

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Ústav dopravních systémů

Obor: Dopravní systémy a technika

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích



Posouzení změny okružní křižovatky za
křižovatku řízenou SSZ

Comparison of traffic quality between
roundabout and SSZ intersection

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracoval: Bc. Jan Suchánek

Vedoucí práce: prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc.

Rok: 2016



K612 Ústav dopravních systémů

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Jan Suchánek

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – DS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Posouzení změny okružní křižovatky za křižovatku řízenou SSZ**

Název tématu (anglicky): Comparison of Traffic Quality between Roundabout and SSZ Intersection

Zásady pro vypracování

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

- posoudit efektivitu stávající okružní křižovatky Tupolevova/Kostelecká a její připravovanou náhradu za SSZ
- navrhnete vhodný kvalitativní index pro toto porovnání
- pomocí mikrosimulačních modelů modelujte provoz na skutečné a připravované křižovatce
- jako podklady do modelu provedte dopravní průzkumy
- provedte kalibraci modelu dle naměřených hodnot

- Rozsah grafických prací: výkresová dokumentace obou variant a další grafy vyplývající z řešení
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Příbyl P., Mach R.: Řídicí systémy silniční dopravy, ČVUT, Praha, 2003, ISBN 80-01-02811-9
ČSN 36 5601 Světelná signalizační zařízení; část I a II
TP81 "Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení silničního provozu", CDV, 1996, ISBN 80-902141-2-6

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc.**

Datum zadání diplomové práce: **30. června 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 diplomové práce: **1. června 2016**
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

L. S.

.....
prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc.
vedoucí
Ústavu dopravních systémů

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

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

.....
Bc. Jan Suchánek
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 30. června 2015

Prohlášení

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

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

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

V Praze dne:

.....

Jan Suchánek

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval v první řadě prof. Ing. Pavlu Příbylovi, CSc, za vedení této práce a za jeho rady, které mi při psaní velmi pomohly. Dále bych rád poděkoval všem, kteří mě v průběhu studia různými způsoby podporovali.

Název práce:

Posouzení změny okružní křižovatky za křižovatku řízenou SSZ

Autor: Bc. Jan Suchánek

Obor: Dopravní systémy a technika

Druh práce: Diplomová práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc.

Ústav dopravních systémů, Fakulta dopravní, České vysoké učení technické v Praze

Konzultant: —

Abstrakt: Cílem této diplomové práce je posouzení kvality dopravy na okružní křižovatce a její navrhované změny na průsečnou křižovatku se SSZ. Posouzení vychází z dat získaných z mikroskopických simulačních modelů. Byly vytvořeny celkem 3 modely, jeden pro současný stav a dva pro navrhované řešení (řízení pevným signálním plánem a dynamické řízení). Navrhované řešení, spolu se všemi použitými dopravně inženýrskými podklady bylo převzato z dopravní studie vytvořené společností AŽD Praha. Součástí této práce je také popis provedeného dopravního průzkumu, kapacitní posouzení podle TP 234 či popis bezpečnosti současného stavu, její potenciální změny při realizaci přestavby na SSZ a posouzení účelnosti zbudování SSZ dle TP 81. Z vyhodnocení plynou jasné závěry, které jsou shrnuty na konci práce.

Klíčová slova: Okružní křižovatka, SSZ, posouzení, simulační modely, kvalita dopravy

Title:

Comparison of traffic quality between roundabout and SSZ intersection

Author: Bc. Jan Suchánek

Abstract: The main goal of this paper is to determine the quality of traffic of the roundabout and its proposed change into signal-controlled intersection. The evaluation is based on the data gathered from simulation models. Three models were created for this paper, one for the current situation (roundabout) and two for the proposed solution (one with fixed time control and one with dynamic control). This paper also includes traffic count, capacity calculation for the current situation or evaluation of safety based on the number of traffic accidents. The paper also deals with the question whether is effective to create signal-controlled intersection according to the relevant regulation (TP 81). In the end of the evaluation, there is a clear conclusion which proposition reaches the higher quality of traffic.

Key words: Roundabout, signal-controlled interseciton, evaluation, simulation modeles, quality of traffic

Obsah

Úvod.....	9
Kapitola 1.....	11
1 Současný stav.....	11
1.1 Poloha na síti.....	11
1.2 Stavební uspořádání OK.....	12
1.3 Nedostatky.....	13
Kapitola 2.....	15
2 Návrh nového řešení.....	15
2.1 Úvod	15
2.2 Stavební uspořádání	15
2.3 Dopravně inženýrské podklady.....	16
Kapitola 3.....	20
3 Dopravní průzkumy	20
3.1 Úvod	20
3.2 Průzkumy na pozemních komunikacích	20
3.3 Průzkum č. 1.....	21
3.4 Průzkum č. 2.....	22
3.5 Dílčí srovnání.....	23
3.6 Celkový průzkum	24
3.7 Porovnání.....	25
Kapitola 4.....	28
4 Bezpečnost.....	28
4.1 Úvod	28

4.2	Nehodovost řešené křižovatky	28
4.3	Srovnání s dalšími OK v Praze.....	32
4.4	Nehodovost SSZ	32
4.5	Vyhodnocení	33
Kapitola 5.....		36
5	Kapacitní posouzení.....	36
5.1	Kapacitní posouzení OK.....	36
5.2	Způsob výpočtu pro OK	37
5.3	Posouzení kapacity výjezdu pro OK.....	39
5.4	Výsledek pro OK	40
5.5	Kapacitní posouzení SSZ	42
Kapitola 6.....		45
6	Světelné signalizační zařízení	45
6.1	Úvod	45
6.2	Kritérium bezpečnosti provozu.....	45
6.3	Kritérium intenzity provozu z hlediska vozidel.....	46
6.4	Kritérium intenzity provozu z hlediska chodců.....	46
6.5	Kritérium plynulosti jízdy vozidel městské hromadné dopravy	47
6.6	Shrnutí a závěr	48
Kapitola 7.....		49
7	Dopravní modely.....	49
7.1	Úvod	49
7.2	PVT Vissim	50
7.3	Tvorba modelů – Síť, rychlosti, přednost	50
7.4	SSZ v modelu.....	53

7.5	Detektory.....	56
7.6	Dynamické řízení	58
Kapitola 8.....		63
8	Vyhodnocení	63
8.1	Úvod	63
8.2	Kvalita dopravy.....	64
8.3	Rychlost	65
8.4	Kolony.....	77
8.5	Performance Index	85
Závěr		89
Zdroje		91
Seznam zkratk		92
Seznam tabulek		93
Seznam obrázků		95
Seznam příloh		97

Úvod

Doprava v intravilánu přináší různé problémy a nedostatky. Je třeba pro tyto situace hledat řešení, která nepřinášejí pouze krátkodobou úpravu, ale naopak dlouhodobější změny, které komplexně odstraní problémy a nebudou působit jiné. Tato práce se právě jedním takovým navrhovaným řešením zabývá. Toto řešení ve formě dopravní studie bylo vytvořeno ve společnosti AŽD Praha, s.r.o. a tvoří výchozí podklad této práce, kdy různé části byly z této studie převzaty pro další práci.

Předmětem této diplomové práce jsou úroňové křižovatky, přesněji okružní a průsečná křižovatka. V současném stavu již okružní křižovatka Kostelecká - Tupolevova přestává plnit svou funkci, z toho důvodu byla navržena přestavba této křižovatky na světelně řízenou průsečnou křižovatku. Tato práce má za úkol posoudit vhodnost tohoto řešení, jeho dopady a přínosy pro dopravu. Nejdůležitější částí této práce je tvorba mikroskopických simulačních modelů pro současný stav a jeho navrhované řešení.

Tyto modely poslouží jako zdroj dat, na základě kterých bude možné posoudit efektivitu obou křižovatek. Jejich tvorbě a následnému vyhodnocení ovšem předchází řada dílčích úkolů, které jsou pro výsledné posouzení důležité. Jedním ze vstupních parametrů pro modely jsou intenzity dopravy na předmětné křižovatce. Z toho důvodu je součástí této práce také dopravní průzkum a data z něho získaná byla dále využita.

Na základě těchto dat je také možné provést kapacitní posouzení jako jeden z nástrojů pro popis kvality dopravy na dané okružní křižovatce. Stanovení kapacity je také součástí zpracované dopravní studie a jejich porovnání může naznačovat případné změny v dopravní situaci.

Pro dopravu obecně je velmi důležitá její bezpečnost, která je zajisté odlišná pro různé typy úroňových křižovatek. Množství nehod, spolu s jejich závažností je pro posouzení obou variant křižovatky velmi podstatné. Nelze ovšem posuzovat nehodovost křižovatky, která zatím existuje pouze jako návrh. Pro vytvoření jisté představy o tom, jakou změnu bezpečnosti může přestavba křižovatky přinést si lze udělat na základě dat pro podobné křižovatky. Takové porovnání, spolu s porovnáním dalších okružních křižovatek bylo také provedeno.

Současnou situaci lze zajisté řešit i dalšími způsoby. Je tedy vůbec účelné budovat světelnou signalizaci na takové křižovatce a provádět další stavební úpravy spojené s celkovou změnou dopravního režimu mezi okružní a průsečnou křižovatkou? I takové porovnání bylo na základě požadavků v TP 81 provedeno s jasným konstatováním na závěr dané kapitoly.

Ve výsledku jsou porovnávána data celkem ze tří různých modelů. Prvním z nich je model současného stavu, který by se měl co nejvíce blížit modelované skutečnosti, proto je důležité takový model dostatečně odladit. Druhým je model vytvořený na základě dopravně inženýrských podkladů ze studie (situační schéma, schéma fází, sled fází, tabulka mezičasů, pevný signální plán).

Pro řízení křižovatek se SSZ se dnes využívá také dopravně závislé řízení, které ovšem není součástí dokumentace na úrovni dopravní studie. Pro potřeby simulace byl vytvořen rámcový návrh takového řízení, které lze také použít v programu určeném pro tvorbu těchto modelů. Navrhovaná křižovatka s dynamickým řízením tvoří třetí model, který byl v této práci použit.

V rámci vyhodnocení byla použita data získaná během simulace jedné špičkové hodiny. Pro vyšší vypovídající hodnotu a částečné potlačení vlivu náhody byla pro každý model provedena simulace celkem 30x. Následně byla data vyhodnocena pomocí Performance Indexu, který by měl vystihovat charakter provozu na dvou dopravně odlišných křižovatkách a na základě jeho hodnoty je možné přijímat závěry z toho plynoucí.

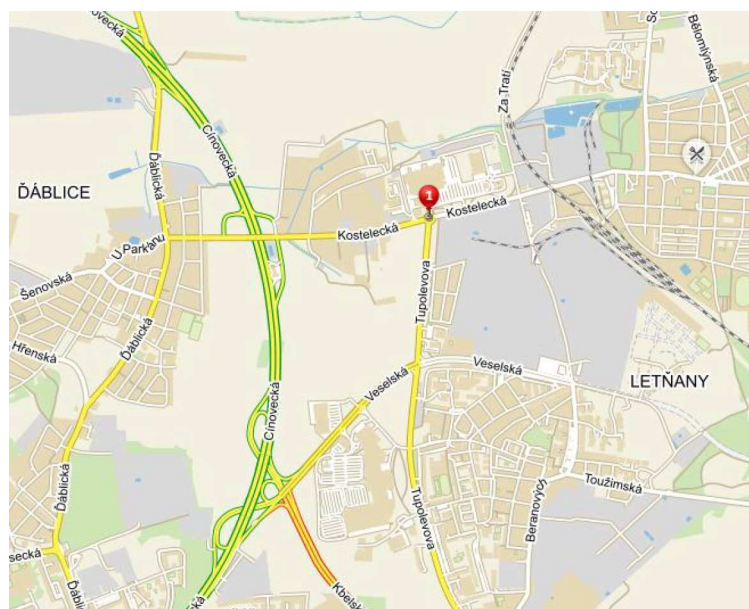
Kapitola 1

1 Současný stav

Úvodem je třeba předeslat, že řada pojmů a formulací v této a další kapitole vychází z ČSN 73 6102 [2]. Křižovatka je dopravní stavba, jejíž hlavním významem je umožnění změny směru jízdy vozidel. Je tvořena dvěma či více vzájemně se křížícími komunikacemi. Zároveň zde dochází k vyšší koncentraci nejen vozidel, ale také například chodců či cyklistů. Je to místo, které klade na řidiče vyšší nároky z hlediska soustředění či řidičských schopností. I proto může být takové místo potenciálně nebezpečné a je zapotřebí při jeho projektování dbát zvýšené pozornosti právě na bezpečnost provozu a pohybu všech účastníků [2].

1.1 Poloha na síti

Předmětná křižovatka se nachází na severním okraji Prahy (viz Obrázek 1.1, předmětná křižovatka je označena bodem č. 1) v těsné blízkosti *Obchodního centra Čakovice*. Současná křižovatka *Kostelecká – Tupolevova* má podobu čtyřramenné okružní křižovatky.



Obrázek 1.1: Širší vztahy¹

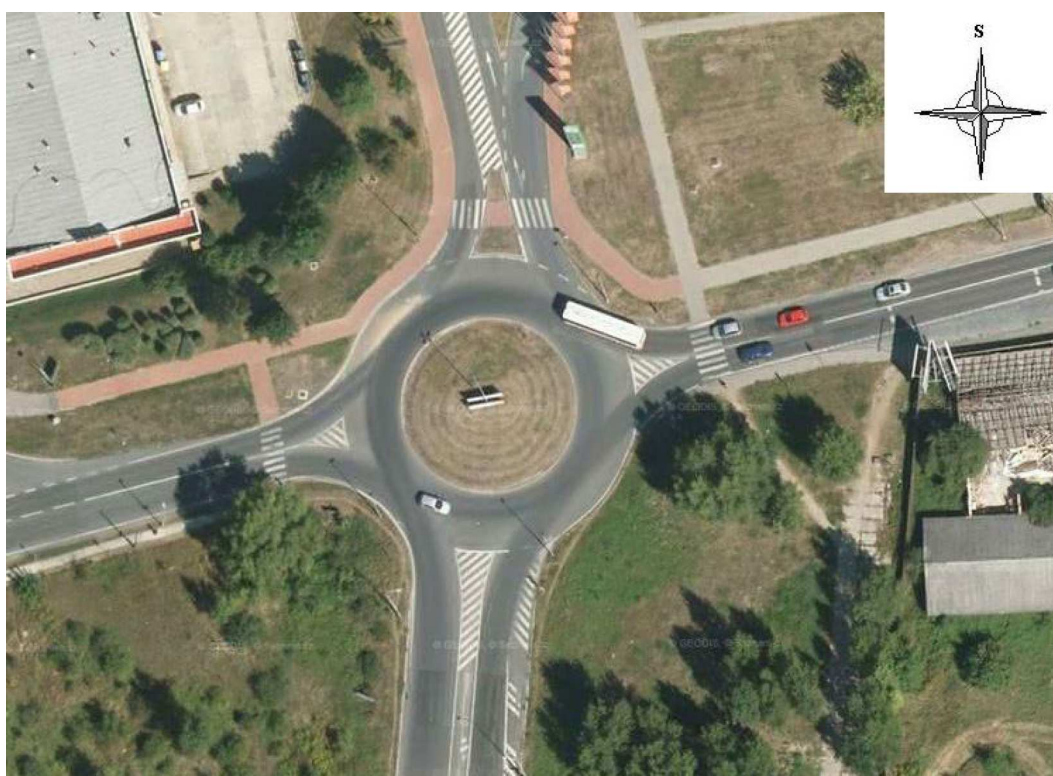
Na východ zajišťuje ulice *Kostelecká* dopravní napojení Čakovic a přilehlých obcí v okolí Prahy, směrem na západ pokračuje do městské části *Praha – Dábllice*, kde

¹ Zdroj: www.mapy.cz

dochází mimo jiné k mimoúrovňovému křížení s komunikací D8, zde ulicí *Cínovecká*.

Ulice *Tupolevova* vede směrem na jih ke stanici metra Letňany, čímž zajišťuje návaznost na městskou hromadnou dopravu a napojuje se na komunikaci tvořící součást silničního okruhu. V tomto případě se jedná o ulici *Kbelská*.

Severní větev okružní křižovatky ústí na parkoviště *OC Globus*. Zároveň tudy sjíždí některé linky autobusů na přilehlou zastávku MHD *Obchodní centrum Čakovice*. Další zastávky autobusů jsou v současné době umístěny na východní větvi v blízkosti okružní křižovatky, cca 100 m od hrany OK. Obrázek 1.2 zobrazuje detail řešené křižovatky.



Obrázek 1.2: OK Kostelecká - Tupolevova²

1.2 Stavební uspořádání OK

Jak již bylo uvedeno výše, v současné době má křižovatka podobu čtyřramenné okružní křižovatky. Křižovatka je prosta spojovacích větví, které se využívají pro odlehčení křižovatky. Každý z vjezdů křižovatky je tvořen jedním jízdním pruhem, stejně tak i okružní pás.

² Zdroj: www.mapy.cz

Jednotlivé vjezdy nejsou osazeny fyzickými směrovacími ostrůvky, jsou zde pouze dopravní stíny. Výjimku tvoří severní větev, která je vybavena dělicím ostrůvkem, přes který je veden přechod pro chodce. Přechody nechybí ani na východní a západní větvi, pouze přes ulici *Tupolevova* na jižním rameni nebyl realizován. I to má svojí logiku, přestože je zde pouze jeden jízdní pruh v každém směru, je tato ulice poměrně rozlehlá a doprava na ní je usměrňována pomocí vodorovného dopravního značení. Šířkové poměry této ulice umožňují realizaci několika jízdních pruhů, což je ovšem pro okružní křižovatku s jedním pruhem na okruhu nepraktické a nevyužitelné. Přechod by zde byl poměrně dlouhý a na úkor bezpečnosti provozu. Navíc zde v současné podobě okolí ani nemá z hlediska logiky žádný význam, v okolí je pouze zeleň.

Vzhledem k plánované výstavbě na pozemních západně od ulice *Tupolevova* zde ovšem v budoucnosti již takový přechod může mít svoji logiku a význam.

Obrubníkové hrany v místech přechodů pro chodce jsou sice snižené, nicméně všechny přechody postrádají prvky pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace. Pro tyto osoby může být pohyb v tomto prostoru poměrně nekomfortní a potenciálně nebezpečný.

Středový ostrov je zvýšený, ohraničený obrubou a obrostlý trávou. Navíc je osazen lampou veřejného osvětlení a reklamním panelem. Podobně jako tomu je u řady OK v České republice, pojížděný prstenec zde chybí. Okružní pás je tedy poměrně široký a je možné zde i zaznamenat situaci, kdy se vozidla řadí ve dvou řadách téměř vedle sebe (zejména v okamžiku, kdy se vytvoří kolona před jedním z výjezdů). Tato situace plyne ze samotných rozměrů OK, vnitřní průměr okružní křižovatky je 24 m, vnější průměr křižovatky činí 40 m [7].

Způsob, jakým jsou jednotlivá ramena OK vedena v prostoru a jak jsou napojena na samotnou okružní křižovatku, zamezuje tangenciálním průjezdům a křižovatka tak v tomto ohledu plní svoji funkci. Vozidla musí před vjezdem na okružní pás přizpůsobit svou rychlost stavebnímu řešení, čímž dochází ke zklidňování dopravy a vyrovnávání rozdílů v rychlosti jednotlivých dopravních proudů.

1.3 Nedostatky

Z běžného pozorování a ze znalosti situace v místě okružní křižovatky lze poměrně snadno odhadovat problémy a nedostatky současného uspořádání. Jako poměrně zásadní problém se jeví vývoj dopravní situace během ranních a odpoledních špiček. V těchto částech dne, kdy roste intenzita dopravy, je zde možné pozorovat poměrně dlouhé kolony vozidel na třech ramenech (výjimkou je severní rameno, kde není tak vysoká intenzita provozu). Pouze na základě pozorování lze odhadovat, že kolony mohou dosáhnout 500 m délky, někdy

i více. Směrem na východ se v ulici Kostelecká ve vzdálenosti cca 650 m (hrubě změřeno z www.mapy.cz) od OK nachází železniční přejezd a kolona v některých dnech může dosahovat právě až k tomuto přejezdu. Obdobná situace byla pozorována i směrem na západ, kde kolona dosahuje až k zastávce MHD *Na Pramenech*. Ta se nachází více než 600 m před danou křižovatkou (opět měřeno na www.mapy.cz). Tato situace zde byla několikrát pozorována autorem této práce, ať už z pozice chodce (či cestujícího MHD), tak z pozice řidiče. Kolony se v dobách ranních a odpoledních špiček tvoří také na rameni Tupolevova, kde kolony mnohdy dosahují až na úroveň zastávky *Trutnovská*, která se nachází ve vzdálenosti cca 330 m (opět měřeno na www.mapy.cz) od hrany OK.

Takový problém ukazuje na potenciální kapacitní nedostatek současného stavu. Rostoucí poptávka dosahuje hodnot kapacity OK a ta se stává nevyhovující. Přesné posouzení současného stavu bude popsáno v jedné z následujících kapitol, kde bude uvedeno kapacitní posouzení současného stavu na základě intenzit získaných z dopravního průzkumu (taktéž součást této práce).

Tento popsáný stav v sobě skrývá další problém. Vzhledem k tomu, že jsou zde vedeny linky MHD, dochází zde i ke zpoždování spojů jednotlivých linek právě během špiček, kdy by poptávka po MHD měla dosahovat svého maxima. Ze současného uspořádání plyne, že zde není možnost, jak zajistit preferenci vozidel MHD (částečná preference je zajištěna na ulici Tupolevova, viz dále). Cestující jsou tedy nuceni trávit čas v kongesci. S tím jsou samozřejmě spojeny další negativní jevy (klesající spolehlivost a kvalita MHD, problém návazností, atd.).

Jak již bylo zmíněno, prostorové dispozice ulice Tupolevova jsou značně naddimenzované a v minulosti toto přinášelo různé dopravní problémy a nejasnosti. I přesto, že zde byl vyznačen pomocí VDZ pouze jeden jízdní pruh, byl natolik rozlehlý, že vozidla se zde mohla poměrně pohodlně řadit do pruhů dvou. Tato situace zcela určitě nepřispívala k vyšší bezpečnosti provozu. Později zde byl provoz usměrněn pomocí dopravních stínů a byly zde vytvořeny dva jízdní pruhy (jeden jako vyhrazený pro vozidla BUS a taxi) a před samotnou OK byly oba pruhy svedeny do jednoho. Takto zde vznikly poměrně rozlehlé nevyužité plochy pokryté pouze VDZ.

Kapitola 2

2 Návrh nového řešení

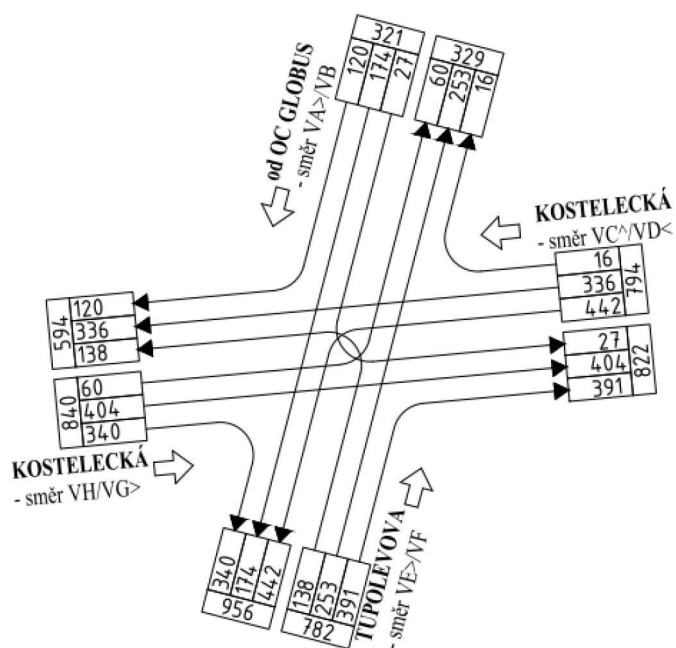
2.1 Úvod

Návrh počítá s přestavbou okružní křižovatky na křižovatku průsečnou, která respektuje současné vedení jednotlivých ramen. Pro tuto křižovatku je zároveň navržen systém řízení pomocí světelného signalizačního zařízení (SSZ). V závislosti na intenzitách provozu je navržen pro každé rameno jiný počet řadících pruhů. Od toho se také odvíjí schéma jednotlivých fází signálního plánu.

2.2 Stavební uspořádání

Tento popis vychází z již zmiňované DIS, která je zásadním podkladem pro tuto práci. Žádná z částí pojících se k samotnému projektování či stavebnímu uspořádání návrhu není prací autora této práce. V příloze této práce je připojen výkres ze studie, který obsahuje jak současný stav, tak navrhované řešení [1].

Rok 2013/2014



Obrázek 2.1: Pentlogram intenzit [1]

Na západním rameni byly navrženy celkem tři řadicí pruhy, každý pro jeden směr. Řadicí pruh pro pravé odbočení má šířku 3,0 m, ve směru rovně 3,2 m a pro levé odbočení 2,75 m. Na příjezdu od jihu počítá návrh taktéž se třemi pruhy (každý pro jeden směr) se šířkou zprava: 3,25 m, 3,25 m a 3,4 m. Na východním rameni jsou ovšem pruhy pouze dva, jeden pro samostatné levé odbočení (šířka 3,0 m), druhý je pak společný pro směr rovně a vpravo (šířka 3,2 m). Na výjezdu od OC Globus (severní rameno) návrh počítá s jedním řadicím pruhem, ze kterého se v těsné blízkosti hrany křižovatky vyděluje pruh pro pravé odbočení, levé odbočení je vedeno stejným pruhem jako směr rovně (šířka 3,3 m). Uspořádání řadicích pruhů vychází z prostorových možností v dané oblasti a z pentlogramu intenzit (viz Obrázek 2.1) [1].

Jednotlivá pravá odbočení jsou stavebně oddělena dělicími ostrůvky, přes které jsou vedeny přechody pro chodce. Návrh zavádí nové vedení přechodů pro chodce, nově bude možné přecházet přes ulici Tupolevova, je zde tedy navržen chybějící přechod oproti současnému stavu. Naopak přechod na západním rameni není v navrhovaném řešení obsažen. Návrh, na rozdíl od současného stavu, počítá s úpravou přechodů a přilehlého okolí pro pohyb osob se sníženou schopností pohybu a orientace, nechybí zde tedy signální a varovné pásy, jsou zde také zahrnutы snížené obruby chodníků[1].

Netřeba zmiňovat, že návrh také upravuje dopravní značení, které musí respektovat změnu dopravního režimu (zejména úprava přednosti) a další aspekty. Dále je zde zakresleno a popsáno rozložení výstroje SSZ. Z průvodní zprávy plyne, že se zde počítá se zvukovými návěstidly pro nevidomé či přítomností výzvných tlačítek na směrových ostrůvcích [1].

2.3 Dopravně inženýrské podklady

Mikroskopický simulační model navrhovaného řešení lze, vzhledem k faktické neexistenci této křižovatky, poměrně obtížně kalibrovat. Schází totiž možnost porovnání (jako to lze provést s modelem současného stavu). Je proto nezbytně nutné při jeho tvorbě co nejvíce vycházet ze samotného návrhu, tak, aby se model příliš nerozcházel se zamýšleným projektem, jehož má být obrazem.

Studie obsahuje taktéž dopravně inženýrské podklady, které právě z výše popsaného důvodu budou pro potřeby této práce převzaty a případně poupraveny v rámci určitého zjednodušení, kterému podléhá každý model [1].

Prvním z dopravně inženýrských podkladů je schéma fází. Vzhledem k tomu, že v modelu, potažmo v celé práci nejsou uvažováni chodci, bylo nutné přikročit k úpravě fází. Byly vynechány veškeré signální skupiny spojené s pohybem chodců. Původní schéma počítalo se 6 fázemi (F7 pouze při blikavé žluté), do kterých bylo rozděleno celkem 15 různých signálních skupin. Zjednodušená

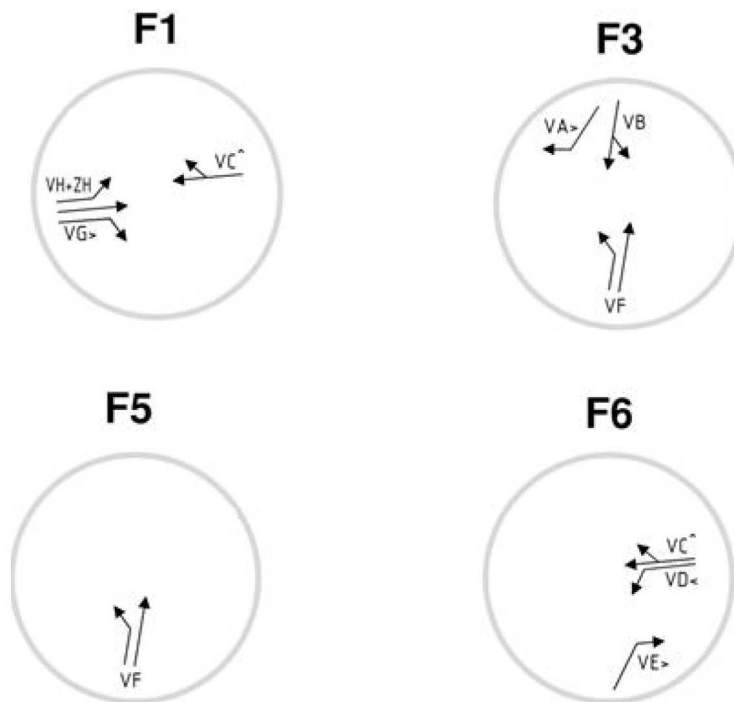
varianta počítá pouze s 8 signálními skupinami, navíc při vynechání chodců je F1 totožná s F2, stejně tak F3 s F4. Ve výsledku tedy bude pracováno pouze se 4 fázemi F1, F3, F5 a F6, s tím, že zůstane jejich původní označení a F2 bude obsažena v F1 a F4 bude součástí F3. Tato úprava schématu fází se nijak nedotkne výsledného signálního plánu, pouze celou situaci zpřehlední pro další práci. Samotné schéma (viz 2.3.1) a další dopravně inženýrské podklady jsou zařazeny samostatně v další části této práce [1].

Tato úprava se dotkne také sledu fází, ze kterého právě F2 a F4 zmizí. Výsledný sled fází je znázorněn v další části (viz 2.3.2). V průvodní zprávě je také řečeno, že boční směry budou pouze na výzvu. Vzhledem k tomu, že pro model je uvažována špičková hodina, kde je tedy předpokládán požadavek ve všech směrech, je tato úprava poměrně zbytečná. Výsledná podoba sledu fází opět nezpůsobuje žádné změny v signálním plánu [1].

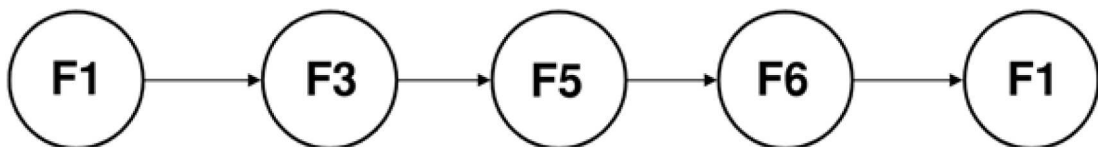
Další část dopravně inženýrských podkladů je tabulka mezičasů (viz 2.3.3). Stavební uspořádání ze studie nebylo pro potřeby této práce upraveno, hodnoty mezičasů tedy zůstávají totožné. Úprava je tedy pouze spojena s redukcí dat v tabulce (odstranění totožných skupin jako v případě schématu fází) [1].

Na základě těchto materiálů je tedy možné sestavit výsledný signální plán (viz 2.3.4). I tato součást dopravně inženýrských podkladů je v dopravní studii obsažena a bude pro potřeby této práce využita. Podobně jako u předchozích materiálů, i zde došlo ke zjednodušení, nicméně žádný z parametrů nebyl upraven. Opět došlo pouze k odstranění nepotřebných signálních skupin [1].

2.3.1 Schéma fází



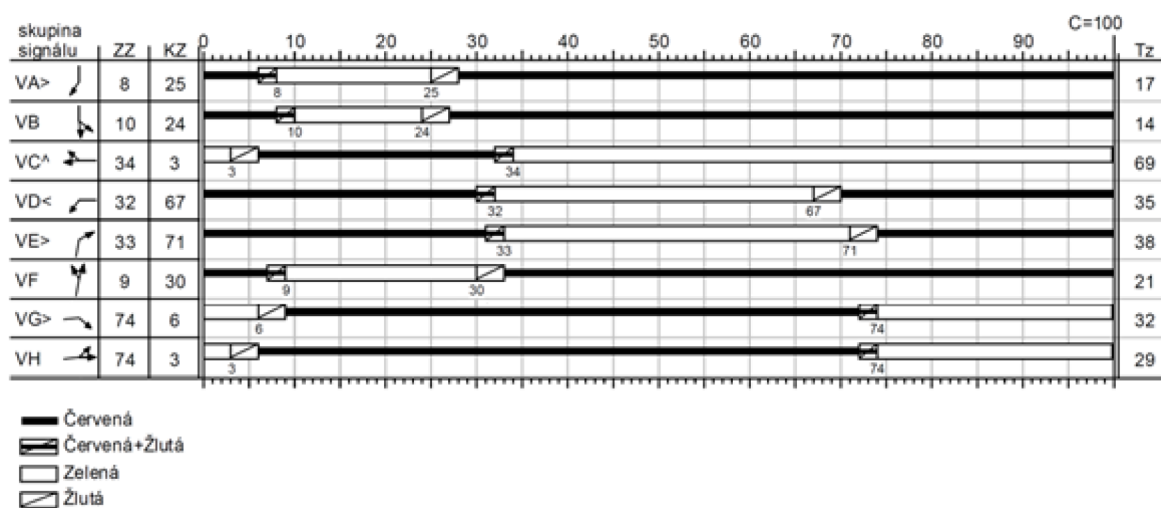
2.3.2 Sled fází



2.3.3 Tabulka mezičasů

		Najíždí								
		Km/h	VA>	VB	VC^	VD<	VE>	VF	VG>	VH
		25	35/25	35/25	25	25	35/25	25	35/25	
Vyklizuje	VA>	25	-		3					
	VB	35/25		-	6	8			5	5
	VC^	35/25	5	3	-			2		
	VD<	25		6		-		6	7	7
	VE>	25					-			3
	VF	35/25			4	2		-		7
	VG>	25		2		0			-	
	VH	35/25		7		2	5	6		-

2.3.4 Signální plán



Kapitola 3

3 Dopravní průzkumy

3.1 Úvod

Jedním z důležitých podkladů pro dopravního inženýra jsou zajisté dopravní průzkumy a data z nich získaná. Jejich využití je poměrně široké, od samotného návrhu dopravní liniové stavby, rekonstrukci stavby již existující, vyhodnocení efektivity navržených změn v daném dopravním systému či jeho části nebo pro tvorbu simulačních modelů.

Vzhledem k tomu existuje celá řada dopravních průzkumů (např. CSD, průzkumy ve VHD,...) a způsobů jejich provedení (např. ruční, pomocí technických zařízení,...). Z toho plyne i rozdílnost získaných dat a možnosti jejich využití. Pro potřeby této práce jsou nejvýznamnější dopravní průzkumy na pozemních komunikacích a stanovení zejména intenzity spolu se skladbou dopravního proudu.

3.2 Průzkumy na pozemních komunikacích

Při provádění dopravního průzkumů přichází v úvahu volba několika parametrů v závislosti na účelu získaných data a požadované přesnosti výsledků.

Pravděpodobně nejdůležitějším parametrem průzkumu je způsob provedení. Výhodou ručního způsobu je jeho operativnost a možnost přesně rozlišovat jednotlivé druhy vozidel. Naopak nevýhodou je vliv lidského faktoru, který může být zřetelný při vysokých intenzitách dopravy. Zkreslení se může také projevit u dlouhodobých průzkumů (trvajících několik hodin) [3].

Dále se dají pro průzkumy využít různá technická zařízení, která jsou vhodnější pro dlouhodobé průzkumy. Kvalita zaznamenaných dat je závislá na technické úrovni zařízení. Nicméně nevýhodou takových průzkumů je nutnost instalace technického zařízení a jejich ostraha [3].

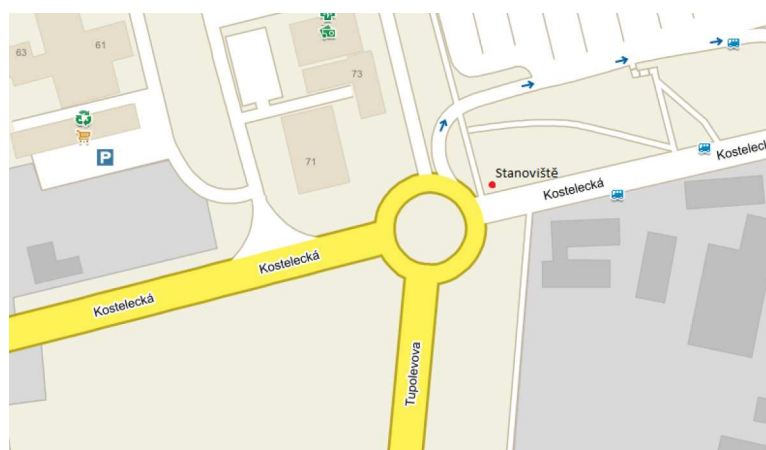
Dle TP 189 se k takovému průzkumu nejčastěji využívají různé druhy detektorů zabudovaných nebo připevněných k vozovce, radarové a infračervené detektory, či videodetekce. Možná je také kombinace (např. videozáznam a ruční vyhodnocení) [3].

Volba způsobu provedení také může záležet na přehlednosti daného místa či jeho rozlehlosti (pro rozlehlé křižovatky může být vhodnější využití techniky i pro časově kratší průzkumy).

V rámci příprav byly provedeny i dva částečné průzkumy na dvou různých ramenech. Tato data se dají použít pro srovnání s dalšími dostupnými daty a lze na nich alespoň částečně sledovat trend vývoje dopravního zatížení dané křižovatky. Oba tyto průzkumy proběhly na nejzatíženějších ramenech (odvozeno z intenzit ve studii a ze znalosti autora dané křižovatky). Jednalo se o ruční průzkumy. Dále byl proveden komplexní dopravní průzkum pro celkový popis intenzit dopravy na předmětné křižovatce s rozlišením několika základních kategorií vozidel.

3.3 Průzkum č. 1

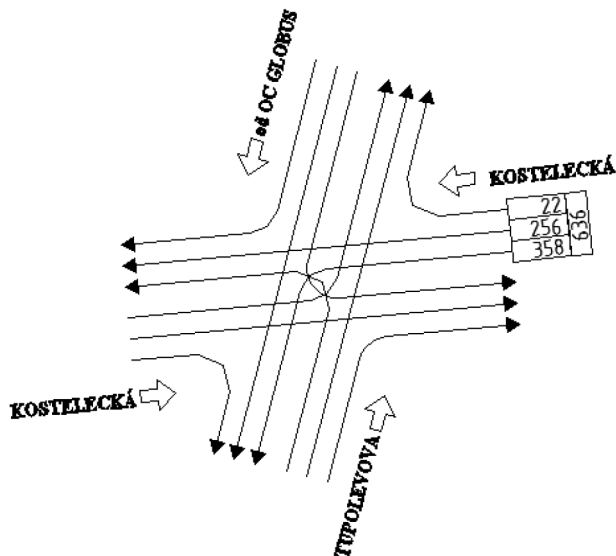
První provedený bodový průzkum byl proveden v únoru roku 2015 na východním rameni ulice Kostelecká (viz Obrázek 3.1). Toto rameno nebylo vybráno nahodile, jedná se o jedno z nejvíce vytížených ramen celé okružní křižovatky. Sčítání proběhlo během odpolední špičky v čase od 16:00 do 17:00.



Obrázek 3.1: Stanoviště průzkumu 1

Výsledkem tohoto průzkumu je částečný pentlogram intenzit (viz Obrázek 3.2). Z provedeného průzkumu vyplývá, že největší množství vozidel přijíždějících ve směru od Čakovic odbočilo do ulice Tupolevova ve směru do centra. Druhá nejpočetnější skupina pokračovala dále v jízdě po ulici Kostelecká směrem na Ďáblice. Pouze zlomek vozidel (cca 3,5%) odbočil k parkovišti Obchodního centra Globus.

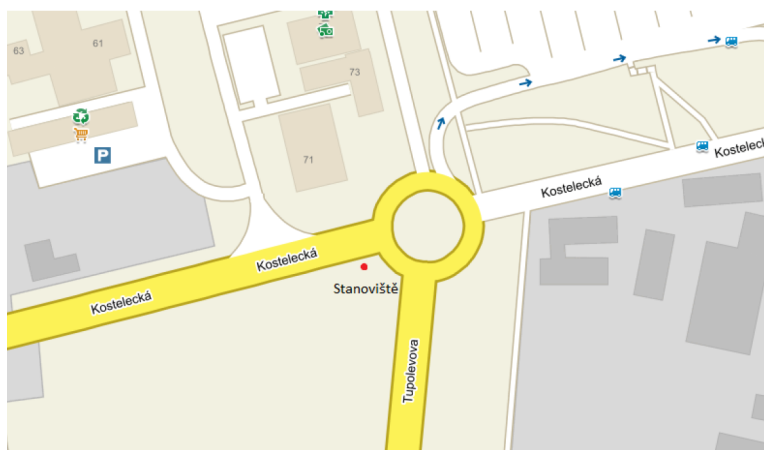
Do počtů vozidel byla zahrnuta i vozidla MHD. Nejvíce spojů MHD také odbočilo do ulice Tupolevova a dále pokračují směrem ke stanici metra Letňany. Pouze malá část autobusů pokračovala dále po ulici Kostelecká. Tímto směrem jede pouze 1 linka (číslo 202) se špičkovým intervalem 15 minut.



Obrázek 3.2: Pentlogram 1

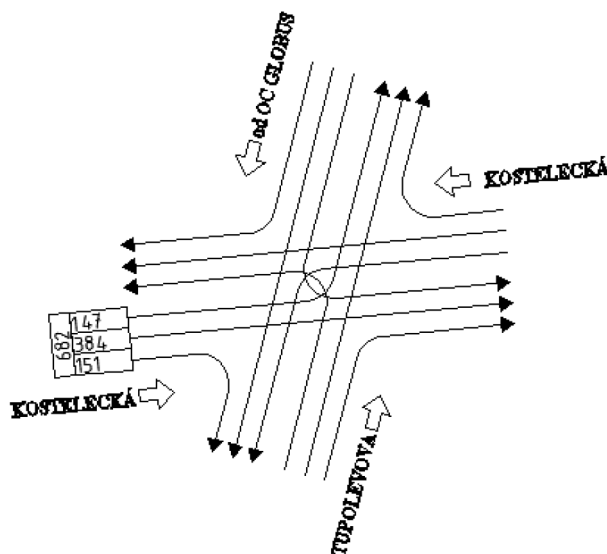
3.4 Průzkum č. 2

Druhý průzkum byl proveden o několik dní později stejného měsíce. Tentokrát bylo vybráno západní rameno ulice Kostelecká (stanoviště viz Obrázek 3.3), které je také využíváno vysokým množstvím vozidel. Stejně jako v prvním případě, i tento průzkum probíhal v odpolední špičkové hodině od 16:00 do 17:00.



Obrázek 3.3: Stanoviště průzkumu 2

Druhý provedený průzkum poukázal, že největší množství vozidel pokračovalo v jízdě dále po ulici Kostelecká směrem na Čakovice. Oproti předchozímu průzkumu zde bylo více vozidel odbočujících na parkoviště u Obchodního centra Čakovice (Intenzity viz Obrázek 3.4). Zhruba stejný počet vozidel, který zamířil na parkoviště, odbočil také do ulice Tupolevova. Zde tedy je vidět poměrně vysoká odlišnost směrovosti provozu v porovnání s průzkumem č. 1. Provoz vozidel MHD zde byl mnohem nižší, neboť v tomto směru přijíždí pouze jedna linka (již výše zmíněná) se špičkovým intervalem 15 minut.



Obrázek 3.4: Pentlogram 2

3.5 Dílčí srovnání

Dopravní studie také obsahuje hodnoty intenzit a směrovosti vozidel (viz Obrázek 2.1) na této křižovatce. Tato data byla porovnána s daty pořízenými během výše zmíněných dopravních průzkumů.

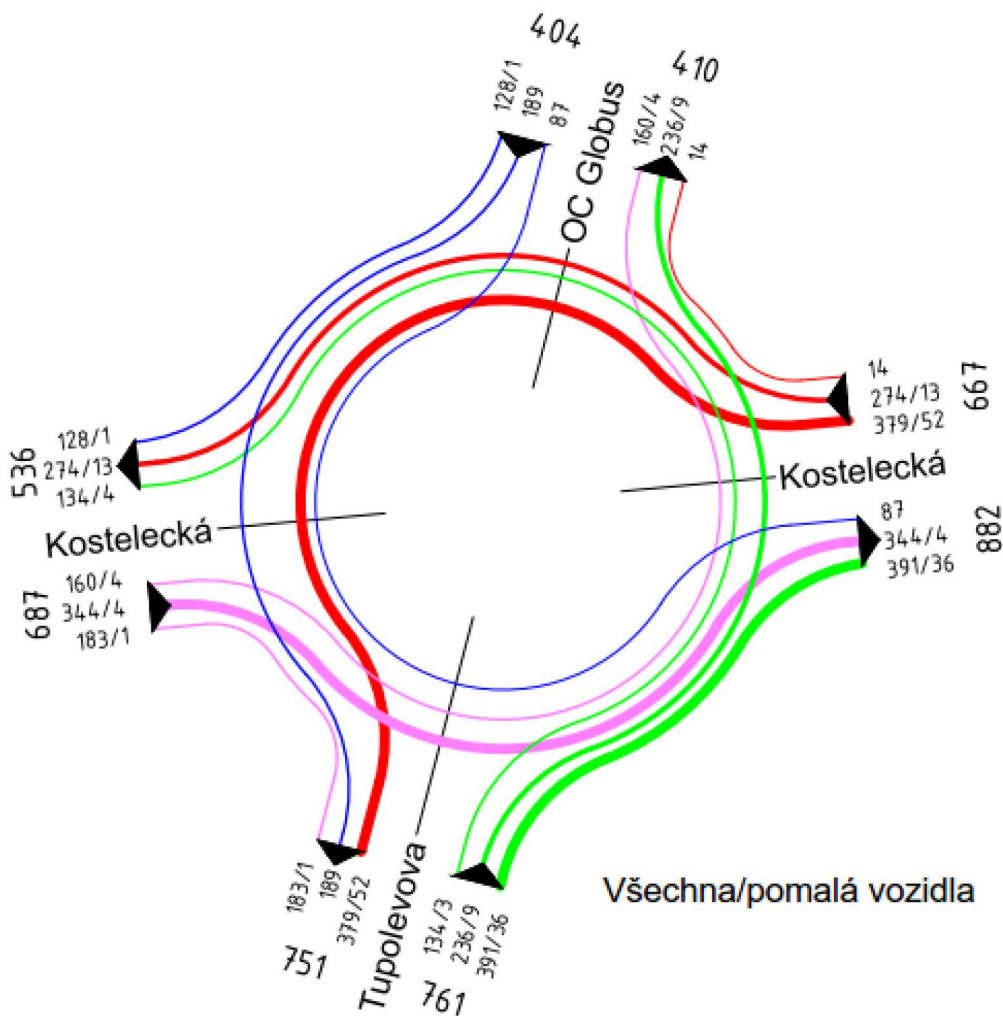
Data zaznamenaná v prvním průzkumu se do značné míry shodují s daty ze studie, směrovost vozidel je stejná, nejzatíženější směr je levé odbočení ve směru ulice Tupolevova, naopak nejméně využitě je pravé odbočení k OC Globus. V absolutních číslech je zde poměrně značný rozdíl, nicméně ten může být zapříčiněn mnoha důvody. Není znám způsob získání dat do dopravní studie, vliv může mít i roční variace dopravy, provedené průzkumy se odehrály v měsíci únoru.

Při porovnání druhého průzkumu s daty z dopravní studie je zřetelný větší rozdíl ve směrovosti vozidel. Nejzatíženější směr je sice stejný, a to ve směru ulice Kostelecká, nicméně v případě dalších dvou se rozdělení vozidel různí. Z provedeného průzkumu vyplývá, že jak levé, tak pravé odbočení je zhruba

stejně vytížené, zato ve studii je tento rozdíl mnohem vyšší a zatížení pravého odbočení je téměř srovnatelné se zatížením přímého směru.

3.6 Celkový průzkum

Pro potřeby této práce je nicméně nejdůležitější komplexní dopravní průzkum, který poskytne informace o počtech a pohybech vozidel na všech ramenech této křižovatky. Tato data poslouží jako podklad pro další práci. Průzkum byl proveden v listopadu 2015 za použití technického vybavení dostupného na katedře K612 Fakulty Dopravní. Byla využita kamera na stativu (o celkové výšce cca 7,5 m), která byla umístěna v těsné blízkosti křižovatky tak, aby zabírala celou OK spolu s částí jejích ramen. Výhodou použité kamery je její schopnost pořizovat širokoúhlý záběr ve vysokém rozlišení (až fullHD). Pro průzkum byla vybrána doba odpolední špičky, kdy intenzity dosahují maximálních hodnot. Výsledný vyhodnocovaný záznam pokrýval dobu od 15:00 do 17:00.



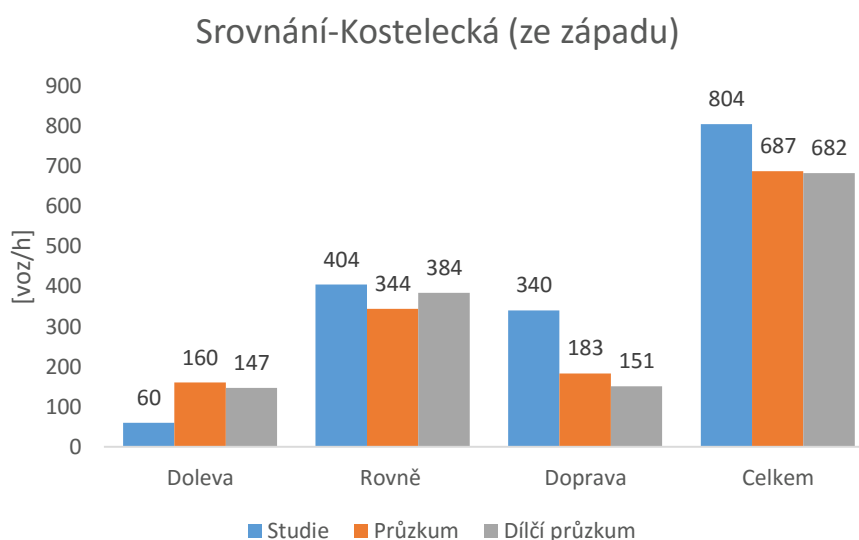
Obrázek 3.5: Výsledný pentlogram

Takto pořízený záznam bylo nutné následně zpracovat. Pro potřeby této práce byla vozidla rozdělena do 4 kategorií: osobní automobily, nákladní automobily (vozidla s min. 3 nápravami bez přívěsu), standardní autobusy a kloubové autobusy. Další kategorie (motocykl, cyklisté) nebyly uvažovány i vzhledem k jejich nízkému výskytu. Toto rozdělení vozidel dle kategorií je důležité pro další části této práce. Výsledkem tohoto zpracování je pentlogram intenzit (Obrázek 3.5). Tyto intenzity budou tedy dále využity pro potřeby této práce.

3.7 Porovnání

Mezi hodnotami uvedenými v dopravní studii a hodnotami získanými dopravním průzkumem lze nalézt jisté rozdíly. Pro co nejvyšší přehlednost budou v následující části této práce hodnoty pro jednotlivá ramena zobrazena v grafech a doprovazena komentářem.

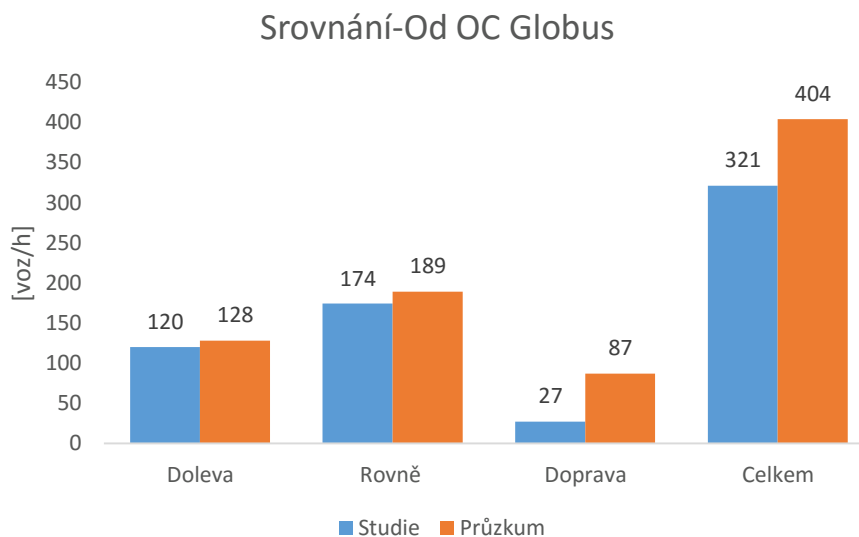
3.7.1 Rameno Kostelecká (ze západu)



Obrázek 3.6: Graf intenzit (1)

Z tohoto porovnání (viz Obrázek 3.6) plyne, že oba provedené průzkumy (jak dílčí, tak celkový) vykazují podobné jevy. V obou případech byl dominantní směr rovně a u obou lze oproti datům ze studie pozorovat nárůst v případě počtu vozidel směřujících doleva k OC Globus a znatelný pokles v případě pravého odbočení. I celkový počet vozidel v případě průzkumů vykazuje pokles (obě hodnoty jsou i téměř identické). Na základě tohoto lze dojít k závěru, že zde pravděpodobně došlo k jisté změně v dopravním chování. Tím, že tato situace byla pozorována ve dvou značně odlišných obdobích i přesto, že dílčí průzkum i z důvodu termínu provádění nelze brát jako závazný (prováděno v únoru 2015), snižuje se tím pravděpodobnost náhody či chyby.

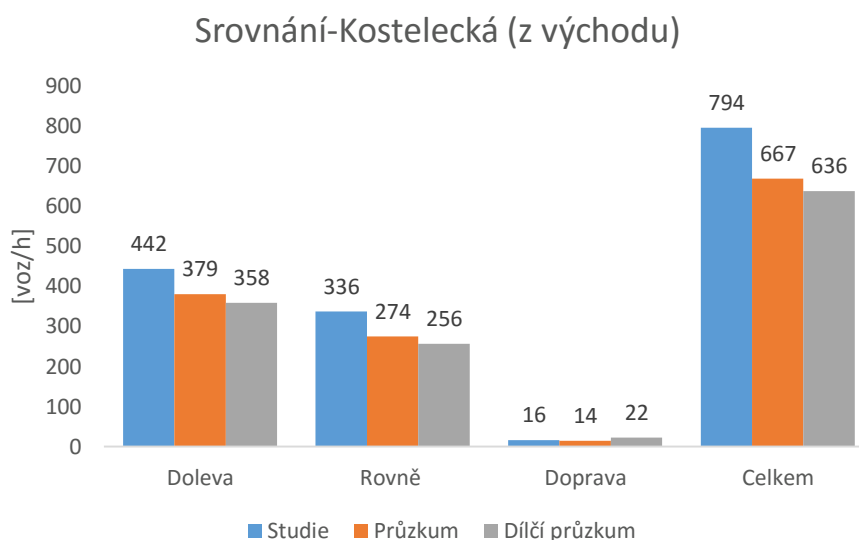
3.7.2 Rameno od OC Globus



Obrázek 3.7: Graf intenzit (2)

Pouze na tomto rameni byl zaznamenán nárůst v počtu vozidel a to jak na jednotlivých ramenech, tak i celkově. Nicméně z uvedeného grafu (Obrázek 3.7) plyne, že poměrné rozdělení vozidel dle jednotlivých směrů zůstalo zachované, dominantní směr je stále rovně (tedy na jih) těsně následován levým odbočením.

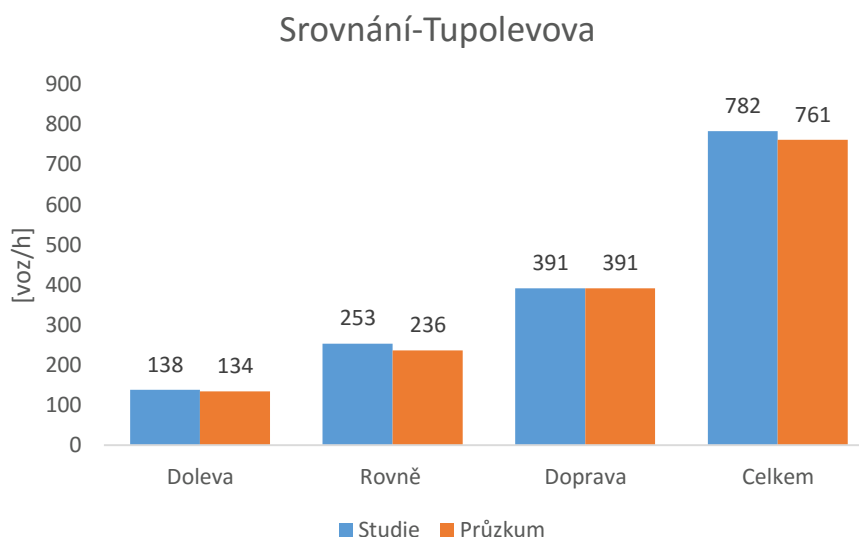
3.7.3 Rameno Kostelecká (z východu)



Obrázek 3.8: Graf intenzit (3)

I v tomto případě platí podobnost dat získaných z průzkumů (Obrázek 3.8), rozdíly v hodnotách jsou opravdu nepatrné. Totéž ovšem platí i pro porovnání s daty ze studie. Rozdíly jsou tedy pouze způsobeny nahodilostí dopravy, nelze zde pozorovat žádnou výraznou změnu v chování dopravního proudu. Největší rozdíl lze pozorovat pouze v celkovém úbytku vozidel.

3.7.4 Rameno Tupolevova



Obrázek 3.9: Graf intenzit (4)

Data z posledního ramene (Obrázek 3.9) vykazují značnou podobnost. Rozdíly mezi intenzitami se pohybují v řádech jednotek procent, případě pravého odbočení je zde dokonce 100% shoda mezi hodnotami ze studie a provedeného průzkumu.

Celkově lze tedy konstatovat, že data získaná z dopravní studie a z dopravního průzkumu se od sebe příliš neliší. Byly zaznamenány pouze dvě výraznější změny na jednom z ramen (viz popis výše), jinak se chování dopravních proudů příliš neliší. V některých případech se míra shody blížila i 100%. Pokud budeme data z dopravní studie považovat za spolehlivá, lze i provedený průzkum a jeho pomocí získaná data považovat za kvalitní a spolehlivá. Tato data budou tedy dále využívána jako vstupní podklady pro další operace.

Kapitola 4

4 Bezpečnost

4.1 Úvod

Křižovatka obecně je místo na pozemní komunikaci, kde dochází ke značné interakci mezi jednotlivými účastníky silničního provozu, střetává se zde více dopravních proudů a zvýšené množství vozidel. Roste tím i psychická zátěž na řidiče, který musí v jeden okamžik vnímat a vyhodnocovat mnoho podnětů a adekvátně na tyto reagovat. Z toho plynou vyšší nároky na bezpečnost a plynulost provozu v prostoru křižovatky a také z toho plyne vyšší pravděpodobnost vzniku dopravní nehody. Dle statistik za rok 2014 připadá největší počet nehod na místní komunikace (celkem 35,2% ze všech, 30 236 nehod). Ze statistik dále plyne, že nejčastějším druhem nehody je srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem (35,8% z celkového počtu nehod) [6].

Znamená to tedy, že více než třetina všech nehod připadá na místní komunikace a opět, ve více než třetině případů se jedná o srážku s jedoucím nekolejovým vozidlem. Dalo by se tedy očekávat, že řada z těchto nehod připadá právě na křižovatky (z důvodů nastíněných výše). Zde je ovšem nutno podotknout, že teoreticky je okružní křižovatka oproti úroňovým neokružním křižovatkám bezpečnější. Tím, jakým způsobem je provoz po okružní křižovatce veden, je v podstatě eliminována možnost čelního nárazu. Tvar okružní křižovatky a poloha jejích ramen vůči okružnímu pásu vynucují u řidičů snížení rychlosti a vyrovnání rozdílů v rychlostech jednotlivých dopravních proudů. I pro tyto důvody je často OK využívána jako prvek zklidňování dopravy (např. na vjezdech do obcí).

Dále, bezpečnost provozu je jedním z kritérií pro návrh SSZ. Z těchto důvodů byla zkoumána bezpečnost dané křižovatky a byla taktéž porovnána se srovnatelnými OK v Praze. Srovnatelnou OK se v tomto případě rozumí, OK s podobnou hodnotou vnějšího průměru.

4.2 Nehodovost řešené křižovatky

Dle zveřejněných záznamů na portálu www.jdvm.cz nedošlo v dané lokalitě během sledovaného období k žádné smrtelné dopravní nehodě či k těžkému zranění osob. Celkový počet nehod za období od 1.1 2007 do 31. 12. 2014 je 46. Během těchto nehod došlo pouze k pěti zraněním lehčího charakteru. Do statistik se nepromítají nehody s hmotnou škodou nižší než 100 000 Kč [8].

Ve většině případů nebyl zaznamenán vliv drog či alkoholu na viníka nehody (cca 80% případů). Ve zbylých případech nebyla přítomnost těchto látek zjišťována.

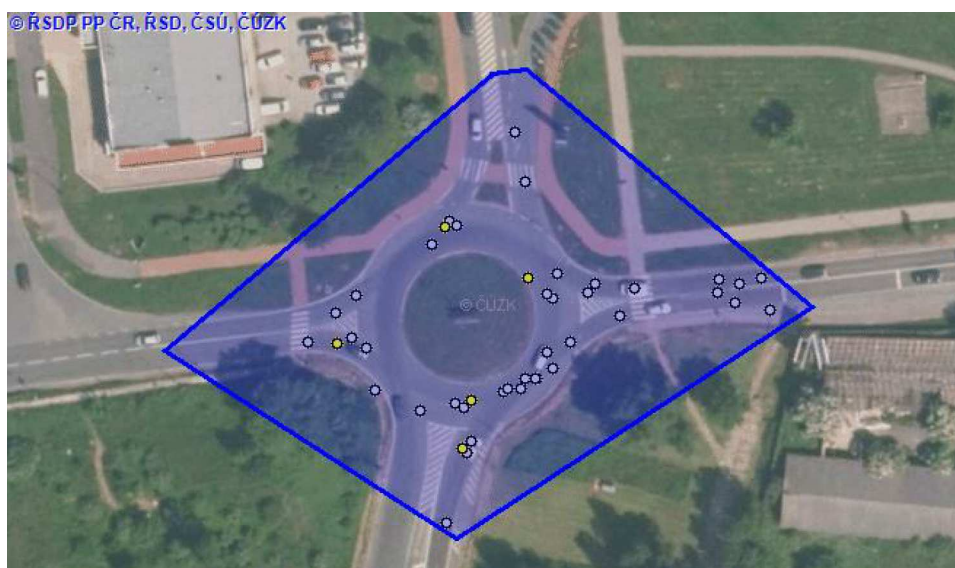
Většina nehod byla zaviněna řidičem, nejčastěji šlo o nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem (celkem 37% případů). Další nehody byly způsobeny nevěnováním se řízení vozidla, „proti příkazu dopravní značky DEJ PŘEDNOST“, případně šlo o jiný druh nesprávného způsobu jízdy. V 83 % případů se jednalo o srážku s jedoucím nekolejovým vozidlem, v 5 případech šlo o srážku s vozidlem zaparkovaným, odstaveným. Celkem v 45 případech bylo zavinění na straně řidiče motorového vozidla [8].

Na žádnou z nehod neměl vliv technický stav komunikace, ve 100% případů byl stav vozovky popsán jako dobrý, bez závad. Stejně tak neměly vliv rozhledové poměry, ani v jednom případě nebylo uvedeno jiné tvrzení než dobré [8].

Celkem 33 nehod se událo za denního světla, kdy viditelnost nebyla zhoršena vlivem povětrnostních podmínek. Za zhoršených podmínek ve dne (svítání, soumrak) se událo pouze 6 nehod. V noci za nezhoršených podmínek došlo k 5 nehodám a po jedné nehodě ve dne a v noci při zhoršené viditelnosti vlivem povětrnostních podmínek (mlha, déšť, sněžení apod.) [8].

Statistika naznačuje, že u žádné z nehod nebyl zúčastněn chodec.

Následující obrázek (Obrázek 4.1) znázorňuje rozložení nehod v lokalitě a následné tabulky (Tabulka 4.1 až Tabulka 4.8) blíže popisují tvrzení uvedená výše.



Obrázek 4.1: Vyhodnocovaná lokalita

Tabulka 4.1: Přehled nehod

Obecný přehled o nehodách ve zkoumané lokalitě	
Celkový počet nehod	46
Počet nehod s následky na zdraví	5
Usmrcené osoby (do 24 hod.)	0
Těžce zraněné osoby (do 24 hod.)	0
Lehce zraněné osoby (do 24 hod.)	5

Tabulka 4.2: Přítomnost návykových látek

Statistika nehod dle přítomnosti alkoholu či drog u viníka nehody		
Druh nehody	Počet nehod	Lehce zraněné osoby
Ne	37	4
Nezjištěováno	9	2

Tabulka 4.3: Příčiny nehod

Statistika nehod dle hlavních příčin nehody		
Druh nehody	Počet nehod	Lehce zraněné osoby
Nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem	17	3
Řidič se plně nevěnoval řízení vozidla	8	1
Proti příkazu dopravní značky DEJ PŘEDNOST	5	0
Jiný druh nesprávného způsobu jízdy	4	0
Při otáčení nebo couvání	2	0
Nepř. rychlosti stavu vozovky (náledí, výtluky, bláto, mokrá sněh apod.)	2	0
Nezaviněná řidičem	1	1
Nepřízpůsobení rychlosti hustotě provozu	1	1
Při zařazování do proudu jedoucích vozidel ze stanice, místa zastavení nebo stání	1	0
Nepř. rychlosti dopravně technickému stavu vozovky (zatačka, klesání, stoupání, šířka apod.)	1	0
Při předjíždění z jednoho pruhu do druhého	1	0
Nesprávné otáčení nebo couvání	1	0
Vozidlu přijíždějícímu zprava	1	0
Náhlé bezdůvodné snížení rychlosti jízdy	1	0

Tabulka 4.4: Druh nehody

Statistika nehod dle druhu		
Druh nehody	Počet nehod	Lehce zraněné osoby
Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	38	4
Srážka s vozidlem zaparkovaným, odstaveným	5	0
Jiný druh nehody	1	1
Havárie	1	1
Srážka s pevnou překážkou	1	0

Tabulka 4.5: Zavinění nehody

Statistika nehod dle způsobu zavinění nehody		
Druh nehody	Počet nehod	Lehce zraněné osoby
Řidičem motorového vozidla	45	5
Technickou závadou vozidla	1	1

Tabulka 4.6: Druh pevné překážky

Statistika nehod v zadané lokalitě podle druhu pevné překážky		
Druh nehody	Počet nehod	Lehce zraněné osoby
Nepřichází v úvahu, nejde o srážku s pevnou překážkou	45	6
Sloup-telefonní, veř. osvětlení, el. vedení apod.	1	0

Tabulka 4.7: Vliv viditelnosti

Statistika nehod v zadané lokalitě podle viditelnosti		
Druh nehody	Počet nehod	Lehce zraněné osoby
Ve dne, viditelnost nezhoršená vlivem povětrnostních podmínek	33	5
Ve dne, zhoršená viditelnost (svítání, soumrak)	6	0
V noci- s veřejným osvětlením, viditelnost nezhoršená vlivem povětrnostních podmínek	5	0
Ve dne, zhoršená viditelnost vlivem povětrnostních podmínek (mlha, sněžení, déšť apod.)	1	1
V noci- s veřejným osvětlením, zhoršená viditelnost vlivem povětrnostních podmínek (mlha, sněžení, déšť apod.)	1	0

Tabulka 4.8: Stav komunikace

Statistika nehod v zadané lokalitě podle stavu komunikace		
Druh nehody	Počet nehod	Lehce zraněné osoby
Dobrý, bez závad	46	6

4.3 Srovnání s dalšími OK v Praze

Aby bylo možné určit bezpečnost či případnou nebezpečnost dané křižovatky, bylo třeba ji porovnat s podobnými křižovatkami Praze. Vybrané okružní křižovatky jsou, co se týče vnějšího průměru, srovnatelné s výchozí křižovatkou. Většina z nich se nachází v jižní části Prahy. Do srovnání bylo uvažováno pouze celkové množství nehod a počet a typ zranění. Sledované období je totožné jako v předchozím bodě, tedy 1. 1. 2007 – 31. 12. 2014. [8]

Podobně jako u řešené křižovatky, ani na žádné z vybraných křižovatek (Tabulka 4.9) nedošlo jak ke smrtelnému zranění, tak ani ke zranění těžkému.

Tabulka 4.9: Srovnávané OK

Název křižovatky	Celkový počet nehod	Počet nehod s následky na zdraví	Usmrcené osoby (do 24 hod.)	Těžce zraněné osoby (do 24 hod.)	Lehce zraněné osoby (do 24 hod.)
Tupolevova - Veselská	44	2	0	0	2
Na Jelenách - Roztylská	50	9	0	0	10
Na Jelenách - K Hrnčírům	54	4	0	0	5
Vídeňská - Kunratická spojka	54	4	0	0	4
Novodvorská - Durychova	67	7	0	0	7
Hornoměřolupská - Milánská	8	2	0	0	2
Lhotecká - Čs. Exilu	16	5	0	0	5
Türkova - Mírového hnutí	46	1	0	0	1

Vzhledem k tomu, že by se daná OK měla změnit na průsečnou křižovátku se SSZ, bylo by nejvýše vhodné se zajímat i o množství a typy nehod, ke kterým dochází na těchto křižovatkách a provést celkové srovnání těchto zjištění. Právě tímto se bude zabírat následující část této práce s jasným konstatováním na konec.

4.4 Nehodovost SSZ

Vzhledem k tomu, že bezpečnost provozu je jedním z kritérií pro realizaci SSZ, je žádoucí se alespoň částečně zabývat i bezpečností těchto křižovatek. Pro vytvoření si nějaké představy bylo proto vybráno 7 křižovatek se SSZ (Tabulka

4.10) v Praze. Tyto křižovatky se nachází spíše v okrajových částech Prahy (Kobylisy, Prosek či Háje), nejedná se tedy o nejfrekventovanější místa v Praze. Těchto 7 křižovatek má několik společných znaků. Všechny jsou to čtyřramenné průsečné křižovatky se SSZ. Zároveň zde, stejně jako na referenční řešené křižovatce, jezdí nekolejová vozidla MHD. Některé se nacházejí v blízkosti obchodních center nebo v blízkosti metra. Některé ze zvolených průsečných křižovatek se nacházejí v relativní blízkosti porovnávaných křižovatek okružních (zejména v oblasti Jižního města).

Podobně jako u okružních křižovatek byl uvažován do srovnání uvažován pouze celkový množství nehod a počet a typ zranění. I sledované období je totožné.

Tabulka 4.10: Srovnávané křižovatky

Název křižovatky	Celkový počet nehod	Počet nehod s následky na zdraví	Usmrčené osoby (do 24 hod.)	Těžce zraněné osoby (do 24 hod.)	Lehce zraněné osoby (do 24 hod.)
Čimická – Hornátecká	152	22	0	0	34
Vysočanská – Lovosická	90	20	1	6	23
Vysočanská – Prosecká	103	23	0	5	28
Čimická – K Pazderkám	87	33	0	2	44
Zálesí – Štúrova	136	16	1	2	16
Mírového hnutí – K Horkám	75	14	0	1	16
Opatovská – Ke Kateřinkám	54	15	1	3	13

4.5 Vyhodnocení

Pro vyhodnocení bylo vybráno celkem 8 okružních křižovatek na území Prahy, které jsou srovnatelně velké jako křižovatka Tupolevova – Kostelecká. Data pro vyhodnocování byla získána z webu www.jdvm.cz pro sledované období 1. 1. 2007 – 31. 12. 2014. Cílem tohoto srovnání je pouze porovnání absolutního počtu nehod, počet zranění a jejich závažnost. Je nutné podotknout, že veškeré porovnávání je prováděno bez znalosti intenzit provozu na daných křižovatkách a jde tedy spíše o porovnání orientační. [8]

Z výše uvedených dat plyne, že nehodovost na takovýchto okružních křižovatkách není příliš vysoká, na žádné z uvedených křižovatek nedošlo v průměru k více než 9 nehodám na rok. Žádná z nehod neměla fatální následky, veškerá zranění byla pouze lehčího charakteru. Toto plyne z typu provozu na

takové křižovatce. Vozidla se pohybují nižší rychlostí a nehody tak nemohou mít závažnější následky. Také se v celé řadě jedná o náraz do vozidla vpředu, ne o čelní náraz.

Dále bylo provedeno srovnání se sedmi světelně řízenými křižovatkami. Zde již oproti okružním křižovatkám došlo k několika těžkým zraněním, je zde patrný nárůst lehkých zranění a ve třech případech zde dokonce došlo ke smrtelné nehodě. Velmi značný nárůst lze pozorovat u celkového počtu nehod. Zatímco v případě OK šlo v průměru o necelých 43 nehod na křižovátku za celé sledované období, u světelně řízených křižovatek to je téměř 100 nehod na křižovátku za celé sledované období.

Nárůst počtu nehod je poměrně očekávaný, u křižovatek se SSZ dochází k větší interakci mezi vozidly, provoz zde není tolik usměrněn jako v případě OK. Z této vyšší volnosti řidičů logicky plyne větší počet chyb a tudíž i nehod.

Aby bylo možné si udělat poměrně jednoduše představu o bezpečnosti daných křižovatek, je nutné stanovit přepočtený počet nehod a jejich závažnosti tak, aby bylo možné je vzájemně porovnat. Pro každou z křižovatek byla určena hodnota celospolečenských ztrát (4.1) dle následujícího vztahu:

$$Z = N_{sz} * E_{sz} + N_{tz} * E_{tz} + N_{lz} * E_{lz} + N_{hs} * E_{hs} \quad 4.1$$

Kde

Z – hodnota celospolečenských ztrát

N_{sz} – počet usmrcených osob (do 24 hodin),

N_{tz} – počet těžce zraněných osob (do 24 hodin),

N_{lz} – počet lehce zraněných osob (do 24 hodin),

N_{hs} – počet nehod s hmotnou škodou.

Příslušné koeficienty E vyjadřují průměrnou hodnotu celospolečenských ztrát za rok 2013³. Jednotlivé hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce (Tabulka 4.11).

Tabulka 4.11: Hodnoty celospolečenských ztrát

Koeficient E	Hodnota [Kč]
Usmrcení	19 440 000
Těžké zranění	4 867 700
Lehké zranění	433 000
Hmotná škoda	267 300

³ Zdroj: Metodika výpočtů ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích, CDV, v.v.i. (2013)

Pro vyšší přehlednost byly všechny takto určené hodnoty celospolečenských ztrát jednotlivých křižovatek vyděleny hodnotou Z pro řešenou křižovátku, tak aby výsledek (označený jako N) pro tuto křižovátku dosahoval hodnoty 1. Následně byly tyto hodnoty seřazeny vzestupně v následující tabulce (Tabulka 4.12). Referenční hodnota Z pro danou křižovátku je 13 124 300 Kč. Hodnota N tedy vyjadřuje násobek této sumy pro jednotlivé křižovátky.

Tabulka 4.12: Srovnání

Typ křižovátky	Název křižovátky	N
OK	Hornoměřolupská - Milánská	0,19
OK	Lhotecká - Čs. Exilu	0,39
OK	Tupolevova - Veselská	0,92
OK	Turková - Mírového hnutí	0,95
OK	KOSTELECKÁ - TUPOLEVOVA	1
OK	Vídeňská - Kunratická spojka	1,15
OK	Na Jelenách - Roztylská	1,16
OK	Na Jelenách - K Hrnčírům	1,18
OK	Novodvorská - Durychova	1,45
SSZ	Mírového hnutí - K Horkám	2,14
SSZ	Čimická - K Pazderkám	3,29
SSZ	Čimická - Horňátecká	3,77
SSZ	Opatovská - Ke Kateřinkám	3,82
SSZ	Vysočanská - Prosecká	4,41
SSZ	Zálesí - Štúrova	5,19
SSZ	Vysočanská - Lovosická	5,89

Z této tabulky (Tabulka 4.12) celkem jasně plyne, že dané okružní křižovátky vykazují poměrně vyšší bezpečnost oproti křižovatkám se SSZ. Nejlepšího výsledku mezi křižovatkami se SSZ dosáhla křižovátka Mírového hnutí - K Horkám, nicméně hodnota celospolečenských ztrát oproti řešené křižovatce je více než dvojnásobná. Navíc je to jediná křižovátka se SSZ, jejíž výsledek je nižší než trojnásobek hodnoty dané OK.

Z tohoto srovnání plyne jasný závěr, a to takový, že okružní křižovátky vykazují vyšší bezpečnost pro silniční provoz, než křižovátky se SSZ. Přestavba dané křižovátky na světelně řízenou by tedy z tohoto pohledu mohla vést ke snížení bezpečnosti pro všechny účastníky provozu.

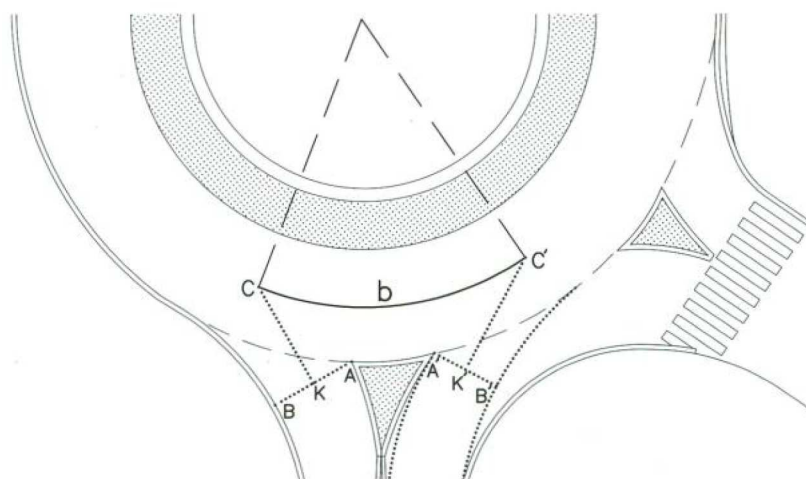
Kapitola 5

5 Kapacitní posouzení

5.1 Kapacitní posouzení OK

Jako jeden z nástrojů pro kvalitativní posouzení dané okružní křižovatky bylo zpracováno její kapacitní posouzení dle TP 234. Podkladem pro toto posouzení je znalost intenzity dopravy všech dopravních proudů. Tato data byla získána z provedeného dopravního průzkumu (popsáno v kapitole Dopravní průzkumy). Další nezbytnou informací je znalost geometrického uspořádání křižovatky, které vychází z dostupného výkresu, který je součástí zpracované dopravní studie. Sledovaných parametrů dle TP 234 je celkem 10, patří sem:

1. Počet jízdnic pruhů na vjezdu
2. Počet jízdnic pruhů na výjezdu
3. Počet jízdnic pruhů na okruhu
4. Vnější průměr okružní křižovatky
5. Poloměr vjezdu
6. Poloměr výjezdu
7. Vzdálenost mezi kolizními body (viz Obrázek 5.1)
8. Délka přechodu pro chodce na výjezdu z okružního pásu
9. Spojovací větev mezi sousedními paprsky
10. Typy vjezdu spirálovité okružní křižovatky [4]



Obrázek 5.1: Kolizní body⁴

⁴ Zdroj: TP 234

V případě okružní křižovatky *Kostelecká - Tupolevova* byly uvažovány pouze parametry č. 1-7, intenzita chodců je zanedbatelná, proto parametr č. 8 není nutný, spojovací větve nebyly na dané křižovatce realizovány a nejedná se o spirálovitou okružní křižovatku.

Součástí kapacitního posouzení je také posouzení úrovně kvality dopravy (Obrázek 5.2) dané křižovatky, která se stanovuje na základě střední doby zdržení. Toto posouzení se provádí pro každý z vjezdů okružní křižovatky a pro výsledné hodnocení celé křižovatky je rozhodující nejhorší dosažené hodnocení na jednom z vjezdů [4].

Dle ČSN 73 6102 je pro křižovatku na místních komunikacích a veřejně přístupných účelových komunikacích vyžadován stupeň E (Obrázek 5.2). Tato hodnota tedy bude považována za cílovou v tomto posouzení a její dosažení (či jakýkoliv lepší výsledek) bude znamenat, že daná křižovatka kapacitně vyhovuje. V praxi to znamená, že na žádném vjezdu nepřekročí intenzita dopravy kapacitu vjezdu (stupeň ÚKD F) [2].

Úroveň kvality dopravy		Střední doba zdržení [s]
Označení	Charakteristika doby zdržení	
A	Doba zdržení velmi malá	≤ 10
B	Zdržení ještě bez front	≤ 20
C	Ojedinelé krátké fronty	≤ 30
D	Stabilní stav s vysokými ztrátami	≤ 45
E	Nestabilní stav	> 45
F	Překročená kapacita	~ ¹⁾

¹⁾ UKD na stupni F je dosaženo při hodnotě stupně vytížení $a_v > 1$

Obrázek 5.2: ÚKD⁵

5.2 Způsob výpočtu pro OK

5.2.1 Stanovení kapacity vjezdu

Kapacita vjezdu je dána vztahem (5.1):

$$C_i = 3600 * \left(1 - \frac{\Delta * I_k}{n_k * 3600}\right)^{n_k} * \frac{n_{i,koef}}{t_f} * e^{-\frac{I_k}{3600} \left(t_g - \frac{t_f}{2} - \Delta\right)} \quad 5.1$$

⁵ Zdroj: TP 234

Kde

C_i – kapacita vjezdu [pvoz/h],

I_k – intenzita dopravy na okruhu [pvoz/h],

n_k – počet jízdních pruhů na okruhu [-],

$n_{i,koeef}$ – koeficient zohledňující počet jízdních pruhů na vjezdu [-],

$n_{i,koeef} = 1$ pro jednopruhové vjezdy,

$n_{i,koeef} = 1,5$ pro dvoupruhové vjezdy,

t_g – kritický časový odstup [s],

t_f – následný časový odstup [s],

Δ – minimální časový odstup mezi vozidly jedoucími na okruhu za sebou [s]. [4]

Pro okružní křižovatky s jedním pruhem na okruhu platí (Tabulka 5.1): [4]

Tabulka 5.1: Parametry

t_g		t_f		Δ
$b < 11$ m	$t_g = 4,5s$	$R_i < 8$ m	$t_f = 3,1$ s	$\Delta=2,1$ s
$11 \leq b \leq 20$ m	$t_g = 5,6 - 0,1 * b$	$8 \text{ m} < R_i \leq 16$ m	$t_f = 3,6 - 0,0625 * R_i$	
$b > 20$ m	$t_g = 3,6$ s	$R_i > 16$ m	$t_f = 2,6$ s	

5.2.2 Rezerva kapacity

Rezerva kapacity je stanovena jako rozdíl kapacity vjezdu a intenzity dopravy na vjezdu (5.2) [4].

$$Rez = C_i - I_i \quad 5.2$$

5.2.3 Stanovení střední doby zdržení

Dle TP 234 se střední doba zdržení stanoví dle následujících rovnic (5.3-5.8):

$$t_w = D_1 + E + \frac{1}{\mu} \quad 5.3$$

$$D_1 = \frac{1}{2} (\sqrt{F^2 + G} - F) \quad 5.4$$

$$F = \frac{1}{\mu_o - q_o} * \left[\frac{T}{2} * (\mu - q) * y + \left(y - \frac{\mu - \mu_o + q_o}{\mu} \right) \right] + E \quad 5.5$$

$$G = \frac{2 * T * y}{\mu_o - q_o} * \left[\frac{q}{\mu} - (\mu - q) * E \right] \quad 5.6$$

$$E = \frac{q_o}{\mu_o * (\mu_o - q_o)} \quad 5.7$$

$$y = 1 - \frac{\mu - \mu_o + q_o}{q} \quad 5.8$$

Kde

t_w - střední doba zdržení [s],

T - doba trvání požadovaného intervalu [s],

μ - kapacita pruhu podřazeného dopravního proudu v uvažovaném intervalu [pvoz/s],

$$\mu = \frac{C_n}{3600}$$

q – intenzita podřazeného dopravního proudu [pvoz/s],

$$q = \frac{I_n}{3600}$$

μ_0 – kapacita v čase po špičkovém intervalu [pvoz/s],

$$\mu_0 = n_{i,koef} \frac{1600}{3600}$$

q_0 – intenzita podřazeného dopravního proudu po špičkovém intervalu [pvoz/s],

$$q_0 = q \cdot [6]$$

Na základě takto spočítané doby zdržení se určí pro každý vjezd příslušná úroveň kvality dopravy (Obrázek 5.2). [4]

5.2.4 Stanovení délky fronty

Dle TP 234 se délka fronty na vjezdech do neřízené křižovatky dimenzuje na 95% pravděpodobnost uvažované délky fronty (5.9). [4]

$$N_{95\%} = \frac{3}{2} C_n * \left(a_v - 1 + \sqrt{(1 - a_v)^2 + 3 * \frac{8 * a_v}{C_n}} \right) \quad 5.9$$

$$a_v = \frac{I_n}{C_n} \quad 5.10$$

Kde

a_v – stupeň vytížení [-],

I_n – návrhová intenzita dopravního proudu n [pvoz/h],

C_n – kapacita pruhu dopravního proudu n [pvoz/h]

$N_{95\%}$ - délka fronty. [6]

5.3 Posouzení kapacity výjezdu pro OK

Kapacita výjezdu je do jisté míry ovlivňována intenzitou přecházejících chodců, vzhledem k tomu, že tato data v tomto případě nejsou k dispozici, byl proveden pouze základní výpočet kapacity výjezdu dle TP 234. Navíc, z pozorování a znalosti situace plyne, že intenzita pěších není na této okružní křižovatce vysoká, takže výsledná odchylka či chyba je přijatelná [4].

Základní kapacita výjezdu z okružní křižovatky je tedy v tomto případě dána vztahem (5.11):

$$C_e = \frac{3600}{t_f} \quad 5.11$$

Kde

C_e – kapacita výjezdu [voz/h]

t_f – následný časový odstup vozidel na výjezdu z okružní křižovatky [s]. [4]

Pro t_f platí (Tabulka 5.2): [4]

Tabulka 5.2: Hodnoty časového odstupu

R_e	t_f [s]
$R_e < 15$ m	$t_f = 3$
$15 \text{ m} \leq R_e \leq 30$ m	$t_f = 3,6 - 0,04 * R_e$
$R_e > 30$ m	$t_f = 2,4$

Dále se pro každý výjezd určí stupeň vytížení a_v (5.12):

$$a_v = \frac{I_e}{C_e} \quad 5.12$$

Je-li $a_v < 0,9$, tak daný výjezd kapacitně vyhovuje. [4]

5.4 Výsledek pro OK

Jak již bylo uvedeno výše, na základě znalosti nezbytných parametrů bylo provedeno kapacitní posouzení OK dle TP 234. Výsledek a jednotlivé výpočty jsou zaneseny do následujícího protokolu (Protokol 5.1).

Kapacitní posouzení okružní křižovatky dle TP 234

Vstupní parametry

Paprsek	Název	požad. st. UKD	tw,lim [s]
1	Kostelecká (V)	E	-
2	Tupolevova	E	-
3	Kostelecká (Z)	E	-
4	OC Globus	E	-

Geometrické uspořádání

Paprsek	Název	ni [-]	ne [-]	Ri [m]	Re [m]	b [m]	dp [m]
1	Kostelecká (V)	1	1	12,00	18,00	17,90	7,50
2	Tupolevova	1	1	14,00	14,00	16,60	-
3	Kostelecká (Z)	1	1	14,00	17,50	16,70	7,50
4	OC Globus	1	1	15,00	13,00	21,50	13,50

Intenzity dopravy [pvoz/h]

do paprsku z paprsku	Název	1	2	3	4	Součet
1	Kostelecká (V)	0	442	336	16	794
2	Tupolevova	391	0	138	253	782
3	Kostelecká (Z)	404	340	0	60	804
4	OC Globus	27	174	120	0	321
Součet		822	956	594	329	

Kapacita vjezdu

Vjezd	lk [pvoz/h]	li [pvoz/h]	Ci [pvoz/h]	Rez [pvoz/h]	tw [s]	av [-]	N 95% [m]	UKD [-]
1	546	745	886,73	141,73	23,91	0,84	79,69	C
2	599	825	793,84	-31,16	137,27	1,04	262,92	F
3	716	696	701,01	5,01	92,74	0,99	186,49	E
4	868	405	651,36	246,36	14,44	0,62	28,49	B

Stanovená úroveň kvality dopravy na vjezdech okružní křižovatky **F**

Kapacita výjezdu

Paprsek	Název	le [pvoz/h]	Ce [pvoz/h]	av [-]	Kapacita výjezdu vyhovuje
1	Kostelecká (V)	878	1250	0,70	ANO
2	Tupolevova	813	1200	0,68	ANO
3	Kostelecká (Z)	557	1241	0,45	ANO
4	OC Globus	423	1200	0,35	ANO

Stanovená úroveň dopravy na výjezdech vyhovuje? **ANO**

Úroveň kvality dopravy na vjezdech okružní křižovatky byla ohodnocena stupněm F, tedy křižovatka kapacitně nevyhovuje. Na jednom z ramen (konkrétně Tupolevova) byla vyčerpána rezerva, protože intenzita dopravy přesahuje nabízenou kapacitu daného ramene. Takový stav je samozřejmě nežádoucí. Příliš příznivá není ani situace na příjezdu od západu (ulice Kostelecká), kde je pouze velmi mizivá rezerva kapacity, nicméně tato hodnota je dle TP 234 ještě přijatelná. Je ovšem jasné, že z hlediska skutečného provozu není tato situace pro řidiče příliš komfortní ani trvale udržitelná. Důsledkem toho jsou delší kolony a vyšší střední doba zdržení.

Situace na zbylých dvou ramenech OK je výrazně příznivější, stupeň UKD B, respektive C je toho jasným signálem. Obdobně tomu je i na jednotlivých výjezdech, kde je pro posouzení rozhodující hodnota stupně vytížení. Limitní hodnotě 0,9 se žádná z hodnot pro jednotlivé výjezdy nepřiblížila natolik, aby se dalo hovořit o limitním, či dlouhodobě špatně udržitelném stavu. Výjezdy, na rozdíl od vjezdů, tedy kapacitně vyhovují.

Celkově současná okružní křižovatka dle TP 234 kapacitně nevyhovuje. Tento závěr plně podporuje předchozí domněnky založené na pozorování a znalosti dané situace.

5.5 Kapacitní posouzení SSZ

Součástí dopravní studie, z níž tato práce vychází, je také kapacitní posouzení navrhované křižovatky řízené pomocí SSZ. Podle intenzit ze studie (uvedeny v kapitole týkající se dopravního průzkumu) byl také sestaven signální plán pro daný návrh. Vzhledem k tomu, že rozdíly v intenzitách jednotlivých směrů ve studii a z průzkumu jsou minimální (jak ostatně vyplývá z porovnání v příslušné kapitole), lze tedy předpokládat, že vyhovuje-li kapacitně křižovatka ve studii, vyhovovala by i pro hodnoty z průzkumu. Toto tvrzení podporuje i fakt, že pouze na jednom rameni došlo k celkovému nárůstu intenzit. Nicméně ani nárůst intenzity není příliš značný, odpovídá méně než 1,5 voz/min. Při délce cyklu 100 s to odpovídá zhruba 2 vozidlům na cyklus [1].

Z toho lze vyvozovat, že tato mírná rozdílnost intenzit by neměla samotný provoz SSZ příliš ovlivňovat, navíc dopravně inženýrské podklady z dopravní studie byly pro potřeby této práce převzaty (jak již bylo popsáno v jedné z předchozích kapitol).

Dle TP 235 je požadovaná ÚKD pro místní komunikace ohodnocena stupněm E, tedy nejnižším možným. Jak vyplývá z protokolu (Protokol 5.2), na všech vjezdech bylo dosaženo vyššího stupně, než bylo požadováno, křižovatka tedy kapacitně vyhovuje. Výsledný stupeň ÚKD je D, tedy dostatečný. Tohoto stupně bylo dosaženo pro signální skupinu VB, která odpovídá směru rovně a vlevo na rameni od OC Globus. Vzhledem k nízké intenzitě provozu z tohoto směru je celkem logické, že toto rameno je nejpodřízenější a tudíž dosahuje nízkého stupně ÚKD.

Protokol 5.2: Kapacitní posouzení SSZ

Kapacitní posouzení světelně řízené křižovatky podle TP 235												
Název křižovatky: SSZ 9247 - Tupolevova - Kostelecká												
Posuzovaný stav: rok 2017, špičkové intenzity vjezdů, sled fází F 1-2-3-4-5-4-6-1										Délka cyklu t_C [s]		100
Zadání levého odbočení ovlivněného protisměrem												
Vjezd (signální skupina)	Protisměr					Levé odbočení						
	Intenzita			Sat. tok	Zelená	Přesah zel. Z_o	Počet míst N_A	Díčí kapacita				
	VOZ	N+B	celkem I_p	S_p	Z_p			C_{L1}	C_{L2}	C_{L3}	C_L	C_S
	voz/h	voz/h	pvoz/h	pvoz/h	s	s	pvoz	pvoz/h	pvoz/h	pvoz/h	pvoz/h	pvoz/h
VF+KF< proti VB<^	216	1	217	1860	14	10	2	30	72	180	282	396
VH< proti VC^	428	34	452	2000	69	0	2	514	72	0	586	528
Posouzení kapacity vjezdů, úroveň kvality dopravy												
Vjezd (signální skupina)	Intenzita			Sat. tok	Zelená	Kapacita	Rezerva	Délka fronty L_{F1}	Délka fronty L_{F2}	Počet zast.	Zdržení t_w	ÚKD Požad.
	VOZ	N+B	celkem I_v	S_v	z	C_v	Rez	m	m	voz/h	s	dosaž.
		voz/h	voz/h	pvoz/h	pvoz/h	s	pvoz/h	%				
VA> >	120	3	122	1820	17	309	61	17		96	36,7	E C
VB <^	216	1	217	1860	14	260	17	31		189	69,1	E D
VC^ ^>	428	34	452	2000	69	1380	67	23		154	6,2	E A
VD< <	502	81	559	1820	35	637	12	61		424	45,7	E C
VE> >	440	56	479	1840	38	699	31	49		332	28,4	E B
VF ^	230	15	241	2000	21	420	43	32		186	37,1	E C
VG> >	384	19	397	1700	32	544	27	45		307	35,2	E C
VH ^	464	39	491	2000	29	580	15	58		393	45,5	E C
Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem												
VF+KF< proti VB<^	168	12	176	1800	22	282	38	23		131	41,3	E C
VH< proti VC^	108	7	113	1820	29	528	79	13		74	25	E B
L_{F1} průměrná délka fronty na začátku zelené, L_{F2} délka fronty na konci návrhové hodiny s překročenou kapacitou vjezdu												
Zdržení celkem 30,61 h; 36 s/pvoz						Počet zastavení celkem 2286 voz/h; 75 % voz						
Závěr: Stanovená úroveň kvality dopravy světelně řízené křižovatky D – Dostatečná												
Poznámka:												

Ostatní směry, či signální skupiny jsou si dosaženým stupněm ÚKD poměrně vyrovnány, pouze jeden směr dosáhl stupně A, další dva B, ostatní (krom výše zmíněného) dosahují stupně C. Celkově lze říci, že pouze na základě kapacitního posouzení dané okružní křižovatky a jejího návrhu se SSZ je možné pozorovat změnu k lepšímu. Stávající OK při kapacitním posouzení neobstála, kdežto nový návrh průsečné světelně řízené křižovatky v tomto ohledu vykazuje vyšší kvalitu a kapacitně vyhovuje.

Kapitola 6

6 Světelné signalizační zařízení

6.1 Úvod

Dle TP 81 se SSZ nejčastěji realizuje ze dvou důvodů. Prvním z nich je zajištění bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích, tím druhým je pak zvýšení plynulosti provozu. Aby mohlo být řízení křižovatky pomocí SSZ prohlášeno za účelné, je zapotřebí prokázat, že splňuje alespoň jedno z kritérií:

- Kritérium bezpečnosti provozu
- Kritérium intenzity provozu z hlediska vozidel
- Kritérium intenzity provozu z hlediska chodců
- Kritérium plynulosti jízdy vozidel městské hromadné dopravy [5]

Cílem této kapitoly je prozkoumat, je-li na základě těchto kritérií vůbec účelné zvažovat navrhovanou přestavbu okružní křižovatky na světelně řízenou.

6.2 Kritérium bezpečnosti provozu

Z pohledu bezpečnosti provozu je vhodné navrhovat SSZ na silně zatížených a nehodových křižovatkách, kde dle TP 81 v uplynulých třech letech byla průměrná relativní nehodovost minimálně 4 nehody na 1 milion vozidel vjíždějících do křižovatky. Zároveň zde bylo analýzou prokázáno, že tyto nehody nelze omezit jiným způsobem [5].

Další situace, za kterých je vhodné či účelné SSZ zřizovat v důvodu bezpečnosti nejsou pro tuto práci relevantní. Jedná se o přechody pro chodce přes frekventované komunikace či výjezdy tramvají z míst ležících mimo komunikace. Na žádném z ramen není více než jeden pruh v jednom směru, není tedy nutné z tohoto důvodu navrhovat SSZ [5].

Z analýzy nehod plyne několik poznatků, které jsou popsány v příslušné kapitole. Pravděpodobně nejpodstatnější zjištění je takové, že na dané okružní křižovatce nedošlo k žádnému smrtelnému úrazu, naopak za 8 let zde došlo pouze k 46 nehodám a jen v pěti případech se jednalo o nehodu s následky na zdraví. Všechna tato zranění byla pouze lehkého charakteru.

Z těchto zjištění vyplývá, že bezpečnost provozu není problémem této křižovatky. V průměru zde dochází k méně než 6 nehodám za rok. V případě nehody s následky na zdraví to odpovídá 1 nehodě za 1,6 roku. Z tohoto pohledu

se tedy přestavba křižovatky dle navrhovaného řešení jeví jako neúčelná. K tomuto navíc lze přičíst případný negativní efekt, který je opět popsán v dané kapitole.

6.3 Kritérium intenzity provozu z hlediska vozidel

Dle TP 81 je návrh SSZ účelný, pokud intenzita dopravy překročí přípustné intenzity neřízených křižovatek podle ČSN 73 6102 (v průměru 8 dopravně nejvíce zatížených hodin dne na hlavní a vedlejší komunikaci). Vyhoví-li ale taková křižovatka kapacitně, není nutné z hlediska intenzity SSZ zřizovat [5].

Není známo, zda intenzita provozu na dané křižovatce přesahuje mezní hodnoty uvedené v ČSN 73 6102, nicméně bylo provedeno kapacitní posouzení současného stavu a v dostupné dopravní studii je obsaženo kapacitní posouzení navrhovaného řešení (viz kapitolu pojednávající o kapacitním posouzení).

Kapacitní posouzení okružní křižovatky dle TP 234 poukazuje na nedostatky a problémy současného stavu. Plyne z něho nedostatečná kapacita jednoho z ramen, na dalším rameni je situace limitní (rezerva 5 pvoz/h). Z toho plynou kongesce, místy až nulová plynulost provozu a vysoké zdržení dopravy, nemluvě o ekologických a ekonomických dopadech.

Zdá se, že v případě navrhovaného řešení tyto nedostatky odpadají a návrh kapacitně vyhovuje. Nicméně na tomto místě nelze tvrdit, že i skutečná situace bude obdobná. Z pohledu intenzity provozu se ale návrh SSZ jeví jako účelný.

6.4 Kritérium intenzity provozu z hlediska chodců

Toto kritérium nelze pro danou křižovatku prokázat či vyvrátit, intenzity chodců nejsou známy a nebyly měřeny. Nicméně na základě pozorování na místě lze konstatovat, že největší provoz pěších je v těsném okolí autobusové zastávky *Obchodní centrum Čakovice*. V její blízkosti se nachází i přechod pro chodce (vzdálen cca 100 m od samotné křižovatky) a přechod na témže rameni okružní křižovatky není zdaleka tolik využíván. Zbylé dva přechody na ramenech OK jsou využívány velmi zřídka. Přechod pro chodce na severním rameni (sjezd na parkoviště OC Globus) je převážně využíván zaměstnanci z přilehlých kancelářských budov výše zmíněného obchodního centra.

Na základě těchto pozorovaných skutečností lze vyvozovat, že provoz samotné okružní křižovatky chodci není příliš ovlivňován. Dále, komunikace jsou

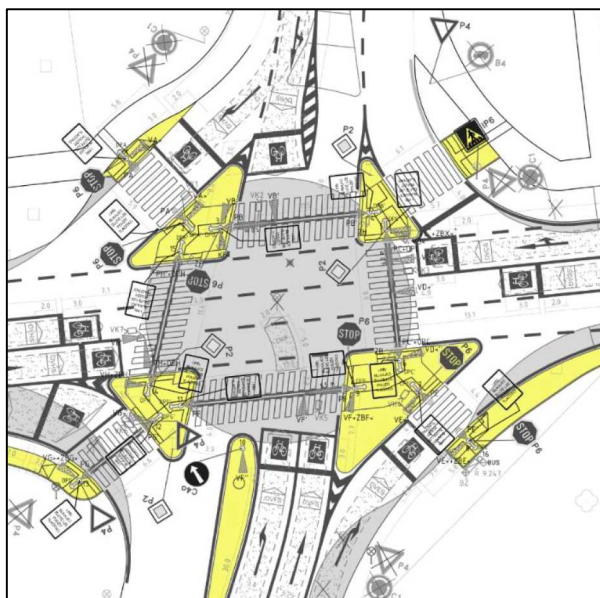
dvoupruhové a přehledné (z hlediska jejich vedení) a dle dostupných statistik zde nedošlo k žádné nehodě s účastí chodce [5].

6.5 Kritérium plynulosti jízdy vozidel městské hromadné dopravy

TP 81 uvádí jako důvod ke zřízení SSZ pro zajištění plynulosti provozu vozidel MHD situaci, kdy dochází ke zdržení nejméně každého druhého vozu na dobu větší než 2 minuty a to ve třech nejzatíženějších hodinách dne [5].

Taková data nejsou ovšem pro potřeby této práce k dispozici, nicméně na základě znalosti několika faktů lze dovozovat jisté závěry. Kapacitní posouzení současného stavu naznačuje jisté problémy (již zmiňovány dříve), ramena s nejhoršími výsledky ÚKD, neboli stupni E a F, jsou zároveň ramena, kde je provoz vozidel MHD nejintenzivnější. Pokud je na těchto ramenou dle výpočtu střední doba zdržení dosahuje téměř 93 s, respektive 138 s, dá se předpokládat, že toto zdržení ovlivní během dopravní špičky i vozidla MHD. TP 81 hovoří jako o limitním zdržení v případě, kdy je větší než 2 minuty, zde je střední doba zdržení větší 2,3 minuty. Je samozřejmě nutné vzít v potaz, že uvedené hodnoty jsou pouze teoretické, nicméně do jisté míry popisují danou situaci [5].

Dále, v navrženém řešení této křižovatky se počítá s aktivní detekcí vozidel MHD (Obrázek 6.1). Kromě ramena vedoucího od OC Globus je zde uvažována instalace inframajáků, navíc na každém rameni SSZ je navržena detekční videokamera a na jednotlivých řadících pruzích navržena virtuální detekční plocha.



Obrázek 6.1: Návrh detekce vozidel MHD

Pokud přijmeme jako fakt, že zde z důvodu překročené kapacity dochází ke značným zdržením provozu, které se dotýká i vozidel MHD, lze předpokládat, že realizací SSZ s aktivní preferencí dojde ke snížení tohoto zdržení. Při porovnání hodnot střední doby zdržení pro jednotlivá ramena a příslušné signální skupiny plynoucí z kapacitních posouzení dojdeme ke stejnému závěru. V ulici *Tupolevova* (stupeň ÚKD F) je střední doba zdržení 138 s, témuž rameni odpovídá signální skupina VE>, kde byla střední doba zdržení stanovena na necelých 29 s.

Pokud je tedy střední doba zdržení vozidel MHD na jednom z ramen OK více než 2,3 minuty ve špičce, jejíž trvání lze předpokládat po 4 hodiny denně (2 hodiny ranní špička, 2 hodiny odpolední špička), pak se jeví dle tohoto kritéria jako účelné zřízení SSZ.

6.6 Shrnutí a závěr

V přechozích částech této kapitoly byla nastíněna jednotlivá kritéria účelnosti vybudování SSZ. Dále zde také bylo popsáno, zdali se toto kritérium řešené křižovatky týká a případně jak je toto tvrzení podloženo. Na příštích několika rádcích budou tato tvrzení a závěry shrnuty pro vyšší přehlednost.

Prvním z uvedených kritérií je bezpečnost provozu. Zde na základě informací plynoucí z vyhodnocení nehodovosti řešené křižovatky a bezprostředního okolí nebylo shledáno, že by dané kritérium bylo potvrzeno. Závažnost a množství nehod není natolik velké, aby bylo nezbytné z tohoto důvodu zbudovat SSZ.

Dalším kritériem je intenzita provozu z hlediska vozidel. Na základě kapacitních posouzení stávajícího stavu a navrženého řešení bylo toto kritérium shledáno za splněné a zřízení SSZ se jeví jako účelné.

Kritérium intenzity provozu z hlediska chodců nelze vzhledem k nedostatku informací náležitě prověřit, nicméně jak již bylo uvedeno dříve, křižovatka není provozem chodců příliš ovlivňována a toto kritérium lze spíše prohlásit za nesplněné.

Posledním z kritérií je plynulost jízdy vozidel MHD. Toto kritérium lze považovat za prokázané na základě výše popsaných úvah a tvrzeních plynoucích z kapacitního nedostatku řešené křižovatky.

Na základě těchto poznatků lze zřízení SSZ a s tím spojenou úpravu okružní křižovatky *Kostelecká – Tupolevova* považovat za odůvodněnou ve smyslu TP 81 (Kritéria pro navrhování SSZ).

Kapitola 7

7 Dopravní modely

7.1 Úvod

Úvodem je třeba popsat, co to dopravní model, nebo model obecně je. Jedná se o jakýsi obraz reality, který je popsán pomocí stejných vztahů jako reálný objekt a který může podléhat jistému zjednodušení. V případě některých modelů se záměrně vynechá ta část skutečnosti, která například pro dané měření není relevantní. Toto zjednodušení ovšem musí mít své limity, aby výsledný model stále odpovídal popisované realitě. Proto tedy rozlišujeme modely izomorfní, které obsahují 100% informací objektu. Tyto modely jsou ovšem pro dopravní modely těžko použitelné. Druhou kategorií jsou modely homomorfní, kde dochází k redukci informací reálného objektu. Modely můžeme dále samozřejmě dělit do dalších skupin (modely matematické, fyzikální, abstraktní,...) a podle různých charakteristik (stochastický x deterministický, spojitý x disktrétní).

Modely simulační, které jsou významné pro potřeby této práce, můžeme řadit mezi modely matematické, které jako vstup využívají konkrétních hodnot a jednotlivé výroky jsou popsány pomocí funkcí. Tyto modely můžeme opět dále dělit do tří základních kategorií:

1. Mikroskopické – zkoumání jednotlivých entit a jejich vzájemné interakce
2. Mesoskopické – na pomezí mezi mikroskopickými a makroskopickými modely
3. Makroskopické – celkový pohled na síť, nerozlišování jednotlivých prvků

Dopravní simulační modely tvoří jeden z možných nástrojů analýzy dopravy. Umožňují zkoumání dopravních systémů na různé úrovni složitosti a velikosti (dle výše zmíněných kategorií) od dopravních uzlů, přes liniové systémy dopravy až po komplexní plošné systémy (např. města).

V dalších částech této kapitoly bude nastíněn samotný postup tvorby mikroskopických simulačních modelů, které jsou naprosto zásadní částí této práce. Právě díky těmto modelům bude možné porovnat OK s navrhovaným řešením. Navíc, vzhledem k tomu, že samotná výchozí studie zmiňuje možnost dynamického řízení, což je v podstatě standard všech nově budovaných křižovatek se SSZ v Praze, byl také vytvořen model křižovatky se SSZ, který je řízen dynamicky. Znamená to tedy, že ve výsledku budou porovnávány varianty tři, okružní křižovatka (současný stav), průsečná křižovatka se SSZ řízena

pevným plánem (návrh) a průsečná křižovatka se SSZ s dynamickým řízením (vlastní autorův návrh řízení).

7.2 PVT Vissim

Pro tvorbu mikroskopických simulačních modelů byl využit software PTV Vissim 7 německé společnosti PTV Group zabývající se vývojem softwaru pro dopravní inženýrství.

Tento program dokáže vytvářet multimodální simulační modely pro různé kategorie vozidel (osobní, nákladní, atd.), dále pak pro vozidla veřejné hromadné dopravy, modely cyklistické dopravy či chodců. Pro modelování dopravy využívá různé modely chování vozidel, například car following model Wiedemann 74 nebo Wiedemann 99. Pro co nepřesnější popis reálného provozu dále využívá různé distribuce pro rychlost, zrychlení či modely chování chodců. Umožňuje taktéž vytvářet modely křižovatek a to s různými způsoby řízení. Přídatný modul VisVAP umožňuje například tvorbu dynamického řízení křižovatky se SSZ.

Pro potřeby dopravního inženýrství umožňuje sběr a analýzu různých parametrů, ať už je to například jízdní doba, cestovní rychlost, počet zastavení nebo doba zdržení. Nevýhodou je značné omezení studentské licence, které v podstatě znemožňuje plnohodnotné zpracování daného problému do posledního detailu (na rozdíl od jiných nástrojů, kde výrobci poskytují takovou licenci).

7.3 Tvorba modelů – Síť, rychlosti, přednost

Jak již bylo zmíněno výše, pro tvorbu mikroskopických simulačních modelů byl využit software PTV Vissim, jako podklad slouží dostupná dopravní studie, která obsahuje veškeré potřebné informace, jako jsou tvary křižovatek, šířkové uspořádání, počet řadicích pruhů, signální plán či návrhové rychlosti pro průsečnou křižovatku a další nezbytné informace.

Jako vstupní data pro simulace poslouží výstupy z provedeného dopravního průzkumu. Pro simulace je nejdůležitější informace o hodinové intenzitě, směrovosti vozidel a skladbě dopravního proudu.

Základním prvkem celého modelu je kvalitní tvorba sítě či modelovaného celku, který by měl co nejvěrněji odpovídat skutečnému, či jako v tomto případě, i navrženému řešení. Výchozím bodem je tedy vložení podkladu do programu PTV Vissim. Tento software umožňuje načtení výkresu ve formátu .dwg, což dává možnost si výkres předem upravit do takové podoby, aby se s daným podkladem dalo dále kvalitně pracovat. Zároveň je možné využít jako podklad

libovolný soubor grafického formátu. Všechny základní nástroje pro tvorbu modelu lze nalézt na jednom panelu.

Část tvorby modelů je principiálně totožná pro oba druhy křižovatek, proto bude tato část tvorby popsána obecně. Zásadní rozdíl tvoří v podstatě pouze systém řízení u navrhovaného řešení dané křižovatky.

Prvním a nejdůležitějším nástrojem pro tvorbu modelů je volba „links“. Tato volba umožňuje tvorbu komunikací v požadovaném rozsahu (počet jízdních pruhů v jednom směru, délka, umístění, směr jízdy). Zde je důležité podotknout, že pro správnou funkci modelu je nutné oba směry jízdy na jedné komunikaci modelovat jako 2 oddělené celky. Výsledkem je věrná kopie stávajícího stavu a navrhovaného řešení (ukázka viz Obrázek 7.1).



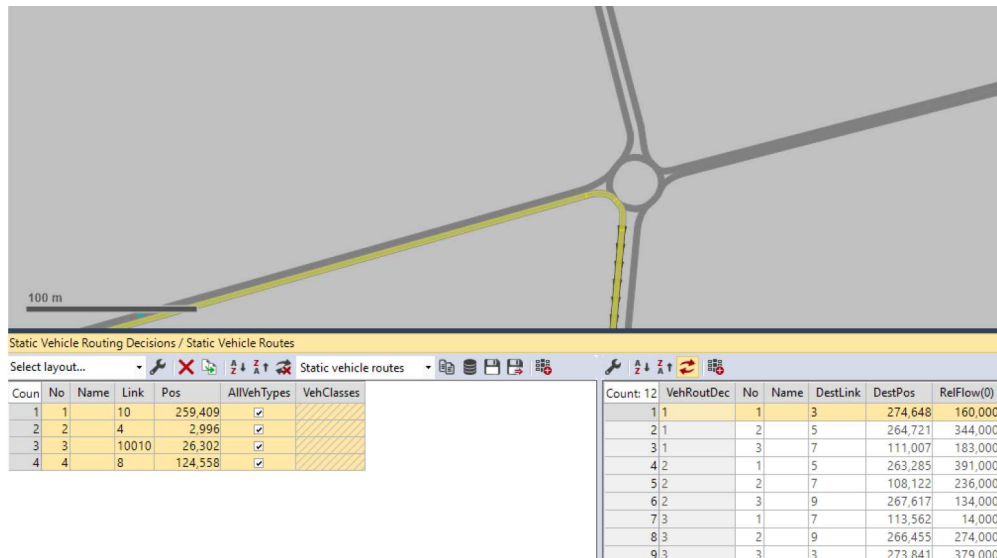
Obrázek 7.1: Základní síť OK

Dále je nutné nadefinovat směry, kterými se mají vozidla po dané síti či její dílčí části (jako v tomto případě) pohybovat. K tomu slouží nástroj „Vehicle routes“. Tímto nástrojem nadefinujeme všechny cesty, kterými se vozidla mohou a mají pohybovat. V tomto případě to jsou vždy 3 cesty na každém rameni (žádný směr není vyloučený), celkem tedy 12 cest (Obrázek 7.2). Žluté zvýraznění zobrazuje jednu z cest, v levé dolní části jsou zobrazeny všechny čtyři výchozí body (na jednotlivých ramenech) a v pravé části poté všechny jednotlivé cesty.

S volbou cest se samozřejmě pojí také vstupy vozidel, které se vkládají volbou „vehicle inputs“. V kontextové nabídce je poté následně možné zadat vstupní intenzity na jednotlivých ramenech křižovatky. Nicméně takto nadefinovaný vstup neodpovídá realitě, kdy se celková intenzita rozděluje mezi jednotlivé směry. Toto nastavení se provádí v kontextové nabídce již zmiňované volby „vehicle routes“.

Z obrázku (Obrázek 7.2) lze vidět v již zmiňované pravé dolní části sloupek označený jako „RelFlow(0)“. Zde je možné zadat, jakým způsobem se má vstupní intenzita rozdělit mezi jednotlivé směry. Jednou variantou je zadání pouze relativních hodnot (v rozmezí 0 – 1), či přímo konkrétních hodnot. Jak napovídá obrázek (Obrázek 7.2), při tvorbě těchto modelů byla využita druhá možnost

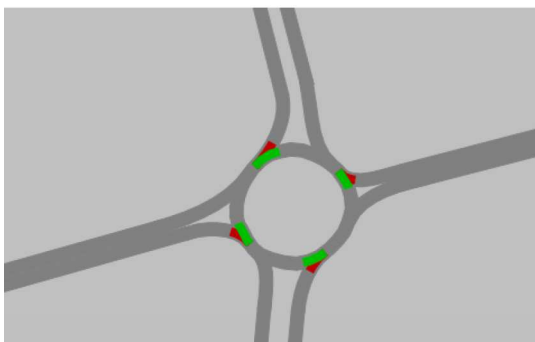
a do modelu byly vloženy přímo konkrétní hodnoty. Nicméně pro samotný vstup vozidel lze nadefinovat, zda se má chovat deterministicky či stochasticky. Aby model lépe pokrýval výchytky v dopravě, byl vstup nastaven jako stochastický.



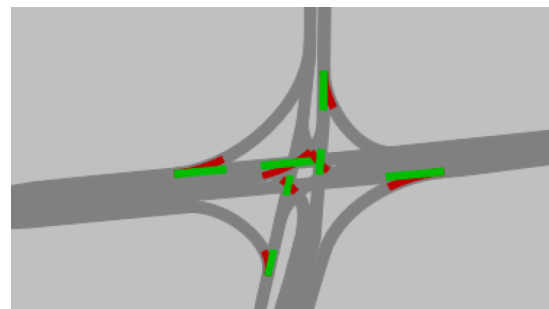
Obrázek 7.2: Vehicle routes

V této části tedy po modelovaných křižovatkách mohou jezdit vozidla, nicméně modelům zatím chybí nastavení pravidel provozu a vzájemné interakce vozidel. Aby spolu vozidla správně interagovala, je nutné správně nastavit další funkci, „conflict areas“. Tato funkce umožňuje navolit, jak se mají vozidla správně chovat jednotlivých konfliktních bodech.

V případě OK (Obrázek 7.3), kde má každý vjezd, stejně jako okružní pás, pouze jeden jízdní pruh, je tato situace poměrně snadná a přehledná. Ovšem v případě křižovatky se SSZ (Obrázek 7.4), kde na jednotlivých ramenech jsou minimálně dva řadící pruhy a navíc další konfliktní body vznikají v místě křížení jednotlivých proudů, stává se tato úloha lehce nepřehlednou a komplikovanější. Tato část vyžaduje pečlivé prozkoumání situace a pohybů jednotlivých proudů a určit ty z nich, které jsou kolizní (dle signálního plánu).

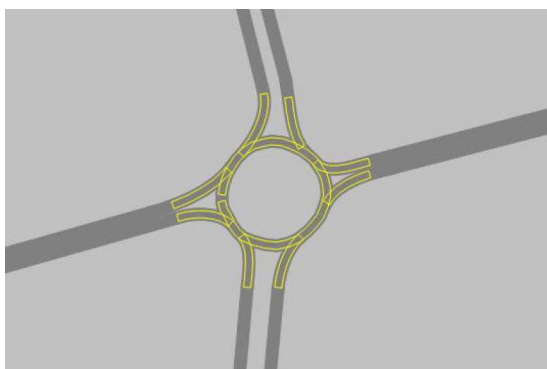


Obrázek 7.3: Conflict areas OK

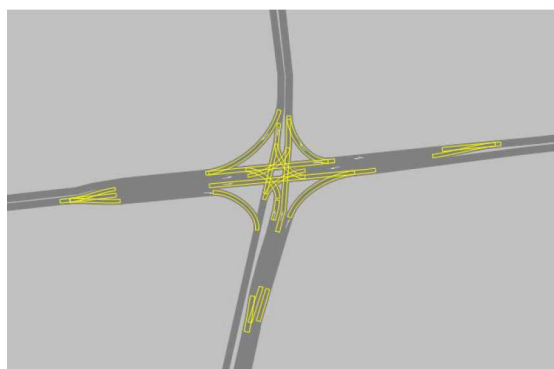


Obrázek 7.4: Conflict areas SSZ

V tuto chvíli již vozidla v konfliktních místech vzájemně reagují, nicméně pohybují se stále konstantní rychlostí. Tato skutečnost ovšem nekoresponduje s reálným provozem, kde právě okružní křižovatka je využívána jako jeden z prvků zklidňování dopravy. Jednou z možností, jak zajistit snížení rychlosti vozidel je prvek „reduced speed areas“. Pomocí tohoto nástroje lze definovat oblasti (Obrázek 7.6 a Obrázek 7.5), kde se mají vozidla pohybovat danou rychlostí.



Obrázek 7.6: Reduced speed areas (1)



Obrázek 7.5: Reduced speed areas (2)

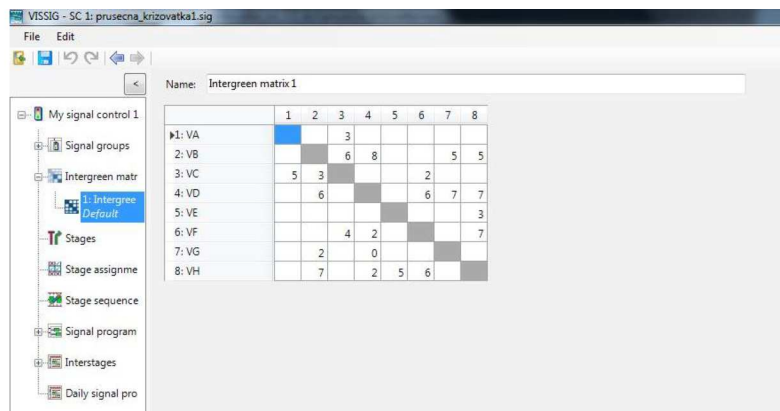
Závěrem této části je nutno podotknout, že při tvorbě je možné, mnohdy i nutné, správně nastavit řadu různých parametrů, případně je optimalizovat v závislosti na požadovaném nebo pozorovaném chování vozidel v síti, jejichž popisem se tato práce nebude detailně zabývat. Typickým příkladem je optimální nastavení parametrů pro „conflict areas“. Jejich úpravou lze měnit chování vozidel tak, aby využívala i kratší časové mezery pro vjezd na okružní pás křižovatky, což lépe vystihuje charakter městského provozu. Právě tyto úpravy značně ovlivňují výsledné chování modelu a jeho korelaci se skutečným provozem. Dalším příkladem může být optimální nastavení rychlosti v různých částech křižovatek (odbočovací pruh, okružní pás). Tímto vzniká ještě poměrně hrubší model, který ale nicméně vykazuje jistou podobnost s modelovanou skutečností či začíná dostávat podobné rozměry jako modelované navrhované řešení. Stejně tak vložené obrázky mají spíše funkci informační a nemusí se nutně jednat o výslednou podobou jednotlivých prvků či částí modelů.

Model stávajícího stavu je nicméně v tomto kroku téměř hotov a je funkční, je pouze nezbytné správně odladit různé parametry (jak bylo naznačeno v předchozím odstavci). Model navrženého řešení ovšem ještě postrádá systém řízení, který je nutné do modelu vložit a správně nastavit. V tuto chvíli je to tedy spíše model průsečné neřízené křižovatky.

7.4 SSZ v modelu

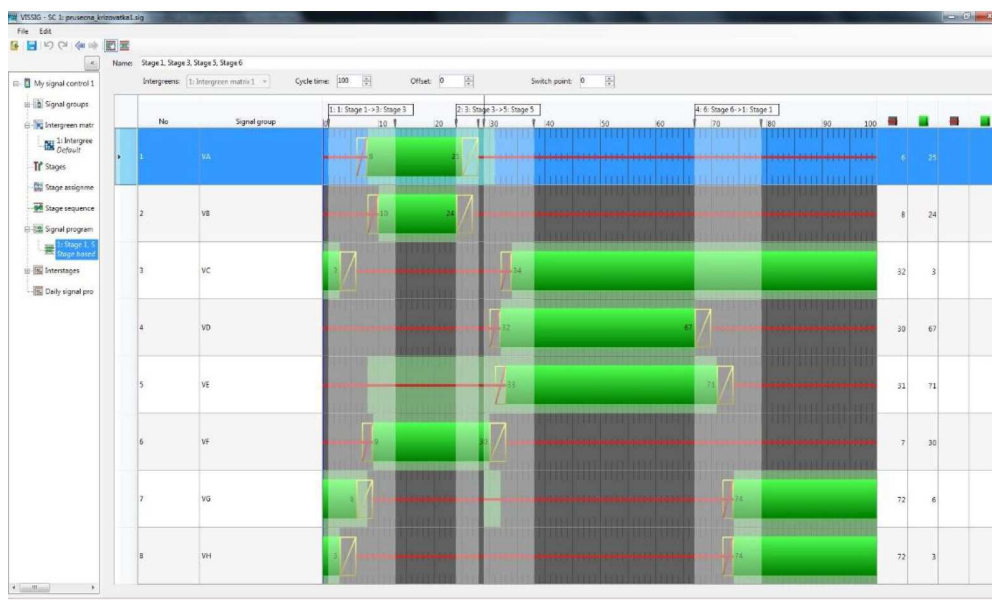
V pracovním prostředí PTV Vissim je samozřejmě možné vytvářet signální plány pro světelně řízené křižovatky. Celý tento proces probíhá pomocí nástroje

VISSIG (Obrázek 7.7), kde se postupně nadefinují všechny signální skupiny, jejich označení, sekvence symbolů na návěstidle a jejich minimální délky. Tímto vzniká základ pro tabulku mezičasů, jejíž hodnoty jsou obsaženy v dopravní studii společnosti AŽD Praha.



Obrázek 7.7: VISSIG

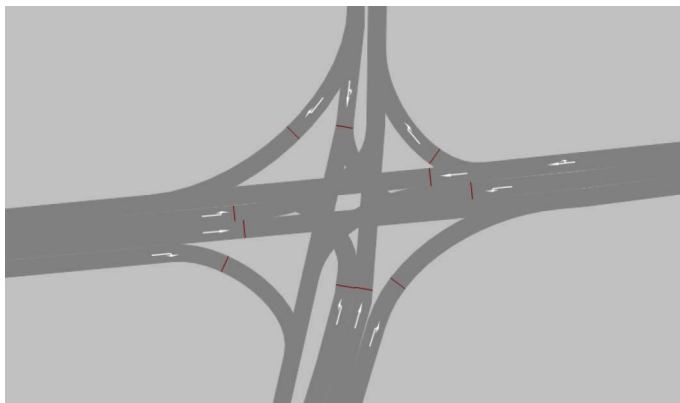
V nástroji VISSIG se dají posléze vytvořit fáze, kterým se přiřadí příslušné signální skupiny. Dále je na základě těchto dat vytvořen samotný signální plán (Obrázek 7.8), který je možné dále upravovat do požadovaného tvaru. Opět byl využit plán dostupný ve studii pro finální podobu signálního plánu v mikroskopickém simulačním modelu.



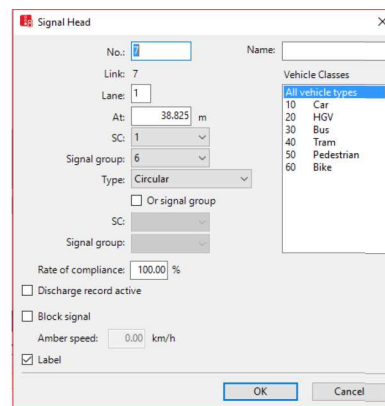
Obrázek 7.8: Signální plán v modelu

Zároveň dojde k vytvoření potřebných fázových přechodů, které lze ovšem i ručně upravit. Stejně tak je možné nadefinovat další fázové přechody, které jsou potřebné pro případné dynamické řízení. Tak tomu bylo i v tomto případě.

Takto je řízení pomocí SSZ připraveno pro použití na křižovatce, nicméně zde ještě chybí nadefinování a umístění jednotlivých návěstidel. Toho se docílí pomocí funkce „signal heads“ (dále jen SH). Tyto prvky je posléze nutné vhodně rozmístit na pozice stopčár (Obrázek 7.9), protože vozidla zastavují v jejich těsné blízkosti. Jak je patrné z obrázku (Obrázek 7.10), každému z těchto prvků lze poté definovat řadu parametrů.

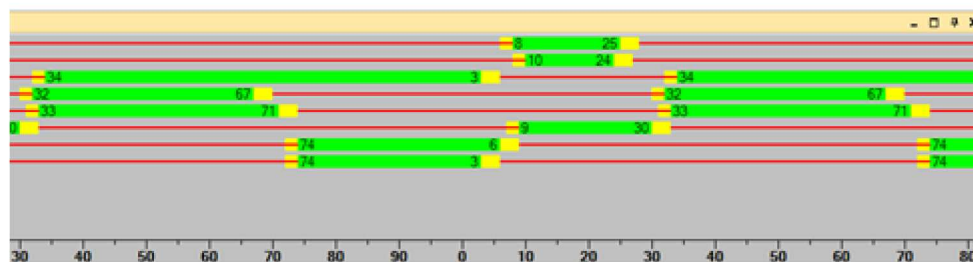


Obrázek 7.9: Signal heads



Obrázek 7.10: Parametry SH

Nicméně nejdůležitější volby se skrývají pod označením „SC“ a „Signal group“. První zmíněný parametr přiřazuje pro jednotlivé návěstidlo příslušný signální plán (v tomto případě zde máme pouze jeden, tudíž u všech návěstidel zůstává stejná volba). Druhý poté propojuje příslušné návěstidlo s odpovídající signální skupinou definovanou v signálním plánu. Tímto se dosáhne správné funkce světelné signalizace. Funkčnost SSZ lze ověřit například pomocí okna „Signal times table“, které v průběhu simulace zaznamenává funkci SSZ. Výsledek je poté možné porovnat s původním signálním plánem. Z obrázku (Obrázek 7.11) je patrná shoda s výše uvedeným signálním plánem, můžeme tedy SSZ považovat za funkční.



Obrázek 7.11: Signal times table

Tímto je v podstatě dokončena i tvorba modelu průběžné křižovatky, nicméně ani jeden z modelů v tomto tvaru neumožňuje sběr dat, který je samozřejmě naprosto zásadní pro potřeby této práce. V následující části se tato práce zaměří na popis jednotlivých detektorů a parametry dopravního proudu, které je možné takto měřit.

7.5 Detektory

V předchozích částech byl nastíněn postup, jakým vznikaly oba simulační modely a byly zde uvedeny možnosti a způsoby, jak je lze upravovat tak, aby lépe vystihovaly simulovanou realitu či navrhované řešení. Funkčnost modelů je tedy zajištěna a je možné pozorovat chování jednotlivých vozidel a sbírat důležitá data o provozu na těchto dvou křižovatkách.

Ke sběru dat slouží různé prvky, v tomto případě byly použity dva. Tím prvním je prvek „queue counters“ (dále jen QC), který byl umístěn na každé k ramen jak okružní, tak průsečné křižovatky. V případě současného stavu byly tyto detektory umístěny do vzdálenosti cca 50 m od hrany okružní křižovatky. Znamená to tedy, že prvních několik vozidel (cca 8 až 9) stojících na každé větvi není považováno za kolonu. V případě průsečné křižovatky byly detektory umístěny před řadicí pruhy. Pokud tedy vozidla zaplní při čekání na signál volno pouze řadicí pruhy, nebude to považováno za kolonu. Pro tato měření existují výstupní listy, kde se dané parametry zaznamenávají. Příslušný list výstupu lze upravit tak, aby zde byly zobrazeny pouze relevantní parametry, z nichž mezi nejdůležitější patří identifikace příslušného detektoru, délka kolon, maximální délka kolony a počet zastavení v koloně. Všechny tyto parametry lze sledovat v předem definovaných intervalech.

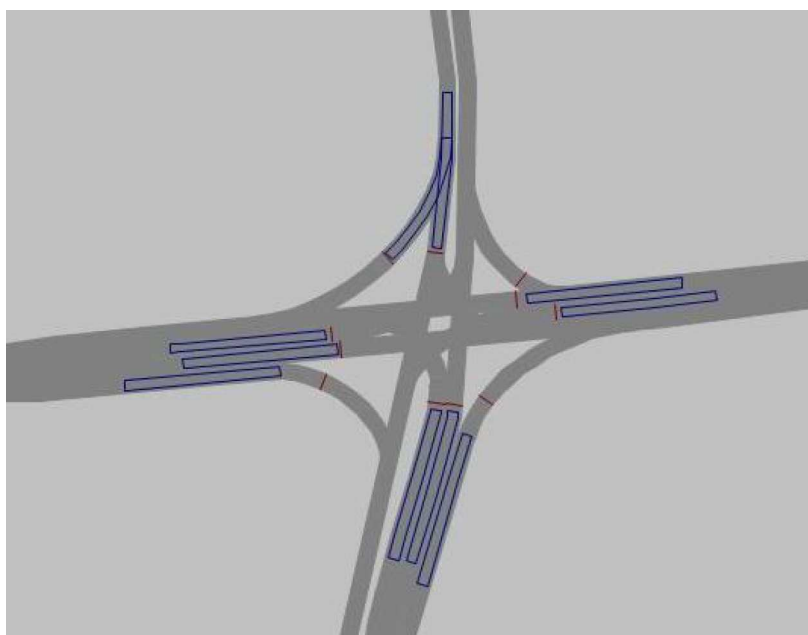
Druhým použitým detektorem je prvek nazvaný „Vehicle travel times“ (dále jen VTT). Ten je na rozdíl od QC párový, znamená to tedy, že se jedná v podstatě o úsekové měření s daným začátkem a koncem. U okružní křižovatky byly počátky i konce umístěny původně cca 50 m od hrany OK. Takto získaná data by ovšem podléhala značnému zkreslení, protože by data nebyla ovlivněna kolonami, které samozřejmě tvoří, i když negativní, součást křižovatky. Proto byly počátky detektorů posunuty o cca 500 m proti směru jízdy, vyjma severního ramene, které je relativně krátké a 500 m by znamenalo kolonu zasahující hluboko do parkoviště. Detekční plochy se tedy do jisté míry kryjí s QC. Na severních ramenech byl počátek posunut pouze o 100 m.

U navrhovaného řešení byly umístěny opět před začátek řadicích pruhů a koncové prvky ve vzdálenosti odpovídající délce řadicích pruhů v protisměru. I zde byly počátky posunuty podobně jako u OK. Protože se jedná o párový detektor, bylo nezbytné na každé rameno umístit tři počáteční prvky tak, aby byly pokryty veškeré směry. Vzniká tak 12 detekčních ploch na každé z křižovatek.

Jak vyplývá z názvu, detektor poskytuje data o době jízdy mezi místy danými prvky detektoru, zároveň zaznamenává počet těchto vozidel. Další data lze získat z karty „delay results“, kam se z tohoto detektoru zaznamenává průměrný počet zastavení v daném intervalu vyhodnocení a průměrná doba zdržení

vozidel. Tato data jsou důležitá pro další vyhodnocení. Výhodou tohoto měření je skutečnost, že opravdu zaznamenává pouze dobu zdržení, což je rozdíl mezi celkovou dobou jízdy a ideální dobou jízdy (tedy takovou, kdy vozidlo není nijak ovlivněno či zpomaleno). Modely tedy poskytují data, která se týkají počtu zastavení vozidel, doby zdržení a cestovní doby na definovaných drahách a informace o délkách kolon na jednotlivých ramenech v okolí křižovatek. Na základě těchto dat bude provedeno závěrečné vyhodnocení kvality dopravy.

Další použité detektory se týkají pouze dynamického řízení, kde musí být pro zajištění funkčnosti definovány detekční plochy podobné těm skutečným. Vzhledem k tomu, že v návrhu jsou definovány plochy videodetekce, byly v modelu navrženy detektory o délce 30 m na příslušných řadících pruzích (Obrázek 7.12). Tyto detektory jsou využity pro vyhodnocování časové mezery a obsazenosti, což jsou dva parametry potřebné pro správné fungování dynamického řízení (viz dále). Tyto detektory jsou označeny čísly 1-10 s tím, že číslo 1 má detektor pro pravé odbočení na severním rameni a dále jsou detektory číslovány po směru hodin.



Obrázek 7.12: Plochy detekce

Následující tabulky (Tabulka 7.1 a Tabulka 7.2) přehledně shrnují a popisují přehled detektorů a měřených parametrů, které jsou v modelech měřeny.

Tabulka 7.1: Přehled detekce (1)

Vehicle Travel Times	
Počet	12 párů
Umístění	OK: Počátek vždy cca 550 m před hranou OK, konec cca 50 m za hranou OK, u severního ramene počátek cca 150 m před hranou OK
	SSZ: Počátek vždy cca 500 m před začátkem řadicích pruhů, konec na úrovni počátku řadicích pruhů v protisměru, u severního ramene počátek cca 100 m před začátkem řadicích pruhů
Parametry	Počet vozidel, průměrný počet zastavení, průměrná doba zdržení, střední doba jízdy

Tabulka 7.2: Přehled detekce (2)

Queue counters	
Počet	4
Umístění	OK: cca 50 m před hranou OK, detekuje kolony do max. délky 1000 m
	SSZ: cca 50 m před počátek řadicích pruhů, detekuje kolony do max. délky 1000 m
Parametry	Průměrná délka kolony, maximální délka kolony, počet zastavení v koloně

7.6 Dynamické řízení

V současné době je u nově budovaných křižovatek součástí dokumentace (resp. jejího příslušného stupně) také návrh dynamického řízení, případně doplněného o preferenci vozidel MHD (je-li to vhodné). Návrh SSZ této křižovatky počítá s izolovaným dynamickým řízením s proměnnou délkou cyklu. Návrh počítá s využitím ploch videodetekce na jednotlivých ramenech křižovatky a pro detekci vozidel MHD osazení nejbližšího okolí inframajáky. Ovšem zadání projektu s aktivní preferencí autobusů MHD nepočítá, její realizace je možná pouze při finančním krytí ze strany DP. Tato část ovšem bude dále řešena v dalším stupni projektové dokumentace.

V podkladech není nikde popsáno, jakým způsobem bude dynamické řízení zpracováno, nicméně v modelu bude takové řízení provedeno. Pro účely této práce bylo dynamické řízení vytvořeno na základě autorových znalostí osvojených během studia, ovšem bez preference vozidel MHD. Vzhledem k tomu, že v modelu je uvažována špičková hodina, bylo by takové opatření poměrně nadbytečné a příliš komplikované.

Samotná řídicí logika byla vytvořena v nástavbě VisVAP programu PTV Vissim. Tento nástroj umožňuje vytvářet řídicí algoritmy, které je následně možné

implementovat do samotného modelu. Zároveň takto vytvořená logika využije informace vložené do modelu při tvorbě pevného signálního plánu (jak je popsáno v části zabývající se pevným řízením v modelu).

Základní myšlenka celého řízení je poměrně jednoduchá. Prodlužovat či zkracovat délku zelené v závislosti na časové mezeře mezi vozidly příslušných směrů a prověřením, zda je nutné zařadit další fázi v pořadí (pro sled fází viz příslušnou kapitolu), či fázi vynechat a přejít na další. Nelze očekávat, že při simulaci špičkové hodiny bude docházet k vynechání jedné z fází, ale i přesto tuto možnost řízení obsahuje. Naopak je možné počítat s jistou změnou délek zelené, dynamické řízení může nalézt rezervy v řízení a tyto přidělit vytíženějším signálním skupinám. Takové řízení také umožňuje přerozdělovat délky zelené v závislosti na měnícím se dopravním zatížením a pokrývat rozdíly v intenzitách mezi studií a průzkumem provedeným pro tuto práci.

Před popisem samotného algoritmu je nutné definovat podmínky, které se v řízení objevují a pomocí kterých dochází buď k výzvě dané fáze, nebo jejímu prodloužení. Celkem bylo použito 8 takových podmínek, 4 prodlužovací a 4 výzvové.

CallStg1 Výzva fáze F1
(Occupancy (3) > 0) OR (Occupancy (7) > 0) OR (Occupancy (8) > 0) OR (Occupancy (9) > 0)

CallStg3 Výzva fáze F3
(Occupancy (1) > 0) OR (Occupancy (2) > 0) OR (Occupancy (6) > 0) OR (Occupancy (7) > 0)

CallStg5 Výzva fáze F5
(Occupancy (6) > 0) OR (Occupancy (7) > 0)

CallStg6 Výzva fáze F6
(Occupancy (3) > 0) OR (Occupancy (4) > 0) OR (Occupancy (5) > 0)

Extend_Stg1 Prodloužení fáze F1
(Headway (3) ≤ MAX_GAP) OR (Headway (8) ≤ MAX_GAP) OR (Headway (9) ≤ MAX_GAP) OR (Headway (10) ≤ MAX_GAP)

Extend_Stg3 Prodloužení fáze F3
(Headway (1) ≤ MAX_GAP) OR (Headway (2) ≤ MAX_GAP) OR (Headway (6) ≤ MAX_GAP) OR (Headway (7) ≤ MAX_GAP)

Extend_Stg5

Prodloužení fáze F5

 $(\text{Headway (6)} \leq \text{MAX_GAP}) \text{ OR } (\text{Headway (7)} \leq \text{MAX_GAP})$

Extend_Stg6

Prodloužení fáze F6

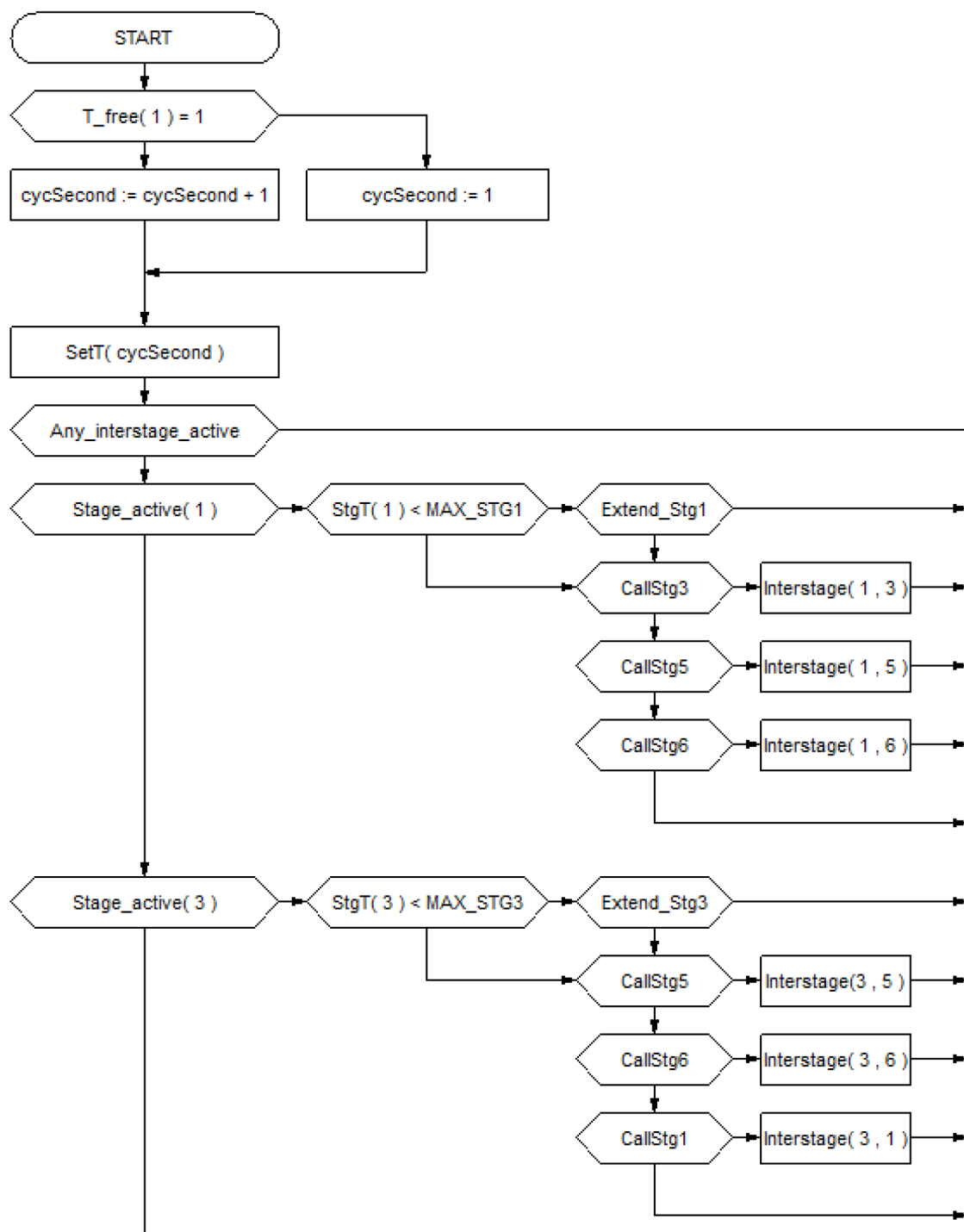
 $(\text{Headway (3)} \leq \text{MAX_GAP}) \text{ OR } (\text{Headway (4)} \leq \text{MAX_GAP}) \text{ OR } (\text{Headway (5)} \leq \text{MAX_GAP})$

Jednotlivá čísla v závorkách odkazují na příslušné detektory (Obrázek 7.12), jejichž popis je uveden v závěru předchozí části. Podmínky pro výzvu fungují na jednoduchém principu, ověřují obsazenost detektorů pro jednotlivé signální skupiny, které patří do dané fáze. Prodlužovací podmínky porovnávají časovou mezeru vozidel s hodnotou MAX_GAP, pokud je hodnota časové mezery menší či rovna této maximální, je fáze prodloužena.

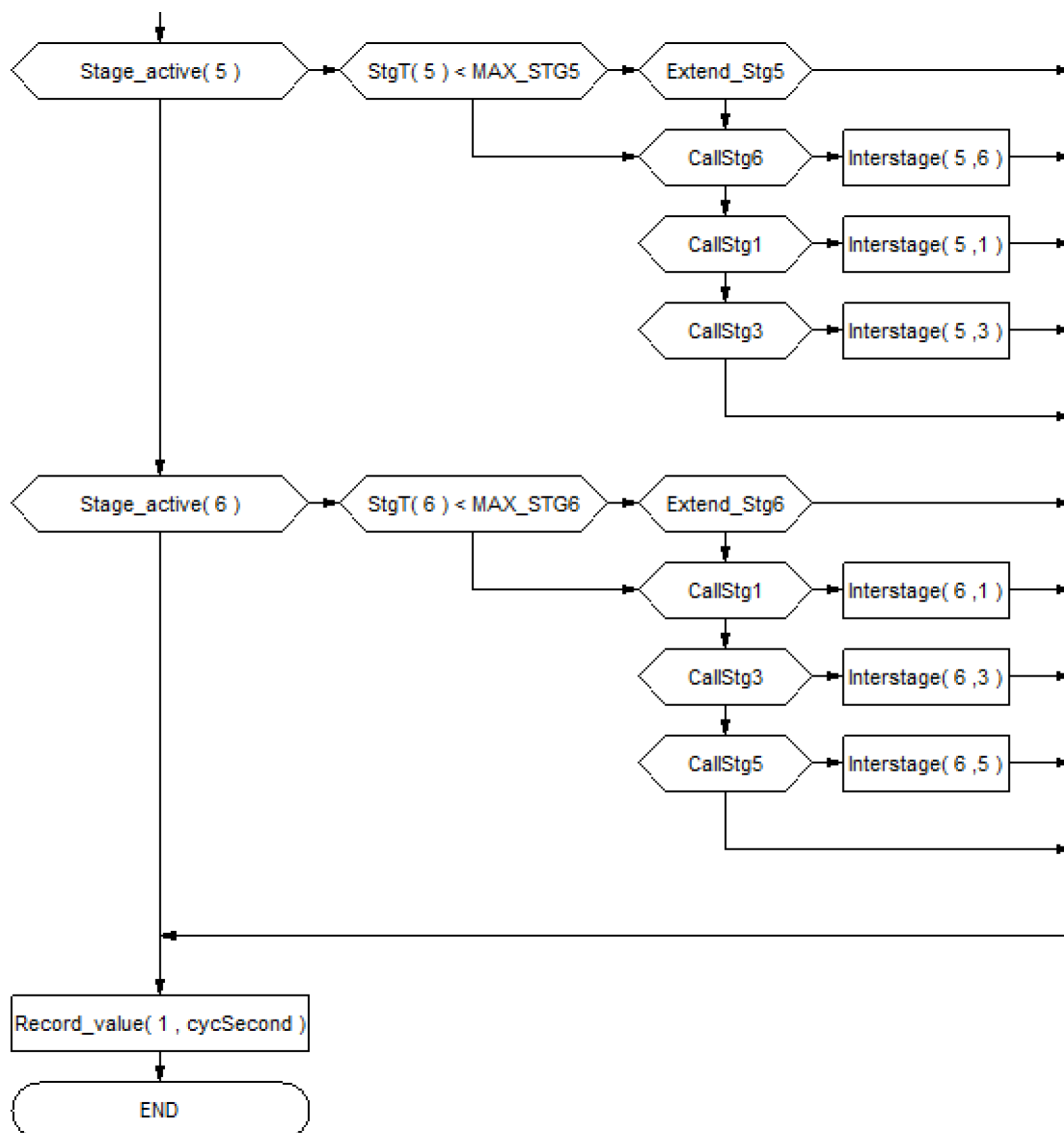
Nyní tedy k samotnému algoritmu (Obrázek 7.13 a Obrázek 7.14), který je uveden na následujících stránkách. Úvodní část není pro samotné řízení nezbytná, pouze počítá délku cyklu. Samotné řízení začíná prvním dotazem „Any_interstage_active“. Tímto dochází k ověření, zda není některý fázový přechod právě aktivní. Dále v podstatě následuje část, která se algoritmu opakuje několikrát. Obecně tato část vyhodnocuje, zda je daná fáze aktivní (Stage_active (x), kde x je číslo fáze). Při kladné odpovědi⁶ algoritmus ověřuje, zda délka příslušné fáze dosáhla svého maxima ($\text{StgT (x)} < \text{MAX_STGx}$). Maxima délek fází se definují v podokně parametrů.

Pokud fáze nedosáhla svého maxima, dostává se řízení k dalšímu dotazu. Zde se ověřuje nutnost prodloužit fázi (Extend_Stgx) na základě měření časových mezer. Pokud není podmínka splněna, přechází diagram k dalším podmínkám. Zde se ověřuje, zda bude následovat další fáze (CallStgx) dle sledu fází (F1-3-5-6-1), či bude tato fáze vynechána. Při vynechání fáze se celý proces takto opakuje s dalšími. V případě zařazení fáze následuje příslušný fázový přechod (Interstage (x, y)). Fázové přechody již byly vygenerovány při tvorbě pevného signálního plánu. Tímto způsobem tedy algoritmus prochází jednotlivé možnosti a vyhodnocuje jejich splnění.

⁶ Pozn: U podmínek je kladná odpověď směrem doprava, záporná dolů



Obrázek 7.13: Algoritmus řízení



Obrázek 7.14: Algoritmus řízení (2)

Kapitola 8

8 Vyhodnocení

8.1 Úvod

Vyhodnocení získaných dat z mikroskopických simulačních modelů tvoří zásadní část této práce. Vyhodnocovány jsou tři varianty, jedna pro současný stav a dvě pro návrh. Varianty pro návrh se liší způsobem řízení, kdy jedna varianta je řízena pevným signálním plánem (ze studie), pro druhou bylo pro potřeby této práce navrženo dynamické řízení [1].

Samotnému vyhodnocení předcházela řada ověřovacích měření, jejichž cílem bylo odhalit různé nedostatky a problémy spojené nejen se zajištěním logického fungování modelů (př. přednost v jízdě), ale také aby měřená data odpovídala skutečnosti (v případě okružní křižovatky) či neodporovala zdravému rozumu (př. aby cestovní rychlost vozidel nepřekračovala nejvyšší povolenou rychlost). Pro samotné vyhodnocení bylo posléze provedeno pro každou variantu 30 simulací a vyhodnocení je tedy založeno na datech z těchto celkem 90 simulací. Celková doba simulace je 4200 s, ovšem úvodních 600 s slouží jako zahřívací perioda, během jejíhož trvání nebyla data zaznamenávána. Během tohoto časového intervalu dojde k naplnění křižovatky vozidly. Výsledkem jsou data odpovídající jedné hodině provozu během dopravní špičky.

Navrhované řešení by mělo přinést pozitivní změnu provozu na této křižovatce. Dle kapacitního posouzení lze očekávat snížení doby zdržení a s ním redukcí délek kolon. Tento fakt podporuje i stavební uspořádání navrhovaného řešení, kde jednotlivé vjezdy mají dva či tři řadící pruhy. Pokud na jednotlivých ramenech již nebudou dlouhé kolony, jak je tomu v současnosti, lze počítat i se snížením počtu zastavení. Zároveň tím vzniká předpoklad pro růst cestovní rychlosti a kvality dopravy obecně. Vzhledem k tomu, že se jedná o simulaci špičkové hodiny, nelze očekávat výrazné rozdíly mezi řízením s pevným plánem a dynamickým řízením. Jisté rozdíly mohou být způsobeny rozdíly v intenzitách, kdy simulace pracuje s jinými hodnotami, než na jaké byl signální plán počítán. Zde může dynamické řízení tyto rozdíly potlačovat prostým prodlužováním a zkracováním délek volno. Jak velké rozdíly ve výsledných datech to způsobí, bude také na následujících stránkách popsáno.

8.2 Kvalita dopravy

Abychom mohli porovnávat různé uspořádání křižovatek, nebo obecně různé druhy křižovatek, je nutné stanovit a popsat parametry, kde jsou pro provoz důležité a které lze měřit u porovnávaných variant. Křižovatky v tomto případě jako takové jsou značně rozdílné, v podstatě společné je pro ně pouze to, že se jedná o křížení pozemních komunikací. Liší se jak počtem jízdních (či řadicích) pruhů, úpravou přednosti, způsobem řízení či samotným způsobem průjezdu křižovatkou.

Pro kvalitu dopravy jsou určující zejména dva parametry, které již byly zmíněny v kapitole zabývající se popisem detektorů v modelech. Prvním z nich je počet zastavení vozidel. Čím vyšší je tato hodnota, tím je kvalita dopravy nižší. Pokud je vozidlo nuceno opakovaně zastavovat a opět se poté rozjíždět, je takový způsob dopravy neekonomický a také neekologický (z důvodu ztráty energie a následného zpětného získávání). Vyšší hodnoty počtu zastavení mohou také znamenat potenciální kongesci.

S kongescemi je také spojen druhý ukazatel, doba zdržení. Také v tomto případě platí, že vyšší hodnoty nejsou žádoucí. Čas strávený v koloně je výrazně ztrátový, proto by mělo být snahou dopravního inženýra tyto negativní projevy eliminovat.

Cílem tedy je hledat taková řešení, pro které budou kombinace těchto parametrů dosahovat minim. Důležité je ovšem stanovit váhu obou těchto parametrů. Zastavení a následné rozjetí vozidla se dá na základě řady parametrů přepočítat na množství energie a ta se následně dá vyjádřit pomocí ceny za spotřebované palivo. Stejně tak se dá vyjádřit cena za hodinu zdržení na osobu.

Posouzení kvality dopravy na OK a křižovatce se SSZ tedy bude závislé na snaze minimalizovat náklady na dopravu v závislosti na počtu zastavení a době zdržení. K tomu účelu poslouží ukazatel PI, Performance index.

Tento kvalitativní ukazatel je založen právě na počtu zastavení a době zdržení a jejich ceně. Snahou je tedy nalézt z daných variant tu, která bude dosahovat nejnižších hodnot PI. Součástí vyhodnocení také budou tvořit další charakteristiky dopravy, které poskytují další pohled na možné varianty a popisují detailněji charakter provozu na křižovatce, a jak se tento charakter mění či liší v jednotlivých variantách.

8.3 Rychlost

Rychlost, společně s intenzitou a hustotou patří mezi základní parametry dopravního proudu. Zároveň je to parametr, který je řidiči výrazně vnímán jak v pozitivním, tak negativním slova smyslu. Zaměřují se na ni výrobci vozidel, ve společnosti se často diskutují místní úpravy rychlosti. Přitom ne vždy musí být vyšší rychlost lepší. Časový rozdíl mezi jízdou rychlostí 130 km/h a 150 km/h může být vzhledem k ujeté vzdálenosti relativně malý (rozdíl několika minut při jízdě po dálnici), nicméně riziko plynoucí z vyšší rychlosti již tak zanedbatelné není. Je to pouze jakýsi psychologický efekt, pod jehož vlivem řidiči překračují nejvyšší povolenou rychlost.

I vzhledem k tomu, že je to jeden ze základních parametrů dopravního proudu, je součástí vyhodnocení taktéž rozbor rychlosti, jak se mění v závislosti na typu křižovatky či způsobu řízení. Jakou rychlost ale uvažovat? Celkem v každém modelu existuje 12 různých cest (z každého ramene do třech směrů). Vyhodnocovat 12 různých rychlostí by ovšem nebylo příliš přehledné či vypovídající. Proto se tato práce zabývá pouze rychlostí na jednotlivých ramenech. Výsledkem je tedy rychlost, nazvěme ji střední úseková rychlost (úseky definovány umístěním detektorů), kterou se na jednotlivém rameni pohybuje náhodné vozidlo, tedy takové vozidlo, u kterého nevíme, kterým směrem bude po projetí křižovatkou pokračovat.

Touto výpočtovou rychlostí se vozidla pohybují na definované vzdálenosti před samotnou křižovatkou, při jejím průjezdu a při následném pohybu po zvoleném paprsku. Tato poslední část je relativně krátká (viz umístění detektorů VTT) i vzhledem k tomu, že kapacitní posouzení neukazovalo na potenciální problém na výjezdech. Nejvyšší váhu má tedy samotná jízda na daném vjezdu, která může být značně ovlivněna kongescemi a vlastně tato část, spolu s průjezdem křižovatkou má nejvyšší vliv na kvalitu dopravy a její vnímání samotnými účastníky silničního provozu. Pokud by se kongesce tvořily i na samotných výjezdech, bylo by nezbytné konce detektorů VTT posunout do odpovídající vzdálenosti. V případě plynulého provozu, který není příliš ovlivňován úrovnovou křižovatkou, by se tato rychlost v ideálním případě měla blížit nejvyšší povolené rychlosti.

Zjednodušeně se samotný výpočet skládá ze dvou zásadních kroků. Prvním je výpočet rychlosti pro všech 12 cest. Naměřená data poskytují informace o střední době jízdy pro jednotlivé detektory. Ze vzdálenosti počátečních a koncových prvků lze určit jednotlivé dráhy tak, aby bylo možné počítat přímo konkrétní rychlosti.

Požadovaným výsledkem je ovšem rychlost na jednotlivých vjezdech nezávisle na požadovaném směru jízdy. Vzhledem k tomu, že jednotlivá odbočení jsou

různě dopravně zatížena, je výsledná rychlost váženým průměrem vždy 3 příslušných rychlostí, které odpovídají daným směrům z každého vjezdu, kde váha je dána počtem vozidel. Tímto způsobem je tedy určena střední úseková rychlost vozidel na jednotlivých vjezdech nezávisle na směru jízdy po projetí křižovatkou.

Pro vyšší přehlednost následuje příklad pro jižní rameno OK. Následující tabulka (Tabulka 8.1) zobrazuje vstupní hodnoty a výsledky prvního kroku.

Tabulka 8.1: Modelový výpočet rychlosti

Detektor: SMĚR	Intenzita [voz/h]	Vzdálenost [m]	Střední doba jízdy [s]	Rychlost [m/s]
4: jih -> západ	120	671,42	164,62417	4,078502
5: jih -> sever	201	646,02	165,55886	3,902056
6: jih -> východ	392	621,81	157,71263	3,942677

Jak je vidět z tabulky (Tabulka 8.1), rychlosti v jednotlivých směrech na jižním vjezdu jsou poměrně nízké, pohybují se mezi 14 a 15 km/h. Pokud ovšem vezmeme v úvahu kapacitní problém tohoto ramene, je dosažená střední úseková rychlost jednotlivých směrů v simulaci poměrně vysoká. Ovšem celkové porovnání a rozbor hodnot bude následovat v dalších částech, tato tabulka je pouze orientační.

Druhým krokem je výpočet výsledné rychlosti. Jak již bylo řečeno, tato rychlost je váženou střední hodnotou, ve tvaru 8.1:

$$\bar{v}_j = \frac{\sum_{i=4}^6 v_i n_i}{\sum_{i=4}^6 n_i} \quad 8.1$$

Kde

\bar{v}_j – výsledná úseková rychlost jižního ramene

v_i – úseková rychlost jednotlivých ramen

n_i – intenzita daného směru.

Výsledkem je tedy jedna hodnota rychlosti pro každé rameno, v tomto případě vypadá výpočet a výsledek takto (8.2, 8.3):

$$\bar{v}_j = \frac{4,0078502 * 120 + 3,902056 * 201 + 3,942677 * 392}{120 + 201 + 392} \quad 8.2$$

$$\bar{v}_j = 3,95409 \frac{m}{s} \cong 14,23 \text{ km/h} \quad 8.3$$

Zohlednění počtu vozidel způsobí, že méně vytížené směry nezkrusují výslednou rychlost tak, jak by tomu bylo u aritmetické střední hodnoty. Takto

získané hodnoty lépe popisují rychlost náhodně vybraného vozidla v dopravním proudu na daném rameni.

Tímto způsobem byly vypočítány střední úsekové rychlosti pro všechna ramena ve všech modelech a simulacích jako jedna z charakteristik, která by měla pomoci lépe teoreticky popsat situaci způsobenou navrhovanou změnou.

Jakým způsobem dle simulace ovlivní nové uspořádání křižovatky rychlost dopravního proudu na jednotlivých ramenech, bude popsáno v následujících podkapitolách.

8.3.1 Rameno Kostelecká (od západu)

Západní rameno křižovatky je prvním vyhodnocovaným. Dle kapacitního posouzení okružní křižovatky podle TP 234 (viz kapitolu 5.4) dosahuje současná úroveň kvality dopravy stupně E, tedy nejnižšího možného. Z výpočtů plyne, že tento stav není trvale udržitelný vzhledem k nízké rezervě kapacity (5 pvoz/h). Zároveň střední doba zdržení dosahuje hodnoty téměř 93s, délka kolony podle TP 234 dosahuje více než 186 m. Můžeme tyto hodnoty porovnat s ekvivalentními hodnotami kapacitního posouzení světelně řízené křižovatky podle TP 235 (viz kapitolu 5.5), kdy tomuto vjezdu odpovídají signální skupiny VG a VH. Pro obě tyto signální skupiny byla výpočtem dosažena ÚKD stupně C, tedy výrazně vyšším, než v případě OK. Toto zlepšení se také projevuje v nižší hodnotě střední doby zdržení a redukci délek front. Nutno podotknout, že v případě SSZ má tento vjezd celkem tři řadičí pruhy (jeden pro každý směr), změna k lepšímu je tedy více než očekávatelná.

Jak se tedy tato fakta odrážejí při simulacích na dosahovaných rychlostech vozidel na tomto rameni?

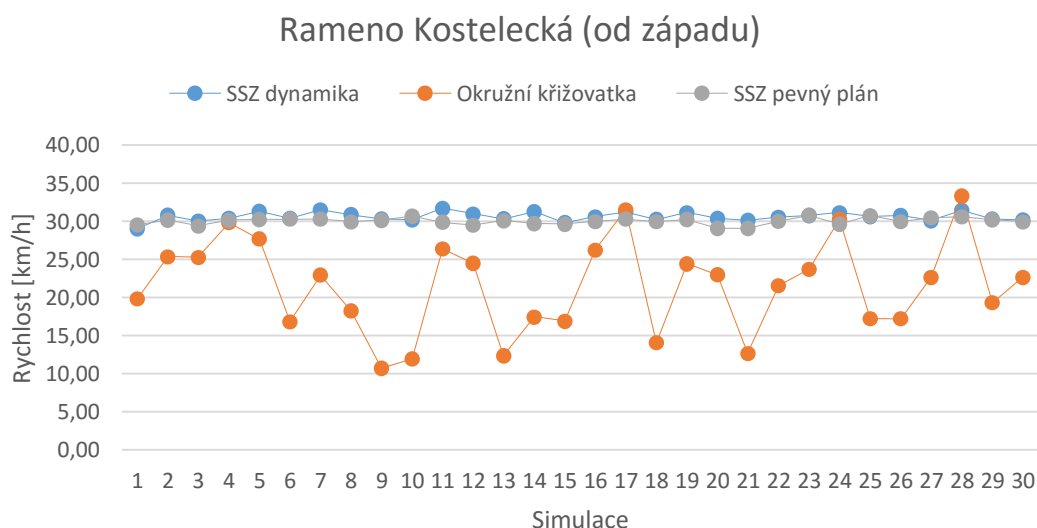
Následující tabulka (Tabulka 8.2) zobrazuje střední úsekové rychlosti (v km/h) pro západní rameno vypočítané dle principu, který byl již dříve popsán. V jednotlivých sloupcích jsou rychlosti z jednotlivých modelů, ve spodní části jsou uvedeny střední hodnoty pro jednotlivé modely a příslušné směrodatné odchylky. Graf (Obrázek 8.1) pouze znázorňuje tytéž hodnoty v poněkud názornější podobě. Z hodnot a grafu jsou patrné některé věci. Model OK vychází v tomto případě jako nejhorší varianta, střední hodnota z rychlostí je nejnižší, což plně koresponduje s poznatky z kapacitního posouzení. Patrná je také vyšší hodnota směrodatné odchylky, která poukazuje na značné výkyvy rychlosti (což je nejvíce patrné z grafického znázornění).

Tabulka 8.2: Rychlosti (1)

Rameno Kostelecká (od západu)			
Simulace	Okružní křižovatka	SSZ pevný plán	SSZ dynamika
1	19,83	29,54	29,02
2	25,36	30,17	30,79
3	25,26	29,39	30,04
4	29,82	30,14	30,41
5	27,69	30,28	31,31
6	16,83	30,29	30,41
7	22,94	30,32	31,52
8	18,25	29,93	30,87
9	10,71	30,14	30,32
10	11,96	30,68	30,24
11	26,39	29,86	31,70
12	24,49	29,50	30,98
13	12,37	30,10	30,33
14	17,45	29,71	31,26
15	16,91	29,63	29,82
16	26,24	29,97	30,61
17	31,53	30,30	31,23
18	14,06	29,95	30,25
19	24,43	30,26	31,14
20	22,99	29,07	30,40
21	12,67	29,07	30,13
22	21,54	30,00	30,55
23	23,70	30,79	30,79
24	30,26	29,62	31,16
25	17,24	30,74	30,64
26	17,23	29,96	30,77
27	22,67	30,47	30,11
28	33,34	30,59	31,47
29	19,33	30,21	30,30
30	22,66	29,94	30,17
Střední hodnota	21,539	30,020	30,625
Směrodatná odchylka	6,068	0,444	0,579

Tyto výkyvy jsou způsobeny několika faktory. Prvním důvodem jsou rozdílné intenzity v jednotlivých simulacích, které reprezentují variace dopravy. V tomto případě se asi nejvíce blíží týdenním variacím, kdy doprava dosahuje obdobných, přesto ale rozdílných, intenzit v průběhu pracovního týdne.

Dalším, a možná i podstatnějším důvodem je samotný způsob řízení OK. Dopravní proud v podstatě není harmonizován a tento fakt může působit takové rozdíly v dosažených rychlostech.



Obrázek 8.1: Graf rychlostí (1)

Pokud se zaměříme na dosahované rychlosti v modelech navrhované změny, je zde na první pohled patrný nárůst jak samotných rychlostí, tak i středních hodnot. Oproti OK je zde nárůst o 40% ve výsledné střední hodnotě. Taková změna je již poměrně podstatná a poukazuje na zlepšení provozu na tomto rameni. Dalším faktem je dramatický pokles směrodatné odchylky, což ukazuje na vyrovnanost dosahovaných rychlostí. Tuto změnu lze přikládat právě způsobu řízení, kdy světelná signalizace v podstatě garantuje jednotlivým dopravním proudům časový úsek pro projetí samotnou křižovatkou. Vliv samozřejmě také mají stavební úpravy, které umožňují průsečné křižovatce využít více řadicích pruhů. To je v případě OK s jedním jízdním pruhem na okružnici nemyslitelné.

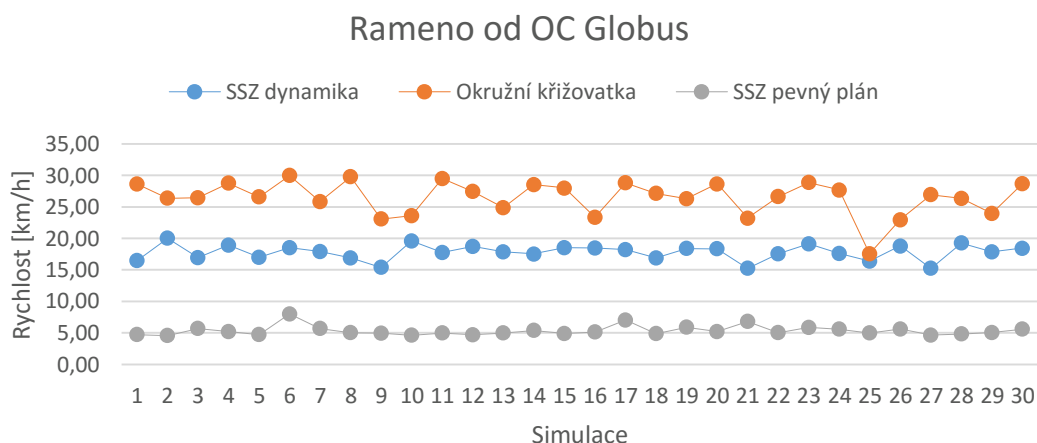
Dynamické řízení zde nezpůsobilo příliš podstatný rozdíl mezi středními hodnotami pro řízení s pevným plánem a dynamickým, je tu sice nárůst vůči řízení s pevným plánem, je ale pouze lehce přes 2%. Dalo by se říci, že takový rozdíl je téměř zanedbatelný. Důvodem pro tento nepatrný rozdíl je pravděpodobně fakt, že intenzity použité pro tvorbu signálního plánu (obojí ze studie) a intenzity v modelu se na tomto rameni příliš neliší, respektive intenzita z průzkumu je celkově nižší. Tento poznatek byl již popsán v příslušné kapitole. Dynamické řízení tak spíše bude při splnění příslušných podmínek délku zelené zkracovat.

8.3.2 Rameno od OC Globus

Druhým vyhodnocovaným vjezdem je severní rameno, které propojuje předmětnou křižovatku a přilehlé parkoviště. Dle kapacitního posouzení OK podle TP 234 dosáhlo toto rameno nejvyššího stupně ÚKD ze všech čtyř vjezdů této okružní křižovatky. Stupeň B značí nízkou dobu zdržení na tomto rameni, taktéž je zde nevyšší rezerva kapacity a teoreticky nejnižší délka fronty.

V navrhovaném řešení odpovídají tomuto rameni signální skupiny VA a VB, které naopak v kapacitním posouzení světelně řízené křižovatky dle TP 235 dosahují spíše střední, až podprůměrné úrovně ÚKD. Právě signální skupina VB dosáhla pouze na stupeň D, což je nejhorší stupeň v tomto posouzení. Vzhledem k tomu, že toto rameno je dopravně nejméně zatíženo, je také nejvíce dopravně podřízené. Navíc v kombinaci s tím, že zde není navržen samostatný JP pro levé odbočení, je výsledný stupeň ÚKD odpovídající.

Na základě tohoto zjištění lze očekávat snížení rychlosti v důsledku změny OK na křižovatku se SSZ, nicméně bližší představu poskytnou až přímo měřená data z jednotlivých modelů.



Obrázek 8.2: Graf rychlostí (2)

Konkrétní data o rychlostech určených dle popsaného principu jsou zobrazena v následující tabulce (Tabulka 8.3). Všechny rychlosti jsou uvedeny v km/h a jsou zde uvedeny hodnoty pro všechny tři modely. Graf (Obrázek 8.2) zobrazuje tyto údaje v názornější podobě.

Na konci tabulky Tabulka 8.3 jsou také uvedeny střední hodnoty pro jednotlivé varianty a směrodatné odchylky. Tyto údaje přináší poměrně zajímavé poznatky. Současný stav na základě střední úsekové rychlosti dosáhl nevyšší hodnoty, naopak SSZ s pevným plánem vykazuje nejnižší hodnoty ze všech. Tato nízká hodnota je jistě způsobena výše popsanou skutečností, nicméně pokles o téměř 80% je opravdu zásadní. Hodnoty pro OK dosahují vyšší směrodatné

odchylky, ale na tomto rameni nejsou výchyly hodnot tak značné, jako tomu je u jiných (viz dále).

Tabulka 8.3: Rychlosti (2)

Rameno od OC Globus			
Simulace	Okružní křižovatka	SSZ pevný plán	SSZ dynamika
1	28,63	4,74	16,49
2	26,41	4,58	20,03
3	26,48	5,71	16,94
4	28,79	5,23	18,94
5	26,60	4,73	17,01
6	30,01	8,02	18,55
7	25,83	5,70	17,92
8	29,81	5,04	16,90
9	23,09	4,97	15,42
10	23,61	4,63	19,62
11	29,51	5,00	17,78
12	27,47	4,71	18,74
13	24,88	5,01	17,85
14	28,57	5,41	17,51
15	27,99	4,91	18,54
16	23,38	5,15	18,48
17	28,84	7,06	18,24
18	27,15	4,91	16,89
19	26,31	5,92	18,41
20	28,66	5,23	18,37
21	23,21	6,82	15,26
22	26,66	5,05	17,55
23	28,90	5,89	19,13
24	27,70	5,61	17,62
25	17,57	4,99	16,40
26	22,96	5,62	18,79
27	26,94	4,66	15,28
28	26,38	4,84	19,28
29	23,97	5,08	17,88
30	28,67	5,61	18,43
Střední hodnota	26,499	5,360	17,809
Směrodatná odchylka	2,720	0,777	1,227

Další zajímavý fakt přináší hodnoty pro dynamické řízení. Zde je vidět, že tento způsob řízení ovlivnil dopravní proud, oproti řízení s pevným plánem je zde nárůst více než trojnásobný. Přesto je tato hodnota o více než 30% nižší než u OK. Nicméně střední hodnota pro řízení s pevným plánem lehce přesahující 5 km/h poukazuje na nedostatek v samotném návrhu řízení. Možným důvodem

tohoto problému je nárůst intenzit získaných z průzkumu (a použitých v modelech) oproti intenzitě použité ve studii. Tento rozdíl byl již popsán v příslušné kapitole.

Zde je ale důležité podotknout, že v rámci tvorby modelů a dynamického řízení zde došlo k jisté úpravě. Na základě pozorování chování modelu s pevným signálním plánem došlo k úpravě maximální délky signálu volno pro signální skupiny VA a VB v modelu s dynamickým řízením. Tato hodnota byla oproti pevnému signálnímu plánu navýšena o 10 s tak, aby nedocházelo k tvorbě kolon na tomto rameni.

Tato úprava je právě reakcí na problém s nárůstem intenzity, kdy celkový rozdíl mezi intenzitou ze studie a získanou z průzkumu činí více než 25%. V praxi by taková situace znamenala nutnost odladit nastavení příslušného řadiče a změnu dopravně inženýrských podkladů. Taková úprava se ovšem netýká dopravní studie, je to otázka spíše dopravního řešení, či případného zkušebního provozu a jeho vyhodnocení.

Z grafické reprezentace výsledků jsou patrné výchylky hodnot, které jsou taktéž popsány hodnotou směrodatné odchylky. Systém řízení (ať s pevným signálním plánem, či s dynamickým řízením) způsobuje harmonizaci dopravního proudu a tím pádem nižší výkyvy rychlostí.

8.3.3 Rameno Kostelecká (od východu)

Dalším ramenem je východní vjezd, kde dle kapacitního posouzení OK podle TP 234 byla stanovena ÚKD na stupeň C. Vjezd tak disponuje dostatečnou rezervou kapacity či nízkou dobou zdržení. Tyto výsledky, spolu s teoretickou délkou kolony, jsou ovšem poněkud v rozporu s pozorovanou skutečností, kdy na tomto rameni byly v době odpolední špičky pozorovány kolony o délce větší než 500 m (popsáno v jedné z úvodních kapitol).

Kapacitní posouzení dle TP 235 pro navrhované řešení, kde danému vjezdu odpovídají signální skupiny VC a VD, přiřazuje těmto signálním skupinám ÚKD stupně A, respektive C. Navrhované řešení by tak mělo přinést radikální změnu kvality dopravy a tato by se měla promítnout i do dosahovaných rychlostí.

Výsledné střední úsekové rychlosti (v km/h) jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 8.4). Graf (Obrázek 8.3) znázorňuje tytéž hodnoty v přehlednější podobě. A co říkají tyto rychlosti o jednotlivých variantách?

Hodnoty pro OK dosahují nejhoršího výsledku ze všech ramen současného stavu i přesto, že ÚKD zde dle výpočtu dosahuje druhého nejlepšího výsledku, stupně C. Zde je patrný rozdíl mezi teoretickým výpočtem a realitou. Výsledná střední hodnota rychlosti je zde horší než na západním rameni, kde ÚKD byla

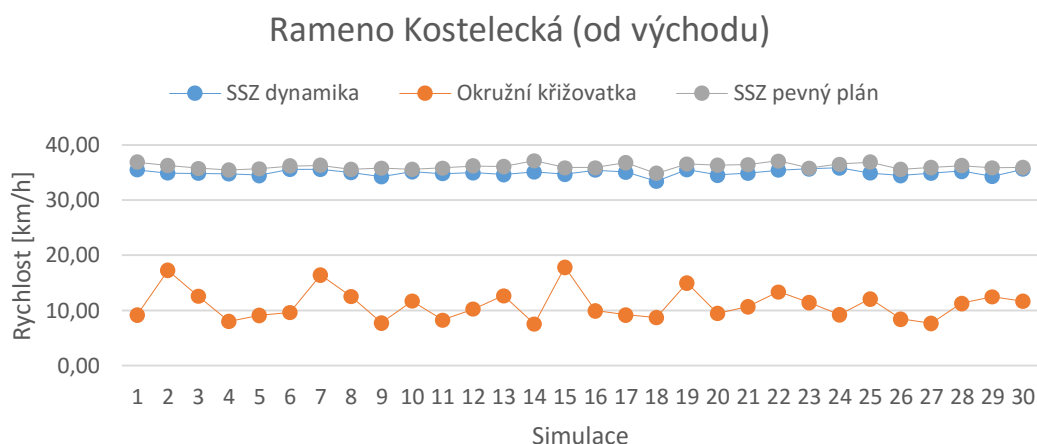
stanovena na stupeň E. Střední hodnota střední úsekové rychlosti těsně přesahující 11 km/h je v porovnání s ostatními na této křižovatce opravdu nízká.

Tabulka 8.4: Rychlosti (3)

Rameno Kostelecká (od východu)			
Simulace	Okružní křižovatka	SSZ pevný plán	SSZ dynamika
1	9,19	36,90	35,51
2	17,29	36,31	34,94
3	12,56	35,78	34,89
4	8,03	35,50	34,79
5	9,10	35,70	34,50
6	9,62	36,22	35,61
7	16,42	36,32	35,61
8	12,51	35,61	35,01
9	7,72	35,80	34,25
10	11,71	35,61	35,17
11	8,25	35,84	34,82
12	10,24	36,23	34,97
13	12,67	36,14	34,68
14	7,52	37,15	35,12
15	17,84	35,90	34,75
16	9,93	35,90	35,46
17	9,17	36,82	35,09
18	8,70	34,88	33,46
19	14,97	36,56	35,56
20	9,46	36,37	34,58
21	10,67	36,45	34,90
22	13,35	37,12	35,46
23	11,43	35,81	35,66
24	9,25	36,55	35,83
25	12,10	36,92	34,95
26	8,41	35,62	34,47
27	7,63	35,93	34,92
28	11,26	36,29	35,25
29	12,45	35,87	34,31
30	11,66	35,93	35,65
Střední hodnota	11,039	36,135	35,006
Směrodatná odchylka	2,823	0,524	0,519

Naopak z modelu pro navrhované řešení vychází toto rameno jako nejlepší. V modelu s pevným signálním plánem dosáhlo nejvyšší rychlosti ze všech. Tento fakt částečně popisuje samotný signální plán, kde má signální skupina VC nejdelší dobu volna. Zde můžeme pozorovat poměrně zajímavý dílčí fakt, a to

ten, že v modelu s dynamickým řízením je střední hodnota nižší, než u řízení podle pevného plánu (ale pouze o cca 3%).



Obrázek 8.3: Graf rychlostí (3)

Podobně jako u ostatním ramen, tak i zde dosahují rychlosti v modelech se SSZ výrazně nižších hodnot směrodatné odchylky, provoz je zde tedy také harmonizován.

8.3.4 Rameno Tupolevova

Posledním vyhodnocovaným ramenem je vjezd Tupolevova. Podle kapacitního posouzení OK je na tomto vjezdu překročena jeho kapacita, což odpovídá ÚKD stupni F. Pro takový stav jsou charakteristické dlouhé kolony, vysoká doba zdržení a tím pádem nízká rychlost. V navrhovaném řešení odpovídají tomuto vjezdu signální skupiny VE a VF, které dosažená ÚKD je na stupni B a C. Zde je tedy ve výpočtech patrný značný rozdíl mezi současným stavem a navrhovaným řešením, které by mělo způsobit značné vylepšení dopravní situace.

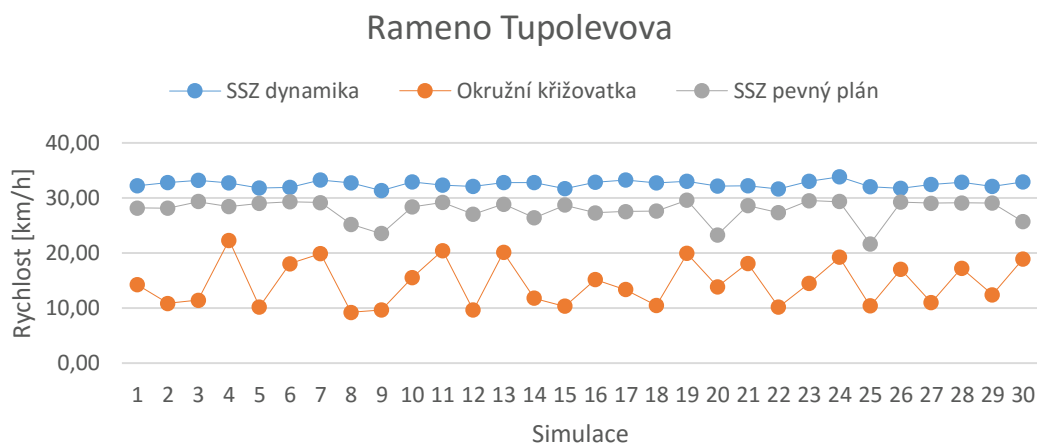
V tabulce (Tabulka 8.5) jsou, stejně jako u ostatních ramen, uvedeny výsledné hodnoty střední úsekové rychlosti v jednotlivých modelech (v km/h), nechybí ani střední hodnota a směrodatná odchylka. Graf (Obrázek 8.4) zobrazuje hodnoty pro jednotlivé simulace.

Podle kapacitního posouzení současného stavu by měla být dopravní situace na tomto rameni nejhorší ze všech, dosahované rychlosti v jednotlivých simulacích tomu nenasvědčují. Ve výsledku na tomto rameni dosahují vozidla vyšších rychlostí než na východním, které bylo v kapacitním posouzení hodnoceno lépe. Střední hodnota rychlosti je ovšem o 47% nižší než v modelu s pevným plánem. Navrhované řešení by zde tedy mělo přinést značné zlepšení. Jak roste střední hodnota rychlosti, tak naopak směrodatná odchylka klesá. Tento fakt je nejvíce patrný právě z grafické reprezentace těchto rychlostí.

Tabulka 8.5: Rychlosti (4)

Rameno Tupolevova			
Simulace	Okružní křižovatka	SSZ pevný plán	SSZ dynamika
1	14,23	28,14	32,21
2	10,82	28,10	32,75
3	11,41	29,34	33,18
4	22,27	28,41	32,71
5	10,19	28,98	31,76
6	18,04	29,29	31,91
7	19,88	29,12	33,26
8	9,20	25,17	32,69
9	9,67	23,53	31,32
10	15,52	28,34	32,88
11	20,41	29,16	32,32
12	9,63	27,03	32,10
13	20,10	28,85	32,76
14	11,79	26,41	32,76
15	10,33	28,70	31,69
16	15,15	27,27	32,83
17	13,37	27,51	33,25
18	10,49	27,57	32,69
19	19,91	29,55	33,00
20	13,84	23,27	32,15
21	18,09	28,59	32,17
22	10,16	27,31	31,64
23	14,44	29,46	33,03
24	19,23	29,33	33,82
25	10,38	21,63	32,04
26	17,04	29,25	31,73
27	10,98	29,00	32,41
28	17,22	29,06	32,82
29	12,39	29,05	32,09
30	18,86	25,69	32,91
Střední hodnota	14,502	27,736	32,496
Směrodatná odchylka	4,065	2,027	0,584

Na tomto rameni je také poměrně zřetelně vidět změna, kterou přináší dynamické řízení. Není tak vysoká jako v případě severního vjezdu, nicméně mezi střední hodnotou pro pevný plán a dynamické řízení je nárůst více než 17%. S tím je také spojená vyšší harmonizace dopravního proudu, kdy směrodatná odchylka pro pevný plán je oproti dynamického řízení více než trojnásobná, u OK je to téměř sedminásobek.



Obrázek 8.4: Graf rychlostí (4)

8.3.5 Shrnutí

Co nám data o rychlosti jednotlivých dopravních proudů napovídají o navrhované změně a jejím dopadu na provoz dané křižovatky? Za prvé data poukazují na jistý rozdíl mezi teoretickými výpočty a „realitou“ provozu v modelech a pozorovaných jevech skutečného provozu na OK.

Dále, v případě okružní křižovatky je patrný jeden fakt, který je totožný pro všechna ramena. Jsou to rozdíly v hodnotách mezi jednotlivými simulacemi pro každé rameno. Tyto výkyvy rychlostí popisují uvedené směřodatné odchylky, které v případě OK je i nejnižší hodnota ze všech čtyř ramen stále vyšší než nejvyšší hodnota pro oba modely průběžné křižovatky. Dalším zajímavým ukazatelem je parametr označený jako Δ (viz Tabulka 8.6), který popisuje rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou rychlostí daného ramene. Při porovnání s příslušnými středními hodnotami (Tabulka 8.7), zjistíme, že v některých případech hodnoty Δ dosahují stejné velikosti jako střední hodnoty.

Tabulka 8.6: Rozdíly rychlostí

Δ [km/h]	Okružní křižovatka	SSZ pevný plán	SSZ dynamika
Rameno Kostelecká (od západu)	22,63	1,72	2,68
Rameno od OC Globus	12,44	3,43	4,77
Rameno Kostelecká (od východu)	10,32	2,26	2,37
Rameno Tupolevova	13,08	7,92	2,50

To ve výsledku znamená značné výkyvy mezi hodnotami, kdy v jedné simulaci rychlosti dosahují extrémně nízkých hodnot a v další právě naopak. Také je vidět, že v případě modelů se SSZ parametr Δ výrazně klesá, ale střední hodnoty spíše rostou (výjimku tvoří severní rameno). Ze všech těchto údajů spolu

s hodnotami směrodatné odchylky je patrná harmonizace dopravního proudu, která se dá vzhledem k užití SSZ předpokládat.

Tabulka 8.7: Porovnání středních hodnot

Střední hodnota [km/h]	Okružní křižovatka	SSZ pevný plán	SSZ dynamika
Rameno Kostelecká (od západu)	21,539	30,020	30,625
Rameno od OC Globus	26,499	5,360	17,809
Rameno Kostelecká (od východu)	11,039	36,135	35,006
Rameno Tupolevova	14,502	27,736	32,496

Ze zjištěných skutečností plynou v tomto případě jednoznačné závěry. Změna dopravního režimu spolu se stavebními úpravami přináší celkový růst střední úsekové rychlosti, v případě severního ramene toto platí pouze s podmínkou dodatečného odladění signálního plánu. Dynamické řízení tento problém celkem efektivně dokázalo vyřešit. Celkově nemá tento způsob řízení zásadní vliv na provoz, více by se projevil v dopravně méně zatížených hodinách, nicméně své pozitivní výsledky má.

Závěrem této části je důležité podotknout ještě jeden fakt. V jednotlivých simulacích provedených pro každý model se liší intenzity, model pracuje se stochastickými hodnotami intenzit. Pokud sečteme intenzity jednotlivých vjezdů z průzkumu, dostáváme se na hodnotu 2519 voz/h. Průměrné množství vozidel, které projelo jednotlivými modelovanými variantami, se liší. V případě OK projelo průměrně 2413 voz/h, křižovatkou řízenou pomocí pevného plánu 2478 voz/h a nejvíce jich projelo křižovatkou s dynamickým řízením, v průměru 2509 voz/h. Tato poslední hodnota se nejvíce blíží výchozí hodnotě a poukazuje na vyšší výkonnost průsečné křižovatky v porovnání s okružní.

8.4 Kolony

Dalším ukazatelem kvality dopravy či způsobem, jak popsat dopravu na dané křižovatce, je zabývat se délkou případných vznikajících kolon. V modelech byly právě za tímto účelem použity příslušné detektory, které umožňují zaznamenávat data o kolonách. V případě OK je kolona detekována až ve vzdálenosti 50 m před hranou OK proti směru jízdy. Znamená to, že prvních několik stojících (cca 8-9) vozidel není považováno za kolonu. V případě navrhovaného řešení je vzdálenost od stopčar různá, detektory byly umístěny těsně před začátek řadicích pruhů. V praxi to znamená, že pokud vozidla zaplní pouze řadicí pruhy, není tento stav považován za kolonu. Dále, v modelech bylo třeba definovat, jaký stav má být vyhodnocen jako kolona. Pro definování je zde využita rychlost. Výchozí stav je takový, že počátek kolony je nastaven na rychlost menší než 5 km/h, konec poté na rychlost vyšší než 10km/h. Dále je

definována maximální mezera mezi vozidly (20 m) a maximální délka kolony. Ta byla změněna z původních 500 m na 1000 m.

Jaké výsledky pro jednotlivá ramena očekávat? Jistou představu udávají dříve popsané rychlosti. Vyšší rychlost by měla znamenat kratší kolonu a tím pádem vyšší jízdní komfort. Naopak nízká rychlost je předzvěstí kolon a výrazného zdržení.

Podobně jako v případě rychlostí, i tato část bude rozdělena na vyhodnocení jednotlivých ramen a popis změn plynoucích z naměřených dat. Zachované zůstalo i pořadí ramen.

8.4.1 Rameno Kostelecká (od západu)

Na tomto rameni byly v reálném provozu pozorovány značné kolony během odpolední špičky, které místy dosahovaly do vzdálenosti cca 500 m od hrany OK. Nicméně kapacitní posouzení takový stav neodhalilo. Rychlosti v jednotlivých simulacích OK ovšem naznačují, že i v modelu vznikají na tomto rameni kolony.

Data v tabulce (Tabulka 8.8) zobrazují průměrné délky kolon (v metrech) v jednotlivých krocích simulace pro všechny tři modely na tomto rameni. Z těchto hodnot plynou poměrně jednoznačné poznatky. V případě okružní křižovatky se na tomto rameni také vytvářely kolony. Z celkového pohledu jejich délka nepřesáhla 100 m, je ale důležité si uvědomit, že detektory byly od hrany OK odsazeny o dalších 50 m. Zajímavá je také hodnota směrodatné odchylky pro OK, jejíž hodnota se blíží celkové střední hodnotě. Znamená to tedy, podobně jako tomu bylo v případě rychlostí, že délky kolon zaznamenávají značné výkyvy. Jinými slovy, v jedné simulaci může být dopravní situace velmi dobrá, vozidla zde nejsou téměř zdržena, v další se naopak vytváří dlouhé kolony znamenající vysoké zdržení.

Navrhované řešení opět přináší výraznou změnu znamenající pokles o více než 93%. Z dat je také vidět, že v některých případech zde nebyla žádná kolona. Znamená to tedy, že čekající vozidla obsazovala pouze řadicí pruhy, což svědčí o poměrně kvalitním návrhu průsečné křižovatky. Překvapivá je ale hodnota směrodatné odchylky, která v tomto případě je dokonce vyšší než samotná střední hodnota, nicméně tato hodnota zhruba odpovídá délce jednoho vozidla. Znamená to tedy široké rozložení dat, ale nejvyšší hodnota pro SSZ s pevným plánem dosahuje pouze necelých 7,5% nejvyšší hodnoty pro OK.

Tabulka 8.8: Kolony (1)

Rameno Kostelecká (od západu)			
Simulace	Okružní křižovatka	SSZ pevný plán	SSZ dynamika
1	82,80	17,35	3,40
2	37,12	0,00	0,00
3	29,74	3,77	0,46
4	21,26	6,66	0,04
5	19,14	8,64	0,21
6	127,44	0,00	0,00
7	57,07	3,44	0,00
8	106,64	9,33	0,11
9	303,96	2,87	0,00
10	344,16	2,43	0,00
11	21,46	0,00	0,03
12	32,98	9,93	0,00
13	228,02	15,03	0,23
14	130,28	0,00	0,00
15	133,90	5,79	0,30
16	43,62	3,08	0,00
17	10,46	0,00	0,00
18	182,55	6,82	0,07
19	40,13	12,05	0,11
20	62,88	12,01	0,00
21	260,55	25,33	0,04
22	56,09	4,99	0,09
23	49,95	0,00	0,00
24	13,12	2,60	0,00
25	109,15	10,05	0,00
26	119,63	0,00	0,00
27	46,63	4,04	0,00
28	5,98	0,00	0,00
29	79,25	1,77	0,03
30	47,59	3,04	0,00
Střední hodnota	93,451	5,700	0,171
Směrodatná odchylka	88,993	6,099	0,620

Další významnou změnu přineslo dynamické řízení. Mezi hodnoty pro řízení s pevným signálním plánem a právě dynamickým je patrný další pokles o 97%. V absolutních hodnotách to znamená, že v případě křižovatky s dynamickým řízením v podstatě nedochází k tvorbě kolony před řadicími pruhy. Takový výsledek není příliš očekávatelný vzhledem k zanedbatelnému rozdílu rychlostí v těchto dvou modelech (cca 2%).

8.4.2 Rameno od OC Globus

Tato rameno, jež propojuje danou křižovatku s parkovištěm OC Globus, dosahuje v případě současného stavu nejvyšší hodnoty střední úsekové rychlosti. Dalo by se tedy předpokládat, že se zde nebudou tvořit kolony, případně že budou dosahovat malých délek. Tomuto nahrává i fakt, že dle kapacitního posouzení podle TP 234 je ÚKD na tomto rameni na stupni B. V případě modelu průsečné křižovatky s pevným signálním plánem byl patrný strmý pokles rychlosti, který byl zmírněn dynamickým řízením a jeho dodatečnou úpravou.

Délky kolon (v metrech) uvedené v tabulce (Tabulka 8.9). Z hodnot je patrné, že v současné situaci zde v podstatě nedochází ke kolonám překračujícím délku 50 m. Tato skutečnost plně podporuje poměrně vysokou rychlost a dosažený stupeň ÚKD v kapacitním posouzení. Naopak úprava OK na řízenou křižovatku přinesla výrazné zhoršení, které plně koresponduje s podobným propadem v případě rychlostí. Střední hodnota pro křižovatku s pevným signálním plánem dosahuje více než stopadesátisedminásobku délky kolony pro OK. Taková situace rozhodně není žádoucí, už jen z toho důvodu, že taková kolona by zasahovala až na samotné parkoviště a dramaticky ovlivnila jeho fungování.

Tento problém byl již popsán v příslušné kapitole zabývající se rychlostmi na jednotlivých ramenech. V rámci této práce nebylo přikročeno k úpravě pevného signálního plánu tak, aby byl tento problém eliminován či alespoň částečně potlačen. Úprava byla provedena až v dynamickém řízení, kdy prodloužením maximální délky signálu volno o 10 s byla střední hodnota délky kolon snížena na 4,6 m, což téměř odpovídá délce jednoho vozidla. Průměrná délka kolony klesla při porovnání mezi oběma variantami pro průsečnou křižovatku o téměř 97%.

Zajímavým faktem je také hodnota směrodatné odchylky, kdy v tomto případě dosahuje vyšších hodnot pro SSZ s pevným plánem než u OK. Upravené dynamické řízení nicméně již dosahuje hodnot, které jsou pro provoz přijatelné, i když oproti současnému stavu znamenají zhoršení situace.

Tabulka 8.9: Kolony (2)

Rameno od OC Globus			
Simulace	Okružní křižovatka	SSZ pevný plán	SSZ dynamika
1	0,12	168,45	6,41
2	0,22	167,26	1,94
3	1,91	152,52	3,82
4	0,05	152,63	2,74
5	1,07	162,24	3,88
6	0,05	100,03	3,51
7	0,02	148,56	3,77
8	0,00	167,51	5,61
9	1,86	167,35	10,06
10	0,70	161,84	1,83
11	0,27	168,52	3,78
12	0,43	166,50	2,23
13	0,97	167,22	5,39
14	0,00	153,87	4,16
15	0,01	158,54	4,74
16	2,47	166,88	4,09
17	0,03	122,01	3,08
18	0,20	166,97	4,82
19	0,40	131,29	3,75
20	0,12	158,10	2,71
21	2,13	117,29	9,02
22	0,04	167,82	5,39
23	0,16	137,17	1,54
24	0,77	146,19	6,21
25	12,36	160,69	9,38
26	1,93	154,92	3,87
27	0,64	167,63	12,21
28	0,02	166,74	2,35
29	0,56	167,57	5,31
30	0,02	152,86	2,61
Střední hodnota	0,984	154,905	4,673
Směrodatná odchylka	2,272	17,332	2,573

8.4.3 Rameno Kostelecká (od východu)

Východní rameno OK dosáhlo v předchozím porovnání rychlostí nejhoršího výsledku ze všech vjezdů OK. Tato skutečnost napovídá, že obdobná situace by měla nastat i v tomto případě, pokud zde vozidla dosahují nejnižších rychlostí, nelze očekávat, že se zde nebudou tvořit kolony.

Přítom kapacitní posouzení podle TP 234 zde stanovilo ÚKD stupně C, tudíž nic nenasvědčuje nějakému problému či nedostatku. Pozorování v místě ovšem již problém odhalilo, v reálném provozu se na tomto rameni vytvářejí kolony, které při svých maximech mohou dosahovat i 600 m.

Tabulka 8.10: Kolony (3)

Rameno Kostelecká (od východu)			
Simulace	Okružní křižovatka	SSZ pevný plán	SSZ dynamika
1	417,72	0,00	0,00
2	109,05	2,45	0,02
3	260,61	3,61	0,24
4	572,89	4,42	0,19
5	423,18	22,66	0,08
6	420,28	0,00	0,06
7	123,92	0,67	0,04
8	180,31	2,48	0,33
9	614,30	15,39	0,94
10	338,44	3,87	0,01
11	489,65	15,06	0,40
12	315,81	3,01	1,03
13	187,82	0,00	0,11
14	599,38	2,97	0,00
15	91,28	0,00	0,00
16	319,56	4,45	0,00
17	339,06	0,00	0,00
18	533,46	31,02	2,51
19	132,06	0,00	0,01
20	412,35	0,00	0,50
21	324,75	5,74	0,04
22	169,02	0,00	0,02
23	244,37	7,57	0,00
24	428,70	2,87	0,00
25	204,10	6,98	0,02
26	533,11	6,43	0,20
27	593,43	1,54	0,16
28	232,27	7,68	0,22
29	221,89	12,91	0,26
30	257,59	9,48	0,03
Střední hodnota	336,344	5,775	0,246
Směrodatná odchylka	159,820	7,294	0,499

Data uvedena v tabulce (Tabulka 8.10, hodnoty jsou v metrech) potvrzují toto tvrzení. Také v tomto porovnání dosáhlo toto rameno nejhoršího výsledku ze všech ramen OK, průměrná délka kolony činí více než 330 m, maximální

hodnota přesahuje i 600 m (simulace č. 9). Z dat dále plyne, že v celkem 11 případech kolona přesáhla 400 m, v 5 simulacích dokonce 500 m.

Taková zjištění jsou rozhodně znepokojující i vzhledem k faktu, že toto rameno je využíváno značným počtem linek MHD a celkově vysokým počtem spojů během dopravních špiček.

Jaké se na tomto ramenní projevuje změna způsobená přestavbou OK na průsečnou křižovatku se SSZ? Na první pohled je zde znatelný pokles o více než 98%. V praxi to znamená, že v průměru jedno vozidlo zůstane stát před řadicími pruhy (střední hodnota délky kolony činí 5,775 m). Takový výsledek je vskutku pozitivní a ukazuje se, že přestavba OK může přinést značné zlepšení dopravní situace na předmětné křižovatce.

Dynamické řízení opět přináší další zlepšení a pokles délky kolony, který znamená, že zde v podstatě nedochází k tvorbě kolon nad rámec řadicích pruhů (střední hodnota blízká nule). Tento poznatek působí poněkud překvapivě, protože z porovnání rychlostí plyne, že vozidla řízena dynamicky dosahovala na tomto rameni nižší rychlosti než vozidla v modelu s pevným signálním plánem (ovšem jen o cca 3%).

8.4.4 Rameno Tupolevova

Posledním ramenem je severní vjezd, ulice Tupolevova. Dle kapacitního posouzení podle TP 234 právě toto rameno kapacitně nevyhovuje. Z výpočtů plyne, že střední hodnota délky kolony dosahuje více než 260 m. I přes tato zjištění nedosahovala vozidla v modelu pro OK nejnižší rychlosti.

Co tedy plyne ze získaných dat? V tabulce (Tabulka 8.11) jsou uvedeny průměrné délky kolon (v metrech) v jednotlivých krocích simulace pro všechny tři varianty. Střední hodnota pro OK se výrazně blíží hodnotě z kapacitního posouzení. I zde jsou patrné velké výkyvy v hodnotách. V modelech přineslo navrhované řešení výrazné zlepšení, redukce délky kolony dosahuje více než 93%. Znamená to tedy, že v průměru dosahuje délka kolony v případě průsečné křižovatky s pevným signálním plánem délky cca 3 vozidel nad rámec prostorové kapacity poskytované řadicími pruhy. Je ovšem důležité zmínit, že hodnoty vykazují značnou nekonzistentnost, kdy směrodatná odchylka dosahuje vyšší hodnoty než samotná střední hodnota. Délky kolon se tak pohybují v rozmezí 0 – 100 m, což není očekávatelný a příliš povzbudivý výsledek. Může to značit jisté nedostatky signálního plánu. Takové rozdíly mohou působit horší předvídatelnost či možnost popisu dopravní situace.

Tabulka 8.11: Kolony (4)

Rameno Tupolevova			
Simulace	Okružní křižovatka	SSZ pevný plán	SSZ dynamika
1	208,13	10,35	0,04
2	453,83	6,43	0,24
3	367,13	2,22	0,00
4	54,83	8,03	0,00
5	492,17	1,69	0,00
6	105,84	10,11	0,08
7	93,32	0,00	0,12
8	522,35	41,88	0,02
9	414,34	60,05	0,08
10	215,63	4,86	0,00
11	78,91	6,01	0,19
12	475,49	29,41	0,01
13	84,59	2,32	0,00
14	339,75	30,07	0,00
15	473,28	10,76	0,02
16	185,78	27,91	0,07
17	257,09	2,61	0,02
18	428,54	17,84	0,03
19	94,94	4,47	0,00
20	265,31	56,59	0,10
21	110,31	3,30	0,01
22	385,10	16,93	0,00
23	178,51	3,69	0,28
24	84,98	0,00	0,00
25	455,55	101,78	0,00
26	141,27	5,90	0,00
27	356,59	4,81	0,00
28	136,51	1,97	0,03
29	278,80	8,26	0,01
30	88,92	36,44	0,00
Střední hodnota	260,925	17,223	0,044
Směrodatná odchylka	155,230	22,885	0,074

V případě dynamického řízení zde dochází k další redukci kolon, v tomto případě se dá směle mluvit o kompletní eliminaci jakýchkoli kolon. Hodnoty pohybující se v okolí nuly a nepřekračující hodnotu 0,3 m mluví jasně. Tato zjištění odpovídají závěrům o rychlosti vozidel na tomto rameni, kdy pro dynamické řízení dosahují vyšších hodnot a menší směrodatné odchylky. Dopravní proud je tedy více harmonizovaný a jednotný.

8.4.5 Shrnutí

V případě délek kolon je možné pozorovat podobné změny, jako v případě rychlostí. Navrhované řešení přineslo výrazné redukce kolon na nejvíce zatížených vjezdech, čímž došlo ke zlepšení dopravní situace a celkové průjezdnosti danou křižovatkou. V případě severního ramene opět došlo ke zhoršení celé situace ze stejných důvodů, jaké byly naznačeny v případě vyhodnocení rychlostí. I v tomto případě upravené dynamické řízení přineslo zlepšení oproti řízení s pevným plánem, nicméně celkově to znamená mírné zhoršení, které vzhledem k celkové dopravní situaci může být přijatelné.

Proč ale dochází k takovým rozdílům mezi hodnotami z kapacitního posouzení dle TP 234, skutečným provozem a chováním vozidel v modelech? Základním prvkem těchto odlišností je lidský faktor. Ten těžko může být obsažen ve výpočtech či simulacích, ale hraje značnou roli. Při simulacích vyhodnocují jednotlivá vozidla časovou mezeru mezi vozidly na okružním pásu a podle daných pravidel buď jedou, nebo vyčkávají na vhodný okamžik. Jde v podstatě o exaktní výpočet založen na teoretickém popisu a binárním rozhodování. Řidič naopak vyhodnocuje dle svého úsudku a v závislosti na svých schopnostech, a proto časová mezera dostatečná pro jednoho nemusí vyhovovat druhému. Tato rozlišnost právě může být důvodem pro nárůst kolon v reálném provozu, které jsou na těch nejvíce zatížených ramenech výrazně větší, než jak napovídá kapacitní posouzení či simulační modely.

Značnou roli také hraje dávání, či spíše nedávání znamení o změně směru jízdy. Řidičů, kteří jednájí v rozporu s příslušným zákonem, se pohybuje po pozemních komunikacích vysoké procento. V případě okružní křižovatky hraje velkou roli, zda řidič dává znamení o směru jízdy, či nikoli. Pokud ho nepoužije, a přesto křižovátku opustí, řidič, který na stejném rameni čeká na vjezdu, neví, zda může na okružní pás najet, či nikoli. Tato situace může vést právě k nárůstu délek kolon na vjezdech v důsledku nedodržování dopravních předpisů.

8.5 Performance Index

Kvalitativní index neboli Performance Index je nástroj využitelný pro optimalizaci dopravní sítě, v tomto případě pro posouzení variant úrovnové křižovatky. Snahou je minimalizovat lineární kombinaci nákladů spojených s provozem na křižovatce. V rámci tohoto vyhodnocení byly jako základní parametry pro PI uvažovány počty zastavení vozidel během simulované špičkové hodiny a doba zdržení za stejné období. Vzhledem k odlišnosti nejen těchto parametrů se PI vyjadřuje v penězích. Tento přepočítá právě umožňuje porovnávat odlišné parametry a cena zároveň určuje jejich váhu. Výsledný výpočet lze zapsat podobě vztahu 8.4:

$$PI = (D * p_1 + S * p_2) \quad 8.4$$

Kde

PI – Performance Index

D – doba zdržení [h]

p_1 – cena za zdržení [Kč/h]

S – počet zastavení

p_2 – cena za zastavení

Počet zastavení a celková doba zdržení všech vozidel jsou dva z měřených parametrů přímo v modelech. Cena za zdržení je stanovena na jednu osobu a činí 300 Kč/h. Jednotlivé kategorie vozidel mají různou obsazenost. Obsazenost osobního vozidla byla uvažována jako 1,3 osob/voz, v případě autobusu jako 60 osob/voz.

Je nutné naměřená data před samotným výpočtem nejprve upravit do potřebné podoby. Doba zdržení získaná z modelů je uváděna na počet vozidel, nikoli osob. Z pentlogramu plyne, že podíl pomalých vozidel činí 4,882 % z celkového množství vozidel. Vzhledem k tomu, že se jedná o městský provoz, můžeme zanedbat nákladní vozidla a všechna pomalá vozidla považovat za autobusy MHD. Z uvedených hodnot lze určit průměrné obsazení jednoho vozidla, které dosahuje hodnoty 4,166 os/voz. Výsledná doba zdržení D je dáno takto (vztah 8.5):

$$D = 4,166 * d \quad 8.5$$

Kde

d – doba zdržení všech vozidel v simulaci [h].

Dále je nutné stanovit cenu za zastavení vozidla. Její stanovení závisí na ztrátě kinetické energie, kterou je třeba vozidlu po zastavení dodat pro opětovné rozjetí na původní rychlost. Tato energie vychází z ekvivalentního množství spotřebovaného paliva a jeho cenu udává výsledný koeficient p_1 . Tento výpočet je pouze orientační, vzhledem k složitosti celé této problematiky, kdy množství spotřebovaného paliva závisí na řadě faktorů, pro potřeby této práce je ale dostačující. Výsledný vztah byl odvozen v podobě 8.6:

$$p_1 = C * \left[\frac{m_1 * v^2}{2 * E} * (1 - k) + k * \frac{m_2 * v^2}{2 * E} \right] \quad 8.6$$

Kde

C – cena za litr benzínu

m_1 – výpočtová hmotnost osobního automobilu

m_2 – výpočtová hmotnost autobusu

v – rychlost

k – podíl pomalých vozidel na celkovém množství

E – energie obsažená v benzínu [J/l]

Hmotnost osobního automobilu byla stanovena na 2000 kg, v případě autobusu na 10 000 Kg. Energie obsažená v litru benzínu se uvádí 32 MJ/l, současná cena za 1 litr benzínu činí cca 28 Kč. Výsledkem je cena 0,20176 Kč za jedno zastavení.

Tabulka 8.12: Hodnoty PI

Performance Index			
Simulace	Okružní křižovatka	SSZ pevný plán	SSZ dynamika
1	91 019,92	43 768,02	24 442,17
2	76 215,35	42 889,23	21 235,36
3	81 882,73	39 201,92	23 029,97
4	74 542,23	40 622,92	21 949,69
5	99 295,78	41 322,85	23 227,04
6	84 809,86	32 763,99	22 850,23
7	52 930,81	37 002,59	20 434,51
8	101 490,48	46 445,30	22 840,73
9	146 602,52	50 779,93	25 139,32
10	97 538,00	42 345,85	21 967,52
11	76 901,95	41 735,00	21 617,89
12	100 659,14	45 094,35	22 147,87
13	82 328,99	40 455,66	22 809,90
14	116 049,83	42 896,70	21 992,63
15	84 696,36	41 468,51	24 361,84
16	80 896,29	43 743,63	21 861,61
17	83 911,94	36 528,93	21 153,81
18	120 920,12	45 270,08	24 390,68
19	55 323,08	36 116,07	21 104,93
20	86 612,32	50 200,14	23 116,02
21	94 060,08	36 725,90	24 859,39
22	88 131,15	42 093,12	22 912,25
23	76 861,00	36 540,84	20 605,32
24	72 144,25	39 062,02	20 410,65
25	101 083,04	54 110,21	23 798,76
26	95 749,43	39 031,84	23 339,34
27	112 290,05	41 910,89	24 088,44
28	65 249,69	41 380,29	20 540,53
29	86 117,87	41 710,35	23 593,58
30	68 286,37	44 946,99	21 928,15
Střední hodnota	88 486,69	41 938,80	22 591,67
Směrodatná odchylka	19 397,27	4 589,22	1 374,61

V tabulce Tabulka 8.12 jsou uvedeny výsledné hodnoty PI (v Kč) pro všechny tři modely. Tyto hodnoty reprezentují výsledné ztráty vznikající zdržením v kolonách a s tím spojeným zastavováním. Výsledky plně odpovídají poznatkům popsaným v předchozích částech. V případě okružní křižovatky byly popsány problémy spojené s kapacitou či tvorbou kolon. Ze získaných dat plynou obdobné poznatky. OK dosahovala na jednotlivých ramenech nejnižší výpočtové střední úsekové rychlosti a na jejích ramenech se tvořily nejdelší kolony. Výjimkou je severní rameno, které není dopravně tolik zatížené. Toto rameno jako jediné dosahovalo právě u OK nejlepších výsledků ze všech třech variant. V případě ostatních znamenala změna charakteru provozu a způsobu řízení výrazné změny. Dynamické řízení bylo schopné tato zlepšení ještě prohloubit.

A jaké závěry plynou z kalkulací ztrát v jednotlivých modelech? Model okružní křižovatky dosáhl nejvyšší střední hodnoty, podobně jako u předchozích dat, i zde je poměrně vysoká směrodatná odchylka. Znamená to tedy, že kvalita dopravy mezi jednotlivými simulačními kroky vykazuje velké rozdíly. Pokud v jedné ze simulací dosahují ztráty OK úrovně SSZ s pevným plánem (minimum pro OK dosahuje 52 930,81 Kč, maximum pro SSZ s pevným plánem 54 110,21 Kč), v jiné simulaci je tato hodnota téměř rovna trojnásobku (maximum pro OK činí 146 602,52 Kč). Taková situace rozhodně není pro řidiče komfortní. Hodnota směrodatné odchylky dosahuje více než 20% hodnoty střední hodnoty. Také to znamená, že v ojedinělých situacích může OK dosahovat lepších či srovnatelných výsledků jako SSZ, tento stav je ale vzhledem k výsledkům ojedinělý či náhodný. Pravděpodobně záleží na aktuálních intenzitách a jejich vhodném rozložení v čase.

Navrhované řešení přináší nejen pokles střední hodnoty nákladů o více než 52%, ale také vyšší vyrovnanost dosahovaných výsledků. Směrodatná odchylka činí pouze necelých 11% střední hodnoty. Je tak pravděpodobné, že provoz na takové křižovatce je více předvídatelný. I přes to, že ne ve všech situacích přineslo dynamické řízení další zlepšení, dosáhla takto řízená křižovatka nejlepšího výsledku.

Oproti řízení s pevným plánem je zde patrný pokles o dalších 46 %, ve srovnání s OK činí toto pokles, a zlepšení s tím společné, téměř 75%. Dosahované hodnoty jsou zde nejvíce vyrovnané, směrodatná odchylka činí pouze 6% střední hodnoty. Provoz na takto řízené křižovatce dosahuje nejvyšší kvality. Znamená to tedy, že dynamické řízení dosáhlo vyšší celkové optimalizace a snížení rozdílů mezi jednotlivými rameny (jak plyne z rychlostí na jednotlivých ramenech).

Závěr

Cílem této práce bylo posoudit efektivitu a kvalitu dopravy na okružní křižovatce a její navrhované změně. Toto posouzení bylo založené zejména na simulačních modelech a datech z nich získaných. Samotným simulacím předcházelo několik kroků, jejichž cílem zejména bylo poskytnout další náhled na daný problém.

Zásadním problémem v současné době je tvorba kolon v období ranní a odpolední špičky. Tato situace nastává pravidelně na třech ramenech (výjimkou je severní rameno) této okružní křižovatky. Takový stav není žádoucí a je nutné vzniklou situaci vyřešit. Výstupem této práce by mělo být jasné konstatování, zda návrh popsany v dopravní studii tento problém řeší, jakým způsobem a jaké změny v dopravě toto řešení přináší.

Jedním ze základních úkonů bylo provedení dopravního průzkumu, jehož cílem bylo získat intenzity dopravy na předmětné křižovatce. Tato data tvořila základní znalost dané křižovatky, poskytovala prvotní informace o dopravním zatížení a situaci v daném místě.

Provedené kapacitní posouzení podle TP 234 potvrzuje, že současný stav není vyhovující. Jeden z vjezdů kapacitně nevyhovuje, další se tomuto stavu limitně blíží a dalo by se říct, že v závislosti na rozdílech v intenzitách daných jistou nahodilostí provozu může také kapacitně nevyhovovat. Naopak kapacitní posouzení podle TP 235 získané z dopravní situace dokládá, že navrhované řešení tento nedostatek odstraňuje a výsledná ÚKD dosahuje stupně D, přitom požadovaný je E, tedy nejnižší možný. Navíc, v rámci této práce byl prokázána účelnost výstavby SSZ ve smyslu TP 81. Tato zjištění podporují daný záměr přestavby OK.

Jediným výrazně negativním zjištěním zůstává otázka potenciální bezpečnosti na nově zbudované průsečné křižovatce. Získaná data a provedené výpočty naznačují teoretický pokles bezpečnosti. Nelze samozřejmě předem předvídat, jaká bude skutečná situace, zda se tyto predikce naplní, nicméně fakt, že všechny zvolené křižovatky se SSZ dosáhly horších výsledků, než všechny OK tomu napovídá. Otázkou zůstává, zda případné pozitivní efekty tohoto návrhu převládají nad tímto negativem. Odpověď pravděpodobně závisí pouze na budoucnosti a na tom, co skutečně případná změna dopravního režimu přinese.

A jaké změny vplynuly ze simulačních modelů, potažmo z dat z nich získaných? Z vyhodnocení plynou poměrně jednoznačná zjištění a závěry. Současný stav celkově dosahoval nejhorších výsledků, pouze v případě jednoho ramene (dopravně nejméně zatíženého) lze pozorovat vyšší kvalitu dopravy, než

v případě navrhovaného řešení. Provoz na OK dosahoval nižších rychlostí a delších kolon. Tyto poznatky korelují se skutečností. Navrhované řešení přináší změnu, které je z celkového pohledu ku prospěchu věci, dá se říct, že vozidla při průjezdu křižovatkou se SSZ dosahovala vyšších rychlostí, méně času strávila čekáním a tvořily se menší kolony. I přesto, že se jednalo o simulaci špičkové hodiny, dokázalo dynamické řízení přinést další zlepšení díky vyhodnocování aktuální dopravní situace. Dá se tedy říct, že plnilo svoji funkci a na základě simulace lze konstatovat, že má význam i pro reálný provoz (zejména v kombinaci s preferencí vozidel MHD).

Nejdůležitější pro tuto práci jsou ovšem hodnoty PI. Tyto hodnoty vychází z počtu zastavení vozidel a doby zdržení přepočtené na cestující a jejich ceny. Výsledek je lineární kombinací těchto parametrů, které popisují úroveň a kvalitu dopravy v tomto případě na úrovňové křižovatce. Z těchto hodnot opět plynou jednoznačné závěry v souladu se závěry uvedenými v předchozích částí. Doprava na průsečné křižovatce dosahuje výrazně vyšší kvality než na okružní křižovatce. Co možná nemuselo být příliš patrné z hodnot rychlostí a délek kolon je skutečnost, jaký další pokles nákladů může způsobit změna řízení z pevného signálního plánu na dynamické řízení. SSZ s dynamickým řízením dokázalo snížit náklady v porovnání s pevným plánem o 46%, v porovnání s OK dokonce o téměř 75%. Takový výsledek, spolu se zjištěními plynoucími z rychlostí a délek kolon poukazuje na výrazné kvalitativní zlepšení. Závěr plynoucí z těchto informací je tedy nasnadě, výstavba průsečné křižovatky namísto OK přinese výrazné zlepšení dopravní situace v daném místě. Dynamické řízení toto zkvalitnění pouze podpoří a prohloubí.

Zdroje

- [1] AŽD Praha. *Obnova SSZ 9.247 Tupolevova – Kostecká, DIS*. Kód: 20141014
- [2] ČSN 73 6102 *Projektování křižovatek na pozemních komunikacích*. Praha: ÚNMZ, listopad 2007.
- [3] BARTOŠ, Luděk. TP 189 *Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích*. 2. vyd. Plzeň: EDIP, 2012. ISBN 978-80-87394-06-9.
- [4] BARTOŠ, Luděk. TP 234 *Posuzování kapacity okružních křižovatek*. 1. vyd. Liberec: EDIP, 2011. ISBN 978-80-87394-02-1.
- [5] TP 81 *Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích: technické podmínky*. 2. vyd. Praha: Ministerstvo dopravy, 2006. ISBN 80-86502-30-9.
- [6] ŘEDITELSVÍ SLUŽBY DOPRAVNÍ POLICIE. *Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2014*. Praha: Ředitelství služby dopravní policie, květen 2015.
- [7] http://d2051.fsv.cvut.cz/software/mapaok/OK_A29/index.html
- [8] www.jdvm.cz

Seznam zkratek

OK	Okružní křižovatka
SSZ	Světelné signalizační zařízení
ÚKD	Úroveň kvality dopravy
TP	Technické podmínky
DP	Dopravní podnik
PI	Performance Index
QC	Queue counters
VTT	Vehicle travel times
JP	Jízdní pruh

Seznam tabulek

Tabulka 4.1: Přehled nehod.....	30
Tabulka 4.2: Přítomnost návykových látek.....	30
Tabulka 4.3: Příčiny nehod.....	30
Tabulka 4.4: Druh nehody.....	31
Tabulka 4.5: Zavinění nehody.....	31
Tabulka 4.6: Druh pevné překážky.....	31
Tabulka 4.7: Vliv viditelnosti.....	31
Tabulka 4.8: Stav komunikace.....	31
Tabulka 4.9: Srovnávané OK.....	32
Tabulka 4.10: Srovnávané křižovatky.....	33
Tabulka 4.11: Hodnoty celospolečenských ztrát.....	34
Tabulka 4.12: Srovnání.....	35
Tabulka 5.1: Parametry.....	38
Tabulka 5.2: Hodnoty časového odstupu.....	40
Tabulka 7.1: Přehled detekce (1).....	58
Tabulka 7.2: Přehled detekce (2).....	58
Tabulka 8.1: Modelový výpočet rychlosti.....	66
Tabulka 8.2: Rychlosti (1).....	68
Tabulka 8.3: Rychlosti (2).....	71
Tabulka 8.4: Rychlosti (3).....	73
Tabulka 8.5: Rychlosti (4).....	75
Tabulka 8.6: Rozdíly rychlostí.....	76
Tabulka 8.7: Porovnání středních hodnot.....	77

Tabulka 8.8: Kolony (1).....	79
Tabulka 8.9: Kolony (2).....	81
Tabulka 8.10: Kolony (3).....	82
Tabulka 8.11: Kolony (4).....	84
Tabulka 8.12: Hodnoty PI.....	87

Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Širší vztahy	11
Obrázek 1.2: OK Kostelecká - Tupolevova	12
Obrázek 2.1: Pentlogram intenzit [1]	15
Obrázek 3.1: Stanoviště průzkumu 1	21
Obrázek 3.2: Pentlogram 1	22
Obrázek 3.3: Stanoviště průzkumu 2	22
Obrázek 3.4: Pentlogram 2	23
Obrázek 3.5: Výsledný pentlogram.....	24
Obrázek 3.6: Graf intenzit (1)	25
Obrázek 3.7: Graf intenzit (2)	26
Obrázek 3.8: Graf intenzit (3)	26
Obrázek 3.9: Graf intenzit (4)	27
Obrázek 4.1: Vyhodnocovaná lokalita	29
Obrázek 5.1: Kolizní body	36
Obrázek 5.2: ÚKD.....	37
Obrázek 6.1: Návrh detekce vozidel MHD	47
Obrázek 7.1: Základní síť OK.....	51
Obrázek 7.2: Vehicle routes.....	52
Obrázek 7.3: Conflict areas OK.....	52
Obrázek 7.4: Conflict areas SSZ.....	52
Obrázek 7.5: Reduced speed areas (2).....	53
Obrázek 7.6: Reduced speed areas (1).....	53
Obrázek 7.7: VISSIG	54

Obrázek 7.8: Signální plán v modelu.....	54
Obrázek 7.9: Signal heads.....	55
Obrázek 7.10: Parametry SH.....	55
Obrázek 7.11: Signal times table	55
Obrázek 7.12: Plochy detekce.....	57
Obrázek 7.13: Algoritmus řízení.....	61
Obrázek 7.14: Algoritmus řízení (2)	62
Obrázek 8.1: Graf rychlostí (1)	69
Obrázek 8.2: Graf rychlostí (2)	70
Obrázek 8.3: Graf rychlostí (3)	74
Obrázek 8.4: Graf rychlostí (4)	76

Seznam příloh

Situace	1
---------------	---

PŘÍLOHY