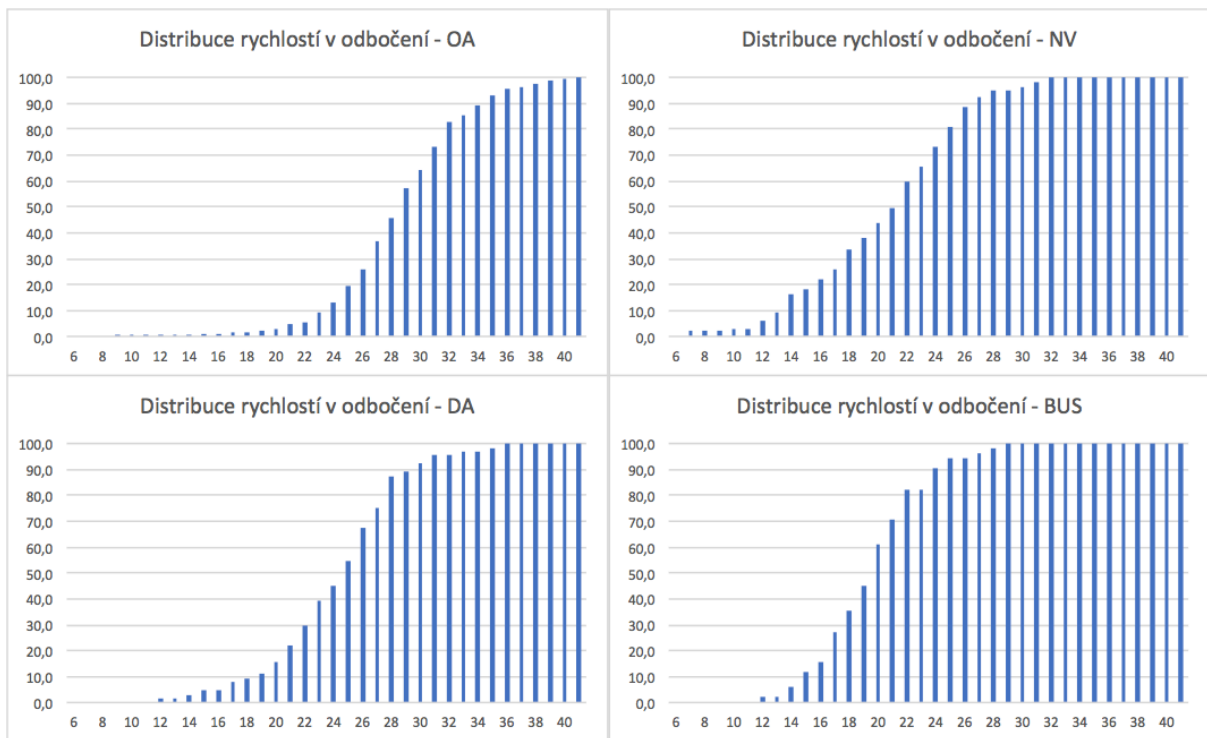
neprojel skrz křižovátku ani jedno vozidlo z určitého směru (z důvodu signálu „Stůj!“ s červeným světlem), ale v druhé minutě jich projelo více než bylo běžné (viz. obr. 4 minuta 5:25 – 0 osobních vozidel; minuta 5:26 – 9 osobních vozidel). Vyhlazení dat bylo testováno váženým klouzavým průměrem (na K112). Pro potřeby modelu bylo však využito sloučení do pětiminutového intervalu (vzhledem k velikosti analyzované oblasti byly minutové intervaly zbytečně podrobné). Poté co byl vyhodnocen průměrný den s intenzitami dopravy po pěti minutách, musely se násobit dané hodnoty, tak aby byla výstupem data ve správných jednotkách pro model (tj. voz/h).

V rámci vyhodnocení intenzit dopravy na křižovátkách bylo nutné dopočítat odbočení k nákupnímu centru, které je umístěno mezi křižovátkami (K112 a K113). Pro výpočet tohoto nezanedbatelného počtu vozidel byl použit rozdíl vozidel na výstupu z jedné křižovátky a vstupu na následující (vždy v hodinových intervalech).

Veškerá výstupní data z provedeného vyhodnocení dopravních průzkumů jsou obsažena v příloze příslušné kapitoly.

3.3 Průzkum rychlostí vozidel

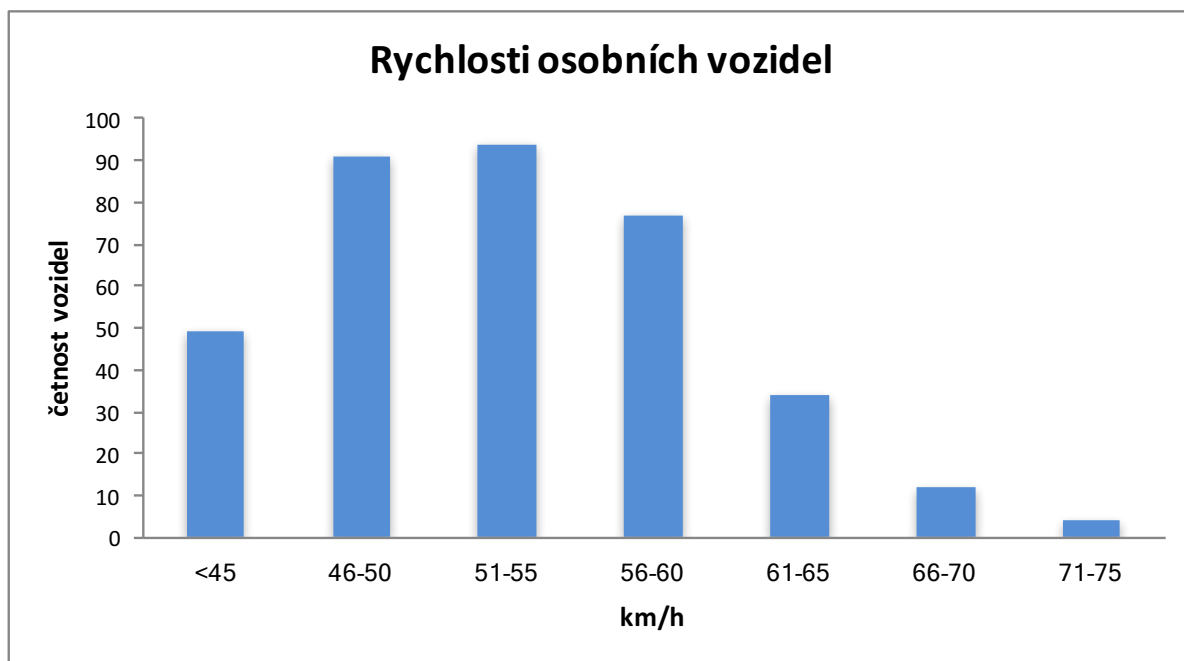
V rámci průzkumu probíhalo několik typů měření. Nutné pro dopravní model je získat rychlosti vozidel v oblouku a v přímém směru. Během měření rychlosti bylo zaznamenáno téměř 400 osobních vozidel a 250 vozidel nákladních (+ autobusy) pro rychlosti v přímém směru, ve směru odbočení se jednalo o více než 200 osobních vozidel, přes 50 dodávkových automobilů, 100 nákladních vozidel a přibližně 50 autobusů. Pro změření rychlosti v oblouku byla použita metoda úsekového měření pomocí kamerového záznamu z křižovatek. Pro každý směr byly stanoveny dva měřící body (pevné místo, kde lze zastavit videozáznam při průjezdu vozidla např. stopčára, přechod pro chodce apod.) mezi kterými byla stanovena vzdálenost (pomocí měřítka mapového podkladu a SW Autocad) a změřen čas průjezdu křižovátkou (časový rozdíl daných snímků videa). Z naměřeného času a vzdálenosti se následně dopočítávala rychlost vždy samostatně pro jednotlivou třídu vozidel (nutnost převodu jednotek z m/s na km/h). Vzhledem k podobnosti rychlostí vozidel byly vyhodnoceny 4 skupiny (OA – osobní automobil; DA – dodávkový automobil; NV – nákladní vozidlo; BUS – autobusy) popsané na obr.5. Všechny autobusy byly sjednoceny do jedné skupiny, taktéž se postupovalo i u všech nákladních vozidel, třída motocyklů byla vzhledem k jejich četnosti zanedbána.



Obrázek 5: Porovnání rychlostí vozidel pomocí kumulativní četnosti (procentuální zastoupení rychlostí vozidel uvedených v km/h)[15].

Rychlost vozidel v mezilehlých úsecích byla měřena dvěma typy. Měření mikrovlnným radarem uchyceným na dopravní značku však bylo po testovacím dni zrušeno. Vzhledem k množství jízdních pruhů a shlukování vozidel byly výsledky velmi zkreslené. Jednotlivá vozidla splývala dohromady, i přes přemístění tohoto detektoru a další kalibrování byla data nepoužitelná. Rychlosti ani délky vozidel neodpovídaly reálné dopravní situaci. Jako druhý způsob pro získání dat o rychlostech vozidel v přímém směru bylo využito měření pomocí ručního přístroje. To bylo mnohem efektivnější, rozlišovaly se zde dvě skupiny vozidel. V první skupině byly osobní automobily s dodávkami a v druhé nákladní vozidla společně s autobusy (Sloučení některých typů vozidel do jedné skupiny bylo stanoveno na základě minimálních rozdílů v naměřených rychlostech). Ruční přístroj se namíří na vozidlo, ideálně pod co nejmenším úhlem (je výhodné měřit v co nejbližším místě komunikace a zaměřit se na vozidlo ve větší vzdálenosti). Přístroj sám vyhodnotí okamžitou rychlost a vypíše ji na displej (neobsahuje žádnou paměť do které by se data zaznamenala, nutnost zapisovat naměřené hodnoty ručně). Přestože měření je velmi jednoduché, prakticky není nutná příprava před průzkumem a lze měnit během průzkumu místo zaznamenávání rychlostí vozidel, nese s sebou jeden problém. Nevýhodou tohoto měření je nutnost přehledného úseku, tak aby se přístroj dokázal zaměřit na vozidlo (např. nelze měřit rychlosti v odbočení, nebo v místech, kde nejsou dobré rozhledové podmínky – stromy, překrývání vozidel z důvodu přejíždění

v pruzích a jiné). V těchto úsecích se dá předpokládat, že vozidla zvyšují svoji rychlost, což znamená, že naměřená data mohou vykazovat vyšší hodnoty, než tomu je v celém úseku komunikace (např. ze zkušenosti v dané oblasti, vozidla projíždějící pod přemostěním tratí mezi K113 a K401 jedou pomaleji, než v úseku mezi K112 a K113, kde komunikace nemá prakticky žádný sklon ani jiné omezení).



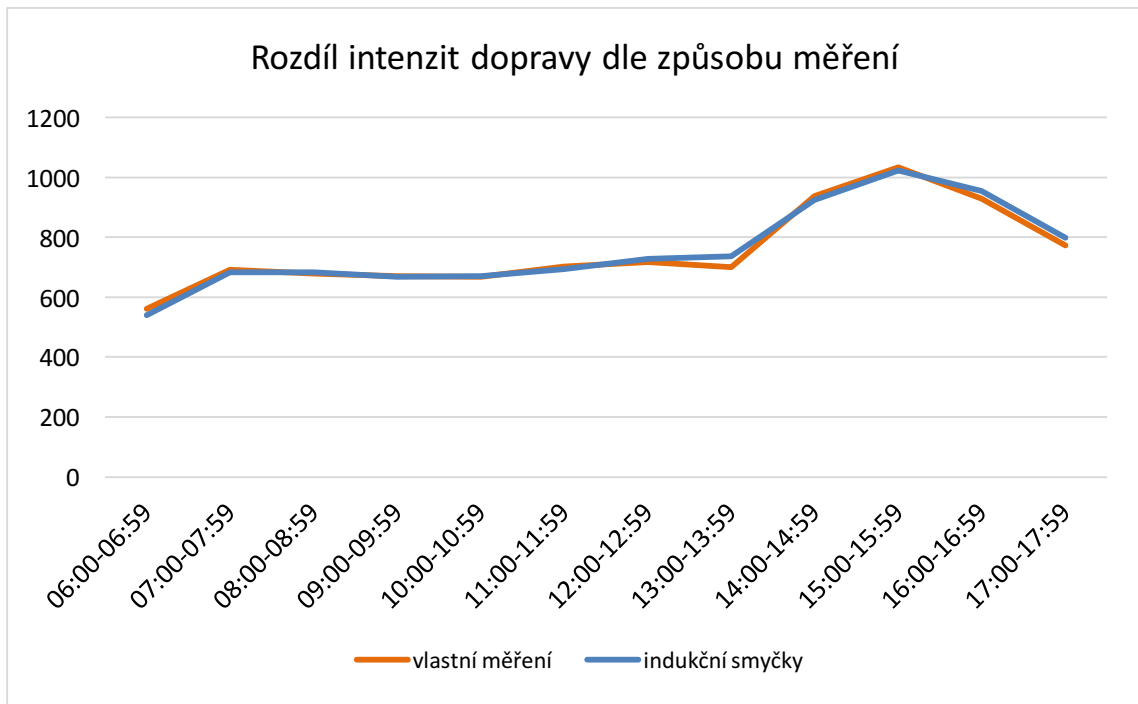
Obrázek 6: Histogram naměřených rychlostí osobních vozidel v přímém směru[15].

Detailní analýza rychlostí vozidel je součástí přílohy příslušné kapitoly.

3.4 Naměřené intenzity dopravy pomocí indukčních smyček

Během měření dopravních intenzit pomocí kamerových záznamů, bylo dohodnuto se SVSMP, že budou vyhodnocena data naměřená z indukčních smyček na jednotlivých křižovatkách. K dispozici jsou intenzity a směrovost dopravních proudů (bez určení třídy vozidel). Hodnoty jsou udávány v hodinových intervalech a slouží především k porovnání s vlastním měřením pomocí kamer. Z hodnot, které jsou k dispozici, je vidět, že některé indukční smyčky vůbec dopravu nesčítaly, protože vykazují nulové intenzity.

Indukční smyčky, které byly v provozu, však vykazovaly téměř stejné hodnoty jako vlastní měření pomocí videozáznamu a následného ručního sčítání. Například na křižovatce K401 (Rokycanská x Jateční) u porovnání průměrných týdenních intenzit byl nejvyšší rozdíl mezi 13. a 14. hodinou, kdy indukční smyčky vykázaly o 35 vozidel více, než bylo zjištěno pomocí vlastního měření. Lze tedy konstatovat, že rozdíl mezi způsobem měření dopravních intenzit nebyl zásadně odlišný a vlastní dopravní průzkum byl pravděpodobně přesný.



Obrázek 7: Rozdíl intenzit dopravy dle způsobu měření na K401 signální skupina VA[9][15].

Naměřená data z indukčních smyček [9] jsou součástí přílohy příslušné kapitoly.

3.5 Průzkum tranzitní dopravy skrz město

Vzhledem k vysoké četnosti nákladních vozidel ve sledované oblasti byl proveden další dopravní průzkum zaměřující se především na tranzitní dopravu, zejména na nákladní. Sledování dopravních pohybů bylo provedeno pomocí záznamu registračních značek jednotlivých vozidel. Zájmem bylo sledovat trasy vedoucí od dálnice D5 skrz město. Kvůli vyšším rychlostem vozidel na kraji města by bylo velmi obtížné zaznamenávat RZ ručně, proto byl zvolen následující postup. V blízkosti vozovky byly umístěny kamery, které nahrávaly provoz. Následně se využil SW ATEAS security, který je určený pouze pro studijní účely. Tento program zvládá z videozáznamu rozpoznat registrační značku a vypsát ji s časem záznamu a dalšími parametry do tabulky. Schopnost čtení registračních značek závisí především na kvalitě videozáznamu, rozestupech a rychlostech projíždějících vozidel. S tím také souvisí počet jízdních pruhů, kde se mohou za sebe jednotlivá vozidla schovat. Z tohoto důvodu bylo testovací měření použito pro trasu od dálnice D5 směrem na komunikaci (I/26) Domažlickou, kde se vozovka zužuje pouze do jednoho jízdního pruhu a je zde místo pro umístění kamer. Dalším důvodem je velmi vysoký počet nákladních vozidel, která po této komunikaci jezdí. Dle měření SVSMP se jedná společně s autobusy o 17 % z celkového objemu dopravy v dané lokalitě za rok 2015 (vychází z dat z přílohy, uvedené ke kapitole 2, která se věnuje popisu dané oblasti). Po vyhodnocení tohoto testovacího měření už při vjezdu

do města na ulici Rokycanská byla zjištěná nízká schopnost čtení softwaru, i přes omezení rychlosti v území, kde byl videozáznam pořízen. Vzhledem k této skutečnosti bylo od dalších průzkumů opuštěno, protože ulice Karlovarská, která byla hlavním bodem zájmu, obsahuje tři jízdní pruhy směrem z města a nebylo by možné tento průzkum technicky zrealizovat.

Na základě průzkumu lze konstatovat, že tato metoda měření tranzitní dopravy, lze využít pouze u malých měst a obcí, kde je pravděpodobné, že bude pouze jeden jízdní pruh a vozidla budou vykazovat nižší rychlosti, než tomu bylo v místě pořízení videozáznamu. Párování vozidel je u těchto menších celků jednodušší také kvůli časovému intervalu, který je potřebný pro projetí dané oblasti.

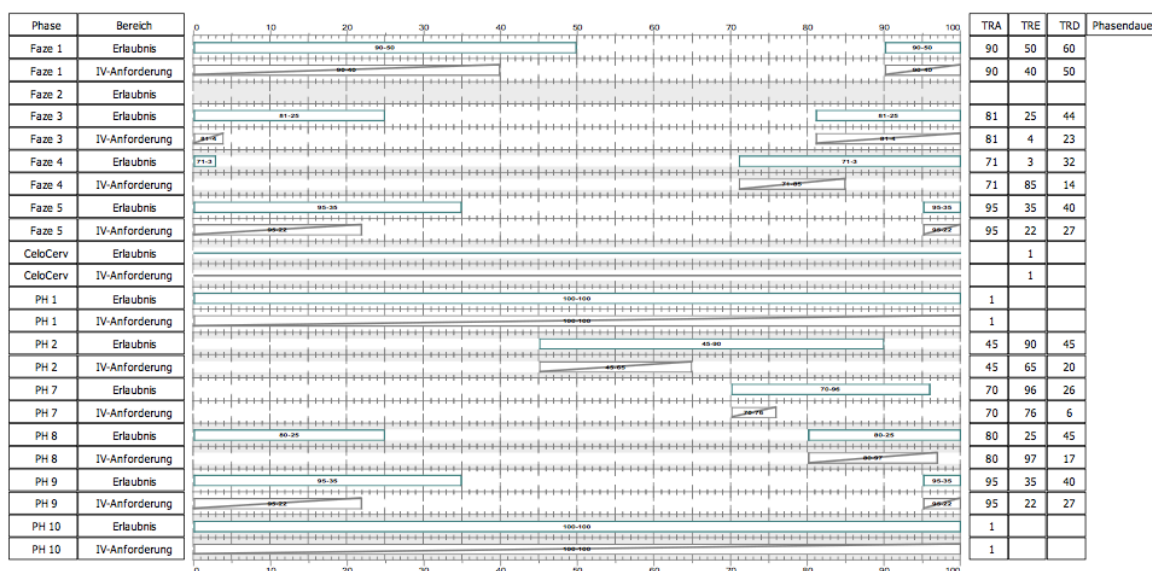
Výstupní data z měření tranzitní dopravy, nejsou vzhledem k záznamu registračních značek vozidel v příloze dostupná.

4 Řízení dopravy

Tato kapitola vychází z dat z dopravní ústředny, technické dokumentace ke konkrétním křižovatkám, které poskytla pro účely analýzy dopravy SVSMP a konzultací s pracovníky, kteří mají řízení dopravy v Plzni na starost. Veškerá data, která byla k dispozici jsou součástí přílohy k bakalářské práci [9].

Ve vybrané oblasti se nachází tři světelná signalizační zařízení. Tato signalizační zařízení jsou koordinována pomocí rámcových signálních plánů, které se mění v závislosti na čase. Pro každý den je definován určitý sled, v jakém se tyto rámcové plány mění. Vzhledem k době provedení dopravního průzkumu, který se konal pouze v průměrných pracovních dnech (úterý, středa, čtvrtek) je velká část rámcových plánů v této bakalářské práci zanedbána. Změna těchto plánů ve sledovaném období (5:20 – 18:00) je provedena vždy ve 14hodin, tedy těsně před odpolední dopravní špičkou. Tato změna přichází ve stejný čas a to především z důvodu zachování koordinace mezi dopravními uzly. Na všech dopravních uzlech je implementováno dynamické řízení, které funguje na základě aktuální dopravní situace. Rámcové signální plány pouze definují vedlejší podmínky, které musí být při dynamickém řízení splněny, a to především v jaké vteřině cyklu může sepnout určitá fáze.

Lfd.Nr.	O-Nr.	Name	Kurzname	Beschreibung	Signalprogramm	tU	EZP	AZP	GSP	Phasenfolgeplan
1	1	PRP 1	PRP 1		P 1	100	35	35	35	



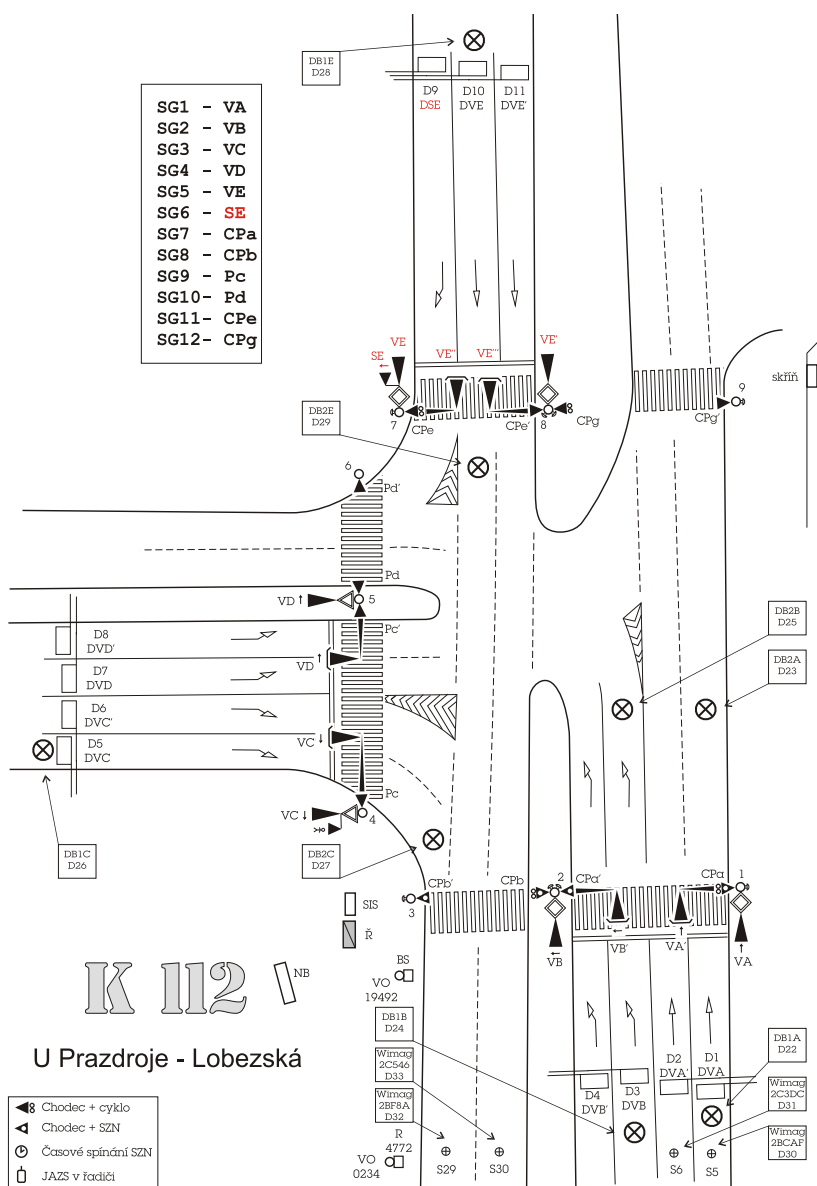
Obrázek 8: Ukázka rámcového plánu na křižovatce K401 [9]

Můžeme se zde setkat s prodlužováním fází, jejich variabilním střídáním, přičemž délka cyklu zůstává zachována (100s). V dané oblasti funguje aktivní preference MHD pomocí

systému GPS, kde jsou vozidla přihlašována ke křižovatce díky virtuálním smyčkám umístěných 150-250 metrů před křižovatkou v závislosti na charakteru dané komunikace a odhlašována 10 metrů po přjetí stopčáry. Pomocí tohoto typu detekování vozidel veřejné dopravy je zajištěno odesílání dat do řadiče příslušného uzlu, kde se na základě logických podmínek vyhodnotí přepnutí fáze pro optimální průjezd.

4.1 K112 – U Prazdroje x Lobežská (Šumavská)

Na této tříramenné křižovatce lze najít celkem 12 signálních skupin z nichž 6 je určených pro vozidla a dalších 6 pro chodce viz. příložené schéma křižovatky (obr. 9)



Obrázek 9: schéma K112 [9]

Jak lze vidět na této křižovatce nejsou umístěny výzvové detektory nýbrž pouze prodlužovací (indukční smyčky). Výzvy pro spuštění přechodu do další fáze fungují pouze díky stisknutí tlačítka pro chodce, nebo příjezdu vozidel MHD do zmiňovaných virtuálních bodů. Výjimku tvoří pouze signální skupina VD, která je obsažena v logické podmínce ($VD > 0 \ \& \ BA = 0 \ \& \ BB = 0 \ \& \ BE = 0$) v kombinaci s nepřítomností vozidel MHD a vyzývá tak po fázovém přechodu z fáze 3 do fáze 4. Detekce signální skupiny VD pro výzvu je zajištěna pomocí detektoru D7 (DVD) respektive D8 (DVD'), kde je měřena přítomnost vozidla. Vozidlo nemusí „stát“ po celou dobu na detektoru, ale je detekováno při najetí, respektive projetí tohoto prostoru. Detektor podává informaci o přítomnosti vozidla až do té doby, dokud pro tuto signální skupinu nesvítí na návěstidle signál „volno“, díky kterému je tento řadící pruh vyklizen. V případě, že není výzva pro přechod do jiné fáze od vozidel MHD, ani stisknutí chodeckého tlačítka, každá fáze obsahuje podmínku, která určuje trvalou změnu fází. Tato trvalá změna nastává vždy po uplynutí maximální doby fáze, nebo pokud vozidla v příslušných směrech danou fází neprodlužují (předem nadefinovaný časový rozestup mezi vozidly v logice řízení).

4.2 K113 – U Prazdroje x Gambrinus

Tento dopravní uzel má především průjezdný charakter, kde vidíme největší zatížení ve směru do města, respektive z města dále po ulici U Prazdroje. I zde funguje preference MHD a to jak pro výzvy, tak i prodlužování fází v závislosti na příjezdu daných vozidel. U vstupní brány do areálu pivovaru lze pozorovat velkou četnost výjezdů (vjezdů) nákladních vozidel. Zároveň tato křižovatka slouží jako jediný výjezd od nákupního centra, na protější straně komunikace.

4.3 K401 – Rokycanská x Jateční

Křižovatka Rokycanská x Jateční je nejrozlehlejší a zároveň nejsložitější v oblasti, které se tato práce věnuje. Vzhledem k vysokým intenzitám dopravy, zde není zakomponována preference MHD. Systém řízení tohoto uzlu obsahuje několik rámcových plánů, během provedení dopravního průzkumu byl v provozu však pouze jeden jediný. Tato křižovatka se vyznačuje velkým počtem řadících pruhů, kde téměř pro každý odbočovací směr je určen samostatný pruh (výjimka pouze v ulici Jateční). Velkým problémem této křižovatky je silné levé odbočení ve směru z města do ulice Jateční. I přestože jsou zde pro tento směr vyhrazeny dva řadící pruhy, se zde v odpolední špičce dopravní proud vzdouvá a omezuje tak dopravu směřující z města. Téměř pravidlem se stávalo během dopravního průzkumu, že se tyto dva řadící pruhy zcela zaplnily a množství aut, které čekalo na vyklizení muselo zastavit už

v jízdnicích pruzích v oblasti pod železničním přejezdem a tím zamezilo průjezd vozidel, která směřovala rovně (dále po ulici Rokycanská) nebo doprava (směr k nákupním střediskům). Během odpolední špičky lze také pozorovat zvýšení intenzit z ulice Jateční na Rokycanskou (směr z města), kde se opět jedná o levé odbočení.

Tento dopravní uzel byl v minulosti podroben několika testováním řízení dopravy. Byl zde implementován například systém TASS, ale nakonec byl použit signální plán, který funguje pouze pomocí dopravních detektorů prodlužovacích a výzvoových.

5 Dopravní model

Pro vytvoření dopravního modelu byl využit software PTV Vissim 7, díky kterému je možné vytvořit obraz dané situace, měřit různé dopravní veličiny, upravovat a řídit chování vozidel. Účelem dopravního modelu bylo zaznamenat stávající stav dopravy a porovnat jej s modelem, který by zobrazoval návrhy pro zlepšení dopravní situace. V rámci této práce bylo využito modulů Vissig a VisVAP pro namodelování řízení dopravy pomocí světelných signalizačních zařízení.

5.1 Tvorba sítě

Jako podklad pro tvorbu sítě zobrazující dopravní komunikace v dané oblasti byly použity satelitní snímky. Software Vissim umožňuje nastavit pevně danou šířku či délku dané komunikace a při správně zvoleném měřítku lze mapový podklad pouze obkreslit. Ke zvýšení přesnosti lze v tomto programu například duplikovat jízdní, respektive řadící pruhy, volit, zdali je v konkrétním místě povolena změna pruhu pomocí plné čáry, generovat jízdní pruhy v opačném směru, prokládat komunikaci body, pomocí kterých tvoříme jejich zakřivení (tyto body lze generovat, tak aby umožnily co nejpřesnější napojení dvou komunikací), zvolit jaká skupina vozidel se může pohybovat v konkrétním jízdním pruhu (to je například v tomto modelu využito pro vytvoření vyhrazeného jízdního pruhu pouze pro vozidla MHD).



Obrázek 10: Srovnání mapového podkladu a vytvořené dopravní sítě v SW Vissim[10]

5.2 Typy a třídy vozidel

V rámci modelu je nutné nastavit typy a třídy vozidel, která budou tvořit dopravní proud. Toto nastavení je snadno zaměnitelné. Typ vozidla je součástí třídy vozidel. V této práci je vidět rozdíl typů a tříd vozidel pouze u chodců (SW Vissim umožňuje nastavení chodců úplně samostatně, v tomto modelu jsou definovány jako vozidlo pohybující se rychlostí 5 km/h). Třída vozidla je pojmenována jako chodec („Pedestrian“) a obsahuje dva typy vozidel muže a ženu („man & woman“). Vzhledem k přesnosti nastavení všech druhů vozidel, která byla zaznamenávána během dopravního průzkumu se však typy spolu s třídami vozidel téměř neliší. Pro ilustraci, pokud by v modelu byl nastaven pouze poměr vozidel mezi nákladními vozidly krátkými a dlouhými, šlo by tyto dva typy sloučit do jedné třídy. V modelu se tento poměr mění na základě dat z průzkumu (poměr se neustále mění).

Můžeme ale vidět opačný případ, kdy je vytvořen jako typ vozidla autobus. V třídách vozidel najdeme Bus-MHD a Bus do obou těchto tříd je vložen stejný typ vozidla. V modelu není rozlišen typ vozidla mezi obyčejným autobusem a autobusem spadajícím do MHD. Bylo nutné však rozlišit jej jako třídu vozidel, a to z následujících důvodů: detekování vozidel MHD pro vytvoření preference na křižovatkách, vyhodnocení simulace (měření jízdní doby především za účelem získání dat o průjezdu dané oblasti). Pokud by tyto dvě třídy nebyly rozlišeny, nebylo by možné rozeznat zmiňované případy.

V modelu jsou uvedeny následující typy a třídy vozidel:

- Vehicle type: Car, HGV, Bus, Man, Woman, Bike, HGV_dlouhe, Moto, VAN
- Vehicle class: Car, HGV, Bus-MHD, Bus, Pedestrian, Bike, HGV_dlouhe, MOTO, VAN

5.3 Nastavení 2D/3D modelů vozidel

SW Vissim umožňuje nastavit podobu vozidel pomocí 2D a 3D modelů. V rámci 3D modelu je možné nastavit celkový tvar vozidla, například připojit za vozidlo přívěs apod. Základním nastavením obsahuje širokou škálu vozidel, které lze přiřadit k jednotlivým typům vozidla. Z hlediska modelu 2D simulace jde především o délku vozidla. V rámci této práce byla využita většina ze stávajících modelů. Pro některé vytvořené typy vozidel, však nebyl model nadefinován a bylo jej nutné vytvořit. Pomocí uživatelského rozhraní je snadné kombinovat stávající modely. Při tvorbě modelů se vytvářejí tzv. elementy, které je nutné přiřadit do distribuce 2D/3D modelů. V této distribuci lze například určit zastoupení konkrétních modelů,

kde jako výchozí nastavení pro skupinu vozidel označených jako „Car“ pozorujeme 7 příslušných modelů vozidel (viz. obr. 11).

Coun	No	Name
1	10	Car
2	20	HGV
3	30	Bus
4	40	Tram
5	60	Bike
6	100	Man
7	200	Woman
8	250	Woman & Child
9	300	Wheelchair
10	310	HGV_dlouhe
11	320	MOTO
12	330	VAN

Count	Share	Model2D3D
1	0,240	1: Car - Volkswagen Golf
2	0,180	2: Car - Audi A4
3	0,160	3: Car - Mercedes CLK
4	0,160	4: Car - Peugeot 607
5	0,140	5: Car - Volkswagen Beetl
6	0,020	6: Car - Porsche Cayman
7	0,100	7: Car - Toyota Yaris

Obrázek 11: Prostředí PTV Vissim - nastavení distribuce modelů a jejích elementů[10]

V rámci modelu byly vytvořeny tyto distribuce modelů: 310: HGV_dlouhe; 320: MOTO; 330: VAN, pro které byly vytvořeny další elementy spadající do zmíněných distribucí (například součástí distribuce 320:MOTO jsou dva elementy – 305: Scooter a 306: Motorbike), následně se tyto distribuce přiřazují k jednotlivým typům vozidel („Vehicles types“).

5.4 Skladba dopravního proudu

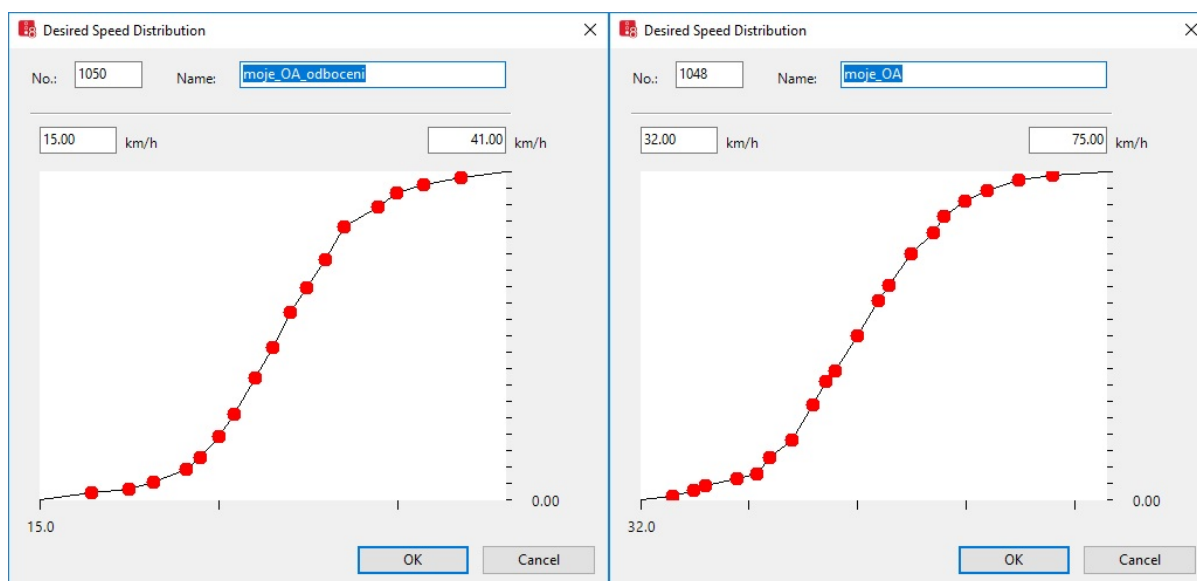
V rámci nastavení skladby dopravního proudu, lze nastavit procentuální zastoupení vozidel v modelu. Ke každé skladbě dopravního proudu je nutné přiřadit příslušná vozidla, která se v ní vyskytují, a dále distribuci rychlostí vozidel. V případě, že by se nastavil tzv. „relative flow“ pro zastoupení nákladních vozidel např. 10% z celkového objemu dopravy, byla by tato hodnota neměnná. Při vytváření dopravního modelu se tedy postupovalo tak, že pro každou skupinu vozidel byla vytvořena jedna skladba dopravního proudu. Nastavení poměrného zastoupení konkrétních typů vozidla, bylo zajištěno pomocí vstupů do sítě a směřováním vozidel na křižovatkách a tím bylo zaručené dynamické zastoupení konkrétních typů vozidel.

Vytvoření skladby dopravního proudu je tedy důležité především pro přiřazení konkrétní distribuce rychlostí vozidel. Každá skladba mohla mít svoji distribuci rychlostí a tím byla zaručena její odlišnost od ostatních.

V rámci modelu bylo využito následujících skladeb dopravního proudu (například můžeme vidět, že všechna vozidla MHD spadají do jedné skladby dopravního proudu, není rozlišena jejich rychlost): OA, DA, MHD, BUS, NVK, NVD, PED, MOTO

5.5 Distribuce rychlostí vozidel

Na základě provedeného dopravního průzkumu (viz. kapitola 3 – Dopravní průzkum) byla vytvořena distribuce rychlostí vozidel. Naměřené rychlosti bylo nutné vyjádřit kumulativní četností, kterou lze následně pomocí jednoduchého grafu nastavit i v dopravním modelu. Uživatel zde pouze nastaví minimální a maximální rychlost pro konkrétní distribuci a dále přidáváním bodů do grafu určuje přesné hodnoty, které udávají tvar křivky popisující danou distribuci pro konkrétní typ vozidel. V modelu bylo vytvořeno celkem 6 distribucí vypovídajících o rychlostech vozidel. V mezilehlém prostoru mezi křižovatkami byly použity následující dvě distribuce, a to za prvé pro osobní vozidla, dodávkové automobily a motocykly, a za druhé pro vozidla MHD (krátké i dlouhé – kloubové trolejbusy/autobusy), pro autobusy obecně, pro nákladní vozidla (krátká i dlouhá – bez ohledu na délku či robustnost vozidla). Tyto jednotlivé skupiny byly spojeny na základě podobnosti při měření. V obloucích bylo použito rychlostních distribucí více a to pro následující skupiny: osobní automobil (do této skupiny spadají i motocykly, především kvůli jejich nízké četnosti), dodávkový automobil, autobusy (veřejná doprava nebyla rozlišována), nákladní vozidla (robustnost ani délka vozidla nebyla rozlišována).



Obrázek 12: Nastavení distribuce rychlostí osobních vozidel (v přímém úseku a oblouku)[10].

5.6 Vstupy a směřování vozidel

Vstupy i směřování vozidel vychází z detailní analýzy provedené na základě dat z dopravního průzkumu (viz. kapitola 3 – Dopravní průzkum) doplněných údaji z indukčních smyček na konkrétních křižovatkách. Vstupy do modelu tedy zobrazují reálnou situaci, která proběhla v době měření. Ačkoliv se dopravní průzkum vyhodnocoval v minutových intervalech, v modelu byla použita data v intervalech dlouhých 5 minut, a to především z důvodu délky cyklu na světelných signalizačních zařízeních. Do modelu je nutné intenzity vozidel na vstupech definovat v hodinových intervalech a je tedy nutné naměřené hodnoty dále přepočítat. Celý výpočet byl proveden v programu Excel (blíže specifikováno v kapitole 3 – Dopravní průzkum) a následně přenesen do tabulky (vstup_intenzity), která je součástí přílohy této kapitoly. Přesun dat do zmiňované tabulky byl vykonán především z důvodu snazšího exportu do příslušného SW, ve kterém je model vytvořen.

Během průzkumu nebylo zaznamenáno nezanedbatelné pravé odbočení ve směru z města k velkému parkovišti u obchodního střediska Hornbach (tato odbočka se vyskytuje v mezilehlém úseku mezi křižovatkami U Prazdroje x Šumavská (Lobežská) a U Prazdroje x Gambrinus. Počet vozidel byl určen rozdílem počtu vozidel vyklizujících první křižovatku a vozidel přijíždějících k druhé křižovatce z příslušného směru. Je tedy možné, že se v modelu na tomto odbočení objevuje nepřesnost.

Směřování vozidel bylo určeno vždy pro každou třídu vozidla na každém rameni křižovatky pro každý směr. Například na ulici Jateční se jedná o 8 skupin vozidel, pro každou skupinu 3 směry odbočení, celkem 24 cest určujících, jak se vozidla z daného směru budou na křižovatce chovat. Obdobně se postupovalo i u dalších uzlů.

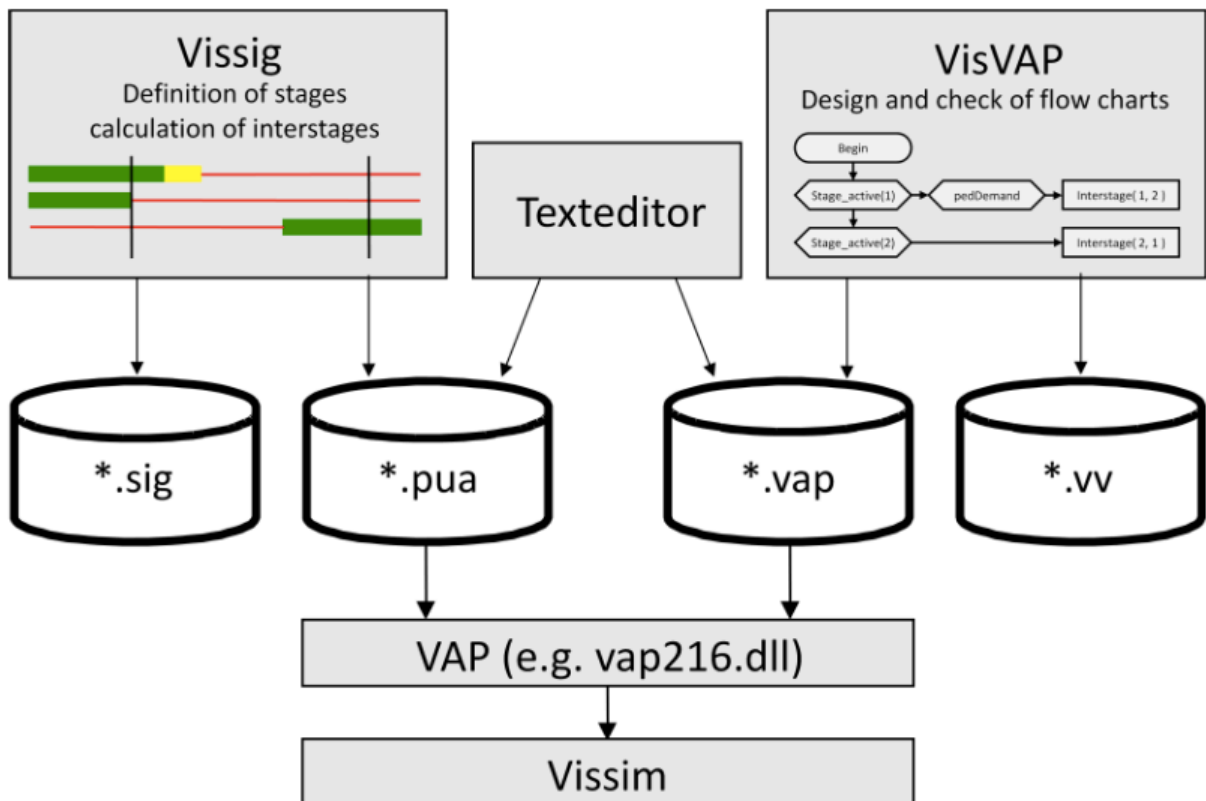
5.7 Umístění detektorů a systém řízení vozidel

Pro každou křižovatku bylo nutné vytvořit jeden řadič (v programu Vissim označeno jako „Signal Controller“). Pomocí doplňkového modulu Vissig je možné definovat konkrétní signální skupiny k dané křižovatce. Vissig umožňuje systémem tabulek určit, které signální skupiny jsou kolizní, nadefinovat tabulku mezičasů, fáze a jejich sled. Na základě sledu fází se automaticky dopočítají fázové přechody, které lze dále upravovat dle potřeby. Pokud se jedná o křižovatky s pevným signálním plánem, je tento modul dostačujícím k nadefinování systému řízení dopravy a sám na základě délky cyklu vygeneruje celý signální plán, ten je opět možné upravit stejně jako zmiňované fázové přechody. Můžeme zde zkracovat či prodlužovat délky zelené a preferovat tím některý ze směrů, odkud vozidla přijíždí ve větších

intenzitách. Následně se v programu Vissim přidají návěstidla, která se musejí přiřadit k odpovídajícím signálním skupinám u příslušného dopravního uzlu (určený řadič k dané křižovatce) a tím je plně funkční světelná signalizace s pevným plánem hotova.

Vzhledem ke skutečnosti, že ani jedna z analyzovaných křižovatek pevný signální plán nemá, bylo nutné ke každému řadiči přiřadit dopravní detektory a definovat systém dynamického řízení. U těchto detektorů můžeme nastavit celou škálu vlastností. Například to můžou být rozměry detektorů, jejich přesné umístění na základě vzdálenosti od stopčáry, ale i jejich technické vlastnosti, zdali se jedná o detektor, který je pulsní apod. V rámci modelu byly detektory rozmístěny dle jejich skutečné polohy pomocí souřadnic GPS (viz. příloha). Přiřazením detektorů do modelu můžeme sledovat různé dopravní veličiny, jako tomu je v běžném provozu. Z hlediska řízení dopravy jsou to především časové rozestupy vozidel (slouží k prodlužování fází, běžné hodnoty se používají přibližně kolem 3 sekund) a přítomnost vozidel (výzva pro určitý směr odbočení na základě, kterého se žádá o změnu fáze). Samozřejmě je možné sledovat parametry jako je intenzita vozidel, obsazenost, rychlost a další. Pro účely logiky řízení se však použily pouze první dva jmenované.

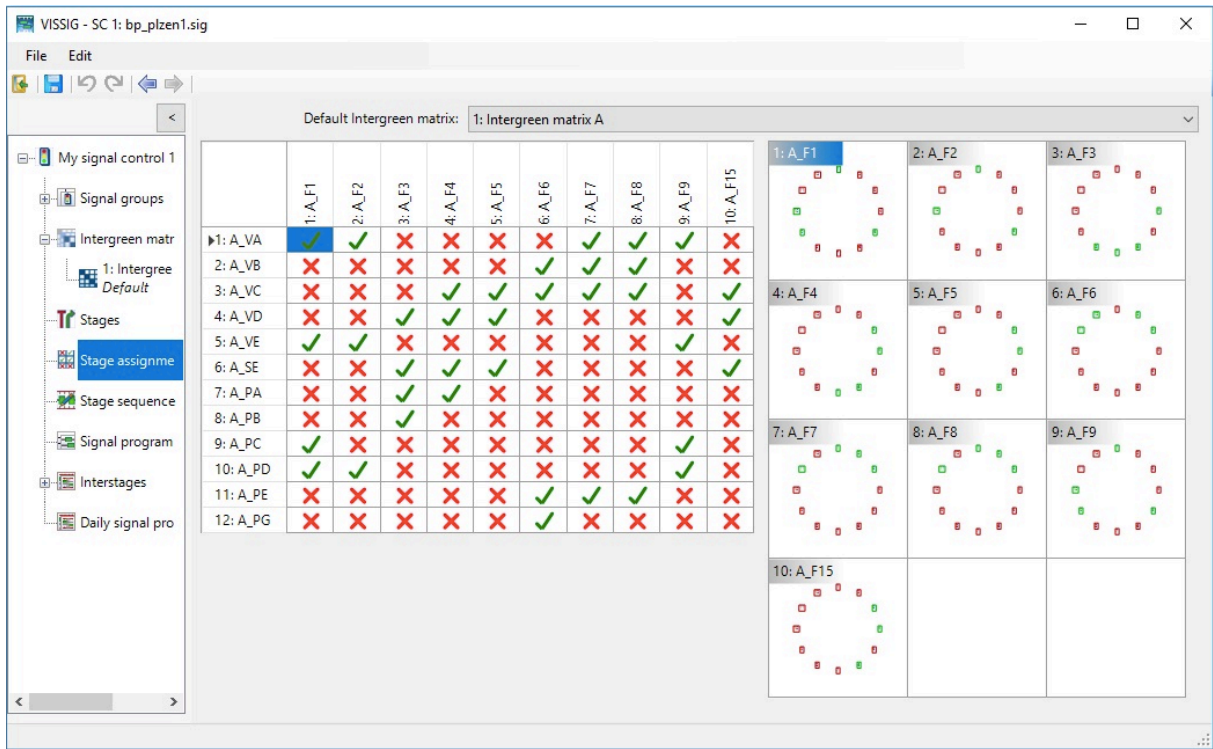
Pro namodelování systému dynamického řízení dopravy je velmi výhodné použít doplňkový software VisVAP, pomocí kterého lze vytvořit logické podmínky, které se nahrají do řadiče a budou tak udávat, jak se tento systém chová (alternativou je vytvoření textového souboru v jazyce VAP a vypsání všech podmínek „ručně“). VisVAP umožňuje celý algoritmus rozkreslit do vývojového diagramu a je tím velice přehledný a uživatelsky nenáročný. V tomto programu najdeme celou řadu předdefinovaných příkazů, jedná se například o zapnutí fázového přechodu, zjištění délky fáze, přítomnost vozidla na příslušném detektoru apod. Software VisVAP vytváří ale pouze logiku řízení, nikoliv samotné dopravně inženýrské podklady (tabulku mezičasů, fázové přechody, fáze a jejich sled atp.). Systém řízení v programu Vissim nejen umožňuje, ale přímo vybízí ke kombinaci dat z modulu Vissig a logiky řízení ze softwaru VisVAP. Alternativním řešením je opět vypsání všech dopravních charakteristik do textového souboru, což s sebou nese velké riziko pro vytvoření chyby.



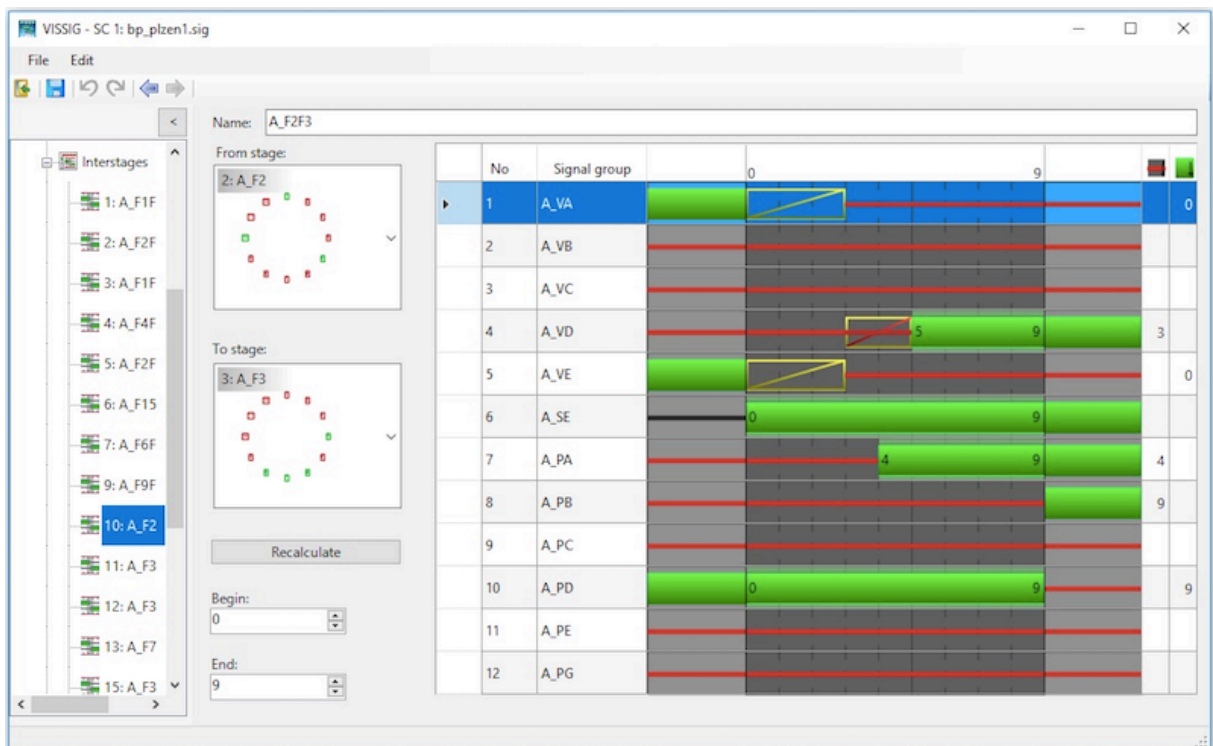
Obrázek 13: Popis systému fungování programů Vissim, VisVAP, Visig[11].

5.8 Aplikace řídicího algoritmu a jeho popis

Při tvorbě modelu v této práci byla logicky zvolena kombinace Vissigu a VisVAPu, kde tato dvě rozhraní vytvoří příslušný textový soubor (*.pua respektive *.vap) nutný ke spuštění dynamicky řízené světelné signalizace přímo v dopravním modelu. Tento způsob je nutný zopakovat pro každou křižovatku, respektive pro každý řadič. Pro znázornění stávajícího stavu dopravy v analyzované oblasti byly použity materiály obsažené v technické dokumentaci příslušných světelných signalizačních zařízení ve formátu, který vydává dopravní ústředna. V modulu Vissig byl vytvořen příslušný počet signálních skupin, u kolizních skupin byla vyplněna tabulka mezičasů, dle technické dokumentace byly vytvořeny fáze a jejich sled. Na základě nadefinovaných dopravních charakteristik byly vygenerovány fázové přechody (vzhledem k dynamickému řízení nebylo nutné využívat signální program). Následně byl vytvořen soubor *.pua, ve kterém jsou všechny tato data uložena a připravena k následnému využití v programu Vissim.

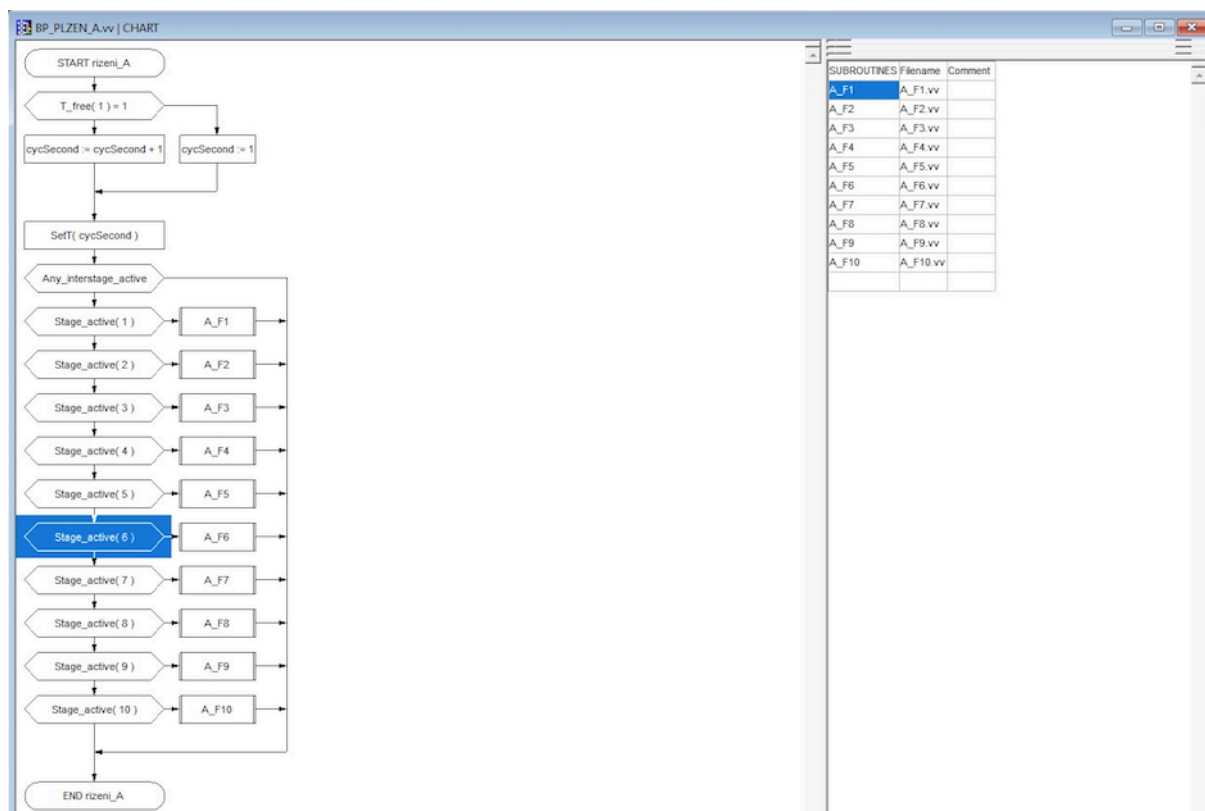


Obrázek 14: Nastavení fází v modulu Vissig[10]



Obrázek 15: Nastavení mezičasů v modulu Vissig[10]

V softwaru VisVAP opět dle technické dokumentace byly vytvořeny vývojové diagramy, které se vyexportovaly do souboru *.vap a tím bylo možné spustit simulaci se světelnou signalizací.



Obrázek 16: Prostředí SW VisVAP – zobrazení schéma řízení 11].

Na obr. 16 lze vidět zobrazení prostředí SW VisVAP, kde pomocí vývojových diagramů tvoříme algoritmus popisující chod dané světelné signalizace. Na základě podmínek se spouštějí další podprogramy, kde každý podprogram tvoří podmínky a posloupnost dotazů, které jsou součástí dané fáze (logické podmínky, fázové přechody).

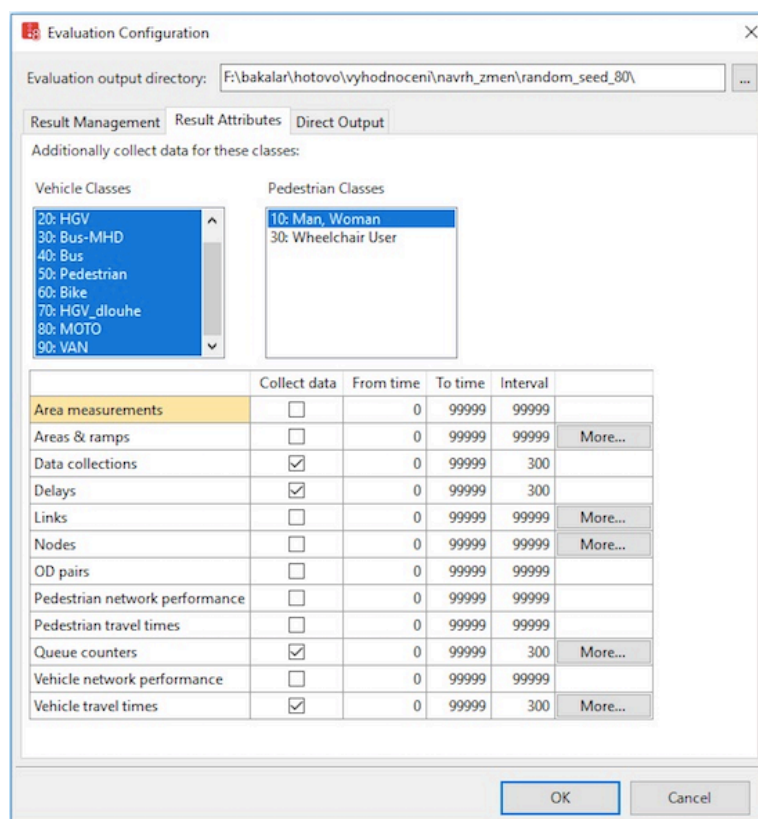
5.9 Preference MHD

Preference veřejné dopravy (systém fungování v reálné situaci je blíže specifikován ve 4. kapitole, která se zabývá řízením dopravy) je v modelu vytvořena pomocí detektorů pokrývajících celou oblast před křižovatkou. Jejich umístění je definováno, dle reálné situace. Detektor vždy začíná v místě, kde se nachází virtuální bod, který sbírá informaci o poloze vozidla pomocí GPS. Dále je detekce vozidel vedena po celé linii vozovky až do místa přibližně 5-10 metrů za stopčarou (opět odpovídá odhlašovacímu bodu).

6 Vyhodnocení simulace

Po nastavení všech parametrů v modelu, které byly popsány v minulé kapitole, přichází na řadu vyhodnocení simulace. Před samotným vyhodnocením, je důležité zkontrolovat, jak se chovají vozidla v síti, zdali jsou splněny všechny nadefinované funkce apod. Po skončení simulace SW Vissim v případě chyby upozorní hlášením. Typické chyby, které mohou nastat je mizení vozidel (špatné nastavení dopravní sítě, chyba v definování trasy, program má jako výchozí nastavení pro požadavek na změnu pruhu 60 vteřin, pak vozidlo odstraňuje a jiné), nevygenerování určeného počtu vozidel (velmi časté, pokud jsou krátká ramena křižovatek a utvoří se zde kolona vozidel) a další.

Samotné vyhodnocení simulace umožňuje získat dopravní veličiny s úplnou přesností. Oproti reálnému měření nenastávají v modelu poruchy, výpadky, nebo jiné nepřesnosti. SW Vissim je schopen vyhodnotit celou škálu dopravních veličin v kterémkoliv místě v síti. Lze vyhodnotit např. časové veličiny jako je jízdní doba, čas strávený čas v koloně, nebo veličiny o počtu vozidel jako je intenzita v konkrétním místě, nebo průjezd dvěma profily. Dle potřeby lze tyto parametry nastavit jako součást vyhodnocení pomocí uživatelského rozhraní viz. obrázek 17 SW Vissim naměřené veličiny vyexportuje do textového editoru.



Obrázek 17: Ukázka z uživatelského rozhraní Vissim, nastavení vyhodnocení simulace [10].

Jako hlavní veličiny, které byly zvoleny pro vyhodnocení modelu, jsou jízdní doba („TravelTime“) a čas v koloně („Delay“). Tyto veličiny byly měřeny pro každý směr na všech dopravních uzlech (respektive pro každou cestu, kterou je možné v dané síti vykonat). Pro přesnost naměřených veličin je nutné simulaci opakovat. Vzhledem k tomu, že dopravní model vytvořený v mikrosimulačním nástroji PTV Vissim pracuje pomocí generátoru náhodných čísel je nutné měnit tzv. parametr „random seed“, který ovlivňuje výstupní hodnoty z modelu. Pro dosažení přesnosti modelu byla simulace desetkrát opakována.

V rámci simulace byl porovnán model současného stavu a model obsahující návrhy pro zlepšení dopravní situace v dané oblasti (celkem tedy 20 simulačních kroků). Model s případnými návrhy obsahuje následující změny:

- Rozšíření komunikace o jeden jízdní pruh ve směru do města (zrušení zřídka využívaného parkovacího pruhu)
- Vyhrazený jízdní pruh pro vozidla veřejné dopravy
- Prodloužení řadících pruhů na křižovatce K401 (Rokycanská x Jateční)

6.1 Rozšíření o jeden jízdní pruh ve směru do města

Mezi křižovatkou K112 a K113 je parkovací pás, který je používán velmi zřídka a to především u vjezdu z místní zastávky, kde se nachází malé parkoviště. Rezidenti tedy mají možnost zaparkovat uvnitř oploceného pozemku. Pokud by se tento pruh proměnil v jízdní, zkapacitnila by se tak komunikace a snížily by se jízdní doby. Byl by zde větší manévrovací prostor pro zvolení správného řadícího pruhu před křižovatkou. Autobusy by měly snadnější výjezd ze zastávky, kde by mohly jet přímo rovně a v případě nutnosti napojení do jiného pruhu by tento přejezd mohly vykonat plynule po ujetí několika desítek metrů. Tento parkovací pás za stávající situace vede přímo od autobusové zastávky a je dlouhý více než 100 metrů. V daném místě by komunikace měla tři jízdní pruhy.

6.2 Vyhrazený bus pruh ve směru z města

Vzhledem k velmi častému shlukování vozidel v odpolední špičce směrem z města nastává situace, kdy se vozidla MHD stávají součástí kolony a nemají k dispozici plynulý průjezd mezi křižovatkami. Z tohoto důvodu bylo součástí navrhovaných řešení v analyzované oblasti i zřízení vyhrazeného jízdního pruhu pro autobusy. Ideální stav by byl, pokud by se tento pruh dal rozšířit v celé analyzované oblasti. To však mezi křižovatkami K113 a K401 není možné vzhledem k tomu, že komunikace vede podjezdem pod železniční tratí a je zde omezený

prostor. Zároveň už za stávajícího stavu můžeme pozorovat tvorbu kongescí. Vyhrazení stávajícího jízdní pruhu pro linky MHD tedy není možné. Součástí návrhu změn je tedy rozšíření komunikace mezi K112 a K113, kde by byl umožněn vozidlům MHD plynulý průjezd. Vyhrazený jízdní pruh by měl počátek ve stávající zastávce a vedl dále až k řadícím pruhům křižovatky K113. Zde by měla vozidla MHD přednost před ostatními účastníky provozu a jízdní pruhy by se před křižovatkou opět spojily. V případě dopravních kongescí v odpolední špičce by měla vozidla prostor pro objetí kolony a volném napojení do řadícího pruhu před křižovatkou K113. Jedná se přibližně o 200 metrů dlouhý úsek.

6.3 Prodloužení řadících pruhů na K401 pro směr z města do ulice Jateční

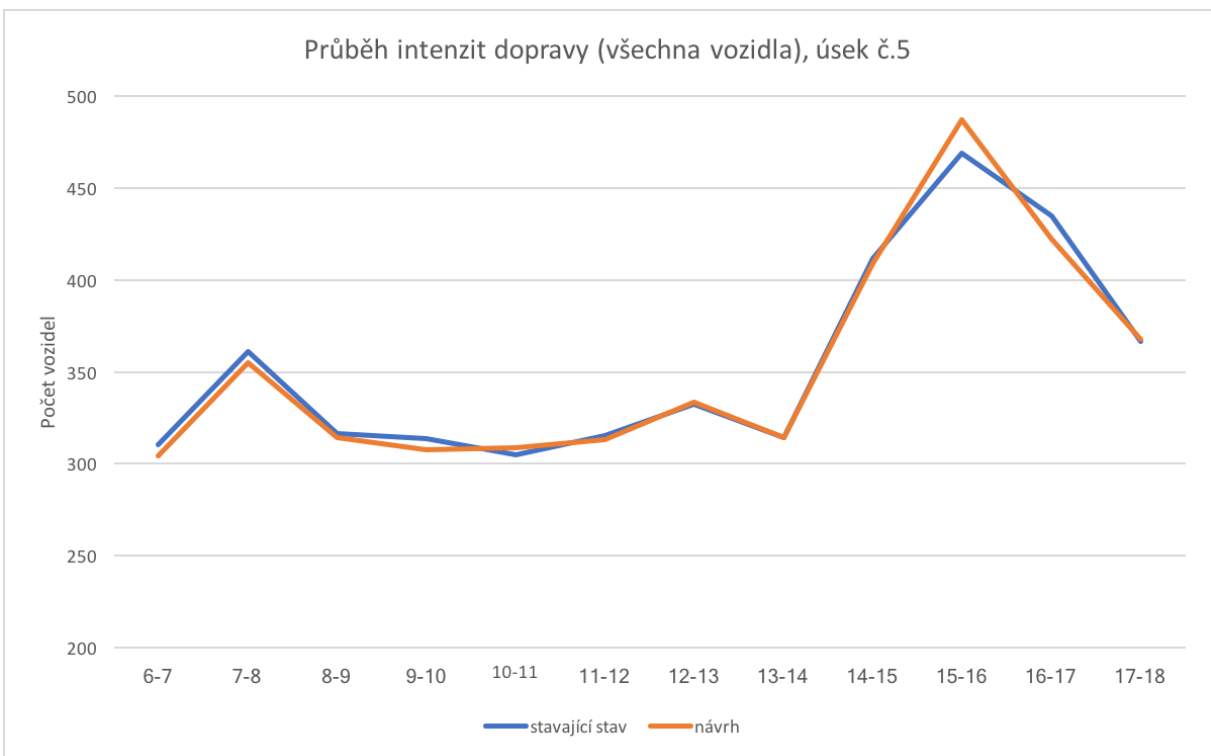
Alespoň částečným řešením problému vzdouvajících se vozidel na křižovatce K401 by mělo být prodloužení řadících pruhů ve směru z města do ulice Jateční. Pokud by se tyto dva řadící pruhy prodloužily, což je vzhledem k prostorovému uspořádání možné, vznikající kolona vozidel v odpolední špičce by se tvořila i nadále, ale byly by omezeny její důsledky. Vozidla by nezasahovala v takové míře do jízdních pruhů a nebyl by tak zastaven hlavní proud, vedoucí dále po ulici Rokycanská. Toto opatření by bylo při nárůstu počtu vozidel v dané oblasti pouze dočasné a problém by zde v budoucnu opět mohl vzniknout. Případným řešením může být také změna v řízení dopravy, konkrétně změna fází. Momentálně je řízení křižovatky nastaveno tak, že signální skupina VB (zmiňovaný směr do ulice Jateční) čeká, než skončí předchozí fáze preferující přímý směr z města i do města. V tento moment však několikrát nastane (během modelu i dopravního průzkumu), že signální skupina VB blokuje hlavní směr, kde svítí signál volno pro skupinu VA zbytečně. Poté se pak následující fáze prodlužuje až do svého maxima. Problém této křižovatky při rostoucím objemu intenzit dopravy vyžaduje daleko komplexnější řešení, i proto se zde ve vizích města počítá s mimoúrovňovou křižovatkou.

6.4 Porovnání modelů navrhovaných změn oproti stávajícímu stavu

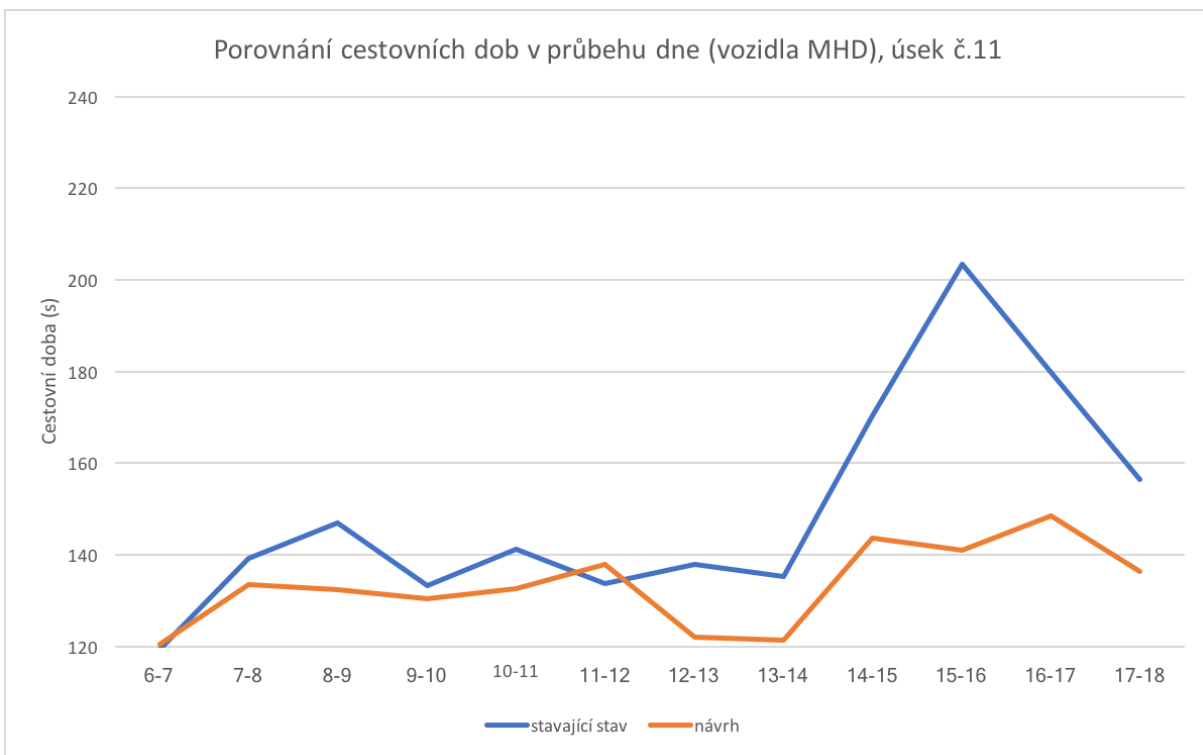
Na základě porovnání hodnot naměřených díky vyhodnocení simulace v SW PTV Vissim lze konstatovat, že navrhované změny by vedly ke zlepšení dopravní situace. Zkrátily by se jízdní doby, především s důrazem na plynulost dopravního proudu, ve kterém se nacházejí vozidla MHD, jejichž zlepšení podmínek bylo stanoveno jako cíl této práce. Snížení jízdních dob nastává především v odpolední špičce, kdy je oblast zatížena vysokými intenzitami dopravy.



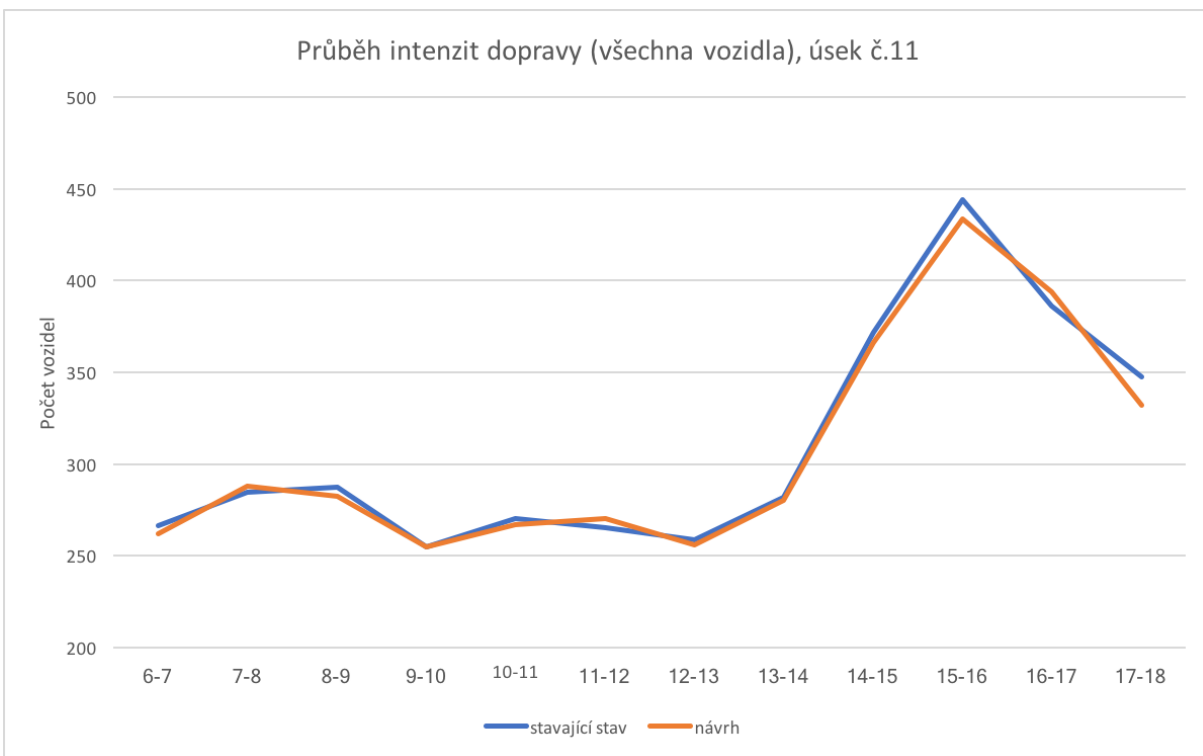
Obrázek 18 Porovnání modelů z hlediska cestovní doby všech vozidel v úseku č. 5; hlavní směr z města ulice U Prazdroje dále po ulici Rokycanská [15].



Obrázek 19: Průběh intenzit dopravy v hodinových intervalech v úseku č. 5; hlavní směr z města ulice U Prazdroje dále po ulici Rokycanská[15].

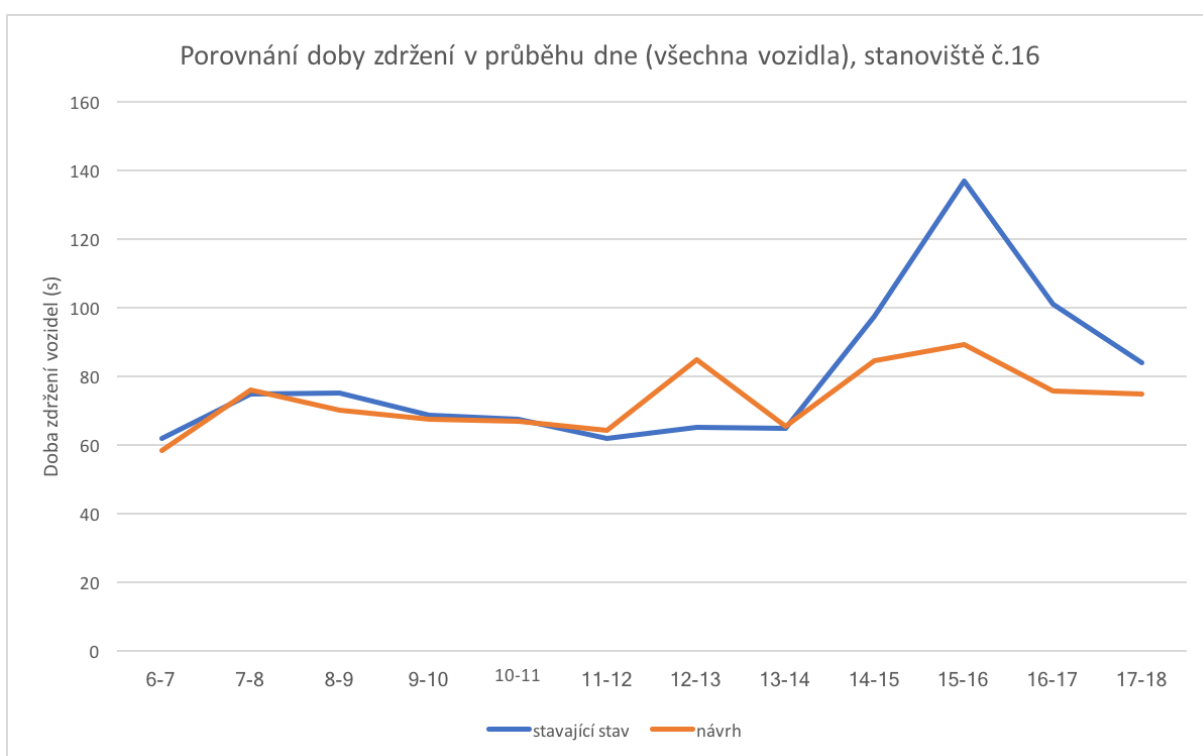


Obrázek 20 Porovnání modelů z hlediska cestovní doby vozidel MHD v úseku č. 11; Počátek v ulici Lobežská (Šumavská) a konec v ulici Rokycanská (směr dále z města) [15].



Obrázek 21: Průběh intenzit dopravy v hodinových intervalech v úseku č. 11; Počátek v ulici Lobežská (Šumavská) a konec v ulici Rokycanská (směr dále z města) [15].

Na zmíněných grafech je jasně vidět, že se jedná o velkou časovou úsporu z hlediska cestovních dob, především v odpolední dopravní špičce, ve směru z města. V případě hlavního dopravního proudu, který vede po ulici U Prazdroje dále po Rokycanské směrem na dálnici D5, můžeme pozorovat zkrácení cestovních dob všech vozidel přibližně o 40 vteřin. Na obr. 20 je k vidění analýza cestovních dob veřejné dopravy. Zde by navrhované úpravy přinesly až minutovou úsporu. Jako příklad byly uvedeny právě tyto nejproblematičtější směry v dané oblasti. Analýze byly podrobeny všechny možné cesty, které lze v analyzované části vykonat. Vzhledem k jejich četnosti jsou uvedena všechna porovnání cestovních dob v příloze spolu s grafy, které porovnávají stávající a výhledový stav.



Obrázek 22 Porovnání modelů z hlediska doby zdržení vozidel; K401 – signální skupina VB[15].

Dalším parametrem, který byl analyzován, byla doba zdržení vozidel. Tento parametr byl měřen na všech ramenech křižovatek. Jako vzor byl vybrán směr z města do ulice Jateční na K401, jakožto jeden z nejproblematičtějších v dané oblasti, i na tomto rameni křižovatky můžeme sledovat zkrácení čekací doby, a to téměř o 50 vteřin.

Porovnání cestovních dob a časů zdržení vozidel jasně ukazuje, že navrhovaná varianta přináší velmi významné zlepšení plynulosti dopravního proudu zejména v odpolední špičce, nejen pro vozidla MHD, která byla hlavním cílem, ale pro všechny účastníky provozu. To byla jedna z hlavních podmínek zmiňovaného preferování veřejné dopravy, kde jejich realizace nesmí ovlivnit dopravní proud jako takový. Dopady návrhu lze tedy hodnotit velmi kladně.

Závěr

Za účelem cíle bylo postupováno dle bodů obsažených v zadání práce. V rámci bakalářské práce byl zanalyzován stav dopravy v Plzni v ulici U Prazdroje, během průzkumu se vyhodnotila data pro tři světelně řízené křižovatky. Cílem bylo zjistit intenzity vozidel a jejich směrovost, což se podařilo. V průběhu průzkumu se měřila také rychlost vozidel. Po následné úpravě naměřených veličin, byla tato data použita jako vstup do modelu. V rámci modelování dopravy bylo nutné vytvořit v příslušném SW, takový popis situace ve vybrané oblasti, aby bylo možné sledovat různé dopravní veličiny (časové zdržení vozidel, intenzity vozidel, jízdní doby a další).

Po vytvoření modelu současného stavu, bylo zapotřebí zamyslet se nad případným vylepšením stavu. Již od počátku práce bylo zamýšleno v dané oblasti otestovat zavedení vyhrazeného jízdního pruhu pro vozidla MHD, především ve směru z města, kdy se v odpolední špičce v dané oblasti shlukují velké počty vozidel a brání tak plynulému průjezdu vozidlům veřejné dopravy. Tyto návrhy pro případné zlepšení dopravní situace byly zaneseny do výhledového modelu a byly podrobeny následné analýze. Cílem bylo zjistit dopady, které by zmíněné stavební úpravy přinesly. Data z modelů byla následnou simulací vyhodnocena a porovnána. Výhledový stav přinesl zlepšení jízdních i čekacích dob, proto lze zhodnotit tyto návrhy jako přínos a zlepšení podmínek dopravního proudu ve vytipované oblasti. Analýze byl podroben celý dopravní proud, především s důrazem na hromadnou dopravu. Toto porovnání je obsaženo v 6. kapitole, která se věnuje vyhodnocení simulace a porovnání modelů.

Z hlediska dopravy data z namodelovaného návrhu vykazují především v odpolední špičce lepší cestovní i čekací doby, a to prakticky na všech cestách, které jsou v dané síti možné vykonat. Změna stavebního uspořádání by přinesla zefektivnění dopravní komunikace a zajistila plynulejší provoz, jak pro vozidla MHD, tak i všechna ostatní. Důležitým parametrem je však cena a koncepce města, zdali se vyplatí do takových řešení investovat. Výhledové řešení bylo analyzované pouze z hlediska výkonů dopravy a jeho aplikování vyvolává několik dalších otázek týkajících se celkové efektivnosti přestavby dané komunikace.

Díky této bakalářské jsem měl možnost zpracovat celé řešení dopravního problému, které mě velmi obohatilo a doplnilo znalosti nabyté během studia. Celá problematika řízení a modelování dopravy byla daleko komplexnější, než jsem doposud řešil, byly zde vidět návaznosti mezi jednotlivými dopravními uzly. Na první pohled nepatrné změny na jedné

křižovatce mohou velmi ovlivnit chod křižovatek následujících apod. Bakalářská práce mi dala zkušenost vést určitý projekt, organizovat dílčí činnosti během jeho chodu (např. organizace dopravního průzkumu) a používat teoretické znalosti v praxi.

Veškeré zmiňované přílohy jsou uloženy na CD, které je přiloženo k této bakalářské práci.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Mapový portál Mapy.cz [on-line] dostupné na <https://www.mapy.cz> (cit. 23.4.2017)
- [2] Mapový portál Google.maps [on-line] dostupné na <https://maps.google.com> (cit. 23.4.2017)
- [3] Oficiální webové stránky Plzeňských městských dopravních podniků [on-line] dostupné na <http://www.pmdp.cz/mapa-mhd/> (cit. 23.4.2017)
- [4] Oficiální webové stránky Plánu udržitelné mobility města Plzně [on-line] dostupné na <http://www.mobilita-plzen.cz/> (cit. 26.4. 2017)
- [5] Informační publikace ŘSD ČR [on-line] dostupné na <http://www.ceskedalnice.cz/prilohy/d5.pdf> (cit. 27.5.2017)
- [6] Oficiální webové stránky Státního fondu dopravní [on-line] dostupné na <http://www.sfdi.cz/> (cit. 15.8.2017)
- [7] Mapová aplikace realizovaných a připravovaných staveb ŘSD ČR [on-line] dostupné na <http://www.rsd.cr> (cit. 15.8.2017)
- [8] Podklady Útvaru koncepce a rozvoje města Plzně dostupné z oficiálního webu města Plzně na <http://ukr.plzen.eu> (cit. 23.4.2017)
- [9] Data z dopravní ústředny, poskytnuto Správou veřejného statku města Plzně dne 16.5. 2016 (webové stránky SVSMP: <http://www.svsmp.cz>)
- [10] PTV VISSIM. Vissim user manual. Karlsruhe, Germany: PTV AG, 2013
- [11] PTV GROUP VisVAP 2.16 user manual, Karlsruhe, Germany: PTV AG, 2012
- [12] Cikhardtová K. „Implementace řídicího algoritmu pro oblast křižovatek“ Diplomová práce, Praha: ČVUT FD, 2015
- [13] Tichý T. „Řídicí systémy dopravy – Dopravní telematika“ ČVUT, 2004
- [14] Příbyl P., Svítek M.: Inteligentní dopravní systémy, BEN, 2002
- [15] Vlastní zdroj

Seznam obrázků

Obrázek 1: Stávající vedení silnic na území města Plzně ke konci roku 2016 [8]	11
Obrázek 2: Vyznačení řešené oblasti a dopravní vztahy [2].....	12
Obrázek 3: Ukázka z videozáznamu měření dopravy pomocí kamery, křižovatka K401[15].	13
Obrázek 4: Formulář pro zaznamenání intenzit vozidel na křižovatce K112 [15].	15
Obrázek 5: Porovnání rychlostí vozidel pomocí kumulativní četnosti (procentuální zastoupení rychlostí vozidel uvedených v km/h)[15].	17
Obrázek 6: Histogram naměřených rychlostí osobních vozidel v přímém směru[15].	18
Obrázek 7: Rozdíl intenzit dopravy dle způsobu měření na K401 signální skupina VA[9][15].	19
Obrázek 8: Ukázka rámcového plánu na křižovatce K401 [9].....	21
Obrázek 9: schéma K112 [9]	22
Obrázek 10: Srovnání mapového podkladu a vytvořené dopravní sítě v SW Vissim[10]	25
Obrázek 11: Prostředí PTV Vissim - nastavení distribuce modelů a jejich elementů[10]	27
Obrázek 12: Nastavení distribuce rychlostí osobních vozidel (v přímém úseku a oblouku)[10].	28
Obrázek 13: Popis systému fungování programů Vissim, VisVAP, Visig[11].	31
Obrázek 14: Nastavení fází v modulu Vissig[10].....	32
Obrázek 15: Nastavení mezičasů v modulu Vissig[10].....	32
Obrázek 16: Prostředí SW VisVAP – zobrazení schéma řízení [11].	33
Obrázek 17: Ukázka z uživatelského rozhraní Vissim, nastavení vyhodnocení simulace[10].	34
Obrázek 18 Porovnání modelů z hlediska cestovní doby všech vozidel v úseku č. 5; hlavní směr z města ulice U Prazdroje dále po ulici Rokycanská [15].	37
Obrázek 19: Průběh intenzit dopravy v hodinových intervalech v úseku č. 5; hlavní směr z města ulice U Prazdroje dále po ulici Rokycanská[15].	37
Obrázek 20 Porovnání modelů z hlediska cestovní doby vozidel MHD v úseku č. 11; Počátek v ulici Lobežská (Šumavská) a konec v ulici Rokycanská (směr dále z města) [15].	38
Obrázek 21: Průběh intenzit dopravy v hodinových intervalech v úseku č. 11; Počátek v ulici Lobežská (Šumavská) a konec v ulici Rokycanská (směr dále z města) [15].	38
Obrázek 22 Porovnání modelů z hlediska doby zdržení vozidel; K401 – signální skupina VB[15].	39

Seznam příloh

Veškeré přílohy k bakalářské práci jsou uloženy na přiloženém CD, uložení dokumentů odpovídá struktuře členění kapitol. Vzhledem k množství dokumentů, které jsou k práci přiloženy jsou níže naznačeny pouze hlavní složky, v nichž jsou přílohy uloženy.

- 2_popis_oblasti/
- 3_dopr_pruzkum/
- 4_rizeni_dopravy/
- 5_dopr_model/
- 6_vyhodnoceni/