

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta dopravní  
Ústav soudního znalectví K622

**Zvyšování bezpečnosti silničního provozu  
prostřednictvím simulačních prostředků**

(diplomová práce)

Bc. Adam Hájek, 2016



**K622 ..... Ústav soudního znelectví v dopravě**

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Adam Hájek**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**N 3710 – DS – Dopravní systémy a technika**

Název tématu (česky): **Zvyšování bezpečnosti silničního provozu  
prostřednictvím simulačních prostředků**

Název tématu (anglicky): Road Traffic Safety Increasing Using Software Simulations

**Zásady pro vypracování**

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

- Úvod do problematiky silničních nehod a jejich evidence
- Stanovení a analýza řešené oblasti z hlediska silniční infrastruktury
- Kolizní diagram a model stávajícího stavu na základě naměřených dat a podkladů PČR
- Určení nebezpečných míst lokality z hlediska dopravní nehodovosti
- Návrh opatření pro zvýšení bezpečnosti a plynulosti dopravy v dané lokalitě
- Závěr, zhodnocení a shrnutí poznatků

- Rozsah grafických prací: určí vedoucí práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na pozemních komunikacích  
Technické podmínky Ministerstva dopavy  
TP 100, TP 131, TP 135, TP 145, TP 170, TP 171

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **15. července 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



doc. Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu soudního znaectví v dopravě



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

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.



Bc. Adam Hájek  
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....15. července 2015

## Čestné prohlášení

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

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou 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).

Zvole 1. 6. 2016

.....  
*Vlastnoruční podpis*

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval za cenné připomínky a rady při zpracování této diplomové práce vedoucímu panu doc. Ing. Tomášovi Mičunkovi Ph.D. A za konzultace dopravního řešení jednotlivých variant panu Ing. Bc. Karlovi Kociánovi.

Poděkování také patří i mým blízkým a přátelům za morální a materiální podporu při vzniku diplomové práce i v průběhu celého bakalářského i navazujícího magisterského studia.

## Abstrakt

<i>Autor:</i>	Adam Hájek
<i>Název práce:</i>	Zvyšování bezpečnosti silničního provozu prostřednictvím simulačních prostředků
<i>Škola:</i>	České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní
<i>Rok obhajoby:</i>	2016
<i>Počet stran:</i>	60
<i>Vedoucí práce:</i>	doc. Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.

Diplomová práce zkoumá dopravní situaci v křižovatce u mostu Závodu míru na Zbraslavi z hlediska dopravních nehod. Na základě znalostí z oboru analýzy dopravních nehod a intenzit dopravy je následně navrženo několik variantních řešení pro zlepšení stávajícího stavu co se týče bezpečnosti, propustnosti a přehlednosti křižovatky. Cílem práce je pomocí simulací dopravy a znalostí problematiky dopravních nehod navrhnout a vybrat nejvhodnější řešení pro křižovatku, které přispěje ke zvýšení bezpečnosti, propustnosti a přehlednosti křižovatky.

*Klíčová slova:* Zbraslav, Komořany, Dolní Břežany, Vrané nad Vltavou, doprava, dopravní nehoda, křižovatka, simulace dopravy, varianty řešení

## Abstract

<i>Author:</i>	Adam Hájek
<i>Title of the thesis:</i>	Road traffic safety increasing using software simulations
<i>University:</i>	Czech technical university in Prague, Faculty of transportation sciences
<i>Year of publication:</i>	2016
<i>Number of pages:</i>	60
<i>Thesis advisor:</i>	doc. Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.

Diploma thesis evaluates the current traffic situation in crossroad near the bridge Závodu míru in a way of traffic accidents. Based on knowledge of analysis traffic accidents, vehicle inputs and road construction 4 alternate solutions for the crossroad are designed. They are meant to make the crossroad better in the way of safety, capacity and lucidity. The goal of this thesis is to pick the best solution for the crossroad using a simulation program, which will make the crossroad more safe for both pedestrians and vehicles and to increase its capacity and lucidity.

*Key words:* Zbraslav, Komořany, Dolní Břežany, Vrané nad Vltavou, traffic, traffic accident, crossroad, traffic simulation, solution

---

# Obsah

---

<b>Obsah</b>	<b>VIII</b>
<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>1 Problematika silničních nehod</b>	<b>3</b>
1.1 Historie . . . . .	3
1.2 Vývoj nehodovosti v ČR . . . . .	3
1.2.1 Lokalizace nehod . . . . .	4
1.2.2 Nehody na dálnicích . . . . .	5
1.2.3 Nehody s následkem úmrtí . . . . .	6
1.2.4 Závěr a opatření . . . . .	7
1.3 Šetření silničních nehod . . . . .	7
1.3.1 s–t diagram [5] . . . . .	8
1.3.2 Oblast zakrytého výhledu [5] . . . . .	9
<b>2 Simulace</b>	<b>11</b>
2.1 K čemu slouží . . . . .	11
2.2 Mikrosimulace dopravy [7] . . . . .	11
2.3 Modelové skupiny dle rozsahu a míry podrobnosti modelu [7] . . . . .	12
2.3.1 Makroskopické simulační modely . . . . .	12
2.3.2 Mezoskopické simulační modely . . . . .	12
2.3.3 Mikroskopické simulační modely . . . . .	12
2.3.4 Hybridní modely . . . . .	12
2.3.5 Submikroskopické simulační modely . . . . .	12
2.4 Programy, užívané k simulaci . . . . .	13
2.5 Vstupy do mikrosimulace . . . . .	13
2.6 Výstupy z mikrosimulace . . . . .	14
<b>3 Stanovení a analýza řešené oblasti</b>	<b>16</b>
3.1 Výběr řešené oblasti . . . . .	16
3.2 Popis okolí . . . . .	17
3.3 Popis křižovatky . . . . .	18
3.4 Inspekce stávajícího stavu . . . . .	19
3.5 Dopravní návaznosti . . . . .	20
3.6 Nebezpečná místa . . . . .	21
3.6.1 Kolizní diagram . . . . .	21



3.7	Kolizní diagram řešené lokality . . . . .	23
<b>4</b>	<b>Vstupy do simulace</b>	<b>26</b>
4.1	Tvar křižovatky . . . . .	26
4.2	Rozhledové poměry . . . . .	27
4.3	Intenzity dopravy . . . . .	29
4.3.1	Vzorový příklad určení intenzity . . . . .	29
4.3.2	Výsledné hodnoty intenzit dopravy špičkové hodiny . . . . .	30
<b>5</b>	<b>Cíle simulace</b>	<b>31</b>
5.1	Zvýšení bezpečnosti . . . . .	31
5.2	Omezení kongescí . . . . .	32
5.3	Zvýšení přehlednosti . . . . .	33
<b>6</b>	<b>Varianty řešení</b>	<b>34</b>
6.1	Varianta 1: Zlepšení rozhledových poměrů . . . . .	34
6.1.1	Stávající stav . . . . .	34
6.1.2	Navrhovaný stav . . . . .	35
6.1.3	Výhody navrhovaného řešení . . . . .	35
6.1.4	Nevýhody navrhovaného řešení . . . . .	36
6.2	Varianta 2: Osazení SSZ . . . . .	37
6.2.1	Stávající stav . . . . .	37
6.2.2	Navrhovaný stav . . . . .	37
6.2.3	Výhody navrhovaného řešení . . . . .	40
6.2.4	Nevýhody navrhovaného řešení . . . . .	41
6.3	Varianta 3: Uzavření bypassu . . . . .	42
6.3.1	Stávající stav . . . . .	42
6.3.2	Navrhovaný stav . . . . .	42
6.3.3	Výhody navrhovaného řešení . . . . .	42
6.3.4	Nevýhody navrhovaného řešení . . . . .	43
6.4	Varianta 4: Vyosení jízdních pruhů na mostě . . . . .	44
6.4.1	Stávající stav . . . . .	44
6.4.2	Navrhovaný stav . . . . .	44
6.4.3	Výhody navrhovaného řešení . . . . .	45
6.4.4	Nevýhody navrhovaného řešení . . . . .	45
6.5	Další varianty . . . . .	46
6.5.1	Změna přednosti . . . . .	46
6.5.2	Okružní křižovatka . . . . .	47
6.5.3	Přidání jízdního pruhu místo jednoho chodníku na mostě . . . . .	47
<b>7</b>	<b>Výstupy ze simulace</b>	<b>48</b>
7.1	Výstupy ze stávajícího stavu . . . . .	49
7.2	Výstupy z navrhovaného stavu varianty 2 . . . . .	50
7.3	Výstupy z navrhovaného stavu varianty 3 . . . . .	50
7.4	Výstupy z navrhovaného stavu varianty 4 . . . . .	51
7.5	Posouzení bezpečnosti a shrnutí simulací . . . . .	52
<b>8</b>	<b>Multikriteriální rozhodování</b>	<b>54</b>

8.1	Výběr kritérií a metody . . . . .	54
8.2	Popis jednotlivých kritérií a přidělení vah . . . . .	55
8.3	Výpočet multikritériálního rozhodování . . . . .	56
8.4	Shrnutí výsledků varianty 3 . . . . .	57
8.5	Rozbor investičních nákladů všech variant . . . . .	57
8.6	Výsledná varianta . . . . .	58
	<b>Závěr</b>	<b>59</b>
	<b>Literatura</b>	<b>61</b>
	<b>Seznam symbolů a zkratk</b>	<b>62</b>
	<b>Seznam použitých veličin</b>	<b>63</b>
	<b>Seznam obrázků</b>	<b>64</b>
	<b>Seznam tabulek</b>	<b>65</b>
	<b>Seznam použitého software</b>	<b>66</b>
	<b>Seznam příloh</b>	<b>67</b>

---

# Úvod

---

Jako jeden z obyvatel příměstské obce na jih od Prahy, která nese název Zvole, mám potřebu dopravovat se téměř každý den do Prahy za účelem studia, práce nebo zábavy. Na trase do jižní a jihozápadní části Prahy, konkrétně městské části Praha-Modřany a Praha-Smíchov využívám při cestě automobilem cestu podél Vltavy přes Vrané nad Vltavou, nádraží Zbraslav a Komořany či Lahovice. Na této trase však dochází často k časovému zdržení, a to především na křižovatce u mostu Závodu míru. V zimním období to bývá způsobené námrazou na jižním rameni křižovatky, v ostatních měsících přetížením samotné křižovatky.

Do spádové oblasti křižovatky patří okolní obce: Dolní Břežany, Ohrobec, Zvole, Vrané nad Vltavou a pochopitelně Zbraslav. Z výše jmenovaných právě Dolní Břežany prošly za posledních 15 let obrovským vzestupem, z keři porostlé louky vzniklo náměstí, za ním byly vystaveny dva parky s rybníky a byla tak vytvořena příjemná atmosféra pro bydlení, která zde dle mého názoru chyběla.

Nové prostředí a nové možnosti bydlení přirozeně přitáhly nové obyvatele a Dolní Břežany se v minulých patnácti letech velmi rozrostly. Tím vznikla nová poptávka po dopravě, a to především mezi Dolními Břežany a Prahou.

Most Závodu míru je v nejbližším okolí jediným silničním mostem přes Vltavu. Nejbližší na jih je most v obci Davle a na sever Barrandovský most. V blízkosti se také nachází Radotínský most, po kterém vede silniční okruh kolem Prahy. Ten však není na východním břehu nijak spojen s ostatními komunikacemi a nejbližší sjezd nabízí až ve Vestci, jelikož sjezd v Dolních Břežanech zůstává nadále uzavřen.

Díky vybudování silničního okruhu kolem Prahy podstatně ubyl počet těžkých nákladních vozidel na silnici II/101, která vede z Dolních Břežan na Zbraslav právě přes most Závodu míru, zmíněná křižovatka je však nadále velmi problémová, a to nejen díky kongescím avšak i z hlediska bezpečnosti.

Průzkum nehodovosti ukazuje, že v této křižovatce se opakují některé druhy dopravních nehod, které pramení ze špatného uspořádání a značení křižovatky. Velkou roli hrají také rozhledové poměry v křižovatce, které nejsou zcela splněny a tak jsou řidiči nuceni si, pro dostatečný rozhled, najet více do křižovatky a tak omezit projíždějící vozidla. Právě této stránce problému bych se ve své práci chtěl věnovat.

Nejprve uvedu čtenáře do problematiky dopravních nehod a rozvedu možnosti využití simulací v dopravě. Následně definuji problémovou lokalitu a analyzuji stávající stav. Poté určím vstupy do simulace a stanovím si cíle, které od navrženého řešení očekávám. Určím několik variant řešení, které simulačně otestuji a na základě multikriteriálního rozhodování určím které z nich bych doporučil pro zlepšení bezpečnosti, zvýšení přehlednosti a omezení kongescí na dané křižovatce.

Smyslem této práce je kombinovat znalosti z různých dopravních oborů, získaných v bakalářském i navazujícím magisterském studiu. V bakalářské práci jsem analyzoval Dolní Břežany a navrhoval obchvat kolem nich. V diplomové práci čerpám ze znalostí z oboru projektování silnic a dálnic, které spojuji se znalostmi analýzy dopravních nehod a dopravními simulacemi. Právě díky znalostem z oboru dopravních nehod určím nebezpečná místa v křižovatce podle kolizního diagramu a určím, čím jsou tyto nehody způsobeny. Také provedu dopravní průzkum, jehož technika a přepočty podle TP 189 byla během studia též procvičována. Následně navrhuji taková řešení, která pomohou eliminovat tyto nehody a zároveň přispějí ke zlepšení přehlednosti křižovatky a omezení kongescí. Poté provedu dopravní simulaci navržených variant způsobem, jenž byl využit v některých předmětech zaměřených na dopravní simulace v průběhu studia. V poslední části této práce využiji znalostí multikriteriálního rozhodování, taktéž nabyté v průběhu studia.

Výstupem práce je jednak prokázání znalostí v jednotlivých dopravních oborech od analýzy silničních nehod, přes dopravní průzkumy až k projektování místních komunikací, včetně návrhu signálního plánu pro světelně řízenou křižovatku. Zároveň také výsledná varianta křižovatky, která je realizovatelná a zlepšuje všechny požadované aspekty v dané křižovatce, což je prokázáno výsledky z proběhlé dopravní situace.

## Kapitola 1

---

# Problematika silničních nehod

---

### 1.1 Historie

Silniční nehody jsou fenoménem současnosti, avšak sužují lidstvo již od doby vynálezu automobilu, tedy od konce devatenáctého století. V té době pochopitelně nebyl automobil dostupný každému, jak je tomu v současnosti, a proto byly mnohem méně časté.

První zmínka [1] o lidské oběti havárie pochází z roku 1898, když tehdy dvačtyřicetiletý Henry Lindfield porušil nejvyšší dovolenou rychlost  $15 \text{ km/h}$  a při jízdě z kopce mu při rychlosti  $30 \text{ km/h}$  selhaly brzdy. Po nárazu do stromu mu noha zůstala mezi automobilem a stromem, v nemocnici mu ji lékaři amputovali, ale druhý den Lindfield na následky šoku zemřel.

Jiný zdroj [2] uvádí jako první oběť dopravní nehody Bridget Briscoll, kterou v roce 1896 srazil automobil. Jde tak o první nehodu vozidla s chodcem s následkem smrti. Obě tyto nehody se staly v Londýně. Na základě druhé zmíněné nehody vzniklo ve Velké Británii nařízení, že před automobilem musí běžet člověk s červeným praporkem a zvoncem nebo píšťalkou, aby upozornil okolí na blížící se vozidlo.

Už ve třicátých letech devatenáctého století byla v první republice vydána směrnice 6720/29 z 15.6.1929 "Vyšetřování nehod způsobených motorovými vozidly" [3], neboť bylo nutno reagovat na problémy v silniční dopravě, které se v důsledku nárůstu dopravy stále prohlubovaly. Ve směrnici se mimo jiné uvádí jak provádět šetření dopravní nehody, čeho není třeba opomenout, co by mohlo přispět k objasnění případu a prokázání viny či neviny. Již ve třicátých letech si tedy odpovědné orgány byly vědomy, že vyšetřování dopravních nehod je závažný problém, který tak ohrožuje společnost, že je nutno se mu speciálně věnovat.

### 1.2 Vývoj nehodovosti v ČR

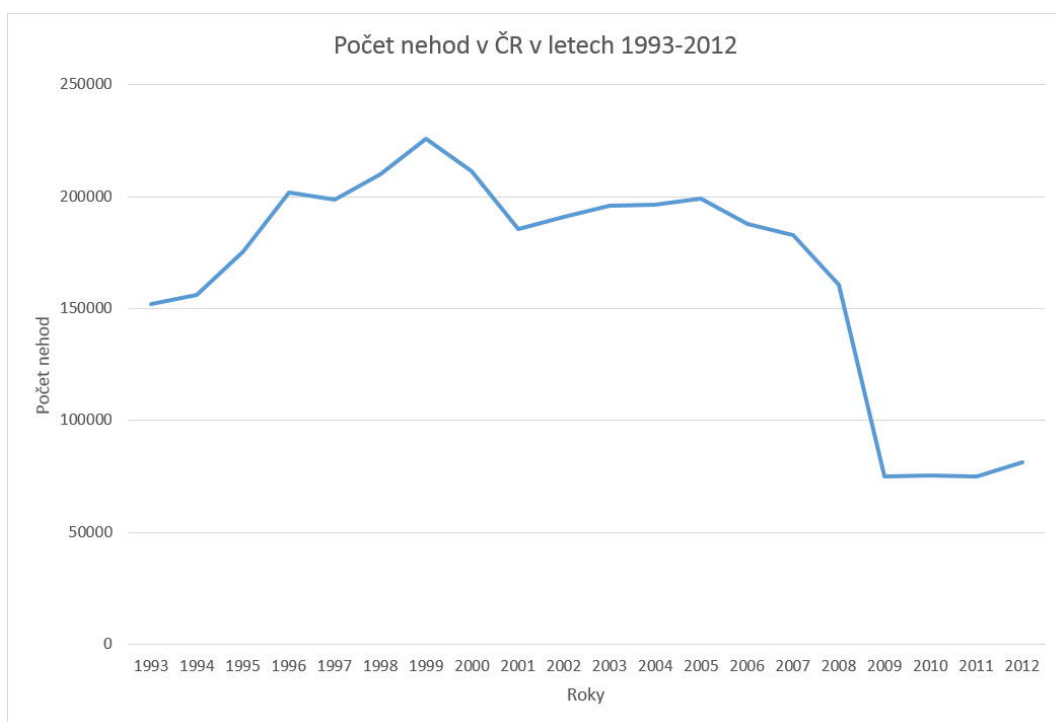
Česká republika patří obecně spíše mezi horší státy v rámci Evropské unie co se týče nehodovosti. Přes některé pozitivní signály je vývoj za posledních 30 let spíše negativní. Pro vyšší efekt je potřebné rozvinout větší škálu nástrojů pro řízení bezpečnosti, včetně dosud nedocenených nástrojů pro podporu bezpečné infrastruktury.

Tabulka 1.1 uvádí vývoj celospolečenských ztrát z nehodovosti v rámci České republiky.

Tabulka 1.1: Vývoj celospolečenských ztrát z nehodovosti v ČR[4]

Rok	Ztráta [mld. Kč]
1993	17,42
1995	26,06
1998	33,65
2000	41,14
2001	47,21
2002	49,72
2003	53,98

Vývoj počtu nehod má od roku 1990 rostoucí tendenci s vrcholem přibližně na přelomu tisíciletí, poté klesal a pak byl několik let téměř konstantní. Znovu klesat začíná v roce 2006, kdy byl zaveden bodový systém. Ten zafungoval především preventivně a řidiči začali jezdit opatrněji. K dramatickému propadu došlo v roce 2009, ten však není příliš věrohodný, jelikož v tom roce došlo ke změně legislativy co se týče hlášení dopravních nehod. Z původní hmotné škody 50 tisíc Kč byla hranice posunuta na 100 tisíc Kč. Ubylo tedy hlášených nehod, tím pádem v grafu 1.1 nastal velký propad, avšak fakticky k velké změně nedošlo.



Obrázek 1.1: Graf počtu nehod v ČR v letech 1993-2012

### 1.2.1 Lokalizace nehod

U dopravních nehod je důležité si uvědomit, že místo vzniku hraje v tomto ohledu velkou roli. Nehody, které se staly v intravilánu mají zpravidla nižší následky, než nehody v extravilánu, naproti tomu nehody v extravilánu mívají závažnější následky. To je způsobeno především vyšší rychlostí vozidel v extravilánu. Porovnání počtů nehod a zranění intravilánu a extravilánu uvádí tabulka 1.2.

Tabulka 1.2: Lokalizace nehod v roce 2012 [5]

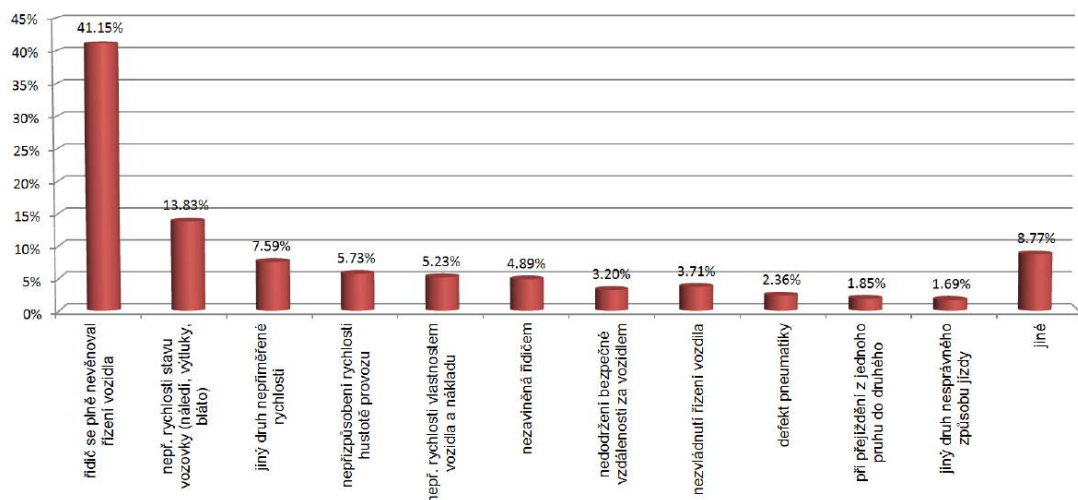
Místo nehody	Počet nehod	Počet usmrcených	Počet těžce zraněných	Počet lehce zraněných	Hmotná škoda [mil. Kč]
V OBCI	57 628	231	1 598	13 303	2 768,91
MIMO OBEK	23 776	450	1 388	9 287	2 106,50
z toho DÁLNIČE	2 432	20	59	477	397,81

Tabulka potvrzuje, že nehody v obci jsou přibližně 2,5x častější než ty mimo obec, ale v počtu smrtelných následků jsou poloviční. V obci je tedy jeden usmrcený na 249,4 dopravních nehod. Mimo obec je to jeden usmrcený na 52,8 dopravních nehod, je tedy přibližně 5x vyšší pravděpodobnost úmrtí při vzniku dopravní nehody mimo obec než v obci. Pro srovnání, na dálnicích je to jeden usmrcený na 121,6 dopravních nehod. Na dálnicích dochází k dopravním nehodám méně často a to především proto, že jsou směrově rozdělené, proto jsou to nejbezpečnější komunikace. Jelikož se však na dálnicích pohybují vozidla vysokou rychlostí, mají tyto, spíše vzácné, nehody mnohem větší následky.

### 1.2.2 Nehody na dálnicích

Nehody na dálnicích jsou specifické tím, že vznikají zpravidla při vysokých rychlostech. Existují však výjimky, tzv. sekundární nehody, ke kterým dojde například v koloně, která vznikla kvůli jiné dopravní nehodě. Přijíždějící řidiči ke koloně špatně vyhodnotí situaci, nebo nedávají dostatečný pozor a vznikne tak sekundární nehoda. Tyto nehody nebývají zpravidla tak závažné jako ty primární.

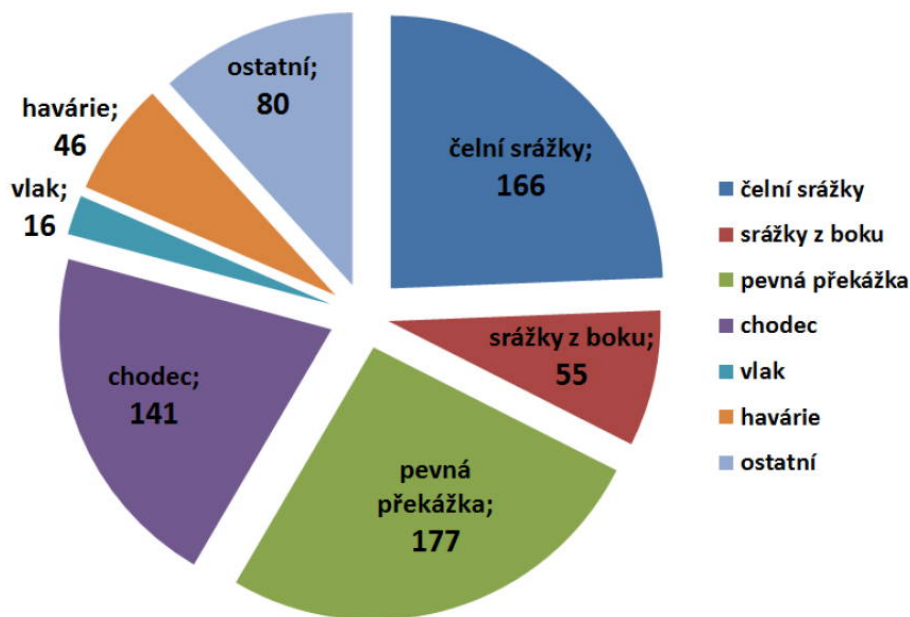
Speciálním druhem sekundárních nehod je tzv. "efekt čumilů". K takové nehodě dochází v protisměrném pruhu a to z důvodu, že řidiči jedoucí v opačném směru jsou zaujati nehodou, která se stala pro ně v protisměru a věnují pozornost této nehodě více, než situací v jejich směru. Tyto nehody pak jednoznačně spadají do kategorie "řidič se plně nevěnoval řízení vozidla". Velkou roli při jízdě na dálnici také hraje únava, jelikož dálnice obvykle slouží k překonávání delších vzdáleností, cesta trvá dlouho a pro většinu řidičů se po chvíli stane monotónní. V kombinaci s únavou pak může dojít k mikrosnánku a vzniku nehody či havárie (vyjetí z dálnice). Graf 1.2 shrnuje hlavní příčiny vážných nehod na dálniční síti v ČR za období 2005-2011.



Obrázek 1.2: Graf hlavních příčin vážných nehod na dálnicích v ČR v letech 2005-2011 [5]

### 1.2.3 Nehody s následkem úmrtí

Nehody s následkem úmrtí jsou ty nejméně závažnější a především tyto je třeba eliminovat, nebo alespoň co nejvíce omezit. V České republice se jako nehoda s následkem úmrtí počítá taková, kdy přímý účastník nehody zahynul do 24 hodin po vzniku dopravní nehody. Oproti tomu ve vyspělejších státech Evropy se statistika uvádí do 30 dní po vzniku nehody. V této statistice tedy nejsou uvedeny takové nehody, kdy účastník zemřel na následky nehody později. Graf 1.3 ukazuje počet nehod se smrtelnými následky v závislosti na druhu nehody.



Obrázek 1.3: Graf druhu dopravní nehody s následkem úmrtí v roce 2012 [5]

Z grafu je patrné, že největší počet nehod je náraz do pevné překážky, těch je ale mnoho druhů a proto je vhodné je více rozvést. Rozdělení na jednotlivé překážky uvádí tabulka 1.3.

Tabulka 1.3: Počty usmrcených osob dle druhu pevné překážky v ČR v letech 2006-2012 [5]

druh/rok	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Celkem	%
strom	149	199	177	132	115	105	113	990	63,1
sloup	21	15	13	15	11	9	9	93	5,9
značka	4	6	7	6	11	7	5	46	2,9
svodidlo	17	12	19	18	131	9	8	96	6,1
provoz	2	4	2	0	1	0	1	10	0,6
zeď, most	39	41	26	30	24	13	27	200	12,7
stav. činn.	0	0	1	1	0	0	1	3	0,2
plot, jiné	18	25	22	24	12	16	13	130	8,3
celkem	250	302	267	226	187	159	177	1568	100

Z tabulky vychází, že jednoznačně nejnebezpečnější pevnou překážkou je strom. Jde především o stromy, kterými jsou lemovány silnice III. třídy, mohutné stromy zasazené v dobách, kdy se ještě nepředpokládalo cestování v takové rychlosti, že by se mohly stát nebezpečnými.



### 1.2.4 Závěr a opatření

Opatření proti dopravním nehodám nemůže probíhat pouze na jednom pilíři bezpečnosti, je potřeba působit na všechny, pouze tak je možno zvýšit bezpečnost a snížit počet dopravních nehod.

Řidič - je třeba zlepšit výchovu řidiče jak v autoškole, tak později. Řádná informovanost médií o změně pravidel, uvědomění si možných následků. Dále dohled na řidiče, pravidelné kontroly (rychlost, alkohol, pásy, sedačky).

Vozidlo - postupná obnova vozového parku, řádné kontroly, při nezpůsobilosti vozidla pro jízdu po pozemních komunikacích neudělovat povolení na STK.

Infrastruktura - dostavná směrově rozdělených komunikací, které se dlouhodobě jeví jako nejbezpečnější komunikace. Výstavba obchvatů, snížení dopravy uvnitř obcí a tím zvýšení bezpečnosti chodců a dalších účastníků provozu. Modernizace stávajících silnic, oprava vozovek v místech, kde je nebezpečná, sesuvy, výmoly. Vedení chodců a cyklistů mimo vozovky, řádné rozdělení pomocí cyklostezek a chodníků, aby nemohlo dojít ke kolizi těchto účastníků s vozidly. Bezpečná komunikace a její okolí do 10 m, omezení stromů v blízkosti komunikace.

## 1.3 Šetření silničních nehod

Vyšetření dopravní nehody je prováděno z několika důvodů. Patří mezi ně: vytvoření znaleckého posudku, zjištění typických nebezpečných míst v křižovatce, určení viníka, určení místa střetu a další.

V momentě kdy se stane dopravní nehoda se začne dopravní situace v okolí zhoršovat a tak je důležité stojící vozidla odklidit tak, aby byla zajištěna plynulost provozu. Nejdříve je však nutné obstarat kvalitní fotodokumentaci vozidel, která se účastnila nehody v konečných polohách. Označit na vozovce jejich konečné polohy a zaměřit je vůči bodu měření. Rozlišujeme výchozí bod měření (VBM) a pomocný bod měření (PBM). VBM je jakýkoliv vhodný pevný bod v nejbližším okolí místa nehody, strom, roh budovy, propustek a další. V případě, že se v okolí nenachází žádný vhodný bod, na kterém by se dal stanovit VBM, použije se PBM. Všechny vzdálenosti, úhly a polohy se měří k PBM, který je zaměřen k VBM, který může být již mnohem dál, ale bylo by složité k němu zaměřovat každý jednotlivý bod nehody.

Samotná analýza dopravních nehod může být řešena dopředným či zpětným odvíjením. Dopředné odvíjení analyzuje situaci od momentu, kdy řidič vozidla začal brzdít. Zpětné odvíjení postupuje z druhé strany, tedy z konečných poloh, do místa střetu až k začátku brzdění. Ze zpětného odvíjení je možno získat předpokládanou rychlost před okamžikem kdy řidič začal brzdít.

Důležité je též počítat s reakční dobou, která má několik složek. Jsou jimi: optická reakce, psychická reakce, svalová reakce a odezva vozidla. Reakční doba se definuje jako časový interval od okamžiku vjemu do uvedení zařízení do činnosti naučeným pohybem. Reakční doba se u zdravých jedinců pohybuje od 0,5 s do 1,5 s. Tato hodnota se zdá zprvu jako velmi malá, avšak je si nutno uvědomit, že dopravní nehoda je fyzikální děj a že během této doby se vozidlo pohybuje konstantní rychlostí vůči místu střetu.

Při rychlosti jízdy 50 km/h ujede vozidlo za 0,5 s dráhu sedmi metrů, za 1,5s dráhu dokonce 21 metrů. Při rychlosti 90 km/h ujede vozidlo za 0,5 s dráhu 12,5 metrů a za 1,5 s dráhu 37,5 metrů.

Tyto hodnoty rozhodně nejsou zanedbatelné. Je důležité si uvědomit, že vyšší rychlost nejen prodlužuje dobu brzdění, a díky tomu i ujetou dráhu, ale i zvyšuje dráhu, kterou řidič ujede za dobu jeho reakční doby. Z předchozího tvrzení je tedy zřejmé, že ujetá dráha není lineárně závislá na rychlosti. Její závislost uvádí následující vztah:

$$s = r_d \cdot v + \frac{v^2}{2a} \quad (1.1)$$

Vzorec 1.1 je rozdělený na dvě složky, první sčítanec určuje složku danou reakční dobou, druhý sčítanec pak složku danou brzděním.  $s$  - dráha,  $r_d$  - reakční doba,  $v$  - rychlost,  $a$  - brzděné zpomalení.

### 1.3.1 s–t diagram [5]

s–t diagram, nebo také diagram dráha - čas, umožňuje zobrazit a přehledně a jednoduše řešit souslednosti pohybu a více objektů různých směrů s proměnou rychlostí. Řešenými objekty nemusejí být výhradně jen ty, co se následně střetly, ale lze znázornit i objekty, které svým postavením nějak ovlivnily nehodovou situaci, např. překážka ve výhledu, která mění svoji pozici v prostoru a v čase (jedoucí nákladní automobil bránící ve výhledu).

Dále se s výhodou znázorňují logické vazby, které měly za následek výsledný pohyb nejen kolidujících objektů. Ve výsledku dochází k výraznému zjednodušení a zpřehlednění celé analyzované situace, tedy grafické řešení v s–t diagramu nabízí možnosti, jaké bychom při čistě matematickém přístupu neměli.

Prolnutí situačního plánu místa nehody a s–t diagramu se realizuje pomocí vzájemného propojení do jednoho výkresu ve stejném měřítku, kde s–t diagram je konstruován v pravoúhlých souřadnicích.

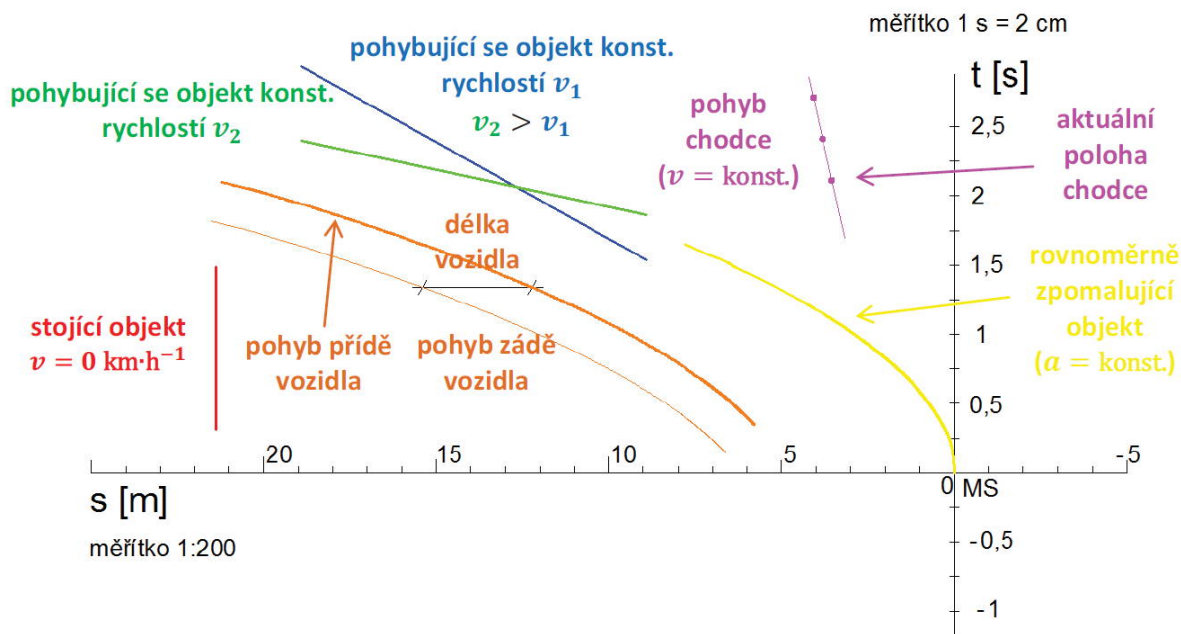
#### Podélná osa (osa x)

Na podélné ose  $x$ , se výhradně znázorňuje parametr dráha v jednotce metr. Pomocí tohoto parametru lze jednoduše zaznamenat všechny druhy zúčastněných objektů na procesu nehodového děje a to nezávisle na směru jejich pohybu v analyzované lokalitě. Např. vzájemně kolmý pohyb vozidla a chodce se v  $s - t$  diagramu totožně vynáší na stejnou podélnou osu (osa dráhy). Nejobvyklejším měřítkem pro většinu řešených situací je 1:200, ale např. při řešení déle trvajícího nehodového děje (převážně předjíždění) se volí měřítko 1:500, resp. až 1:1 000. Opačný přístup platí i při řešení velmi rychlých dějových situací (např. znázornění konfigurace střetů vozidel 1:50 / 20), resp. při analýze pohybu chodce (1:100).

#### Svislá osa (osa y)

Na svislé ose  $y$ , se zásadně vynáší parametr čas se základní jednotkou jedna sekunda, kdy čas je odpočítáván před analyzovanou událostí a zároveň postupuje ze shora dolů k průsečíku s osou  $x$ . Průsečík os dráhy a času se výhradně klade do důležitého okamžiku, jenž je společný pro oba objekty, které se vzájemně střetly. Za důležitý okamžik je považováno místo střetu a nikoliv místo zastavení libovolného vozidla. Toto uspořádání je pro řešení celé situace velmi výhodné, z důvodu odvíjení od jednoho společného okamžiku pohyb obou objektů před vzájemným střetem, ale i po střetu. Zároveň jak již bylo uvedeno, lze jednoduše vyznačit i pohyb dalších objektů, „pohybujících se v okolí dotčené lokality“. Ke znázornění časového intervalu na kolmé ose se většinou případů používá měřítko, kdy jedna sekunda odpovídá dvěma centimetrům. Samozřejmě pro déle trvající děje (převážně předjíždění), lze zvolit větší časová měřítka.

## Principy zobrazení objektů v s–t diagramu



Obrázek 1.4: Vybrané druhy křivek zobrazující závislost dráhy na čase v s–t diagramu [5]

### 1.3.2 Oblast zakrytého výhledu [5]

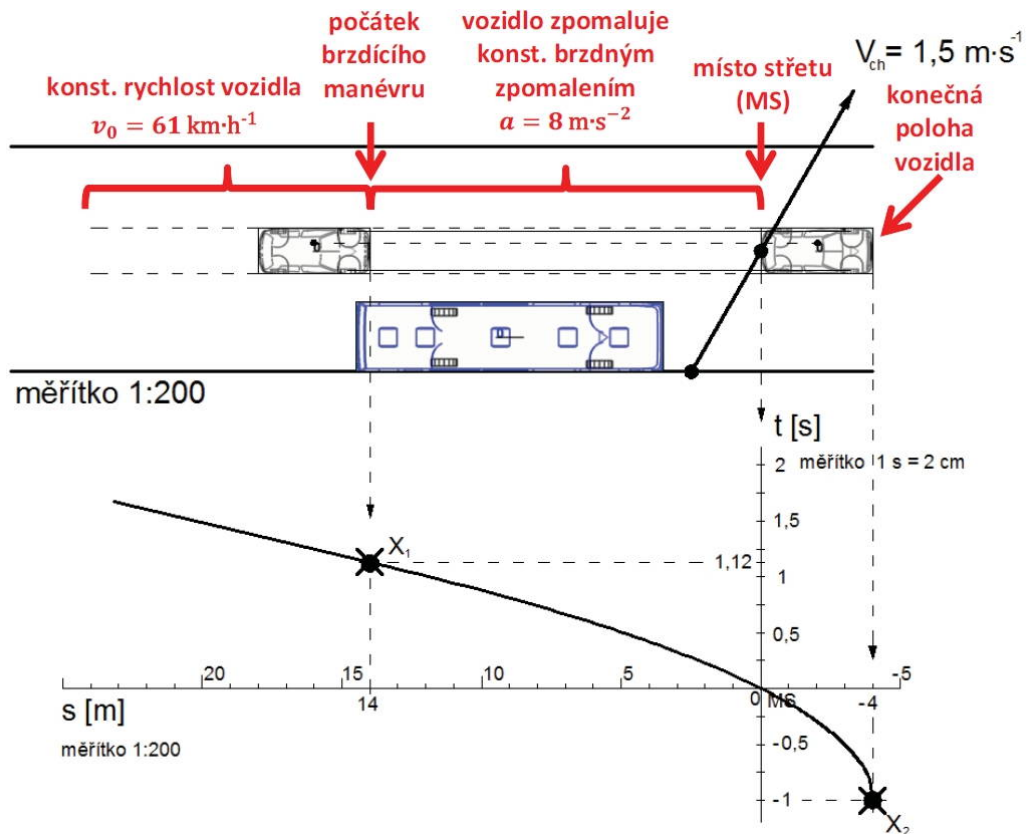
Metodický přístup k řešení problematiky vývoje možnosti viditelnosti mezi dvěma pohyblivými objekty, jak přes nepohyblivou překážku (nároží domu, vzrostlá zeleň), tak i přes pohyblivou překážku (jedoucí automobil), využívá názorné a jednoduché konstrukce OZV v s–t diagramu.

OZV znázorňuje časo-prostorové uspořádání řešené lokality pro vybrané objekty. Z tohoto důvodu je zřejmé, že se nejedná o „místo“, do něhož není možno vidět z dané statické polohy pozorovatele, ale o časo-prostorovou dynamicky se měnící oblast.

Odvození OZV je založeno na provázanosti situačního výkresu a s–t diagramu, kde kompatibilita je zaručena pomocí kombinace použití shodných měřítek a i umístění konstrukčních bodů, který si svojí polohou navzájem odpovídají.

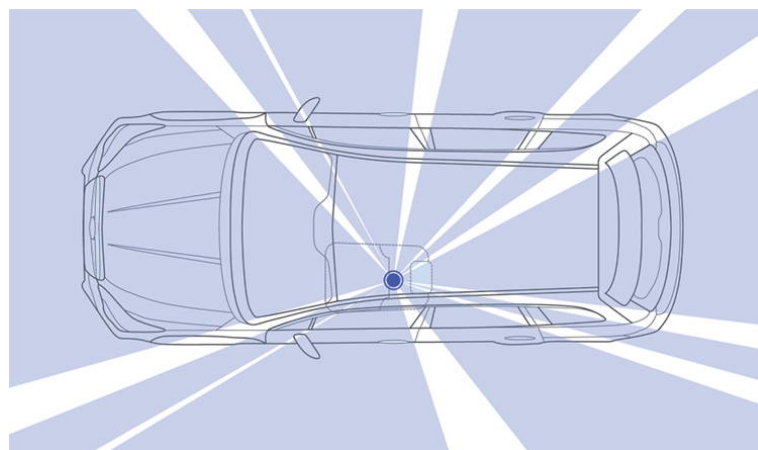
Na základě znalosti OZV je dále možno identifikovat místa se špatnou viditelností a navrhnout jejich úpravu tak, aby byly zajištěny správné rozhledové poměry. Většinou jde o křižovatky v intravilánu, kde mohou být překážkou ve viditelnosti nároží domů. V extravilánu mohou ve výhledu vadit stromy a keře. Častým problémem nedostatečného rozhledu trpí přechody pro chodce a to jak z pohledu řidiče, tak z pohledu chodce. Zajištění rozhledu je možné zajistit například zákazem parkování vozidel v blízkosti přechodu, vysazená chodníková plocha, rozdělení přechodu bezpečnostním ostrůvkem, či snížení rychlosti projíždějících vozidel fyzickou úpravou před přechodem (zpomalovací práh, polštář, šikana).

Při práci s OZV je dále vhodné uvědomit si viditelnostní a světelné poměry v době nehody. V době po východu a před západem slunce hrozí možnost oslnění. V analýze světelných poměrů se využívá tabulka azimutu a výšky slunce, která nám na základě data a hodiny dokáže určit ve kterém místě se slunce nacházelo a tak dokázat zda mohlo mít na nehodu vliv.



Obrázek 1.5: Ukázka provázanosti situačního výkresu a s-t diagramu [5]

Zvláštní kapitolou OZV je výhled řidiče z vozidla, kde mu ve výhledu brání vlastní konstrukce vozidla. Jedná se o sloupky spojující karoserii vozidla (A-sloupky, B-sloupky, C-sloupky). Dále vlastní kapota vozidla, díky níž nejsou vidět předměty blízké, ležící přímo před vozidlem. Nejnebezpečnější je tzv. mrtvý úhel, tedy OZV, která není vidět v bočním zpětném zrcátku a zároveň v bočním okně. Nachází se za vozidlem a nejčastěji hraje roli na dálnicích, kde dochází k časté změně jízdního pruhu a předjíždění jednotlivých vozidel. Některá vozidla jsou vybavena detekcí mrtvého úhlu. Vozidlo upozorňuje když se jiné vozidlo nachází v tomto prostoru a tak předejde případnému bočnímu nárazu, který může mít ve vysoké rychlosti extrémní následky. Na obrázku 1.6 lze vidět výhled řidiče z vozidla.



Obrázek 1.6: Výhled z vozidla z pozice řidiče [6]

## Kapitola 2

---

# Simulace

---

### 2.1 K čemu slouží

Simulace je napodobení skutečné věci, stavu nebo procesu. Samotná simulace má za úkol vyobrazit předpokládaný stav systému za určitých podmínek. Tyto podmínky mohou být složité v reálném světě vytvořit. Především však jsou časově i finančně náročné na to, aby byly tvořeny a zkoušeny. Proto se využívá simulace, která prověří reakci systému na daný vstup a zobrazí předpokládaný výstup ze systému. Tento výstup se pochopitelně může lišit od reálného výstupu ze systému, avšak simulace pomáhá k vytvoření předpokladu, jaký tento výstup reálně bude.

Simulace je používána v mnoha souvislostech, jedná se o modelování přírodních systémů či systémů vytvořených lidmi, má za cíl získat poznatky o tom jak fungují. Také se užívají technologické simulace s účelem optimalizace výkonu, bezpečnostní inženýrství, testování, školení a vzdělávání. Simulace může být použita například pro zobrazení případných reálných dopadů alternativních podmínek a způsobů jednání.

Hlavní otázky v simulaci zahrnují především: pořízení platných zdrojů informací o příslušném výběru klíčových charakteristik a chování, využití zjednodušujícího odhadu a předpokladů v rámci simulace a věrnost a platnost výsledků dané simulace.

### 2.2 Mikrosimulace dopravy [7]

Modelování obecně je napodobování reálného děje nebo jeho části. Jde o selektivní aproximaci, tj. výběrové přiblížení reality. Vybírají se pouze postatné vlivy a ty podružné se zanedbávají (např. počasí). Reálné vztahy a závislosti se na základě pozorování transformují do matematických vztahů a algoritmů, které vytvářejí sofistikovaný matematický model.

Simulace obecně představuje proces napodobování reálného děje, přičemž se jedná o simplifikovanou aproximaci. Simulační dopravní model sestává z několika submodelů, z nichž se každý stará o specifickou úlohu v procesu simulace reálného děje (car following model, lane change model a další). Submodely následování vozidla, které řídí interakci vozidla s před ním jedoucím vozidlem (car following model), je možno rozdělit na modely bezpečné vzdálenosti (safety distance model), psycho-fyzikální modely (psycho-physical) a modely jiného typu. V poslední době byly do mikrosimulačních modelů přidány také speciální submodely pro realistickou simulaci chodců včetně interakce s motorovou dopravou. Algoritmy

popisující chování v dopravním proudu se stále zdokonalují a přibývá kalibračních parametrů umožňujících nastavit přibližující se specifickým podmínkám/charakteristikám dopravního proudu v čase a místě (národní nebo regionální specifika).

Mikrosimulace lze také popsat jako dynamické a stochastické modelování individuálních pohybů vozidel v systému dopravních komunikací. Každé vozidlo je přemísťováno v síti v malých časových krocích ( $< 1s$ ) v souladu s fyzickými vlastnostmi vozidla (délka, maximální akcelerace apod.), základními pravidly pohybu (vztah mezi rychlostí, dráhou, zrychlením apod.) a pravidly dopravního chování řidičů (následování vozidla, změna pruhu apod.).

## **2.3 Modelové skupiny dle rozsahu a míry podrobnosti modelu [7]**

### **2.3.1 Makroskopické simulační modely**

Makroskopické simulační modely se vyskytují ve dvou modelových variantách - jako tzv. modely dynamiky kapalin, které bývají používány především pro simulaci a řízení dálniční dopravy a, jako dopravně plánovací modely, tzv. modely cestovního času, kde odpor trasy je modelován jako funkce zatížení na trase. Obě modelové varianty se zabývají dopravními proudy bez jejich členění na jednotlivé součásti (vozidla). Popis dopravního provozu probíhá prostřednictvím agregovaných proměnných jako dopravní zatížení meziuzlových úseků nebo průměrná rychlost dopravy na daném meziuzlovém úseku. Vztahy mezi agregovanými veličinami cestovního času, rychlosti, intenzity a hustoty dopravního proudu jsou obvykle formulovány matematickými vztahy (fundamentální diagram).

### **2.3.2 Mezoskopické simulační modely**

K této skupině patří modely, při kterých sice jednotlivá vozidla a jejich pohyb silniční sítě jsou zohledňovány, avšak pohyby vozidel jsou kromě makroskopických souvislostí popisovány bez zohlednění interakce mezi jednotlivými vozidly.

### **2.3.3 Mikroskopické simulační modely**

Jednotlivá vozidla, ze kterých je složený dopravní proud v této modelové skupině tvoří nejmenší elementy systému. V simulaci se zohledňují rovněž individuální vlastnosti různých vozidel a řidičů stejně jako interakce mezi vozidly. Pravidla, na základě kterých se vozidla v modelu pohybují a vzájemně reagují (např. volba rychlosti či jízdního pruhu), jsou dané ve formě výpočtových algoritmů. Mikroskopické modely jsou potenciale přesnější než makroskopické a umožňují reprezentaci detailnějších problémových úloh.

### **2.3.4 Hybridní modely**

Do této skupiny se řadí modely, které vykazují znaky mikroskopických i makroskopických modelů. Jsou to např. modely, ve kterých je doprava v různých místech modelu interpretována jiným způsobem (např. makroskopické zobrazení meziuzlových úseků ve spojení s mikroskopickým pojetím chování v odbočovacích manévrech v navazujících uzlech).

### **2.3.5 Submikroskopické simulační modely**

Submikroskopické simulační modely modelují stav vozidla podrobněji než v rovině řidič-vozidlo. Těmito modely tak mohou být zobrazovány např. i motor a hnací ústrojí. Vyznačují se

mimořádně vysokým stupněm detailnosti a s tím spojenými vysokými nároky na čas potřebný k sestavení modelu a vstupní modelová data.

## 2.4 Programy, užívané k simulaci

Možnost vypracování dopravní simulace nabízí v současné době mnoho společností, mezi nejpoužívanější programy patří:

- TransModeler
- PTV VISSIM
- TSIS-CORSIM
- Cube Dinasim
- LISA+
- Simtraffic
- LINSIG
- TRANSYT

Z této nabídky programů bude v této práci využit program PTV VISSIM, který je díky ČVUT licenci dostupný ve verzi, která umožňuje maximálně desetiminutovou délku simulace.

## 2.5 Vstupy do mikrosimulace

Vstupy, které se do simulace zadávají mají co nejvíce přiblížit reálný stav systému. Zároveň je ale důležité si uvědomit, že model systému by měl být co nejjednodušší a zároveň co nejpřesnější. Z tohoto důvodu se udávají pouze základní vstupy, mezi které patří:

- Tvar křižovatky

Tvar křižovatky definuje úhly a vzdálenosti v křižovatce. Dále jednotlivá napojení, vedení chodníků okolo křižovatky a další poměry v okolí křižovatky (svah, most, zábradlí...).

Ideálním vstupem tohoto typu je geodetické zaměření, které je kompatibilní s AutoCADem, kde je možno rozlišit jednotlivé typy hran hladinami či barvami. V případě absence geodetického zaměření, je vhodným způsobem k získání dat o tvaru křižovatky ortofoto mapa. Obkreslení hran z ortofoto mapy není zcela přesné, avšak dokáže, při dobrých podmínkách a kvalitě fotografie, snížit nepřesnost na přibližně 10 centimetrů, což v rámci mikrosimulace křižovatky není nepřekonatelný problém.

Soubor se zaměřením, či obkreslenými hranami lze do programu PTV VISSIM nahrát v daném měřítku a mít ho jako podklad. Výhodou je, že se jedná o podklad s vektorovou grafikou, kvalita se tedy při přiblížení neztrácí na rozdíl od grafiky rastrové.

- Vodorovné dopravní značení

Vodorovné dopravní značení určuje počet jízdních pruhů v jednotlivých ramenech, usměrňuje dopravu při křižovatkových pohybech. Vyznačuje pruhy pro cyklisty, stop čáry, přechody pro chodce, vymezuje prostor pro parkování.

- Svislé dopravní značení

Svislé dopravní značení do určité míry sděluje stejné informace jako vodorovné, může však nést i informace navíc (zákaz předjíždění, nejvyšší dovolená rychlost, vyznačení předností apod.).

- Přednosti v jízdě

Důležitá položka je vyznačení předností v jízdě. Program PTV VISSIM nabízí několik možností určení předností, nejjednodušší je využít variantu kolizních bodů, kde je pro každý kolizní bod určeno který jízdni pruh má přednost. Dále je možné nastavit jakou dobu předem budou simulovaná vozidla přednost před jiným směrem vnímat a reagovat na vozidlo, kterému mají přednost dát. Je zde možnost též nastavit stop čáry a další prvky, které se přednosti v jízdě týkají.

- Intenzity dopravy

Klíčovým vstupem jsou intenzity dopravy. Jedná se o číselné hodnoty vozidel, které projedou určitou trasu za danou časovou jednotku. Nejčastěji se užívá jednotka vozidla/hodinu. Intenzity jsou nutné stanovit pro všechny varianty průjezdu křižovatkou, tedy pro jeden vjezd určit hodnoty pro všechny výjezdy, dále pro další vjezd a všechny výjezdy.

- Random seed generator

Random seed, neboli "náhodné semínko" je náhodné číslo, které se používá při inicializaci generátoru pseudonáhodných čísel. Generátor, na základě tohoto čísla, vytvoří sekvenci pseudonáhodných dat, která jsou však vždy stejná, dokud nedojde ke změně "semínka". Při opakovaném zpouštění simulace tedy budeme dostávat stále stejné výsledky, dokud nedojde ke změně random seed v nastavení. Model je tedy vhodné prověřit pro několik různých hodnot random seed, aby byla prokázána správná funkčnost modelu.

## 2.6 Výstupy z mikrosimulace

Samotná simulace probíhá v různých rychlostech - podle nastavení simulační sekundy. Při nižších rychlostech je umožněno sledovat v programu pohyby jednotlivých vozidel a chodců. V případě skrytí vozidel je simulace schopna proběhnout přibližně stonásobnou rychlostí. Jednotlivé výstupy ze simulace jsou:

- Pohyby vozidel

Pohyby vozidel slouží k ujištění, že je simulace správně nastavená, nedochází k zaseknutí se vozidla bez zjevného důvodu. Prověřuje, zda jsou správně propojeny všechny vjezdy a výjezdy z křižovatky - pro toto ujištění je vhodné nastavit zkušební intenzity, které budou vozidla rovnoměrně rozdělovat na jednotlivé výjezdy. Teprve po prověření nastavit intenzity zjištěné z průzkumu.

- Animace

Program PTV VISSIM podporuje jak 2D tak 3D zobrazení modelu, umožňuje i vložení textur, které udělají model realističtější. Z tohoto zobrazení je pak možné vygenerovat animaci vlastní pohybů vozidel v závislosti na vstupních datech.



- Data

V programu PTV VISSIM je umožněno sbírat v podstatě jakákoliv data. Slouží k tomu senzory, které se umísťují do modelu. Na základě těchto senzorů je možné nastavit určité chování systému (změna fáze na SSZ, změna trasy, snížení rychlosti...). Obyčejně bývají využity tak, jako indukční smyčky, tedy před SSZ a to v uživatelem zvolené vzdálenosti.

Tyto senzory jsou schopny nejen předávat data dál, ale i zaznamenávat je pro uživatelskou pozdější analýzu. Mohou posloužit také pro kontrolu součtu vstupních a výstupních vozidel.

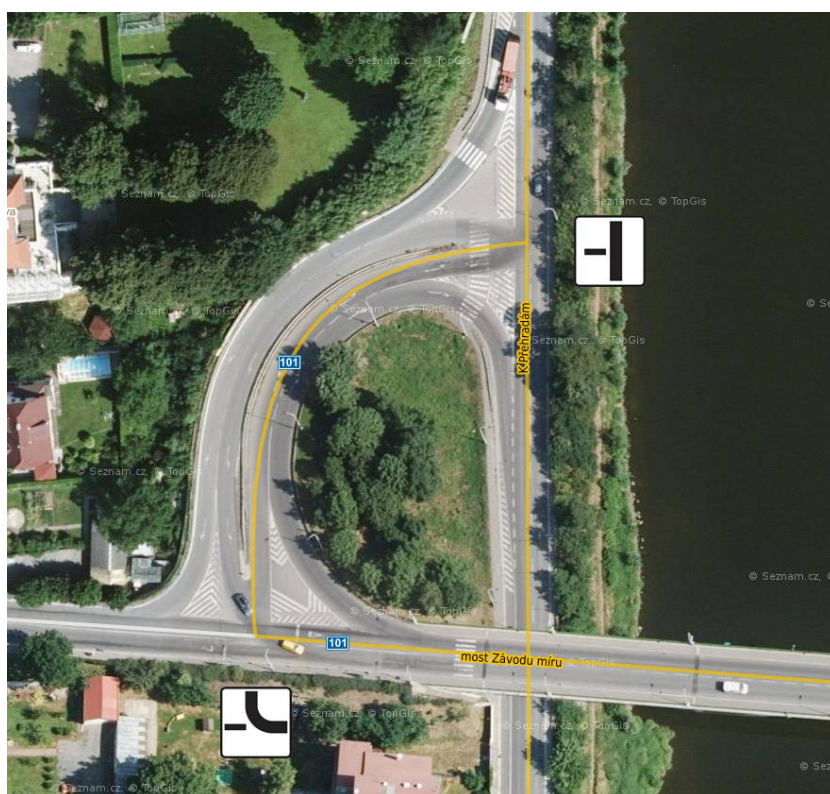
## Kapitola 3

# Stanovení a analýza řešené oblasti

### 3.1 Výběr řešené oblasti

Ve své práci se budu zabývat křižovatkou na mostu Závodu míru, který se nachází na jižním okraji Prahy, konkrétně městské části Praha-Zbraslav. Prvním krokem bylo zvolení křižovatky, jelikož se u mostu nalézají dvě a obě jsou z hlediska dopravních nehod nebezpečné.

Křižovatka na západní straně mostu je tvořena dvěma stykovými křižovatkami, které jsou spolu spojené směrově rozdělenou komunikací v oblouku. Liší se ovšem svým uspořádáním přednosti v jízdě. Severní (spodní) styková křižovatka je napojení na silnici II/102, která je hlavní pozemní komunikací. Jižní (horní) styková křižovatka je napojení na silnici II/101, kde je zalomená přednost. Přehlednější vyznačení předností je zobrazené na obrázku 3.1.



Obrázek 3.1: Vyznačení přednosti na křižovatce na západní straně mostu [8]

Křižovatka na východní straně mostu dělá podle dodatkové tabulky dojem průsečné křižovatky se zalomenou předností, ve skutečnosti jde však spíše o dvě komunikace stykově se připojující na hlavní pozemní komunikaci v oblouku z vnější strany. V jižní části křižovatky najdeme bypass pro směr ze Zbraslavi a Vraného do Břežanského údolí. Její tvar je zřejmý z obrázku 3.2



Obrázek 3.2: Vyznačení přednosti na křižovatce na východní straně mostu [8]

## 3.2 Popis okolí

Řešená oblast se nachází na jižním okraji Prahy a vede zde několik významných dopravních tahů:

Silniční:

- *II/102* (Štěchovice - Davle - Praha-Zbraslav - Praha-Smíchov)
- *R4* (Strakonice - Příbram - Dobříš - Mníšek p. B. - Praha-Zbraslav (dále jako *II/102*))
- *R1* (Praha-Zličín - Praha-Zbraslav - Jesenice - Modletice)
- *II/101* (Praha-Radotín - Praha-Zbraslav - Dolní Břežany - Jesenice - Modletice - Říčany)

Mezi dopravní tahy s nižšími intenzitami (3001-5000 voz/den) patří:

- *III/1043* ((Zvole) - Vrané nad Vltavou - Praha-Zbraslav (dále jako *II/101* nebo *II/102*))
- *III/10115* (Březová-Oleško - Zvole - Ohrobec - Dolní Břežany)

Železniční:

- trať 210 Praha – Vrané nad Vltavou – Čerčany/Dobříš

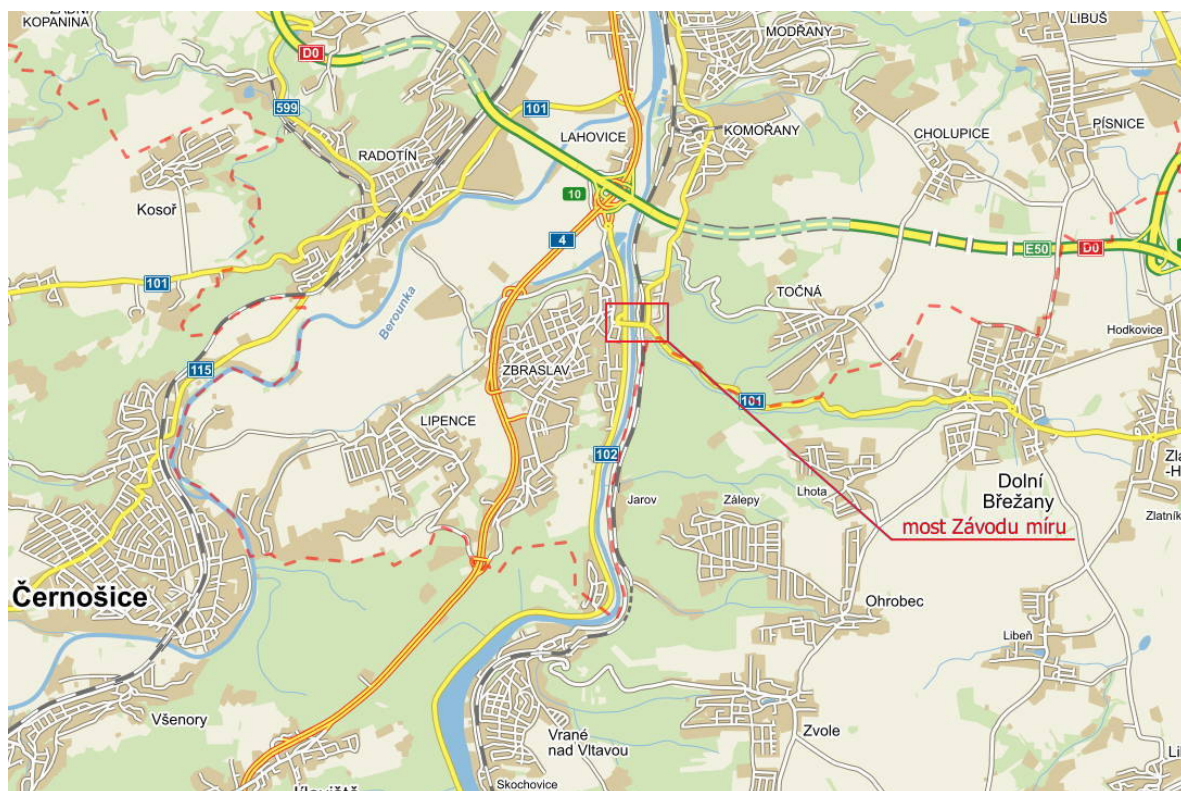
Vodní:

- řeka Vltava Praha – Vrané nad Vltavou – Slapy

Zajímavostí je, že právě u mostu Závodu míru se kříží hned několik z výše zmíněných dopravních tahů a to silnice *II/101*, *II/102*, *III/1043*, pod zmíněnou křižovatkou na východní straně mostu projíždí železniční trať 210 a pochopitelně pod mostem teče řeka Vltava.

V minulosti byla oblast silně zatížena nákladní dopravou, která byla vedena po silnici *II/101* Břežanským údolím, přes most Závodu míru a dále směrem na Radotín. Tato skutečnost již neplatí, protože v roce 2010 byla dokončena stavba R1 (SOKP) a díky ní je umožněno přes SO 512, SO 513, SO 514 a SO 515 přímé spojení z dálnice D1 na dálnici D5. [9]

Na situaci širších vztahů (obrázek 3.3) je patrný okraj hlavního města Prahy (značený červenou přerušovanou čarou) a výše zmíněné obce či části Prahy (Praha-Zbraslav, Vrané nad Vltavou, Dolní Břežany). Severním směrem se pak nachází centrum Prahy. Řešená oblast je vyznačena červeným obdélníkem.



Obrázek 3.3: Situace širších vztahů [8]

### 3.3 Popis křižovatky

Pro svou práci jsem zvolil křižovatkou na východní straně mostu, která nabízí více variant řešení a zlepšení stávajícího stavu. Hlavní pozemní komunikace vede směrem ze Zbraslavi, tedy po mostu a dále severním směrem do Komořan, jedná se tedy o zalomenou přednost. Z Jihu se prudkým stoupáním připojuje vedlejší komunikace směrem z Vraného nad Vltavou (*III/1043*), ta překonává výškový rozdíl 7 metrů z úrovně terénu - kde se nachází v místě vlakové stanice Praha-Zbraslav na vzdálenosti přibližně 120 metrů. Její sklon je tedy 6 % [8].

Komunikace vedoucí z Dolních Břežan (II/101) se napojuje do křižovatky z jihovýchodu a její trasování je nakolmeno tak, aby byly zajištěny lepší rozhledové poměry na stykovém napojení. Při trase vedoucí z Dolních Břežan do Vraného nad Vltavou však stavební úprava křižovatky neumožňuje provést odbočovací manévr přímo a je nutno nejprve odbočit na hlavní pozemní komunikace směrem na Zbraslav a ihned z ní opět odbočit směrem do Vraného. Tento manévr tedy zbytečně 2x křížuje hlavní pozemní komunikaci a tím zvyšuje počet kolizních bodů křižovatky. V opačném směru tento manévr není zakázán, ale není nutný provádět. V tomto směru je v křižovatce zřízen jednosměrný bypass umožňující průjezd křižovatky bez kolizních bodů s hlavní pozemní komunikací.

Křižovatka je kanalizována zvýšenými ostrůvky, které jsou doplněné o dopravní stín (V13a). Dále se v křižovatce nachází dva přechody pro chodce (V7), které slouží k převodu chodců mezi vlakovou stanicí Praha-Zbraslav, chodníky na mostu Závodu míru a autobusovou zastávkou Nádraží Zbraslav, která se nachází v severní větvi vedoucí směrem do Komořan.

### 3.4 Inspekce stávajícího stavu

V dubnu roku 2016 došlo k výměně krytu vozovky v celé ploše křižovatky, během prací bylo zavedeno provizorní SSZ, díky kterému byla vozidla vpouštěna do křižovatky. Výměna krytu proběhla na 3 etapy, jak lze v křižovatce vidět podle spár v asfaltu. Následkem tohoto zásahu od té doby chybí v křižovatce jakékoliv vodorovné dopravní značení, tedy vodící čáry, přechody a dopravní stíny. Tím pádem se křižovatka stala ještě o něco nebezpečnější, především pro neusměrněný pohyb chodců po vozovce. Až do data odevzdání této práce nedošlo ke kompletnímu doplnění VDZ.

Pro uchycení stávajícího svislého dopravního značení bylo z větší části využito sloupů veřejného osvětlení a z toho důvodu došlo k umístění několika dopravních značek na jeden sloup v kombinaci, která není dovolena. Jedná se o dopravní značky P2 "Hlavní pozemní komunikace", E2b "Tvar křižovatky" a IP6 "Přechod pro chodce".

Přechod pro chodce z východní strany není svislým dopravním značením vůbec označen, rovněž u autobusové zastávky nejsou příslušné dopravní značky.

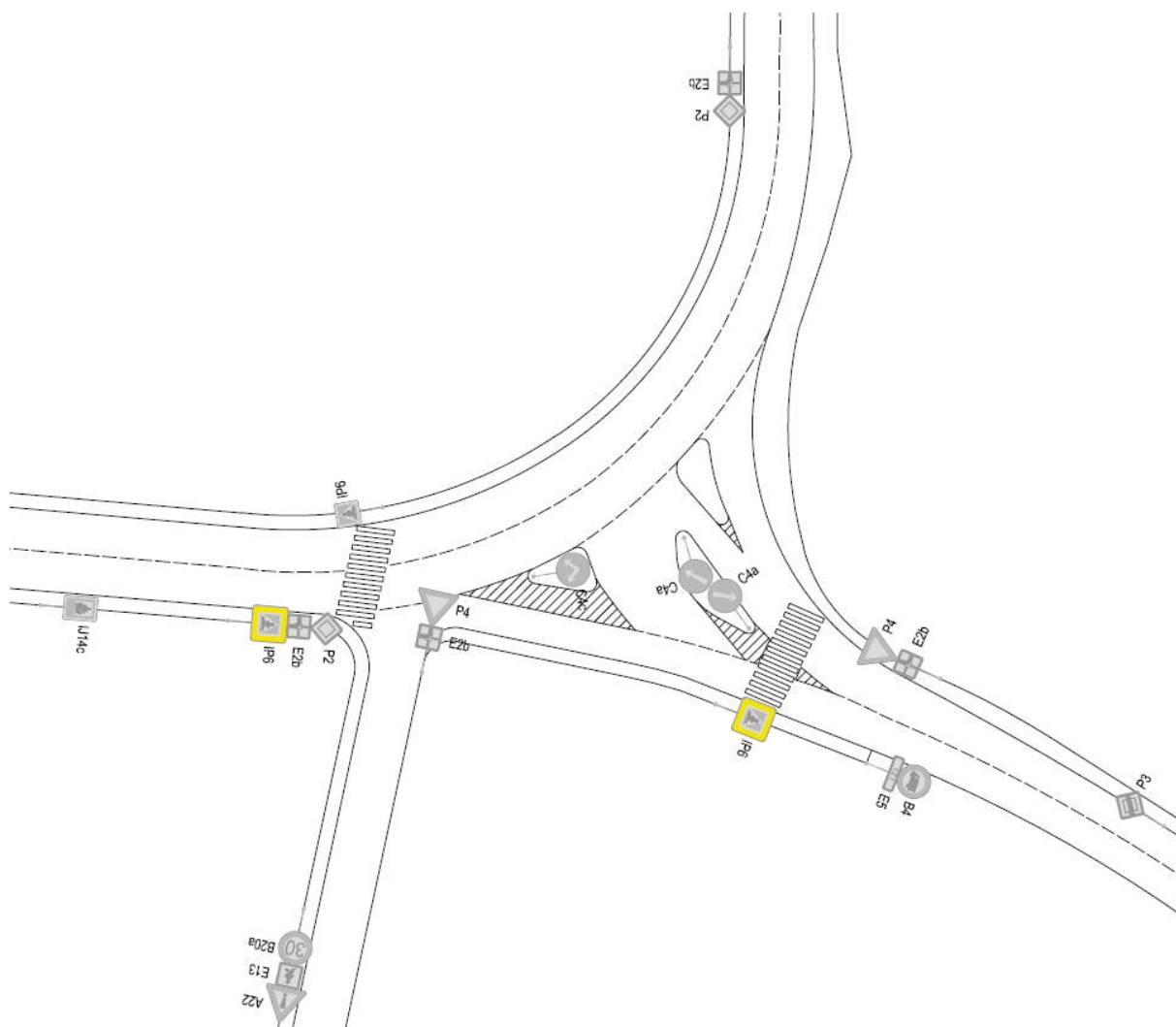
Dalším nedostatkem je absence přechodu pro chodce v jižní části křižovatky pro převedení chodců přes jižní rameno křižovatky (směr Vrané nad Vltavou). Chodník vedoucí nad přejezdem trati je v místě napojení jižního ramene ukončen bez jakékoliv návaznosti. Tato skutečnost je v řešené oblasti zřejmě z důvodu velmi nízkých intenzit chodců. Společně s tímto nedostatkem také v křižovatce chybí jakékoliv prvky pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace.

Rovněž přechod přes západní rameno křižovatky (směr Zbraslav) je nevhodně umístěn. Zasahuje svými proporcemi do křižovatky a pro vyšší bezpečnost chodců by měl být odsunut více na západ. V tomto místě je zřejmě přechod umístěn z důvodu uchycení svislé dopravní značky IP6 "Přechod pro chodce" na sloupu veřejného osvětlení (tak aby nemusel být přidáván vlastní sloup pro SDZ). Z tohoto důvodu dochází ke výše zmíněnému problému umístění více SDZ na jeden sloup.

Jednou z dalších chyb v křižovatce je absence stop čáry v jižním příjezdu na křižovatky, kde není řidičům jasně řečeno, kde mají zastavit. V jakémkoliv odbočovacím manévru je nutné dávat přednost vozidlům, které přijíždí zleva po hlavní pozemní komunikaci, kam není dodržený správný rozhled. Není tedy možné vjet do křižovatky bez zastavení a rozhlédnutí se. V tomto místě by mohla být dopravní značka P6 "stůj, dej přednost v jízdě" místo stávající P4 "dej přednost v jízdě" a doplněná stop čára pro jednoznačnost v jakém místě má řidič zastavit.

V celé ploše křižovatky chybí zábradlí mezi chodníkem a vozovkou pro ochranu chodců a zároveň zamezení volného pohybu v křižovatce a vedení chodců k využití přechodů.

Na obrázku 3.4 je vidět situace stávajícího svislého dopravního značení, zjištěný při inspekci stávajícího stavu.

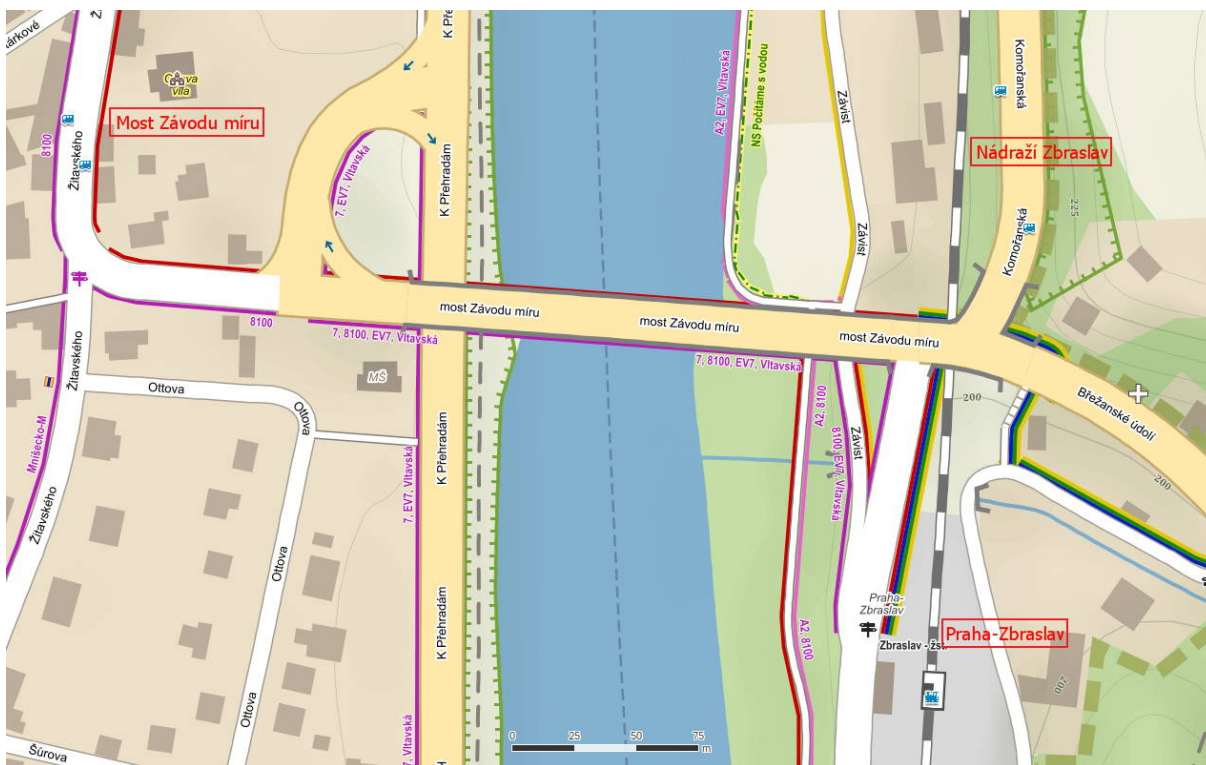


Obrázek 3.4: Situace stávajícího svislého dopravního značení

### 3.5 Dopravní návaznosti

V okolí řešené oblasti se nachází několik zastávek veřejné hromadné dopravy. Na jih od křižovatky, v nižší výškové úrovni se nachází železniční stanice Praha-Zbraslav, která je v provozu již od roku 1897. Na severní straně křižovatky je v obou směrech autobusová zastávka Nádraží Zbraslav, kde staví autobus 165. Na západní straně mostu, tedy na druhém břehu, se nachází autobusová zastávka most Závodu míru, kde staví autobusy 165, 255, 314, 338, 361, 390. Pěší návaznost mezi jednotlivými zastávkami je umožněna chodníky na obou stranách mostu, vedení chodců v křižovatce je pomocí tří přechodů. Rovněž na severním a jižním rameni je vybudován chodník pro chodce ke správné návaznosti na autobusové zastávky, železniční stanici a cyklostezku, která vede pod mostem podél Vltavy.

Na obrázku 3.5 jsou vyznačeny jednotlivé autobusové zastávky a železniční stanice. Podél řeky Vltavy lze vidět cyklostezku vedoucí z Vraného nad Vltavou do Modřan.



Obrázek 3.5: Vyznačení zastávek VHD [8]

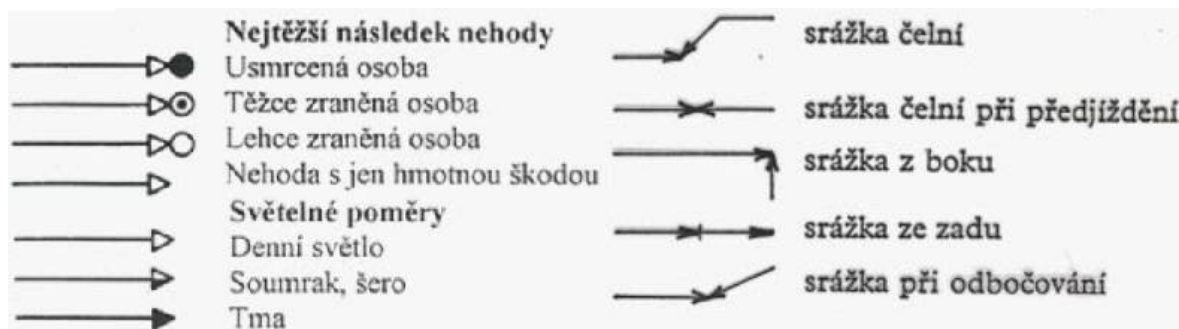
## 3.6 Nebezpečná místa

Nebezpečnými místy v křižovatce rozumíme taková místa, kde se opakovaně stává stejný typ dopravních nehod. Jedná se tedy o systémové a ne zcela náhodné nehody a právě tyto je možno správným řešením odstranit, zatímco náhodné nehody se budou objevovat neustále. Systémové nehody zpravidla nebývají tolik závislé na ostatních podmínkách (počasí, osvětlení...) a jsou způsobeny spíše infrastrukturou. Může se jednat o rozbitý povrch vozovky, špatné značení předností v jízdě, nesoulad SDZ a VDZ, špatné rozhledové poměry, příliš malé poloměry směrových a výškových oblouků apod. Pro zjištění takových míst v křižovatkách se užívá kolizního diagramu.

### 3.6.1 Kolizní diagram

Kolizní diagram je plánec křižovatky, do kterého jsou zaneseny všechny dopravní nehody, které se v daném časovém úseku udály na této křižovatce. K vyznačení nehod do kolizního diagramu se používá zvláštní symbolika šipek, které značí, pozicí šipek mezi sebou, typ nehody, dále vybarvením hrotu šipky viditelnost a denní dobu, kroužek před šipkou pak rozlišuje nehody s lehkým, těžkým či smrtelným zraněním. Šipky bez kroužku jsou nehody pouze s hmotnou škodou, bez následku na zdraví. Je nutno upozornit, že v této statistice se jako nehoda se smrtelnými následky počítá pouze smrt v době nehody, nebo do 24 hodin po vzniku nehody.

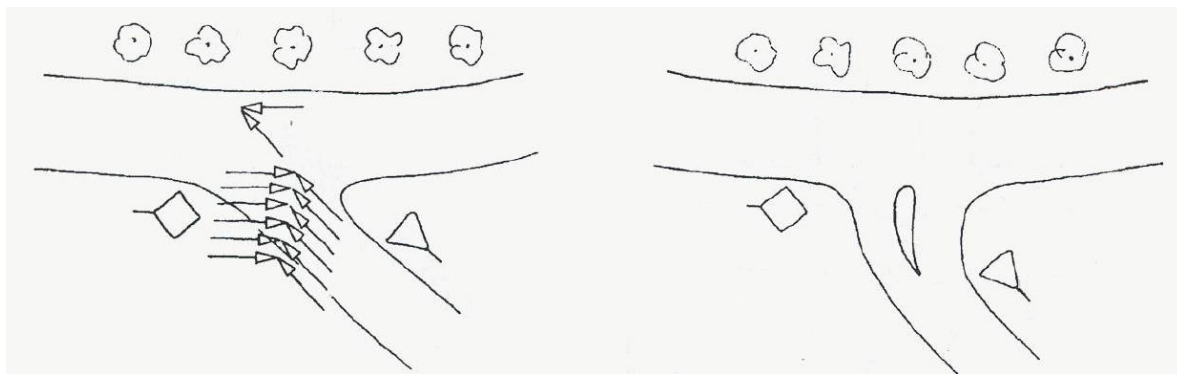
Kolizní diagramy se zpravidla využívají na porovnání stavu před a stavu po úpravě křižovatky. Jsou tedy nejdříve zpracovány na stávajícím stavu křižovatky, následně dojde k úpravě přestavbou, změnou přednosti, instalací SSZ či jiné a po několika letech je zhotoven nový kolizní diagram, avšak pouze s daty od dokončení přestavby. Následně dochází k porovnání obou diagramů a vyhodnocení zda byla úprava přínosná a vedla ke snížení nehodovosti na dané křižovatce či nikoliv, případně jestli nehodovost dokonce vzrostla. Na obrázku 3.6 je ukázka několika značek ze symboliky kolizních diagramů.



Obrázek 3.6: Ukázka symboliky kolizních diagramů

Využití kolizního diagramu si předvedeme na následujícím náčrtu 3.7. Stav před úpravou: Nehody na stykové křižovatce s ostrým úhlem, 7 nehod za 2 roky.

Stav po úpravě: Ve sledovaném období jednoho roku po přestavbě nevznikla v prostoru křižovatky žádná nehoda. Provedená úprava spočívala v nakolmení vedlejší komunikace a zabudování dělicího ostrůvku tak, aby byla vyloučena možnost jízdy řidiče, majícího povinnost dát přednost, nesníženou rychlostí.



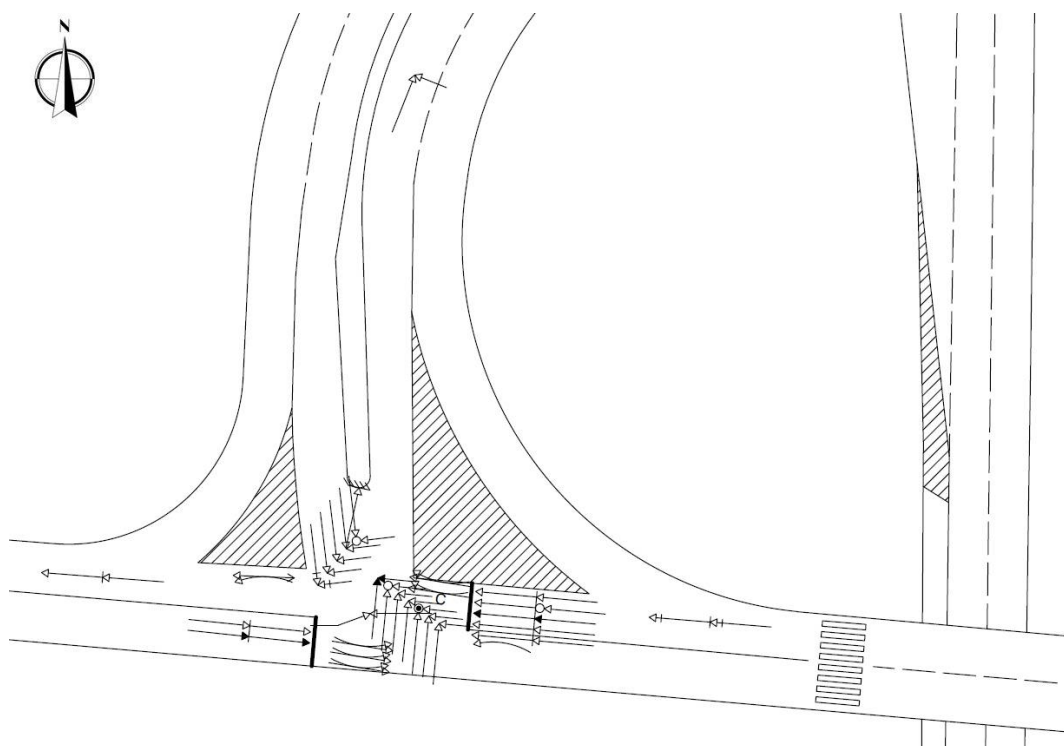
Obrázek 3.7: Příklad využití kolizního diagramu pro srovnání stavu před a po



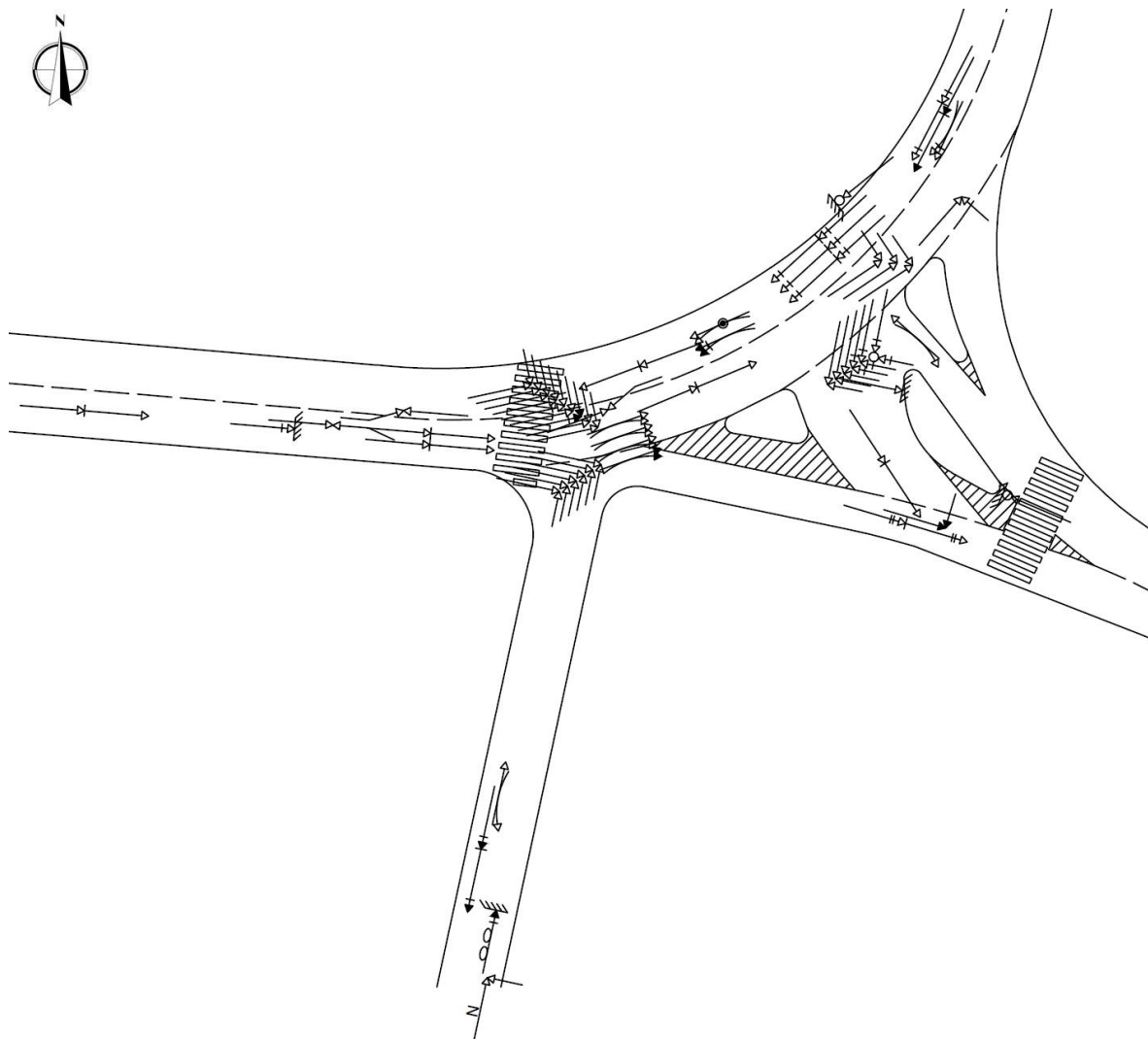
### 3.7 Kolizní diagram řešené lokality

Pro vytvoření kolizního diagramu byla použita data z policejní statistiky dopravních nehod [10] za období 1.1.2007 - 1.1.2016 . Ta umožňují zjistit u každé nehody v dané lokalitě základní informace, které jsou v kolizním diagramu zobrazeny. Bohužel není k dispozici plánek nehody, je tedy nutné značky v kolizním diagramu přesunout do nejpravděpodobnějšího místa, kde se mohla nehoda udát. V databázi je vyznačený pouze bod, kde se nehoda udála, avšak zaměření není vždy přesné, proto není kolizní diagram tvořený touto metodou stoprocentně přesný. Je to však metoda, která se využívá s volně dostupnými daty.

Pro porovnání jsou uvedeny kolizní diagramy křižovatek na obou stranách mostu Závodu míru. Kolizní diagram křižovatky na západní straně je zobrazen na obrázku 3.8.



Obrázek 3.8: Kolizní diagram západní křižovatky u mostu Závodu míru



Obrázek 3.9: Kolizní diagram východní křižovatky u mostu Závodu míru

Z kolizního diagramu východní křižovatky (obrázek 3.9) jsou patrná nebezpečná místa křižovatky, tedy ta místa, kde se opakuje stejný typ nehody. Jedná se o náraz z boku při odbočování doleva na hlavní pozemní komunikaci při příjezdu z východní strany, dále náraz z boku při příjezdu na křižovatku z jižní strany. Náraz z boku při křížení protisměru při odbočování doleva směrem na jih a náraz zezadu do vozidla, které dává přednost protisměru při jízdě ze severu na západ po hlavní pozemní komunikaci. Největší nepřesnost kolizního diagramu je v místě napojení jižního ramena, zde je totiž několik možností jak může dojít k nárazu z boku a ze zdrojových dat není možné vyčíst, o kterou se jedná, typově však jde o odbočování na komunikaci vedoucí na jih, či výjezd z ní.

Ostatní místa nehod patří spíše k náhodným a proto je důležitější se zabývat spíše eliminací těch systémových. Na první pohled se dá určit, že nehody jsou způsobeny nedostatečnou informovaností řidiče o tvaru křižovatky a rozložení předností. Dále špatnými rozhledovými poměry na jižním příjezdu, který je ve velkém podélném sklonu.

Celkové statistiky řešené oblasti - křižovatky na východní straně mostu jsou shrnuty v tabulce 3.1.

Tabulka 3.1: Statistické vyhodnocení nehodovosti v silničním provozu ve vybrané lokalitě [10]

Všeobecný přehled o nehodách v zadané lokalitě				
Počet nehod celkem	65			
Počet nehod s následky na zdraví	7			
Počet usmrcených osob (stav do 24 hod.)	0			
Počet těžce zraněných osob (stav do 24 hod.)	2			
Počet lehce zraněných osob (stav do 24 hod.)	6			
Statistika nehod podle přítomnosti alkoholu nebo drog u viníka nehody				
Druh nehody	Počet nehod	Usmrcené osoby	Těžce zraněné os.	Lehce zraněné os.
ne	58	0	2	3
nezjišťováno	6	0	0	3
ano, 1,0‰-1,5‰	1	0	0	0
Statistika nehod podle hlavních příčin nehody				
Druh nehody	Počet nehod	Usmrcené os.	Těžce zraněné os.	Lehce zraněné os.
proti příkazu DZ DEJ PŘEDNOST	30	0	1	1
nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem	13	0	0	0
chodci na vyznačeném přechodu	3	0	1	2
proti příkazu DZ STŮJ DEJ PŘEDNOST	3	0	0	0
jízda po nesprávné straně, vjetí do protisměru	3	0	0	0
při odbočování vlevo	3	0	0	0
jiné	10	0	0	3
Statistika nehod v zadané lokalitě podle viditelnosti				
Druh nehody	Počet nehod	Usmrcené os.	Těžce zraněné os.	Lehce zraněné os.
ve dne, nezhoršená viditelnost	51	0	2	4
v noci s VO, nezhoršená viditelnost	8	0	0	1
ve dne, zhoršená viditelnost	4	0	0	1
v noci bez VO, nezhoršená viditelnost	1	0	0	0
v noci s VO, zhoršená viditelnost	1	0	0	0
Statistika nehod v zadané lokalitě podle specifických míst a objektů v místě nehody				
Druh nehody	Počet nehod	Usmrcené os.	Těžce zraněné os.	Lehce zraněné os.
žádné nebo žádné z uvedených	32	0	0	1
v blízkosti přechodu pro chodce (do 20m)	13	0	1	1
přechod pro chodce	11	0	1	2
most, nadjezd, podjezd, tunel	9	0	0	2

Je patrné, že statistiku je nutné brát s rezervou například proto, že uvádí 3 nehody způsobené jízdou proti příkazu dopravní značky P6 STŮJ DEJ PŘEDNOST V JÍZDĚ, která se v této křižovatce vůbec nevyskytuje.

## Kapitola 4

---

# Vstupy do simulace

---

### 4.1 Tvar křižovatky

Tvar křižovatky byl vytvořen na základě ortofoto mapy, která by v tomto ohledu měla být dostatečně kvalitním zdrojem. Překreslení na hrany křižovatky proběhlo v programu AutoCAD 2014. Z ortofoto mapy nejsou zřetelné nášlapy chodníků a ostrůvků, podle vlastního odhadu pohledem v řešeném místě předpokládám všude nášlap 120 *mm*. Přechody pro chodce nejsou řešeny sníženou obrubou a nejsou osazeny signálním a varovným pásem pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace. Vozovka a ostrůvky jsou lemovány betonovým silničním obrubníkem 150/250/1000.

Na obrázku 4.1 je uvedena křižovatka, překreslená do digitální podoby. Pro podklad byla použita ortofoto mapa [8]. Z výkresu je patrné, že křižovatka neleží v úrovni terénu, nýbrž nad ním, tak aby byla ve stejné výškové úrovni jako most. Pod úrovní křižovatky vede jednokolejná železniční trať a cyklostezka. Nad úroveň křižovatky vystupují v západní části koruny stromů a ve východní části skála.

Vodorovné dopravní značení v prostoru křižovatky jeví známky opotřebování a tak v některých místech není zcela zřetelné.

V dubnu roku 2016 došlo k výměně krytu vozovky v celé pološe křižovatky. Následkem tohoto zásahu od té doby chybí v křižovatce jakékoliv vodorovné dopravní značení, tedy vodící čáry, přechody a dopravní stíny. Tím pádem se křižovatka stala ještě o něco nebezpečnější, především pro neusměrněný pohyb chodců po vozovce. Až do data odevzdání této práce nedošlo k úplnému doplnění VDZ.

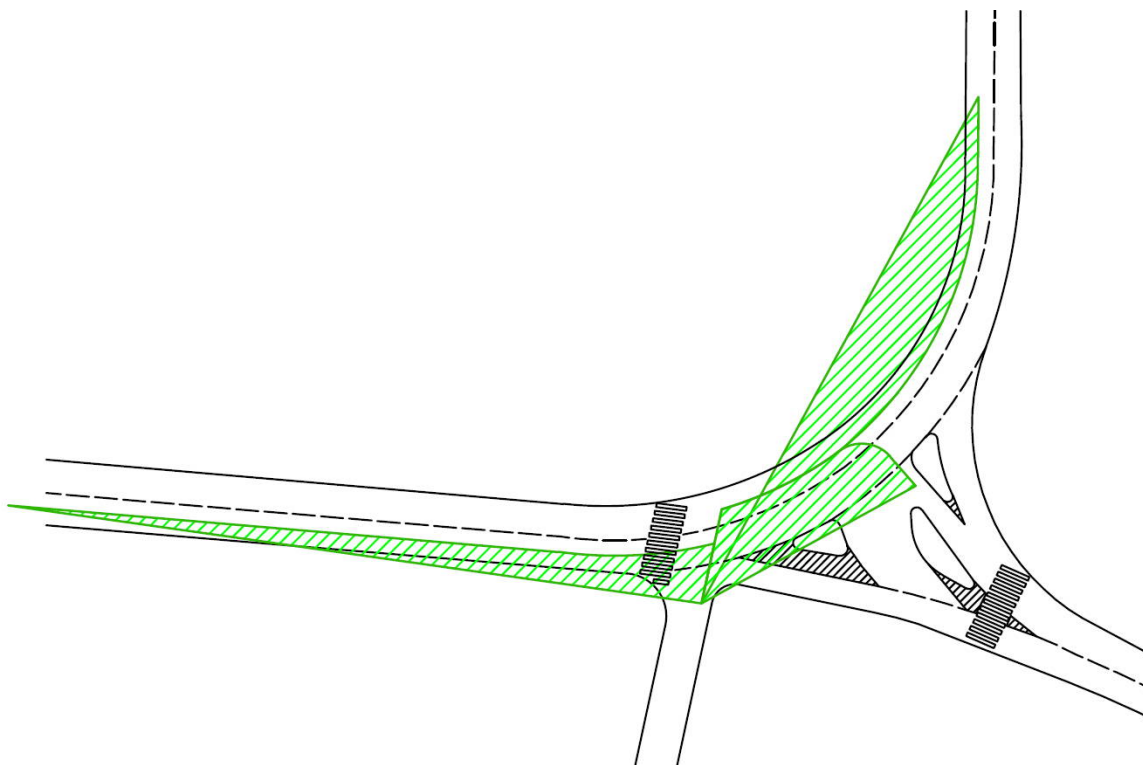


Obrázek 4.1: Výkres řešené oblasti v měřítku 1:500, podklad [8]

## 4.2 Rozhledové poměry

Zajištění rozhledových poměrů v křižovatce je klíčové pro bezpečnost provozu. Bylo provedeno prověření rozhledovými trojúhelníky pro rychlost  $50 \text{ km/h}$  v jižním příjezdu, který se jeví jako nejvíce problémový. Tento směr musí při nejsložitějším manévru (odbočení vlevo) dát přednost vozidlům na hlavní komunikaci přijíždějícím zleva, které pokračují po hlavní komunikaci, zároveň těm, kteří po hlavní komunikaci nepokračují, ale opouští jí přímým směrem (směr Dolní Břežany) - těmto vozidlům je nutné zachovat volný průjezd, proto vozidlo přijíždějící z jihu nemůže stát na hranici křížení s hlavní pozemní komunikací. Dále musí dát přednost vozidlům přijíždějícím po hlavní pozemní komunikaci (projíždějícím i odbočujícím směrem do Vraného nad Vltavou). Nakonec i vozidlům přijíždějícím zprava po vedlejší komunikaci, kteří dále pokračují po hlavní na Zbraslav, nebo odbočují směr Vrané.

Vyznačení rozhledových trojúhelníků pro jednotlivé zmíněné příjezdy je na obrázku 4.2. Konstrukce rozhledových trojúhelníků byla provedena na základě ČSN 73 6102 [11].



Obrázek 4.2: Konstrukce rozhledových trojúhelníků pro jižní příjezd v měřítku 1:1000

Nejproblematictějším výhledem je ten na hlavní komunikaci vlevo - příjezd z mostu. Bohužel tento směr je pro jižní příjezd kolizní ve všech manévrech. Podél mostu se totiž nachází žebrované zábradlí s 10 cm šířkou jednotlivých žeber a vzdáleností 15 cm žeber od sebe. Od určitého úhlu tedy není skrz toto zábradlí možný výhled. Právě před toto zábradlí prochází část rozhledového trojúhelníku a tudíž není ve výšce zábradlí (0 – 1,2 m nad vozovkou) dostatečný výhled. Stávající situace je řidiči řešena tak, že vyjedou více přes hranici křižovatky tak, aby měli výhled dostatečný. Dostávají se však do kolize s vozidly, která opouští hlavní pozemní komunikaci a jedou rovně směrem do Dolních Břežan.

Kromě zábradlí v tomto místě také narušují rozhled stromy, jejichž větve zasahují do rozhledového trojúhelníku. Tento problém je však znát pouze v jarních a letních měsících, kdy jsou na větvích listy.

Výhled na příjezd z Dolních Břežan je zjednodušen tím, že vozidla musí dávat přednost těm na hlavní pozemní komunikaci a tak obvykle stojí na hranici křižovatky, nebo jedou velmi pomalou rychlostí. Proto byl rozhledový trojúhelník v tomto místě počítán pouze na rychlost 30 km/h. Výhled na tato vozidla je bez větších problémů. Ve výhledu se nachází pouze nízká svislá dopravní značka C4c.

Výhled na komunikaci směrem z Komořan je omezen též vzrostými stromy. V případě, že na stromech není listí, tak jsou vozidla dobře vidět, jelikož sjíždějí klesajícím podélným sklonem. V případě listí na stromech je výhled opět velmi omezen. To však přispívá k jejich vyšší rychlosti, je tedy na místě uvažovat nad konstrukcí rozhledového trojúhelníku na vyšší rychlost než 50 km/h i když se řešená lokalita nachází na území hlavního města Prahy.

## 4.3 Intenzity dopravy

Intenzity dopravy bývají nejčastěji zjištěné z dopravního průzkumu. Těch bývá několik typů, v místě křižovatky nás zajímá intenzita všech křižovatkových pohybů, tedy počet vozidel vjíždějících ze všech vjezdů do křižovatky a vyjíždějících všemi výjezdy. Celkem tedy dostáváme 12 hodnot hodinových intenzit (pro čtyřramenou křižovatku). Tento dopravní průzkum je možné provést manuálně (pracovník dělá značku za každé vozidlo, které projede křižovatkovým pohybem, který má za úkol počítat). Na manuální metodu je zpravidla potřeba alespoň tolik pracovníků, kolik je křižovatkových vjezdů.

Další metodou je domácí zpracování kamerového záznamu. Na to je třeba nejdříve umístit kameru na takové místo, ze kterého spolehlivě zabere celou plochu křižovatky a zaznamenat požadovanou dobu. Tato metoda má tu výhodu, že je možné jí provést pouze v jedné osobě. Jelikož přehraný záznam je možné v počítači zpomalit či pozastavit.

Obě tyto metody mají stejný výstup, tedy tabulku intenzit pro jednotlivé vjezdy a výjezdy, případně diagram intenzit (tzv. pentlogram), který graficky a číselně znázorní jednotlivé proudy intenzit pro daný směr. Počet vozidel za hodinu znázorňuje tloušťka šipky. Intenzity řešené křižovatky jsou uvedeny v tabulce 4.1. Diagram intenzit je na obrázku 4.3 Intenzity byly zjištěny na základě kamerového záznamu ve středu 27.4.2016 v čase mezi 13:05 a 14:05 dle TP189 [12].

Intenzity naměřené v daném čase a dni byly přenásobeny koeficienty denních, týdenních a ročních variací dle následujících vzorců [12].

$$RPDI_i = I_m \cdot \frac{100}{p_i^d} \cdot \frac{100}{p_i^t} \cdot \frac{100}{p_i^r} \quad (4.1)$$

$$RPDI = \sum RPDI_i \quad (4.2)$$

$$I_{sh} = RPDI \cdot k_{RPDI,sh} \quad (4.3)$$

Vzorec 4.1 určuje roční průměr denních intenzit ( $RPDI$ ) na základě naměřených intenzit z dopravního průzkumu. Hodnota intenzity je přenásobena koeficientem denních ( $p_i^d$ ), týdenních ( $p_i^t$ ) a ročních ( $p_i^r$ ) variací. Výsledná hodnota sděluje průměrnou intenzitu za den pro daný druh dopravy.

Vzorec 4.2 sčítá jednotlivé složky dopravy (osobní, nákladní, motocykly...) do jedné hodnoty.

Ve vzorci 4.3 je tato hodnota vynásobena koeficientem špičkové hodiny ( $k_{RPDI,sh}$ ), který určuje intenzitu ve špičkové hodině.

### 4.3.1 Vzorový příklad určení intenzity

Vzorový příklad pro naměřené intenzity bude předveden na intenzitách ve směru Zbraslav → Komořany. Pro přehlednost byly jednotlivé vjezdy označeny písmeny A-D. Naměřená hodnota hodinové intenzity z dopravního průzkumu je 208 osobních a 13 nákladních vozidel za hodinu. Dopravní průzkum proběhl na silnici II. třídy ve středu 27.4.2016 v čase 13:05-14:05. Jednotlivé koeficienty variací zjištěných z TP189 [12] jsou následující:  $p_o^d = 6,75$ ;  $p_o^t = 103,8$ ;  $p_o^r = 102$ ;  $p_n^d = 7,66$ ;  $p_n^t = 124$ ;  $p_n^r = 106,9$ ;  $k_{RPDI,sh} = 0,111$ .

$$RPDI_o = 208 \cdot \frac{100}{6,75} \cdot \frac{100}{103,8} \cdot \frac{100}{102} = 2910,46$$

$$RPDI_n = 13 \cdot \frac{100}{7,66} \cdot \frac{100}{124} \cdot \frac{100}{106,9} = 128,03$$

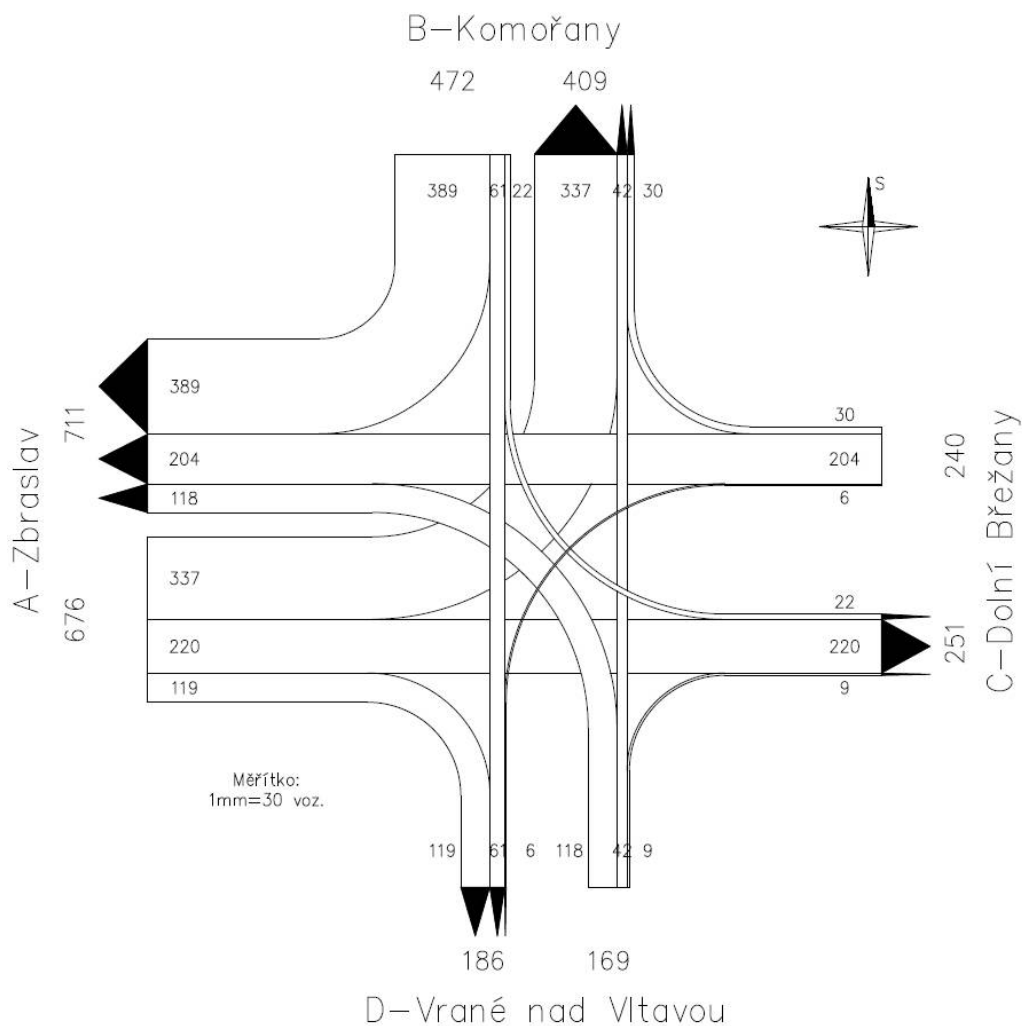
$$RPDI = \sum RPDI_i = 3038,49$$

$$I_{sh} = RPDI \cdot k_{RPDI,sh} = 3038,49 \cdot 0,111 \doteq 337 \text{ voz/h}$$

### 4.3.2 Výsledné hodnoty intenzit dopravy špičkové hodiny

Tabulka 4.1: Tabulka intenzit dopravy špičkové hodiny řešené lokality [voz/h]

Vjezd	Výjezd			
	A-Zbraslav	B-Komořany	C-Dolní Břežany	D-Vrané nad Vltavou
A-Zbraslav		337	220	119
B-Komořany	389		22	61
C-Dolní Břežany	204	30		6
D-Vrané nad Vltavou	118	42	9	



Obrázek 4.3: Diagram intenzit dopravy špičkové hodiny řešené lokality [voz/h]



## Kapitola 5

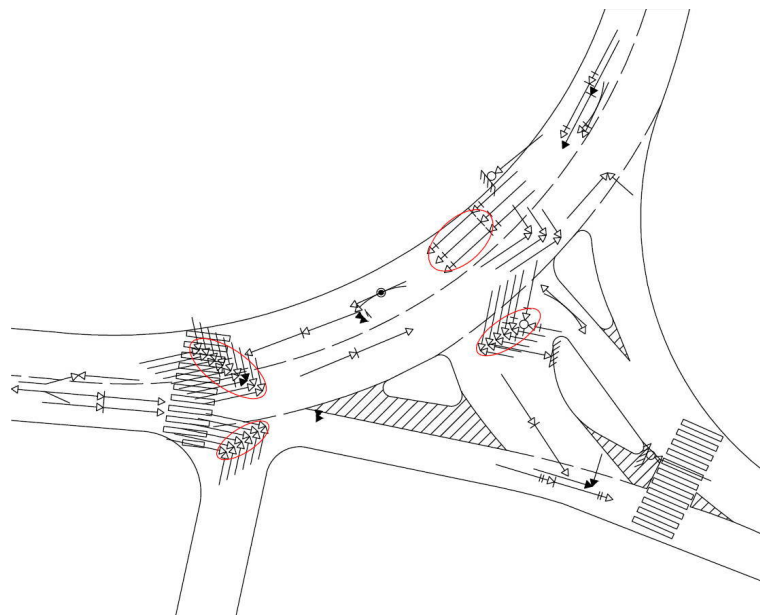
---

# Cíle simulace

---

### 5.1 Zvýšení bezpečnosti

Jednoznačně nejdůležitějším cílem, jak už z názvu práce vyplývá, je zvýšení bezpečnosti v dané křižovatce. Je tedy třeba se zaměřit především na systémové nehody, které vyplynuly z kolizního diagramu. Na obrázku 5.1 je připomeneme. Jedná se o náraz z boku při vyjíždění z jižního ramene, při odbočování ze severního do jižního ramene, při odbočování ze severního do východního ramene a náraz ze zadu při jízdě po hlavní pozemní komunikaci ze severu.



Obrázek 5.1: Kolizní diagram s vyznačenými systémovými nehodami

První skupina nehod vzniká především z důvodu vyjetí vozidla do trajektorie vozidlům, které projíždějí ze západu na východ bypasssem. Tato vozidla si do křižovatky více najedou z důvodu zlepšení rozhledových poměrů a při vyšší nepozornosti řidičů přijíždějících ze západu dochází ke srážce. Tyto nehody je možné omezit především zlepšením rozhledových poměrů v této části křižovatky a to několika způsoby: vykácení stromů či větví, které zasahují do rozhledového trojúhelníku, změna zábradlí podél chodníku na mostu, které taktéž zasahuje do rozhledového trojúhelníku, posun hranice křižovatky tak, aby se výše zmíněné objekty

nenacházely v rozhledových trojúhelnících. Při poslední variantě je nutné provést změnu trasování odbočení vozidel ze západu na východ. Například uzavřením bypassu, který tyto 2 větve spojuje.

Druhá skupina je v kolizním diagramu vyznačena jako náraz vozidel jedoucích po hlavní pozemní komunikaci ze západu do těch, která odbočují z hlavní pozemní komunikace na jih. Z nepřesnosti dat však můžeme soudit, že určitý počet vozidel také koliduje při výjezdu z jižní komunikace směrem na západ s vozidly, které jedou po hlavní komunikaci na západ. Jelikož však zdrojem dat je pouze bod, kde se nehoda udála (který je poznamenán chybou zaměření či nedostatečnou precizností při zaměřování) a typ nárazu, není možné určit která z těchto dvou možností je ta správná. Typickým problémem těchto nehod je příliš vysoká rychlost vozidel jedoucích po hlavní pozemní komunikaci, díky které odbočující řidič špatně vyhodnotí zda bude časová mezera do příjezdu vozidla stačit pro odbočení či nikoliv. Omezení nehod tohoto typu by mohlo proběhnout například zklidňujícími prvky před křižovatkou nebo radarem s informační tabulí o rychlosti daného vozidla.

Třetí skupina nehod vzniká při současném odbočování vozidel, přijíždějících ze severu po hlavní pozemní komunikaci, na východ a vozidel z východního ramene směrem na západ. V tomto místě má přednost první skupina vozidel a navrhovaným řešením mohlo být například lepší vyznačení přednosti, zvýraznění VDZ či doplnění dopravní značkou P6 "stůj, dej přednost v jízdě".

Poslední skupina nehod jsou nárazy zezadu na hlavní pozemní komunikaci. Tyto vznikají z nepozornosti řidiče na stav před ním, který předpokládá, že když jede po hlavní pozemní komunikaci, nebude muset na křižovatce zastavovat. Avšak to neplatí, pokud vozidlo před ním odbočuje. Před tímto druhem nehod by pomohlo snížení rychlosti prvkem, na který musí řidič reagovat, tedy je více přítomen řízení a sleduje stav před sebou.

## 5.2 Omezení kongescí

Dalším důležitým cílem je omezení kongescí, tedy zkrácení ztrátového času řidiče stráveného na cestě. V problémové lokalitě je několik faktorů, které právě toto zdržení navyšují. Jedná se přirozeně o připojení se z obou vedlejších na hlavní pozemní komunikaci a také o odbočování vlevo ve směru ze severu na západ, tedy manévr při němž je nutno dávat přednost protijedoucím vozidlům na hlavní pozemní komunikaci. Ztrátový čas při tomto pohybu, kdy čekají za odbočujícím vozidlem i vozidla, která křižovatkou projíždějí po hlavní pozemní komunikaci, je možno zkrátit či přímo eliminovat například odbočovacím pruhem, ten však v tomto místě není nere realizovatelný. Stávající šířka komunikace je 9 metrů na 2 pruhy. Při navrhované šířce 3m by tedy bylo možné odbočovací pruh v tomto místě zkonstruovat, je však nutné uvážit, že situace se nalézá v oblouku, kde se uplatňuje rozšíření vozovky. Zároveň se v místě nalézají dvě odbočení velmi blízko u sebe a tak by nemohl mít odbočovací pruh normovou délku. Dále se nabízí varianta zrušení chodníku na jedné straně mostu, která by umožnila využít ještě další metr a půl prostoru.

V prostoru mostu by se při rozšíření vozovky vešel připojovací pruh pro odbočení vlevo na hlavní pozemní komunikaci, který by snížil počet kolizních bodů odbočení vlevo tím, že by jej rozdělil na 2 samostatné manévry. Tímto řešením by se zároveň zvýšila bezpečnost levého odbočení z jižního ramene a zvýšila pravděpodobnost volné časové mezery pro toto odbočení, protože by byl řidič v první části manévru omezen pouze vozidly přijíždějícími po mostě ze západní strany. V druhé části naopak pouze vozidly jedoucími po mostě na západ.

## 5.3 Zvýšení přehlednosti

Přehlednost je důležitý faktor a vlastnost pozemních komunikací. Dobře přehledná křižovatka umožňuje i řidičům, kteří přijedou zcela poprvé na danou křižovatku a nemají s ní dosavadní zkušenosti, aby bez problémů křižovatkou projeli a neohrozili ani neomezili ostatní účastníky provozu. Ze svislého a vodorovného dopravního značení by mělo být na první pohled zřejmé, zda řidič přijíždí po hlavní, či vedlejší pozemní komunikaci, do kterých větví může a kam nemůže odbočit, jakým způsobem a kudy provést příslušný křižovatkový pohyb (správná kanalizace křižovatky), nebo také kde zastavit při dávání přednosti, ale zároveň neomezovat tímto zastavením vozidla v jiných směrech.

Ke správné přehlednosti křižovatky a obecně všech pozemních komunikací přispívají následující faktory:

- Soulad svislého a vodorovného dopravního značení - správné označení jednotlivých prvků křižovatky jak svislým, tak vodorovným dopravním značením, například přechody pro chodce, parkovací stání, tvar křižovatky, řadící pruhy...
- Kanalizace křižovatky - vedení vozidel v křižovatce takovým způsobem, který je jednoznačný a zároveň bezpečný. K usměrnění vozidel v křižovatce se využívá ostrůvků s nášlapem, dopravních stínů, betonových svodidel, příčných prahů, vodorovného dopravního značení a dalších prvků.
- Opakování některých důležitých informací - například informace o nejvyšší dovolené rychlosti, která je zřejmě v daném místě z určitého důvodu (zvýšený pohyb chodců, malý poloměr směrového oblouku, práce na silnici...) po nějaké vzdálenosti zopakovat (v případě, že stále platí) nebo ukončit (v případě, že neplatí). Omezit nejistotu řidiče, zda je, nebo už není pod vlivem některých zákazových značek.
- Jasné vymezení prostoru zón - správně označený vjezd a výjezd z obytné zóny, zóny 30, jednotlivé zklidňující prvky uvnitř zóny, aby bylo jasné, zda řidič v zóně je, nebo není. Vyloučit možnost neoznačeného výjezdu či vjezdu do zóny.
- Omezení navzájem se vylučujících dopravních značek - nejvyšší dovolená rychlost v zóně 30, příkazový směr jízdy vlevo, když vlevo žádná komunikace nevede, objížďka zákazem vjezdu...
- Odstranění neplatných či nesmyslných dopravních značek - při řídicím identifikované neplatné dopravní značce dojde k vyhodnocení, že je zbytečná a přestane její příkaz dodržovat. Například při setu dopravních značek A15 "Práce na silnici" a B20 "Nejvyšší dovolená rychlost", když se však na silnici žádná práce neodehrává (například o víkend). V této situaci dochází často ze strany řidiče k porušení dané rychlosti a hrozí snížení respektu i k dalším dopravním značkám, proto je nutné dopravní značky umísťovat s rozmyslem a zároveň je i s rozmyslem odstraňovat (jedná se především o dočasné dopravní značky).

## Kapitola 6

---

# Varianty řešení

---

### 6.1 Varianta 1: Zlepšení rozhledových poměrů

#### 6.1.1 Stávající stav

Nejproblematictějším místem probíraném v kapitole 4 je jižní rameno křižovatky, tedy příjezd od Vraného nad Vltavou. V tomto místě stojí v rozhledovém trojúhelníku směrem na most betonový základ veřejného osvětlení, zábradlí a převislé větve stromu. Tato skutečnost omezuje rozhled tímto směrem a nutí řidiče vjíždět více do křižovatky. Na obrázku 6.1 je vidět pohled z místa řidiče směrem na most s vozidlem skrytým za betonovým základem VO.

Fotografie byla pořízena v ose jízdního pruhu 3, 25 m od hranice křižovatky ve výšce 150 cm nad vozovkou (dle ČSN 73 6102 [11]).



Obrázek 6.1: Fotografie z místa řidiče směrem doleva na most

Dále je rozhled omezen směrem na severní příjezd, který je vůči jižnímu značně posunut. Zde vadí ve výhledu vzrostlé stromy. Zároveň se jeví jako problémové, že komunikace ze severní strany klesá ke křižovatce podélným sklonem, který podněcuje řidiče k překračování

nejvyšší dovolené rychlosti 50 km/h. Rozhled na tuto stranu je vidět na obrázku 6.2. Tato fotografie byla pořízena ze stejného místa jako fotografie 6.1.



Obrázek 6.2: Fotografie z místa řidiče směrem na příjezd od Komořan

### 6.1.2 Navrhovaný stav

V jihozápadním a severozápadním rohu křižovatky dojde k prořezu stávajícího porostu tak, aby větve nezasahovaly do rozhledového trojúhelníku směrem doleva na most.

Zábradlí, přes které nejsou dodrženy rozhledové poměry, není možné odstranit či vyměnit, protože kromě ochrany chodců před pádem z mostu slouží rovněž jako zádržné zařízení pro vozidla, která, z důvodu zamezení nehody, nevěnování se řízení či z důvodu selhání brzd, opustí prostor vozovky a vyjedou na chodník, před pádem z mostu.

V místě jižního ramene bude navrženo nové SDZ P6 "stůj, dej přednost v jízdě" společně s VDZ V6b "příčná čára souvislá s nápisem STOP" v místě pro zastavení vozidla tak, aby nezasahovala do průjezdu vozidel projíždějících bypassem ze Zbraslavi směrem do Dolních Břežan, ale zároveň aby byl co nejlepší rozhled směrem doleva na most.

V rámci obnovy VDZ v celé křižovatce bude doplněno také VDZ v jižním rameni, kde doposud nebylo. Konkrétně se jedná o V2b na hranici křižovatky a o V1a - vodící čára oddělující protisměrné pruhy na komunikaci z Vraného nad Vltavou.

Poslední změnou bude posun stávajícího přechodu na západním rameni křižovatky směrem na západ a to přibližně o 10 m, dojde tak k odsunutí od vlastní křižovatky, což zvýší bezpečnost chodců a zlepší rozlišitelnost přechodu pro vozidla přijíždějící od Komořan. Zároveň budou doplněny párové svislé dopravní značky IP6 "přechod pro chodce" a odstraněny ty, které jsou na sloupech VO. Situaci navrhovaného stavu varianty 1 lze vidět na obrázku 6.3.

### 6.1.3 Výhody navrhovaného řešení

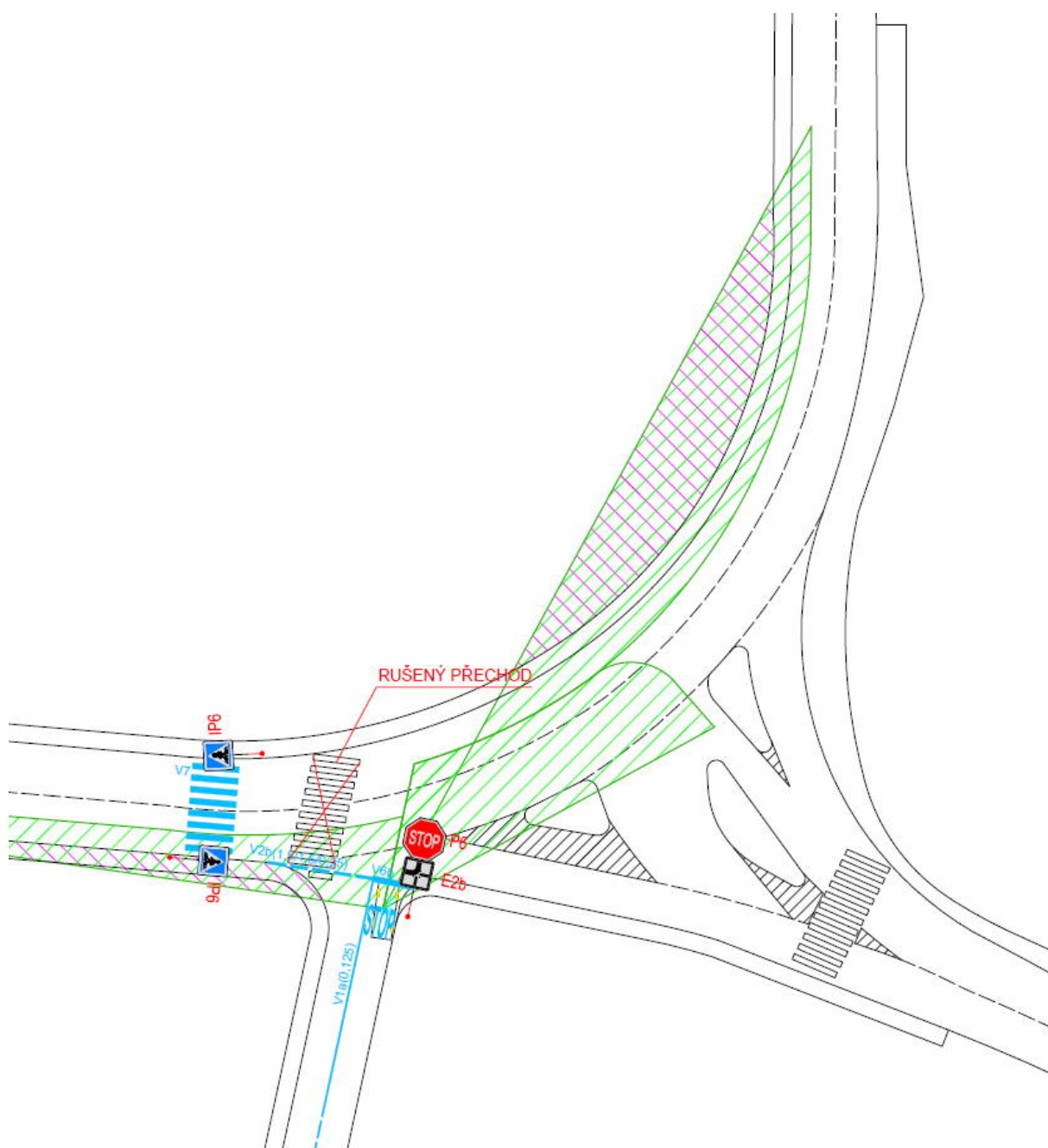
Největší výhodou této varianty je jednoznačně jednoduchost řešení a celková cena. Dále dojde ke zvýšení přehlednosti v křižovatce a to především pro vozidla přijíždějící z jihu,

samozřejmě také pro chodce.

Ke zvýšení bezpečnosti dojde z toho důvodu, že vozidla přijíždějící z jihu budou mít jednoznačné místo pro zastavení a tak nebude docházet ke kolizím kvůli najížděním si do křižovatky. Bezpečnost se zvýší taktéž pro chodce, jelikož se přechod posune o něco dál od křižovatky a nebude do ní zasahovat.

#### 6.1.4 Nevýhody navrhovaného řešení

Nevýhodou je, že navrhované řešení pravděpodobně nepřispěje ke snížení kongescí v křižovatce. Co se týče přehlednosti, tak ta se zvýší, ovšem nedošlo k úplné eliminaci problému rozhledových poměrů. Větve stromů je nutno v budoucnu opět prořezat, aby nedošlo k opětovnému zasahování do rozhledového trojúhelníku.



Obrázek 6.3: Navrhovaný stav varianty 1

## 6.2 Varianta 2: Osazení SSZ

### 6.2.1 Stávající stav

Za stávajícího stavu nejsou vozidla v křižovatce světelně řízena i když v minulosti v křižovatce z důvodu rekonstrukcí fungovalo dočasné SSZ.

### 6.2.2 Navrhovaný stav

#### Řadící pruhy

Z důvodu zdržení odbočením vlevo je nutné přidat jeden řadící pruh pro odbočení ve směru z Komořan. Ostatní řadící pruhy budou stejné jako ve stávajícím stavu.

Budou přidány stop čáry v místech vhodných pro zastavení tak, aby byla stojící vozidla co nejbližší středu křižovatky pro co největší zkrácení doby cyklu.

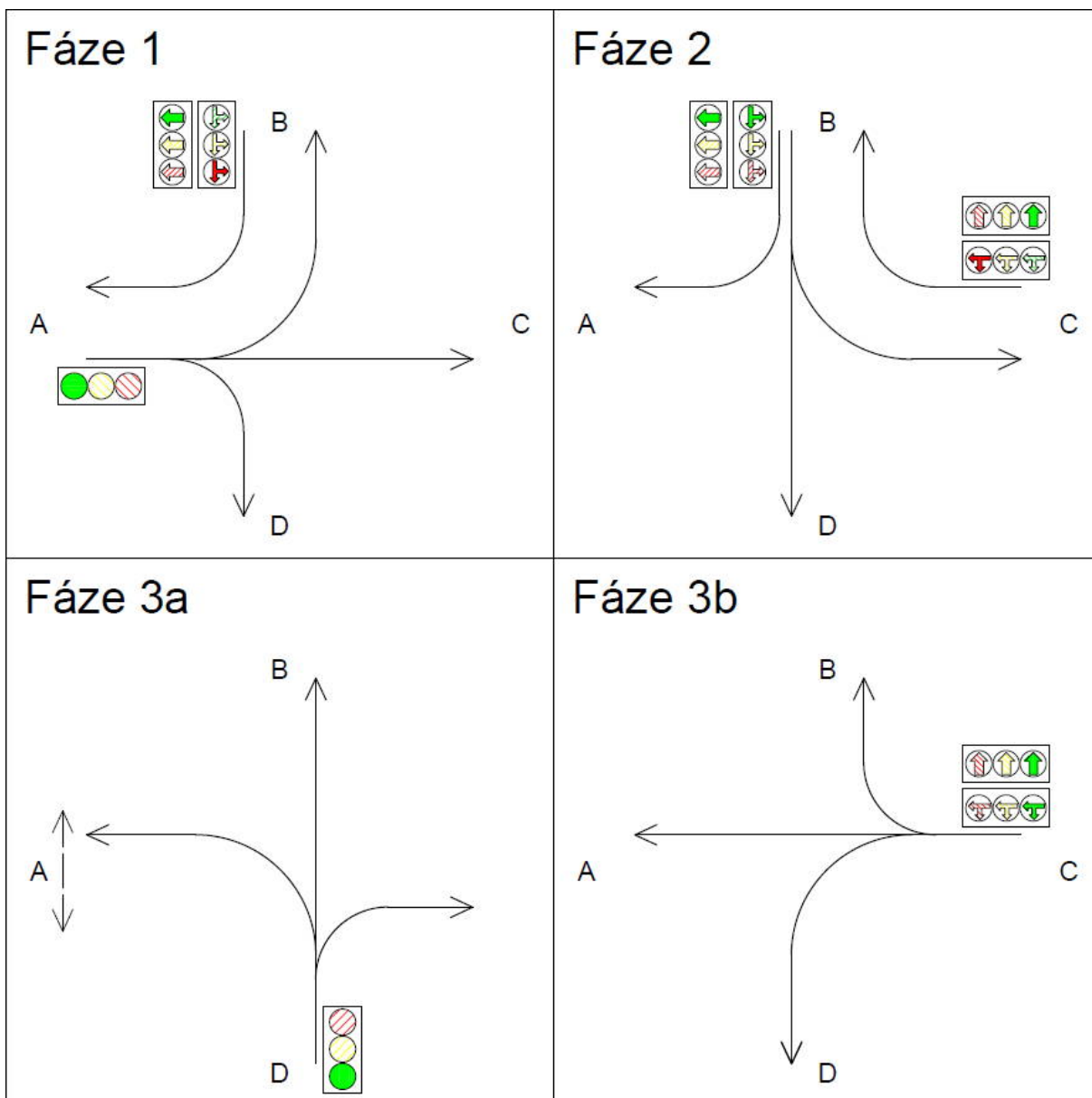
Velký problém nastane s přechody pro chodce, ten na západní straně je možné zachovat a provozovat na výzvové tlačítko, avšak východní přechod je nutné zrušit, jelikož je ve zcela nevhodné pozici vůči světelné křižovatce. Vhodnější možnost by byla posunout ho dále směrem na východ, čímž by se prodloužila trasa chodců, ale zároveň by se natolik odsunul od křižovatky, že by mohl být řízen předností chodců a ne světelnou signalizací. Tato verze byla využita ve variantě 2. Pro velmi nízké intenzity chodců v křižovatce však v simulaci přechody budou zanedbány. Navrhovaný stav je na obrázku 6.6.

#### Návrh signálního plánu

Pro variantu se SSZ byly navrženy čtyři fáze s následujícími specifikacemi (pro zkrácení budou jednotlivé směry uváděny pod následujícími písmeny: A-Zbraslav, B-Komořany, C-Dolní Břežany, D-Vrané nad Vltavou):

- Fáze 1: plný signál volno ze směru A (jede tedy do B, C i D), zároveň svítí volno nekoliznímu směru B → A, který má vlastní řadící pruh.
- Fáze 2: plný signál volno ze směru B (vlastní řadící pruh do A a společný řadící pruh pro směry C a D) zároveň svítí signál volno nekoliznímu směru C → B.
- Fáze 3a: plný signál ze směru D (jede tedy do A, B i C) ve větví C a A zároveň volno pro chodce (pokud dají výzvu).
- Fáze 3b: Plný signál ze směru C (jede do D, A, B).

Jednotlivé fáze jsou pro větší přehlednost uvedeny na obrázku 6.4.



Obrázek 6.4: Navržené fáze SSZ ve variantě 2

### Výpočet pořadí fází

Nejdříve je nutné zkonstruovat tabulku mezičasů 6.1 pro vhodné určení pořadí jednotlivých fází za sebou. Volíme tu variantu pořadí, kdy je součet maximálních mezičasů mezi jednou a druhou fází nejmenší. Mezičasy jsou určeny na základě vzdálenosti kolizního bodu od stop čáry, dále je ve výpočtu zahrnuta rychlost vozidla (v přímé nebo v oblouku) a délka vozidla. Vyhodnocuje se vždy maximální mezičas všech variant kolizních bodů jednotlivých fází.

Z tabulky tedy vyčteme všechny varianty návaznosti fází a jejich součet jednotlivých mezičasů. Výsledné hodnoty spolu se zvolenou fází lze vidět v tabulce 6.2. Touto metodou byla určena jednoznačně nejlepší varianta pořadí fází a to: 1→3b→2→3a s celkovým součtem mezičasů 24 sekund.



Tabulka 6.1: Tabulka mezičasů [s]

signální skupina			NAJÍZDÍ									
			fáze 1		fáze 2			fáze 3a	fáze 3b		fáze 3a	
			VA-BCD	VB-A	VB-A	VB-CD	VC-B	VD-ABC	VC-AD	VC-B	PA	PC
VYKLIZUJE	fáze 1	VA-BCD		-	-	7	10	4	8	10		
		VB-A	-			-	-	6	8	9		-
	fáze 2	VB-A	-			-	-	6	8	9		-
		VB-CD	7	-	-		-	8	2	-	-	-
		VC-B	-5	-	-	-		-4	-		-	
	fáze 3a	VD-ABC	2	0	0	6	10		7	10		
	fáze 3b	VC-AD	7	4	4	4	-	6		-		
		VC-B	-5	-	-	-		-4	-			
	fáze 3a	PA				-	-					
		PC		-	-							

Tabulka 6.2: Jednotlivé varianty pořadí fází a součty jejich mezičasů

Pořadí fází	Mezičasy 1-4 [s]				Součet [s]
1→2→3a→3b	10	8	10	7	35
1→2→3b→3a	10	9	6	2	27
1→3a→2→3b	6	10	9	7	32
1→3a→3b→2	6	10	4	7	27
<b>1→3b→2→3a</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>24</b>
1→3b→3a→2	10	6	10	7	33

### Určení optimální délky cyklu a délky zelených

Určení optimální délky cyklu bylo provedeno na základě výpočtu dob zelených metodou saturovanéh toku. Principem této metody je stanovení délky cyklu a zelených v závislosti na stupni saturace vjezdů v jednotlivých fázích. Výpočet a jednotlivé hodnoty mezivýpočtů jsou uvedeny v tabulkách 6.3 a 6.4.

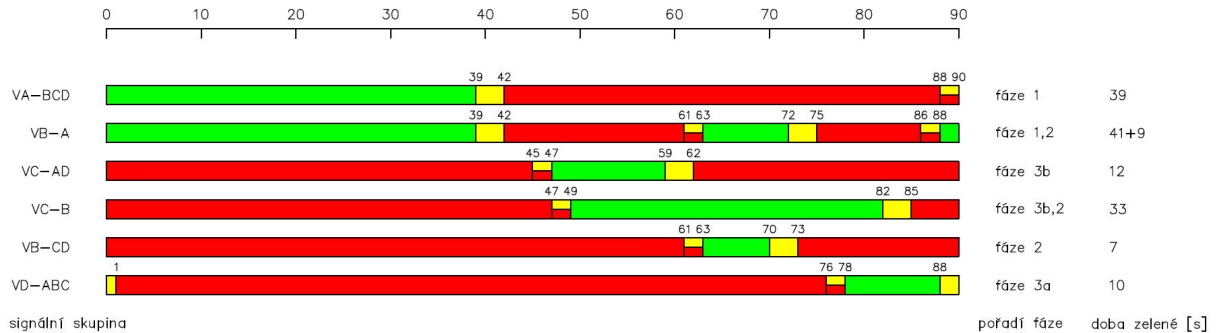
Z tabulek je zřejmé, že optimální délka cyklu pro 4 navržené fáze je 99 sekund. Délka cyklu byla zvolena 90 sekund. Jednotlivé délky zelených jsou následující: fáze 1 - z=39s, fáze 2 - z=5s, fáze 3a - z=10s, fáze 3b - z=12s. Návaznosti jednotlivých fází na sebe řeší signální plán, který je na obrázku 6.5.

Tabulka 6.3: Tabulka určení optimální délky cyklu a délky zelených 1. část

Vjezd	Řad. pruh	Fáze	l [pvoz/h]	f [-]	Šířka pruhu [m]	S_zakl [pvoz/h]	R [m]	k_obl [-]	S [pvoz/h]	γ [-]	max_γ [-]	Y [-]
VA-BCD	1	1	676	0,20	4,1	1860	6	0,98	1820,98	0,37	0,37	0,65
VB-A	2	1	389	0,00	2,5	1700	50	1,00	1700,00	0,23		
VB-A	2	1	389	0,00	2,5	1700	50	1,00	1700,00	0,23		
VB-CD	3	2	83	1,00	2,5	1700	7	0,90	1535,48	0,05	0,05	
VC-B	4	2	30	0,00	3,8	1830	30	1,00	1830,00	0,02		
VD-ABC	5	3a	169	0,70	3,0	1750	3	0,95	1662,71	0,10	0,10	
VC-AD	6	3b	210	0,05	2,9	1740	7	1,00	1731,34	0,12	0,12	
VC-B	4	3b	30	0,00	3,8	1830	30	1,00	1830,00	0,02		

Tabulka 6.4: Tabulka určení optimální délky cyklu a délky zelených 2. část

Vjezd	Řad. pruh	Fáze	t <sub>m</sub> [s]	l [s]	L [s]	C <sub>opt</sub> [s]	C [s]	z <sub>opt</sub> [s]	z [s]	z <sub>min</sub> [s]	K [pvoz/h]	Rezerva [%]		
VA-BCD	1	1	10	9	20	99,49	90	39,09	39	31,71	826,67	18,23		
VB-A	2	1										19,59	755,56	48,51
VB-A	2	1										19,59	113,33	splňuje v F1
VB-CD	3	2	4	3						4,84	5	31,71	113,33	26,76
VC-B	4	2										0,48	122,00	75,41
VD-ABC	5	3a	8	7						9,98	10	7,69	213,89	20,99
VC-AD	6	3b	2	1						12,10	12	9,86	251,33	16,45
VC-B	4	3b							0,48	264,33	splňuje v F2			



Obrázek 6.5: Signální plán křižovatky

### Střední doba zdržení v křižovatce

Střední doba zdržení se počítá podle vzorce 6.1:

$$t_w = 0,45 \cdot \left( \frac{(C - z')^2 \cdot K}{K \cdot C - I \cdot z'} + \frac{I \cdot 3600}{K^2 - I \cdot K} \right) \quad (6.1)$$

$$t_{VA-BCD} = 0,45 \cdot \left( \frac{(90 - 39)^2 \cdot 826,67}{826,67 \cdot 90 - 676 \cdot 39} + \frac{676 \cdot 3600}{826,67^2 - 676 \cdot 826,67} \right) = 28,94 \text{ s}$$

$$t_{VB-A} = 0,45 \cdot \left( \frac{(90 - 44)^2 \cdot 868,89}{868,89 \cdot 90 - 389 \cdot 44} + \frac{389 \cdot 3600}{868,89^2 - 389 \cdot 868,89} \right) = 15,06 \text{ s}$$

$$t_{VB-CD} = 0,45 \cdot \left( \frac{(90 - 5)^2 \cdot 113,33}{113,33 \cdot 90 - 83 \cdot 5} + \frac{83 \cdot 3600}{113,33^2 - 83 \cdot 113,33} \right) = 76,77 \text{ s}$$

$$t_{VC-B} = 0,45 \cdot \left( \frac{(90 - 17)^2 \cdot 386,33}{386,33 \cdot 90 - 30 \cdot 17} + \frac{30 \cdot 3600}{386,33^2 - 30 \cdot 386,33} \right) = 27,39 \text{ s}$$

$$t_{VD-ABC} = 0,45 \cdot \left( \frac{(90 - 10)^2 \cdot 213,89}{213,89 \cdot 90 - 169 \cdot 10} + \frac{169 \cdot 3600}{213,89^2 - 169 \cdot 213,89} \right) = 63,59 \text{ s}$$

$$t_{VC-AD} = 0,45 \cdot \left( \frac{(90 - 12)^2 \cdot 251,33}{251,33 \cdot 90 - 210 \cdot 12} + \frac{210 \cdot 3600}{251,33^2 - 210 \cdot 251,33} \right) = 66,98 \text{ s}$$

Podle středních dob zdržení v křižovatce je zřejmé, že tato varianta velmi zvýhodňuje dva hlavní směry (A-B a B-A), u vedlejších směrů se pak střední doba zdržení pohybuje okolo šedesáti pěti sekund.

### 6.2.3 Výhody navrhovaného řešení

Přední výhodou této varianty je, že jako jediná řeší komplexně celou křižovatku, na rozdíl od ostatních variant tedy umožňuje řešení bezpečnosti, přehlednosti i propustnosti v celém

prostoru křižovatky.

Další výhodou je, že všechny navržené fáze jsou mezi sebou bezkolizní, tato varianta tedy snižuje počet kolizních bodů na nula (kolizních bodů vozidel s vozidly, nikoliv chodci). Nejdelší fázi má pochopitelně dle intenzit nejzatíženější směr, signál volno pro směr Komořany - Zbraslav má volno dokonce ve dvou fázích křižovatky (jedná se o *odbočení doprava*).

Výhodou je také celkové snížení rychlosti v okolí křižovatky, kde vozidla přijíždějí ve stávajícím stavu zvýšenou rychlostí.

Pro tuto variantu nejsou nutné žádné stavební úpravy, pouze úprava VDZ v prostoru křižovatky a osazení stožárů s SSZ.

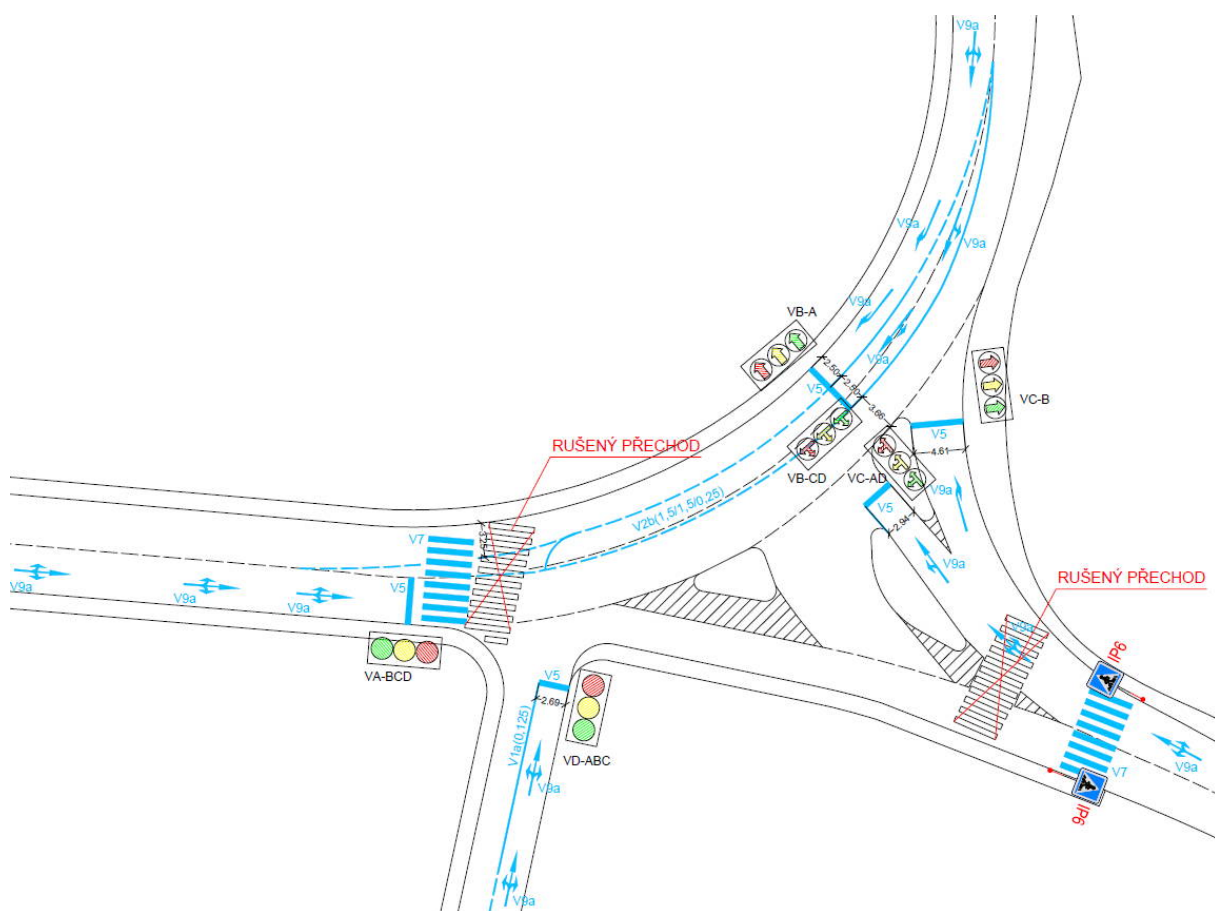
#### 6.2.4 Nevýhody navrhovaného řešení

Mezi nevýhody převedení křižovatky na světelně řízenou patří například nesoulad s okolím, protože v okolí se žádné další světelné křižovatky nenachází.

Dále to, že se křižovatka nachází mimo obec a to samo o sobě není vhodné pro budování světelně řízených křižovatek.

Pro vhodnou funkčnost křižovatky by bylo potřeba navrhnout dynamický plán řízení, který by zohledňoval ranní a odpolední dopravní špičku a na základě intenzit v těchto špičkových hodinách prodloužil dobu zelené v zatíženějších vjezdech.

Zároveň hraje roli vysoká pořizovací cena na jednotlivé prvky SSZ (stožáry, vlastní zařízení, inženýrské sítě, řídicí jednotka).



Obrázek 6.6: Navrhovaný stav varianty 2

## 6.3 Varianta 3: Uzavření bypassu

### 6.3.1 Stávající stav

Ve stávajícím stavu vozidla mohou plně využívat bypass při jízdě ze Zbraslavi nebo Vraného nad Vltavou směrem do Dolních Břežan. Tato skutečnost vede řidiče, projíždějící ze Zbraslavi do Dolních Břežan, k rychlé jízdě, jelikož přijíždějí po hlavní pozemní komunikaci a projíždějí křižovatkou rovně. Na základě této rychlé jízdy přímo jsou omezeni řidiči vyjíždějící jižním ramenem, kdy nesmí přejet hranici křižovatky (tedy musí stát na hranici průjezdu vozidel do bypassu). V tomto místě pak není dostatečný rozhled (jak již bylo zmíněno několikrát výše).

### 6.3.2 Navrhovaný stav

V navrhovaném stavu dojde k úplnému uzavření zmíněného bypassu, tento krok má hned několik důvodů. Prvním z nich je posunutí hranice křižovatky o přibližně 2 metry, dalším důvodem je snížení rychlosti projíždějících vozidel, která dříve využívala bypass, tím dojde ke zvýšení bezpečnosti ostatních účastníků, především pak chodců. Uzavření bypassu bude provedeno pomocí betonových svodidel výšky 50 cm, opatřené barevným nátěrem v kombinaci se svislou dopravními značkou Z3 "vodící tabule".

Současně s uzavřením bypassu dojde k přemístění stávajícího přechodu ve východní části křižovatky a to směrem více do křižovatky tak, aby byl za pomoci směrového ostrůvku rozdělen na dva samostatné přechody. Jeho směr bude nakolmen na komunikaci.

Třetí úprava bude rozšíření jízdního pruhu pro levé odbočení z hlavní pozemní komunikace směrem do Vraného nad Vltavou, střední dělící čára bude posunuta ze stávajících předimenzovaných rozměrů jízdních pruhů (2x 4,6m) na hodnoty 5,5m a 4,4m (mírné rozšíření v místě stávajícího dopravního stínu). Tato úprava bude mít délku 15 m. V místě odbočení bude tedy prostor pro zastavení tří odbočujících vozidel, které budou moci vozidla projíždějící rovně zprava objet (SÚK IV).

Stejně jako ve variantě 1, i zde dojde k posunutí západního přechodu směrem dál od křižovatky pro vyšší bezpečnost chodců.

Navrhovaný stav byl prověřen vlečnými křivkami kamionu s návěsem délky 18 m a na základě těchto křivek bude nahrazen severní roh stávajícího dopravního ostrůvku srpovitou pojížděnou krajnicí, stávající dopravní ostrůvek bude oříznut na poloměr 9 metrů. Situaci navrhovaného stavu varianty 3 lze vidět na obrázku 6.7 a vlečné křivky na obrázku 6.8

### 6.3.3 Výhody navrhovaného řešení

Přední výhodou této varianty je vyřešení problému rozhledu z jižního příjezdu. Další výhodou je snížení rychlosti vozidel jedoucích směrem ze Zbraslavi do Dolních Břežan pomocí nakolmení odbočení.

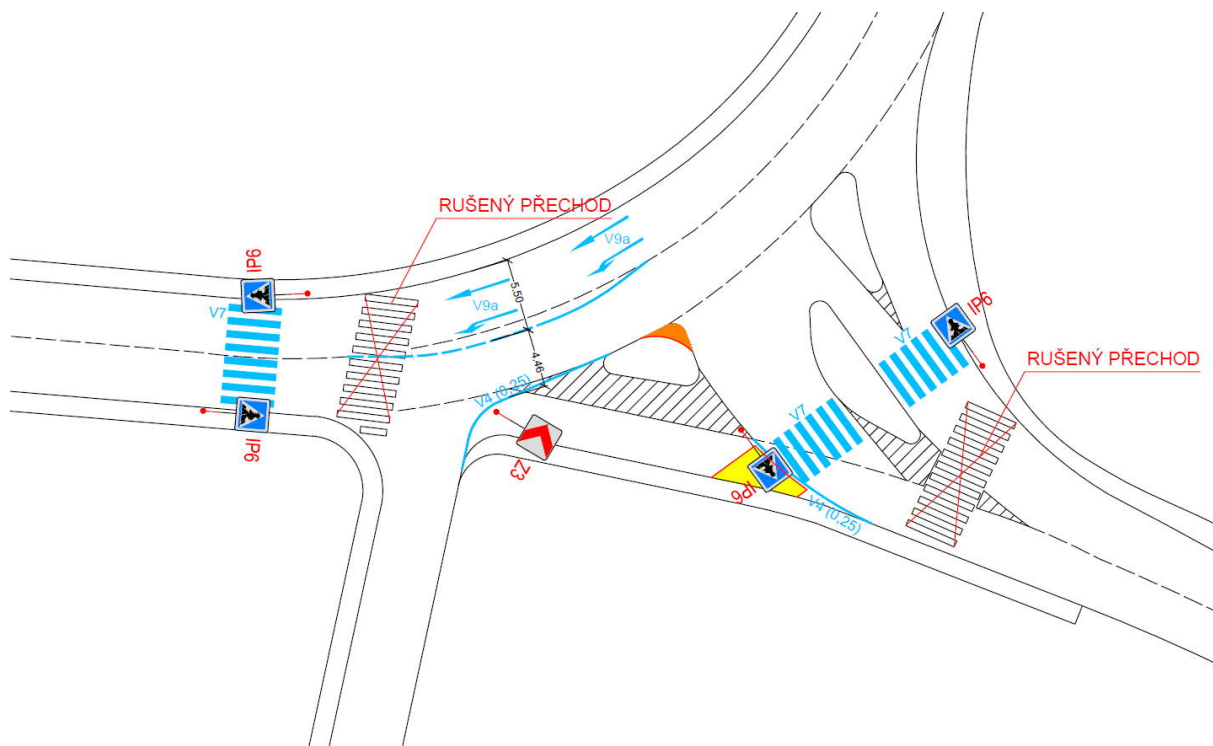
Situace bude bezpečnější pro chodce, kteří přechází na východní straně, protože bude přechod rozdělen na dva a na každém samostatném přechodu budou přijíždět vozidla pouze z jedné strany. Stejně tak posunutí západního přechodu dál od křižovatky omezí nebezpečí odbočování ve chvíli, kdy se chodec nachází na přechodu.

Nespornou výhodou této varianty je cena, která bude poměrně nízká, největší zásah do stávajícího stavu je ubourání části dopravního ostrůvku a nahrazení této části srpovitou krajnicí, dále budou osazena betonová svodidla v místě bypassu a ostatní změny budou provedeny pouze vyznačením příslušným VDZ na komunikaci. Dále bude doplněno 5 SDZ.

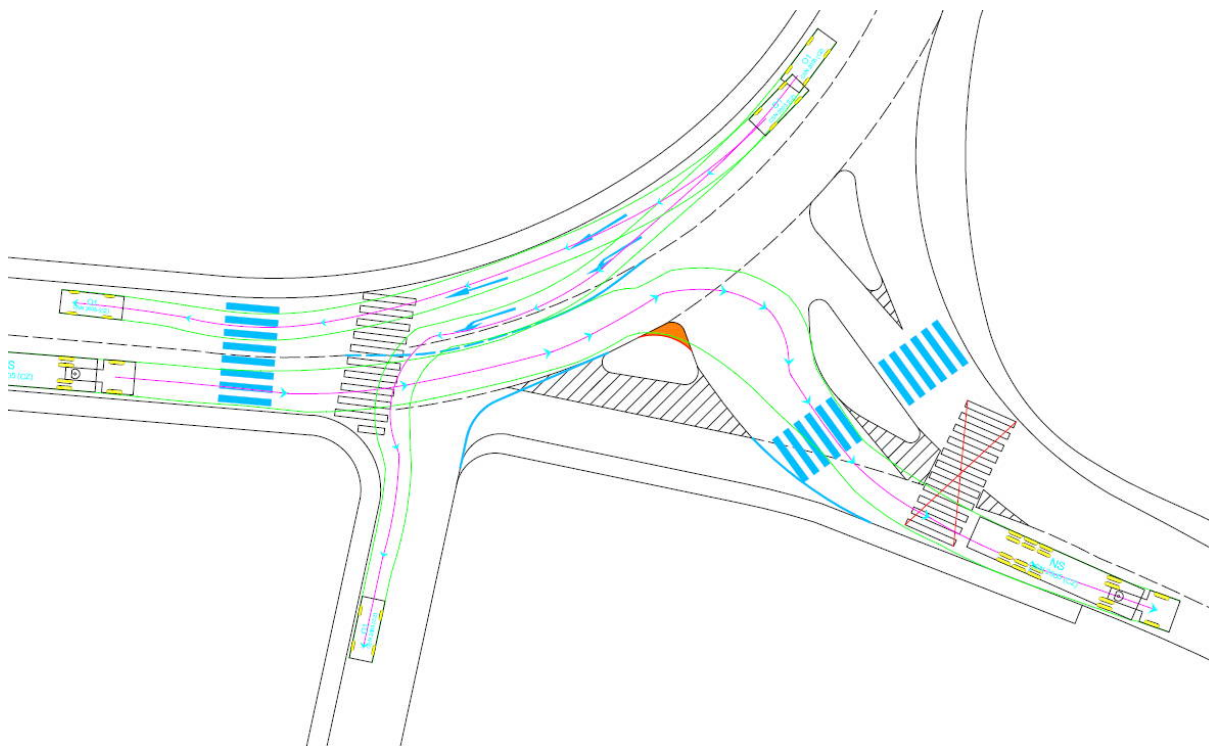
### 6.3.4 Nevýhody navrhovaného řešení

Nevýhodou tohoto řešení je změna vedení některých manévrů v křižovatce, kdy si budou muset řidiči na tuto změnu zvyknout. Dále bude v části křižovatky, kde povede náhradní trasa místo bypassu, zvýšená intenzita o ta vozidla, která bypass využívají (229 voz/h). Tato vozidla však nebudou velkou přítěží z toho důvodu, že vozidla vyjíždějící z jižního ramene jim stejně ve stávajícím řešení musela dávat přednost.

Přesune se kolizní místo, které bylo doposud před východním přechodem pro chodce v místě napojení levého odbočení z Komořan do bypassu, směrem blíže ke křižovatce, zde je však v levém odbočení z Komořan velmi nízká intenzita vozidel (22 voz/h).



Obrázek 6.7: Navrhovaný stav varianty 3



Obrázek 6.8: Vlečné křivky v navrhovaném stavu varianty 3

## 6.4 Varianta 4: Vyosení jízdních pruhů na mostě

### 6.4.1 Stávající stav

Co se týče stávajícího stavu, je nutno upozornit na opěrnou zeď nad železniční tratí, která vede podél jižní komunikace. Ta nedosahuje výškově až na úroveň komunikace, ale je na ní svah, který ke komunikaci vede se sklonem přibližně 2:1.

### 6.4.2 Navrhovaný stav

V této variantě, jak již název napovídá, dochází k mírnému zúžení předdimenzovaného uličního prostoru na východní části mostu Závodu míru na  $7\text{ m}$  ( $2 \times 3,5\text{ m}$ ) a mírnému vyosení těchto jízdních pruhů tak, že podél jižní obruby mezi vozovkou a chodníkem vznikne  $1,47\text{ m}$  volného prostoru, který bude využit na rozšíření chodníku. Díky této úpravě dojde ke zkrácení stávajícího přechodu pro chodce, který bude stejně jako v předchozích variantách posunut o cca 10 metrů směrem na západ. Tento přechod bude mít tedy normovou délku 7 metrů, což přispěje ke zvýšení bezpečnosti chodců.

Smyslem vyosení jízdních pruhů je, aby vozidla přijíždějící z Vraného nad Vltavou měla možnost najet si více do křižovatky a tak měla dostatečný rozhled směrem doleva na most. Vyosením jízdních pruhů na mostě bude docíleno posunutí hranice křižovatky - tedy místa pro zastavení vozidel přijíždějících z Vraného nad Vltavou přibližně o  $1,5\text{ m}$ , což velmi zlepší rozhledové poměry z jižního ramene.

V rámci vyosení proběhne mírná úprava stávajícího dopravního stínu tak, aby jasně udával kudy vozidla mohou jet. Bude přidán nový dopravní stín na jihovýchodní nároží tak, aby vozidla z jihu, která odbočují doleva (intenzita 9 voz/h) provedla tento manévr až v místě hranice křižovatky a ne dříve.

Společně s rozšířením stávajícího chodníku na mostě dojde k dostavbě chodníku v jihovýchodním rohu křižovatky tak, aby bylo možno dovést chodce k nově navrženému přechodu. Ten je situován tak, aby čekající vozidlo na hranici křižovatky nezasahovalo do prostoru přechodu pro chodce.

Pro prodloužení chodníku v jihovýchodním rohu je nutné zvýšit stávající opěrnou zeď, která odděluje železniční trať a prostor křižovatky, tak aby na ni mohl být postaven chodník se zábradlím.

U nově navrženého přechodu pro chodce i u posunutého budou osazeny svislé dopravní značky IP6 "přechod pro chodce". Situaci navrhovaného stavu varianty 4 lze vidět na obrázku 6.9.

#### **6.4.3 Výhody navrhovaného řešení**

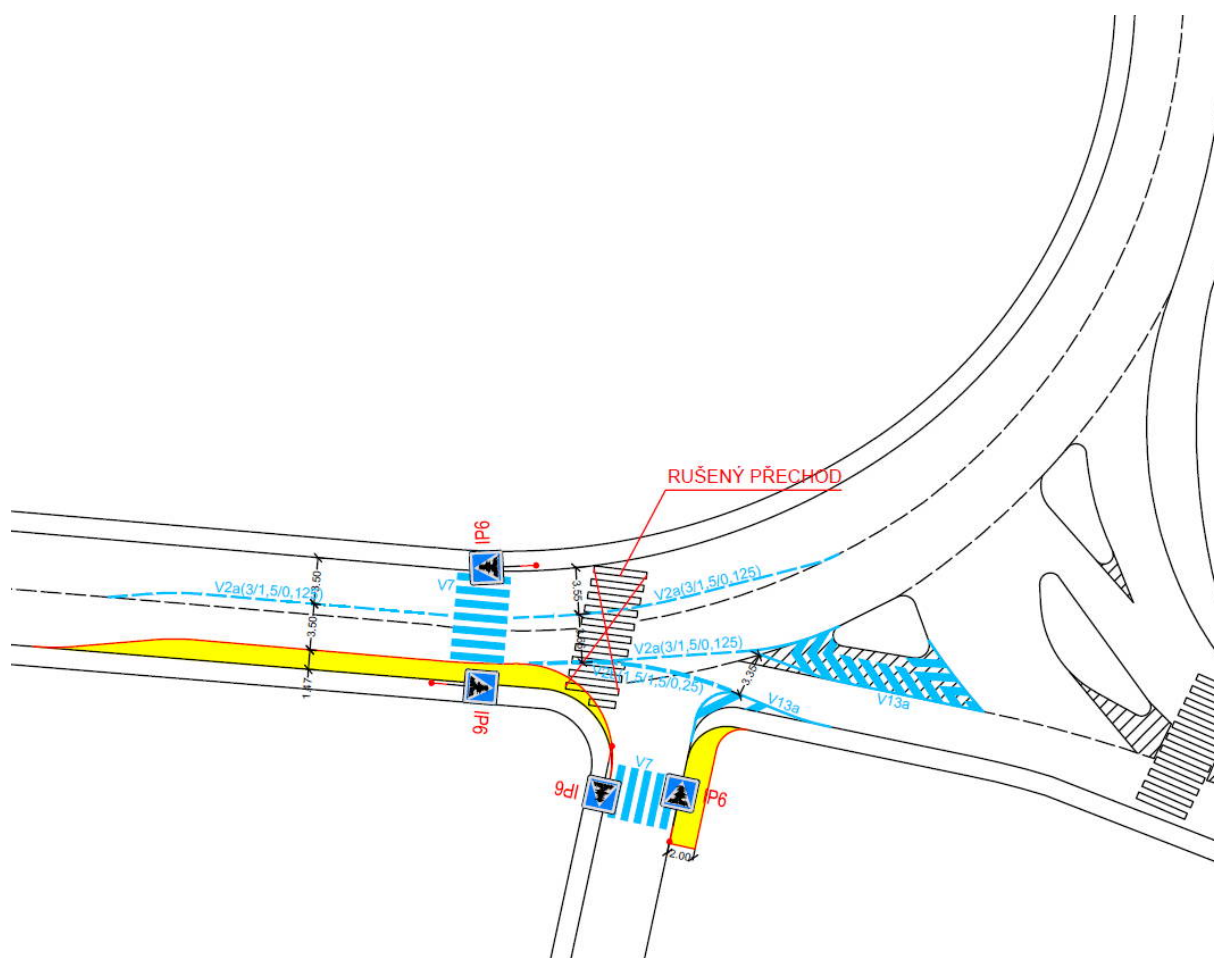
Jednoznačně je výhodou možnost najetí vozidel přijíždějících z Vraného nad Vltavou více do křižovatky, tak, že jsou s rezervou dodrženy rozhledové poměry. Další výhodou je zkrácení přechodu pro chodce, ten je díky tomu bezpečnější. Díky rozšíření chodníku je možné i lepšímu vyhnutí chodců (například s kočárkem) v tomto místě. Další výhodou je nové, "legalizované" vedení chodců po novém přechodu přes jižní rameno křižovatky.

Zúžení komunikace na mostě také povede psychologicky ke snížení rychlosti projíždějících vozidel v obou směrech. Díky tomu bude bezpečnější odbočování na hlavní z obou vedlejších komunikací.

#### **6.4.4 Nevýhody navrhovaného řešení**

Hlavní nevýhodou je nutnost stavebních úprav a to ve dvou místech. Na mostě jde pouze o rozšíření chodníku o 1,47m a osazení nové obruby. V jižní části je nutné zvýšit stávající opěrnou zeď až na úroveň komunikace aby na ní bylo možné postavit přibližně 7 metrů nového chodníku.

Nevýhodou také bude možné nepochopení vedení tras projíždějícími řidiči, kteří byli zvyklí na předchozí stav. Tomuto lze předejít kvalitním provedením VDZ, kde bude zcela jednoznačné, jakým způsobem provést jednotlivé manévry (především průjezd bypassem při příjezdu od Zbraslavi).



Obrázek 6.9: Navrhovaný stav varianty 4

## 6.5 Další varianty

V této podkapitole budou vyjmenovány další možné varianty a odůvodnění, proč se jimi nebudeme v této práci zabývat.

### 6.5.1 Změna přednosti

Křižovatky se zalomenou předností jsou obvykle méně vhodné než ty s předností přímo. V místě řešené lokality je však několik faktorů, díky nimž je přednost zvolená vhodně a měnit ji by mělo za následek zhoršení provozu v křižovatce.

Prvním z nich jsou jednoznačně nejvyšší intenzity na stávající hlavní pozemní komunikaci, kde projede za špičkovou hodinu v každém směru okolo 360 vozidel. Druhou nejvyšší hodnotu intenzit má směr přímo (Zbraslav-Dolní Břežany), kde je však intenzita přibližně 210 vozidel ve špičkové hodině, tedy téměř poloviční.

Dalším důvodem je preference MHD. Křižovatkou projíždí z MHD pouze autobus 165 a to právě po hlavní pozemní komunikaci.

Dalším faktorem je pomyslné rozdělení křižovatky na dvě stykové v případě změně přednosti na směry Zbraslav-Dolní Břežany. V případě průsečné křižovatky je žádoucí, aby byly vedlejší komunikace napojeny ve stejném místě, v případě řešení stylem dvou stykových křižovatek naopak co nejdál od sebe. Ani jedna varianta zde není umožněna.



## 6.5.2 Okružní křižovatka

Okružní křižovatky by měly splňovat některá kritéria, která by právě v tomto místě nemohla být dodržena.

Jedním z takových kritérií je dostatečný vnitřní poloměr pro umožnění průjezdu všech druhů dopravy, ten však z proporciálních dispozic a omezení prostoru křižovatky nelze dodržet. Křižovatka je omezená ze západní strany mostem, z východní strany skálou. Její střední část leží nad železniční tratí. Bez větších stavebních úprav (například rozšíření mostové konstrukce) by nebylo možné okružní křižovatku realizovat

Hlavním předpokladem pro dobře fungující okružní křižovatku, je rovnováha intenzit na jednotlivých vjezdech a výjezdech. V řešené křižovatce je však známo, že například vjezd směrem ze Zbraslavi přibližně 5x převyšuje intenzitami vjezd z Vraného nad Vltavou.

Dalším z předpokladů okružní křižovatky je zklidnění dopravy a s tím spojené zamezení tangenciálních průjezdů. Ten by však zejména v jižním prostoru křižovatky nemohl být eliminován.

Křižovatka by měla svým řešením zapadat do trendu řešení křižovatek v širší oblasti. V té se však žádné okružní křižovatky nenacházejí (nejbližší je na vjezdu do Dolních Břežan). Tedy ani z tohoto pohledu se nehodí přestavba křižovatky na okružní.

## 6.5.3 Přidání jízdního pruhu místo jednoho chodníku na mostě

Varianta přestavby chodníku na jedné straně mostu na třetí jízdní pruh s možností využívat prostředního jízdního pruhu jako pruhu pro odbočení vlevo byla vyloučena z následujících důvodů.

Statické zatížení mostu - přesunutím těžiště zatížení mostu vozidly by mohlo dojít k jednostrannému namáhání mostní konstrukce, která může způsobit pozdější deformace mostu. Most by byl na jedné straně přetížen jak statickou silou, tak momentově.

Nutnost nového vedení chodců - v této variantě by muselo dojít k přesunu stávajícího přechodu na nové místo tak, aby bylo pro chodce zajištěno dostatečné spojení k autobusovým zastávkám.

Uspořádání jízdních pruhů takovým způsobem, že krajní jízdní pruh je přímo u mostního zábradlí není vhodné.

## Kapitola 7

---

# Výstupy ze simulace

---

Simulace proběhla na stávajícím stavu a variantách 2-4. Pro variantu 1 by byly výsledky shodné se stávajícím stavem, jelikož nelze nastavit, zda je, nebo není dostatečný rozhled z vozidla.

K simulaci byl využit program PTV Vissim, kde jako vstupy do simulace posloužil tvar křižovatky (stávající stav či navrhovaná varianta), naměřené intenzity dopravy, shodná hodnota random seed generatoru, která zajišťuje, že pro všechny varianty budou vstupy vozidel v jednotlivých ramenech shodné. Ve variantě 2 také používáme výše určený signální plán pro ovládání světelného signalizačního zařízení. Pro jednoduchost a z důvodu nízkých intenzit chodců není v simulaci využito výzvové tlačítko pro chodce.

Jednotlivé varianty byly také zatíženy vyššími intenzitami než byly v reálu naměřeny, aby bylo zjištěno, jak která varianta odolá zvýšeným intenzitám. Byly nasimulovány následující násobky intenzit: 1x, 1,25x, 1,5x.

Jako výstupy nás budou zajímat počty vozidel, které vjedou do křižovatky, dále průměrná doba zdržení vozidel v křižovatce a maximální délka fronty. Na základě těchto hodnot a posouzení bezpečnosti řešení bude vybrána nejvíce vhodná varianta, dále je také důležité jak která varianta odolá zvýšeným intenzitám.

Fronta je v programu PTV Vissim definována jako řada vozidel pohybujících se pomalou rychlostí. Vozidlo se stane součástí fronty klesne-li jeho rychlost pod  $5 \text{ km/h}$  a zároveň před ním stojí jiné vozidlo. Vozidlo opouští frontu ve chvíli, kdy jeho rychlost přesáhne  $10 \text{ km/h}$ . Funkce, která zjišťuje tuto neznámou se jmenuje Queue counter. Tato funkce je schopna v jednotlivých řadících pruzích určit maximální délku fronty, průměrnou délku fronty a počet vozidel, která ve frontě zastavila.

Definice doby zdržení vozidel je rozdíl doby, která trvá vozidlu ujet od místa, kde dochází k maximální délce fronty, ke stop čáře v momentě zcela volné komunikace, a doby, naměřené při aktuální dopravní situaci v modelu. Zajímá nás průměr dob pro všechna vozidla, která vstoupila do simulace. Použitá funkce se jmenuje Vehicle travel time a počítá celkový čas jízdy vozidla z jednoho bodu do druhého. Pro jednotlivé řadící pruhy pak udává průměrnou hodnotu za celý čas simulace.

Délka simulace byla zvolena 20 minut, tedy 1200 simulačních sekund. Jednotlivé hodnoty výstupů simulace jsou vztaženy k této době. Doba se začíná počítat po ustálení modelu, tedy po pěti minutách od začátku simulace a končí v čase 25 minut.

Jelikož jsou hlavní směry v hodnocení variant důležitější než směry vedlejší, jsou tyto

v tabulce rozlišeny aby nedošlo ke generalizaci naměřených hodnot. Jako hlavní směry jsou brány směry A-BCD a B-A. Ostatní směry jsou klasifikovány jako vedlejší. Ve statistice maximální délky fronty je použita maximální hodnota z jednotlivých množin směrů (hlavních a vedlejších). Jako doba zdržení je uveden průměr z jednotlivých množin směrů (hlavních a vedlejších). Počty vozidel jsou rovněž zaznamenány do dvou sekcí (hlavní a vedlejší) a jsou to součty za jednotlivé množiny.

Při porovnávání hodnot z jednotlivých simulací je nutno podotknout, že ne vždy je množina hlavních a vedlejších směrů shodná s jinou variantou. Podle možností programu byly umístěny sčítače do jednotlivých řadících pruhů, avšak například ve stávajícím stavu nebylo jak rozlišit vozidla jedoucí ze směru B do jednotlivých výjezdů, a tak byl jako hlavní směr považován celý vjezd B-ACD. Například ve variantě 2 je však jako hlavní považován B-A. B-CD je brán jako vedlejší směr. Proto není možné přímo porovnávat varianty mezi sebou, ale spíše mezi jinými násobky intenzit v rámci jedné varianty.

## 7.1 Výstupy ze stávajícího stavu

Simulace stávajícího stavu proběhla při dosažení stávajících intenzit bez komplikací, ty se začaly projevovat až při zvyšování hodnot jednotlivých intenzit.

Za 20 minut simulace projelo křižovatkou 387/490/592 vozidel v hlavních směrech a 120/164/143 ve vedlejších. Právě v poslední ze tří simulací, kdy byly dosaženy intenzity přenásobené koeficientem 1,5 začalo docházet ke kolapsu křižovatky. Fronta ze směrů C a D, tedy z Dolních Břežan a Vraného nad Vltavou přesáhla délku ramene vedoucího ke křižovatce, a tak simulace nemohla zařadit ani dostatečný vstup vozidel do simulace. Jelikož byly velmi vytížené hlavní směry, tak vozidla z vedlejších nedostávala možnost vjezdu do křižovatky téměř vůbec, a díky tomu se prodlužovala fronta a čekací čas.

Průměrná doba zdržení byla v hlavních směrech 1,25/1/2,5 sekund, což odpovídá nulovému zdržení ze směru A (Zbraslav) a občasnému zdržení na několik sekund ze směru B (vozidla čekající za doleva odbočujícím vozidlem). Ve vedlejších směrech však průměrná doba zdržení narostla až do extrémních 8/21/108 sekund.

Maximální délka fronty v hlavních směrech 50/50/113 metrů byla vždy ve směru z Komořan, jelikož ve směru ze Zbraslavi se fronta netvořila vůbec. Ve vedlejších směrech jak již bylo zmíněno narostla fronta až na hranici simulovaného prostoru, a tak se zastavila na hodnotě 46/84/225 metrů, teoreticky byla však ještě delší. Výstupy ze simulace stávajícího stavu shrnuje tabulka 7.1.

Tabulka 7.1: Výstupy simulace ze stávajícího stavu

Stávající stav	Násobky intenzit		
	1x	1,25x	1,5x
Jednotlivé výstupy			
Vjezd vozidel do křižovatky v hlavních směrech [voz]	387	490	592
Vjezd vozidel do křižovatky ve vedlejších směrech [voz]	120	164	143
Doba zdržení hlavních směrů [s]	1,25	1	2,5
Doba zdržení vedlejších směrů [s]	8	21	108
Max. délka fronty hlavních směrů [m]	50	50	113
Max. délka fronty vedlejších směrů [m]	46	84	225

## 7.2 Výstupy z navrhovaného stavu varianty 2

Simulace varianty 2 byla oproti ostatním zajímavá tím, že v ní jako jediné byl zastavován tok hlavních směrů. Navíc byly všechny fáze SSZ bezkolizní, a tak byly pohyby v křižovatce rychlejší. Tato varianta však při zvyšování intenzit také neobstála, byla sice schopná zvýšit propustnost vedlejších směrů, ale pro hlavní směry to znamenalo výrazné zpomalení.

Celkem do křižovatky vjelo 383/464/508 vozidel, přičemž v poslední simulaci při 1,5x vyšších intenzitách došlo k zaplnění vozovky až k začátku simulace na hlavním směru A-BCD (od Zbraslavi), a tak nebyla v tomto směru vozidla do simulace vpouštěna. Důvodem byla dlouhá doba červené, zelená tak nestíhala odbavit celou frontu čekajících vozidel ve směru A-BCD a došlo k prodlužování fronty v tomto směru. Ve vedlejších směrech vjelo do křižovatky 147/183/217 vozidel, což značí nejlepší propustnost křižovatky pro vedlejší směry ze všech variant.

Průměrná doba zdržení na hlavních směrech se přesto pohybovala okolo 14 vteřin (12/14,5/15,5 s) a to především, díky dvojfázi zelené ve směru B-A, kde problém s odbavováním nebyl. Ve vedlejších směrech byla doba zdržení přiměřená (33/37/63 s). Je však zřejmé, že s 1,5x vyššími intenzitami už by si světelná křižovatka neporadila.

Maximální délka fronty v hlavních směrech - tedy ve směru A-BCD byla 211/259/264 metrů - ve směru B-A byla znatelně menší. Ve vedlejších směrech se fronta razantně prodloužila až v třetí simulaci (54/76/157 m), avšak nepřesáhla délku komunikace vedoucí ke křižovatce, a tak mohla být vozidla dál do simulace vpouštěna. Výstupy ze simulace varianty 2 jsou zobrazeny v tabulce 7.2.

Tabulka 7.2: Výstupy simulace z varianty 2

Varianta 2	Násobky intenzit		
	1x	1,25x	1,5x
Jednotlivé výstupy			
Vjezd vozidel do křižovatky v hlavních směrech [voz]	383	464	508
Vjezd vozidel do křižovatky ve vedlejších směrech [voz]	147	183	217
Doba zdržení hlavních směrů [s]	12	14,5	15,5
Doba zdržení vedlejších směrů [s]	33	37	63
Max. délka fronty hlavních směrů [m]	21	259	264
Max. délka fronty vedlejších směrů [m]	54	76	157

## 7.3 Výstupy z navrhovaného stavu varianty 3

Varianta 3 obstála co se týče kapacity křižovatky nejlépe ze simulovaných variant, jelikož jako v jediné i při simulaci s 1,5 násobnými intenzitami nehlásil simulační program error s problémem vpouštění vozidel do křižovatky.

V hlavních směrech do křižovatky vjelo 406/490/597 vozidel, což je nejvíce ze všech zkoušených variant. Ve vedlejších směrech to bylo 146/184/207 vozidel (více propustila pouze varianta 2).

Zdržení v hlavních směrech bylo podobně jako u ostatních světelně neřízených variant 0/0,5/0,5 sekund, což je nejmenší hodnota, ta je způsobena především možností objetí vozidly ve směru B-A odbočujícího vozidla ve směru B-D. Ve vedlejších směrech bylo zdržení větší, avšak oproti ostatním variantám stále nejmenší a to 4,5/12/51 sekund.

Maximální délka fronty se díky možnosti objetí vozidla odbočujícího vlevo v násobku intenzit 1x dostala dokonce na nulovou hodnotu (0/35/51 m) a ve vedlejších komunikacích to bylo 43/67/79 metrů. Zde je podobně jako v počtu vozidel v křižovatce výhodnější pouze varianta 2, ale jelikož je v ní započítáno i několik vozidel odbočujících ve směru B-C (která jsou v této variantě brána jako hlavní směr - důvod vysvětlen v úvodu kapitoly), nelze brát toto porovnání jako jednoznačné. Výstupy ze simulace varianty 3 shrnuje tabulka 7.3.

Tabulka 7.3: Výstupy simulace z varianty 3

Varianta 3	Násobky intenzit		
	1x	1,25x	1,5x
Jednotlivé výstupy			
Vjezd vozidel do křižovatky v hlavních směrech [voz]	406	490	597
Vjezd vozidel do křižovatky ve vedlejších směrech [voz]	146	184	207
Doba zdržení hlavních směrů [s]	0	0,5	0,5
Doba zdržení vedlejších směrů [s]	4,5	12	51
Max. délka fronty hlavních směrů [m]	0	35	51
Max. délka fronty vedlejších směrů [m]	43	67	179

## 7.4 Výstupy z navrhovaného stavu varianty 4

Varianta 4 byla co se týče simulace velmi podobná stávajícímu stavu, liší se především bezpečností pro chodce, novým přechodem pro chodce a odsazením hranice křižovatky, tyto aspekty se však v simulaci příliš neprojevily, a tak jsou výsledky obdobné jako u stávajícího stavu.

Do křižovatky v hlavních směrech vjelo 406/490/592 vozidel a ve vedlejších 129/164/164 vozidel. Ve třetí simulaci došlo k zablokování vkládání vozidel ve směru C z Dolních Břežan, kde stejně jako ve stávajícím stavu narostla délka fronty až na hranici počátku simulace.

Doba zdržení v hlavních směrech byla obecně velmi nízká (0,5/1/2,5 s) a ve vedlejších směrech se mírně projevila možnost najetí vozidel ze směru D (Vrané nad Vltavou) blíže do křižovatky a umožnit jim lepší možnost rozhledu a odbočení. Proto se doba zdržení ve vedlejších směrech liší od stávajícího stavu a nabývá hodnot 6/25/87 sekund.

Maximální délka fronty má pak podobnou tendenci jako situace stávajícího stavu. V hlavních směrech je to 0/51/124 metrů a ve vedlejších 51/73/224 metrů. Hodnota 224 metrů opět odkazuje na naplněnou kapacitu vjezdu do křižovatky. Výstupy ze simulace varianty 4 jsou zobrazeny v tabulce 7.4.

Tabulka 7.4: Výstupy simulace z varianty 4

Varianta 4	Násobky intenzit		
	1x	1,25x	1,5x
Jednotlivé výstupy			
Vjezd vozidel do křižovatky v hlavních směrech [voz]	406	490	592
Vjezd vozidel do křižovatky ve vedlejších směrech [voz]	129	164	164
Doba zdržení hlavních směrů [s]	0,5	1	2,5
Doba zdržení vedlejších směrů [s]	6	25	87
Max. délka fronty hlavních směrů [m]	0	51	124
Max. délka fronty vedlejších směrů [m]	51	73	224

## 7.5 Posouzení bezpečnosti a shrnutí simulací

Co se týče bezpečnosti, je potřeba přihlídnout spíše na změnu rychlosti vozidel, změnu rozhledů, polohu přechodů pro chodce a dalších změn ve variantách, jelikož program PTV Vissim nesimuluje občasné dopravní nehody.

Ve stávajícím stavu o nehodovosti vypovídá kolizní diagram, z něj se dá jednoznačně vyčíst o jaké typy nehod se jedná a také čím jsou způsobeny. Stávající stav je podrobněji rozebrán v kapitole 3.

Varianta 1 zvyšuje bezpečnost především v západní části křižovatky. Odsunutím přechodu pro chodce se dostává dál od křižovatky, a tak umožňuje řidičům vnímat nejdříve pohyby vozidel v křižovatce a dále až chodce, než oboje najednou (platí především pro vozidla z Vraného nad Vltavou odbočující doleva). Další výhodou posunu přechodu je lepší rozlišitelnost ze směru od Komořan, kdy má řidič možnost přechod spatřit dříve.

Díky vykácení porostu v rozhledovém poli a jasnému vyznačení stop čarou řidičům přijíždějícím z Vraného nad Vltavou kde mají zastavit, dojde ke zvýšení bezpečnosti ve výjezdu z tohoto směru. Zvýšení nebude nijak razantní, ale rozhodně je to krok k vyšší bezpečnosti a ne od ní.

Bezpečnost ve variantě 2 je dána především tím, že nejsou ve stejné fázi pouštěny žádné kolizní směry, díky tomu jsou urychleny pohyby v křižovatce, vozidla si mezi sebou nemusí dávat přednost a pohyby v křižovatce jsou tak plynulejší. Zároveň není vyloženě nutné mít dostatečný rozhled z jižního příjezdu do křižovatky a vozidla nemusí zastavovat na hranici křižovatky, což je pro vozidla z tohoto směru velký přínos. Mírně odsunutý přechod pro chodce ve východní části křižovatky je zkrácený oproti původní délce a je víc nakolmen na křižovatku. Co se týče přechodu na západní straně, tam dostanou chodci signál volno pouze po zmáčknutí výzvového tlačítka a v příslušné fázi (kdy pouze odbočují vozidla do tohoto směru). Situace je tedy i pro chodce bezpečnější.

Varianta 3 nabízí zvýšení bezpečnosti hned v několika faktorech. Jelikož je zamezen průjezd bypassem, jsou vozidla, která by ho jinak využila, nucena snížit rychlost tak, aby bezpečně projela křižovatkou v její centrální části, což je standardní křižovatkový pohyb. V místě napojení jižního ramene bylo dle simulace zjištěno zpomalení těchto vozidel o 10 *km/h* oproti stávajícímu stavu. To ukazuje na mírně zklidnění dopravy v těchto místech. Posunem přechodu pro chodce v západní části a snížení rychlosti se zvýší bezpečnost chodců, podobně jako ve variantě 1. Další výhodou této varianty je přesun přechodu pro chodce ve východní části křižovatky. Ten je posunut do kolmé pozice vůči vozovce a zároveň do prostoru dopravního ostrůvku, ten zajišťuje rozdělení manévru přecházení na 2, přičemž chodec vždy sleduje pouze jednu stranu vozovky, jelikož to je ta strana, odkud mohou vozidla na přechod přijet. S ohledem na toto rozdělení přecházení je tento prostor pro chodce mnohem bezpečnější.

Ke zhoršení bezpečnosti v této variantě může dojít především v počátku po instalaci všech opatření a to díky neznalosti řidičů nového stavu, či zvyku na stav starý. Tento problém by však měl být vyřešen během prvního měsíce instalace této varianty, kdy už si pravidelní řidiči zvyknou. Řidiči, kteří jedou tímto místem poprvé nebudou mít problém s pochopením křižovatky.

Ve variantě 4 dochází ke zúžení komunikace na mostě v předkřižovatkovém prostoru, díky čemuž se zkracuje délka přechodu pro chodce na západní straně a zároveň s jeho posunem od křižovatky tak vzniká bezpečnější prostor pro chodce. Výhodou co se týče bezpečnosti v této variantě je prodloužení chodníkové plochy v jižní části křižovatky, která umožní vedení

přechodu tímto místem. Zlegalizuje tak přecházení chodců přes jižní rameno křižovatky a díky včasnému označení tak zvýší bezpečnost přecházejících chodců.

Přední výhodou je však odsun jízdního pruhu směrem ze Zbraslavi dál od vjezdu z Vraného nad Vltavou, díky čemuž vozidla přijíždějící z jihu budou mít více prostoru na najetí si do křižovatky bez omezení směru ze Zbraslavi. Díky tomuto řešení se výrazně omezí nutnost urychleného řešení situace odbočení vozidel z Vraného, protože řidiči uvidí dál do křižovatky (dál, než je potřebný rozhled v křižovatce) a díky tomu mohou počkat na vhodnější chvíli pro své odbočení a zamezí tím tak případným nehodám, které se udály kvůli řešení křižovatkových pohybů stylem "teď je chvíli volno, teď musím jet".

Díky vyosení a následnému navrácení jízdního pruhu ze Zbraslavi do Dolních Břežan do původní pozice dochází ke zpomalení projíždějících řidičů v tomto směru a to dle simulace o přibližně  $5 \text{ km/h}$ , což sice není mnoho, ale oproti stávajícímu stavu se tato situace zlepšila. Díky zpomalení těchto vozidel bude jednodušší zařazení vozidel, která jedou směrem z Komořan do Dolních Břežan, ta se totiž napojují do bypassu, ale musí dát přednost vozidlům, která z bypassu přijíždí. Toto řešení je nestandardní, ale je opodstatněné na základě vysoké převahy intenzit dopravy v bypassu, který je přibližně 10x zatíženější.

## Kapitola 8

---

# Multikriteriální rozhodování

---

### 8.1 Výběr kritérií a metody

Multikriteriální rozhodování nabízí několik metod, které se dají využít pro porovnání více možností řešení na základě více kritérií. V tomto případě bude využito pro porovnání mezi čtyřmi navrhovanými variantami. Kritéria která budou použita v následující části práce jsou:

- Bezpečnost křižovatky
- Přehlednost křižovatky
- Kapacita křižovatky - hlavní směry
- Kapacita křižovatky - vedlejší směry
- Zdržení v křižovatce - hlavní směry
- Zdržení v křižovatce - vedlejší směry
- Maximální délka fronty - hlavní směry
- Maximální délka fronty - vedlejší směry
- Investiční náklady varianty

Důležitá část multikriteriálního rozhodování je výběr metody. V tomto rozhodování se objevuje několik kritérií, které nejsou zcela rovnocenné, proto byla vybrána bodovací metoda s využitím přidělení vah jednotlivým kritériím. Tato metoda přiřazuje jednotlivým variantám v každém kritériu bodové hodnocení v rozmezí 1-10 bodů, kdy 1 je nejmenší a 10 nejvyšší hodnocení, zároveň má každé kritérium různou váhu, které se pohybují v rozmezí 0,1 až 1,0. Díky tomu hraje roli nejen celkový počet bodů, ale i to v jakém kritériu byly dané body získány. Výsledné pořadí variant je následně určeno podle váženého počtu bodů z celého multikriteriálního rozhodování, nejvyšší počet nevážených bodů tedy nemusí nutně znamenat prvenství v celém rozhodování.



## 8.2 Popis jednotlivých kritérií a přidělení vah

### Bezpečnost křižovatky

Bezpečnost křižovatky je jednoznačně nejdůležitějším kritériem celého rozhodování a jak již vyplývá z názvu, je hlavním cílem celé práce. Na druhou stranu se poměrně špatně hodnotí, jelikož simulační program, ve kterém byla křižovatka testována nenabízí možnost simulovat v křižovatce dopravní nehody a zjistit tím jejich četnost. Nejvhodnější způsob jak zjistit vliv dané varianty na křižovatku je srovnání kolizních diagramů stavu před a po ve zvoleném časovém období, to však není v tuto chvíli umožněno, protože to vyžaduje dlouhodobou instalaci navržené varianty.

V křižovatce hraje roli bezpečnost jak chodců, tak vozidel a na základě těchto dvou faktorů bude varianta ohodnocena. Roli v přidělení bodů hrají rozhledové poměry, počet kolizních bodů, rychlost vozidel v křižovatce, umístění přechodů pro chodce a další. Kritérium bezpečnosti křižovatky byla přidělena váha 1,0, jelikož se jedná o nejdůležitější kritérium celého rozhodování.

### Přehlednost křižovatky

Křižovatka a vlastně i jakákoliv jiná část dopravní komunikace by měla být bezpečná, samovysvětlující a odpouštějící. Na přehledosti křižovatky pak stojí její pochopení z pozice řidičů, kteří daným místem projíždějí poprvé, a tak jej neznají. V tomto kritériu se objevují následující body: soulad SDZ a VDZ, dostatečná šířka jízdních pruhů, nepředimenzovaná šířka jízdních pruhů, označení míst hranice křižovatky, omezení zbytečných SDZ. Kritérium přehlednosti je důležité, avšak oproti bezpečnosti ne tolik a byla mu přidělena váha 0,5.

### Kapacita křižovatky

Kapacitou křižovatky je myšlen počet vozidel, který je schopen za danou časovou jednotku křižovatkou projet. Je to informace o tom, jak rychle jsou v křižovatce odbavena vozidla z jednotlivých směrů a bývá spjat s kritériem zdržení v křižovatce a délky fronty, z tohoto důvodu je nutné ohodnotit tato 3 kritéria nižšími vahami, jelikož do určité míry hovoří o tom samém, a tak by se v celkovém zhodnocení projevilo toto trojkritérium jako v silné převaze.

Přidělení bodů ovlivňují jak hodnoty vozidel, která projela křižovatkou s naměřenými intenzitami, tak i následný vliv zvýšení intenzit 1,25x a 1,5x, které bylo v simulaci testováno. Nižší bodové hodnocení obdrží varianty, ve kterých došlo k dopravnímu kolapsu ve smyslu téměř úplného zamezení vjezdu vozidel z vedlejších komunikací pro vysoké intenzity na komunikaci hlavní. Pochopitelně je nutné rozdělit hodnocení pro hlavní a vedlejší směry, a tak byla hlavním směřům přidělena váha 0,4 a vedlejším váha 0,2.

### Zdržení v křižovatce

Zdržení v křižovatce značí ztrátový čas vozidel, který nastává při daném dopravním zatížení. Jedná se o rozdíl časů průjezdů křižovatky od 200m vzdáleného místa před křižovatkou a hranicí křižovatky při zcela volném provozu oproti stavu se simulovanými intenzitami. Doba zdržení pro hlavní směry byla ohodnocena vahou 0,6 a pro vedlejší směry vahou 0,2.

## Maximální délka fronty

Maximální délka fronty ukazuje obdobně jako předchozí dvě kritéria na zdržení vozidel v křižovatce. V některých ohledech může být lehce zavádějící, protože nemusí být souvislé odbavování fronty. Konkrétně se jedná o variantu 2, kde dochází k nárazovým odbavením fronty, avšak její doplňování probíhá souvisle, proto se může zdát, že fronta je v hlavních směrech extrémně dlouhá, avšak během jedné doby zelené se zcela vyprázdní. To je pochopitelně dobrý znak, avšak vzhledem k blízkosti křižovatky na západní straně mostu není možné tolerovat frontu vozidel dosahující až do prostoru sousední křižovatky. Kritériu maximální délka fronty byly přiděleny následující váhy: hlavní směry 0,5 a vedlejší směry 0,3.

## Investiční náklady varianty

Investiční náklady jsou poměrně důležitá část hodnocení variant. Umožnění realizace jednotlivých řešení je na financích velmi závislé a zároveň na nich závislé očekávaný výsledek řešení problémové oblasti. Jinými slovy - čím větší cena, tím lepší varianta. To však neplatí zcela jednoznačně a občas mohou překvapit i varianty s nízkou cenou a nestandardním řešením, před vysoce nákladnou stavební úpravou. Váha investičních nákladů v multikriteriálním rozhodování je 0,8.

## 8.3 Výpočet multikriteriálního rozhodování

Výpočet probíhá na základě součtu vážených bodů z jednotlivých kritérií, výsledná varianta bude ta, která získá v multikriteriálním hodnocení nejvíce vážených bodů. Body u každého kritéria budou přenásobeny vahou daného kritéria, tím způsobem vzniknou vážené body z každého kritéria. Výsledky multikriteriálního rozhodování shrnuje tabulka 8.1

Tabulka 8.1: Tabulka výsledků multikriteriálního rozhodování

Kritérium	Váha	Jednotlivé varianty			
		1	2	3	4
Bezpečnost křižovatky	1,0	5	9	7	8
Přehlednost křižovatky	0,5	8	9	6	6
Kapacita křižovatky - hlavní směry	0,4	7	5	8	7
Kapacita křižovatky - vedlejší směry	0,2	3	10	9	4
Zdržení v křižovatce - hlavní směry	0,6	9	5	10	9
Zdržení v křižovatce - vedlejší směry	0,2	5	6	8	6
Maximální délka fronty - hlavní směry	0,5	5	2	8	6
Maximální délka fronty - vedlejší směry	0,3	4	6	7	4
Investiční náklady varianty	0,8	10	2	8	6
Vážený součet		30,5	26,1	<b>35,1</b>	30,2

## 8.4 Shrnutí výsledků varianty 3

### Bezpečnost křižovatky

Dle multikriteriálního rozhodování na základě devíti kritérií byla vybrána jako vítězná varianta varianta 3 - uzavření bypassu. Jak lze vyčíst v tabulce 8.1, tato varianta neobstála tolik v hodnocení bezpečnosti a to především kvůli pouze částečnému vyznačení odbočovacího pruhu doleva (směr Komořany - Vrané nad Vltavou). Toto místo je vyznačeno jako místo pro odbočení dle SÚK IV [11]. Nižší bodový zisk je také ovlivněn možností zakrytí výhledu vozidlem, stojícím právě na tomto odbočovacím místě. Tento zakrytý výhled se týká především vozidel přijíždějících z Vraného nad Vltavou, která však musí zmíněnému vozidlu, stojícím na místě pro odbočení dát přednost, nejedná se tedy o příliš velký problém.

### Přehlednost křižovatky

V přehlednosti křižovatky dostala tato varianta, mezi ostatními variantami, nejnižší počet bodů a to především díky změně trasování jízdy vozidel dříve užívajících bypass (směry Zbraslav - Dolní Břežany a Vrané nad Vltavou - Dolní Břežany). Malý zisk bodů v tomto kritériu je způsoben tím, že řidiči budou muset nejprve přivyknout novému řešení, a tak může vést k nepochopení ze strany některých řidičů. V reálu jde však o obnovení standardního křižovatkového pohybu namísto užití bypassu.

### Kapacita křižovatky

Co se týče kapacity křižovatky, tam obstála mezi ostatními variantami velice dobře. Především je to z důvodu zmíněného místa pro odbočení, které umožňuje objetí vozidly, která projíždějí rovně (směr Komořany - Zbraslav). Tímto se snižuje ztrátový čas těchto vozidel. Vedlejší směry jsou lépe odbaveny díky odsazení hranice křižovatky, zkrácení pohybu v prostoru křižovatky v jižní části křižovatky - platí pro odbočující vozidla ze směru Vrané nad Vltavou.

### Zdržení v křižovatce

Zdržení v křižovatce v hlavních směrech je víceméně nulové díky místu pro odbočení a tak zde dostala tato varianta plných 10 bodů. Ve vedlejších směrech je zdržení menší než u ostatních variant.

### Maximální délka fronty

Maximální délka fronty, která je úzce spjata s kapacitou křižovatky obstála v hlavních směrech opět skvěle, ve vedlejších se sice fronta tvořila, avšak ostatní varianty na tom byly, co se délky fronty týče, podstatně hůř.

## 8.5 Rozbor investičních nákladů všech variant

V investičních nákladech se pohybuje varianta 3 spíše v těch levnějších vrstvách. Jednoznačně nejlevnější je varianta 1, kde jde pouze o prořez větví, posun přechodu pro chodce a doplnění jedné svislé dopravní značky (+ vyznačení příslušného VDZ).

Ve variantě 3 je nutné osazení betonových svodidel a několika svislých dopravních značek. Dále je nutné doplnit přibližně 12 m<sup>2</sup> betonové chodníkové plochy ohraničené obrubami

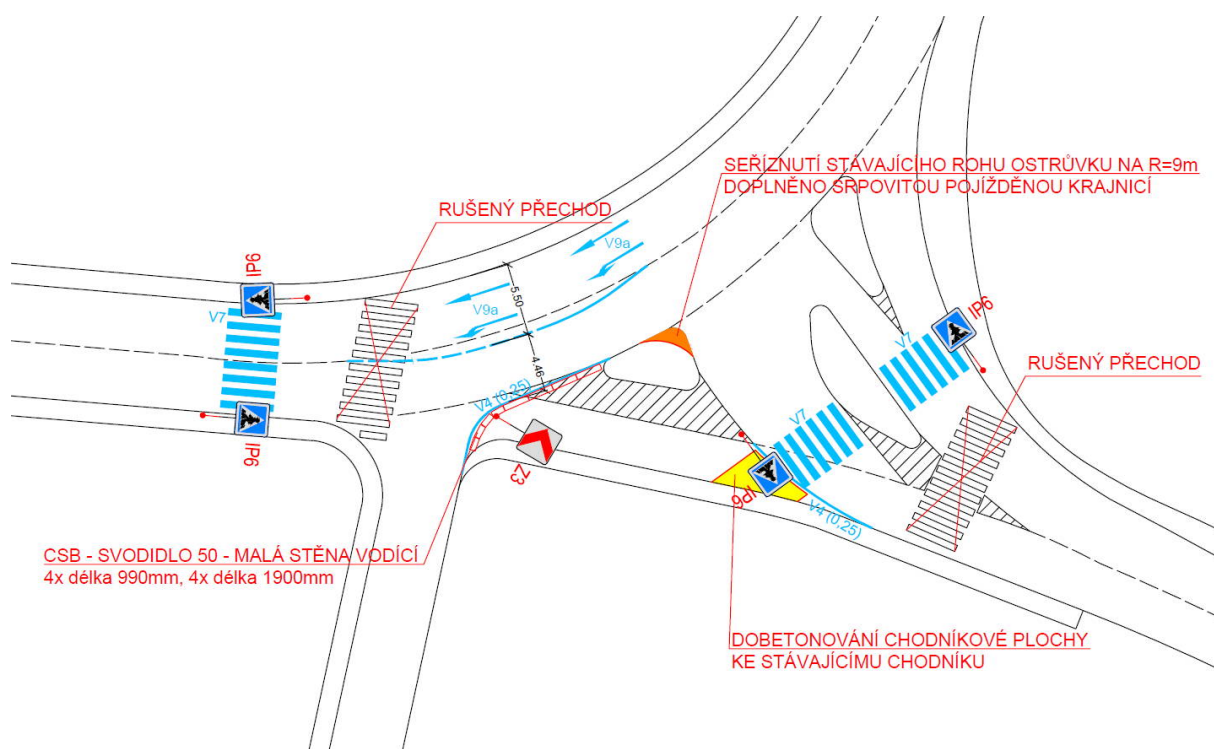
pro spojení přesunutého přechodu pro chodce na východní straně se stávajícím chodníkem v prostoru bývalého bypassu. Dále je nutné seříznutí stávajícího dopravního ostrůvku a doplnění seříznuté hrany srpovitou pojezděnou krajnicí ze žulových kostek. V poslední řadě je nutné doplnit VDZ v centrálním prostoru křižovatky a přesunout oba přechody pro chodce.

Varianta 4 požaduje větší stavební zásah. Konkrétně jde o cca 50 m<sup>2</sup> betonové chodníkové plochy, zvýšení stávající opěrné zdi a úprava VDZ.

Nejdražším řešením by pak byla varianta 2, která by vyžadovala určení a naprogramování variabilního signálního plánu, závislého na denních a týdenních variacích. Dále osazení stožárů SSZ a jejich následnou údržbu. Jelikož se jedná o velice nákladné položky, dostává tato varianta nejmenší počet bodů v kritériu investičních nákladů.

## 8.6 Výsledná varianta

Na obrázku 8.1 je zobrazeno finální řešení výsledné varianty s podrobnějším popisem jednotlivých prvků návrhu včetně popisu a zákresu navrhovaného svodidla.



Obrázek 8.1: Finální navrhovaný stav varianty 3

---

# Závěr

---

Ve své práci jsem se zabýval křižovatkou u mostu Závodu míru na Zbraslavi z hlediska silničních nehod a návrhu zlepšení stávajícího stavu. Nejprve jsem čtenáře uvedl do problematiky silničních nehod od jejich historie přes vývoj nehodovosti v České republice s rozdělením nehod podle jejich lokalizace a rozebral jsem si nehody s následkem úmrtí - čím jsou nejčastěji způsobeny a jaké opatření je vhodné pro omezení těchto nehod. Dále jsem uvedl postupy využívané při šetření silničních nehod jako jsou s-t diagram a oblasti zakrytého výhledu.

V další kapitole jsem se zaměřil na teoretickou složku dopravních simulací, popis k čemu se simulace využívají, rozdělení modelů dle rozsahu a míry podrobnosti a seznam užívaných programů k dopravní simulaci. Následně jsem uvedl obecně vstupy do simulace a výstupy ze simulace, které můžeme při simulaci očekávat.

V následující části už jsem se věnoval konkrétní řešené oblasti, kde jsem stanovil 2 problémové křižovatky, z nich jsem vybral jednu pro budoucí část práce. Rozebral jsem popis okolí a popis vlastní křižovatky, provedl jsem inspekci stávajícího stavu a uvedl dopravní návaznosti veřejné hromadné dopravy. Dále jsem sepsal teoretickou část ke kolizním diagramům a přiložil 2 kolizní diagramy vlastní tvorby obou křižovatek u mostu Závodu míru.

V další kapitole jsem konkrétně rozebral vstupy do simulace, kterými v mém případě jsou: tvar křižovatky, rozhledové poměry a intenzity dopravy. Také jsem provedl dopravní průzkum intenzit v dané křižovatce a pomocí TP 189 získal intenzity dopravy špičkové hodiny, se kterými jsem následně v simulacích pracoval.

Následně jsem určil cíle celé simulace, v tomto případě se jednalo o zvýšení bezpečnosti, omezení kongescí a zvýšení přehlednosti v křižovatce. Dalšími cíly také bylo provést co nejméně stavebních úprav a navrhnout řešení s nízkými investičními náklady.

Další kapitola obsahovala seznam čtyř navržených variant řešení zlepšení stavu v křižovatce s detailním popisem stávajícího stavu a navrhovaného stavu v dané variantě. Doplněny byly fotografie rozhledů v křižovatce a výkresy jednotlivých variant v programu AutoCAD, které jsou také v příloze ve vhodných měřítkách. Dále byly u každé varianty vyjmenovány výhody a nevýhody jejího vybudování. Jednotlivé varianty dostaly tyto názvy: varianta 1 - zlepšení rozhledových poměrů, varianta 2 - osazení SSZ, varianta 3 - uzavření bypassu, varianta 4 - vyosení jízdních pruhů na mostě. V závěru této kapitoly jsem také uvedl další možné varianty a důvody, proč nebudou v této práci dále zkoumány.

Následující část práce obsahuje popis průběhu simulací jednotlivých navržených variant a výstupy z nich. Varianty byly v simulaci posuzovány podle počtu vozidel, která do křižovatky vjela, podle průměrného zdržení v křižovatce a také podle maximální délky fronty vozidel. Všechny tyto výsledky byly rozděleny na výsledky z hlavních a vedlejších směrů. Simulace proběhla s intenzitami dopravy, které byly naměřeny a přenásobeny příslušnými koeficienty pro

špičkovou hodinu a dále na 1,25 a 1,5 násobku těchto intenzit, pro zjištění, jak která varianta odolá vyššímu náporu intenzit, než v křižovatce ve stávajícím stavu jsou.

Poslední kapitolou je multikriteriální rozhodování mezi jednotlivými variantami. Je zde popis výběru kritérií a výběru metody, která bude k rozhodování využita, dále podrobný popis jednotlivých kritérií a přidělení vah. Následně uveden popis multikriteriálního rozhodování a shrnutí výsledků. V závěru kapitoly je uvedena výsledná varianta s podrobnějším popisem jednotlivých prvků.

Jednotlivé výkresy variant jsou k nalezení mezi přílohami, kde se také nachází mapa širších vztahů.

V následujících úpravách řešené křižovatky by se měl klást důraz více na opatření pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace. Ty v křižovatce ve stávajícím stavu nejsou vůbec řešeny a proto je v jednotlivých variantách, kde navrhuji pouze části křižovatky, neuvádím. Provedení těchto úprav pouze na části křižovatky by bylo větší chybou, než jejich neprovedení.

Jako další úpravu, která by mohla pomoci k bezpečnosti v blízkém okolí řešené křižovatky, bych doporučoval úpravu křižovatky na západní straně mostu, a to buď změnou přednosti, nebo lepším vyznačením stávající zalomené přednosti například zúžením komunikace, doplněním směrovými ostrůvky apod. Cílem této úpravy by bylo zvýraznění řidičům, kteří přijíždí po vedlejší pozemní komunikaci, nebo po hlavní po mostě a jedou rovně do Zbraslavi to, že musí dát přednost v jízdě vozidlům na hlavní pozemní komunikaci.

Věřím, že některé poznatky získané touto prací využiji ve svém povolání, v životě i při tvorbě dalších prací.

---

# Literatura

---

- [1] *První oběť dopravní nehody si to tehdy svištěla třícítkou—Historie Zelené vlny* [online]. 2014 [cit. 2016-03-09]. Dostupné z: [http://www.rozhlas.cz/zelenavlna/historie/\\_zprava/prvni-obet-dopravni-nehody-si-to-tehdy-svistela-tricitkou--1401689](http://www.rozhlas.cz/zelenavlna/historie/_zprava/prvni-obet-dopravni-nehody-si-to-tehdy-svistela-tricitkou--1401689)
- [2] *KRIMINALISTIKA: První oběti a problémy automobilismu* [online]. 2009 [cit. 2016-03-09]. Dostupné z: <http://www.dooffy.com/cs/kriminalistika-prvni-obeti-a-problemy-automobilismu-z-historie-dopravy.html>
- [3] *Z historie vyšetřování dopravních nehod* [online]. 2009 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: [http://bezpecnostni-sbory.wbs.cz/clanky/4-2009/Z\\_historie\\_DN.htm](http://bezpecnostni-sbory.wbs.cz/clanky/4-2009/Z_historie_DN.htm)
- [4] SKLÁDANÝ, Pavel. *Úvod do problematiky nehodovosti*. 2014.
- [5] KOCIÁN, Karel. *Úvod do analýzy silničních nehod: učební text k výuce cvičení*. 2013.
- [6] *Bezpečnost - Subaru Ostrava* [online]. 2016 [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <http://subaru.autobond.cz/detail/forester/bezpecnost-2/>
- [7] AF-CityPlan. *Příručka pro tvorbu a hodnocení mikroskopických simulací dopravy* [online]. 2013 [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <http://www.af-cityplan.cz/koncept-dokumentu-prirucka-pro-tvorbu-a-hodnoceni-mikroskopickyh-simulaci-dopravy-1404045103.html>
- [8] SEZNAM.CZ, a.s. *Mapy.cz* [online]. 2016 [cit. 2016-03-16]. Dostupné z: <http://mapy.cz>
- [9] *Silniční okruh kolem Prahy - jednotlivé stavby* [online]. 2012 [cit. 2016-03-17]. Dostupné z: <http://www.okruhprahy.cz/jednotlive-stavby>
- [10] Statistické vyhodnocení nehodovosti v silničním provozu na vybrané lokalitě. *Jednotná dopravní vektorová mapa* [online]. 2006 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: <http://maps.jdvm.cz/cdv2/apps/nehodynalokalite/Search.aspx>
- [11] ČSN 73 6102. *Projektování křižovatek na pozemních komunikacích*. 2007.
- [12] TP 189. *Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích*. 2012.
- [13] ČSN 73 6101. *Projektování silnic a dálnic*. 2004.
- [14] TP 225. *Technické podmínky: Prognóza intenzit automobilové dopravy*. 2. vyd. 2012.
- [15] ČSN 73 6100. *Názvosloví pozemních komunikací*. 2008.
- [16] ŠACHL, Jindřich. *Analýza nehod v silničním provozu*. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-0104-638-8.

---

# Seznam symbolů a zkratek

---

Zkratka	Definice
bypass	Přímé propojení dvou ramen křižovatky
SOKP	Silniční okruh kolem Prahy
SO	Stavební objekt
SDZ	Svislé dopravní značení
VDZ	Vodorovné dopravní značení
VO	Veřejné osvětlení
VBM	Výchozí bod měření
PBM	Pomocný bod měření
MS	Místo střetu
OZV	Oblast zakrytého výhledu
SSZ	Světelné signalizační zařízení
VHD	Veřejná hromadná doprava



---

# Seznam použitých veličin

---

Veličina	Zkratka	Jednotka
Rychlost	$v$	$km/h, m/s$
Čas	$t$	$h, s$
Vzdálenost	$s$	$km, m, cm$
Reakční doba	$r_d$	$s$
Brzdné zpomalení	$a$	$m/s^2$
Intenzita dopravy	$I$	$voz/h\ voz/den$

---

# Seznam obrázků

---

1.1	Graf počtu nehod v ČR v letech 1993-2012 . . . . .	4
1.2	Graf hlavních příčin vážných nehod na dálnicích v ČR v letech 2005-2011 [5] . . . . .	5
1.3	Graf druhu dopravní nehody s následkem úmrtí v roce 2012 [5] . . . . .	6
1.4	Vybrané druhy křivek zobrazující závislost dráhy na čase v s—t diagramu [5] . . . . .	9
1.5	Ukázka provázanosti situačního výkresu a s—t diagramu [5] . . . . .	10
1.6	Výhled z vozidla z pozice řidiče [6] . . . . .	10
3.1	Vyznačení přednosti na křižovatce na západní straně mostu [8] . . . . .	16
3.2	Vyznačení přednosti na křižovatce na východní straně mostu [8] . . . . .	17
3.3	Situace širších vztahů [8] . . . . .	18
3.4	Situace stávajícího svislého dopravního značení . . . . .	20
3.5	Vyznačení zastávek VHD [8] . . . . .	21
3.6	Ukázka symboliky kolizních diagramů . . . . .	22
3.7	Příklad využití kolizního diagramu pro srovnání stavu před a po . . . . .	22
3.8	Kolizní diagram západní křižovatky u mostu Závodu míru . . . . .	23
3.9	Kolizní diagram východní křižovatky u mostu Závodu míru . . . . .	24
4.1	Výkres řešené oblasti v měřítku 1:500, podklad [8] . . . . .	27
4.2	Konstrukce rozhledových trojúhelníků pro jižní příjezd v měřítku 1:1000 . . . . .	28
4.3	Diagram intenzit dopravy špičkové hodiny řešené lokality [voz/h] . . . . .	30
5.1	Kolizní diagram s vyznačenými systémovými nehodami . . . . .	31
6.1	Fotografie z místa řidiče směrem doleva na most . . . . .	34
6.2	Fotografie z místa řidiče směrem na příjezd od Komořan . . . . .	35
6.3	Navrhovaný stav varianty 1 . . . . .	36
6.4	Navržené fáze SSZ ve variantě 2 . . . . .	38
6.5	Signální plán křižovatky . . . . .	40
6.6	Navrhovaný stav varianty 2 . . . . .	41
6.7	Navrhovaný stav varianty 3 . . . . .	43
6.8	Vlečné křivky v navrhovaném stavu varianty 3 . . . . .	44
6.9	Navrhovaný stav varianty 4 . . . . .	46
8.1	Finální navrhovaný stav varianty 3 . . . . .	58

---

# Seznam tabulek

---

1.1	Vývoj celospolečenských ztrát z nehodovosti v ČR[4] . . . . .	4
1.2	Lokalizace nehod v roce 2012 [5] . . . . .	5
1.3	Počty usmrcených osob dle druhu pevné překážky v ČR v letech 2006-2012 [5] . . . . .	6
3.1	Statistické vyhodnocení nehodovosti v silničním provozu ve vybrané lokalitě [10] . . . . .	25
4.1	Tabulka intenzit dopravy špičkové hodiny řešené lokality [voz/h] . . . . .	30
6.1	Tabulka mezičasů [s] . . . . .	39
6.2	Jednotlivé varianty pořadí fází a součty jejich mezičasů . . . . .	39
6.3	Tabulka určení optimální délky cyklu a délky zelených 1. část . . . . .	39
6.4	Tabulka určení optimální délky cyklu a délky zelených 2. část . . . . .	40
7.1	Výstupy simulace ze stávajícího stavu . . . . .	49
7.2	Výstupy simulace z varianty 2 . . . . .	50
7.3	Výstupy simulace z varianty 3 . . . . .	51
7.4	Výstupy simulace z varianty 4 . . . . .	51
8.1	Tabulka výsledků multikriteriálního rozhodování . . . . .	56

---

# Seznam použitého softwaru

---

---

Autodesk AutoCAD Civil 3D 2014

PTV Vissim 9

PicPick 3.2.0

GIMP 2.8.8

MATLAB R2012b

Microsoft Excel 2010

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2<sub>ε</sub>

---

---

# Seznam příloh

---

číslo přílohy	název přílohy	měřítko přílohy
1	Navrhovaný stav varianty 1	1:300
2a	Navrhovaný stav varianty 2	1:300
2b	Vyznačení fází SSZ varianty 2	-
3a	Navrhovaný stav varianty 3	1:300
3b	Finální stav varianty 3	1:300
3c	Vlečné křivky varianty 3	1:300
4	Navrhovaný stav varianty 4	1:300
5	Situace širších územních vztahů [8]	1:40 000