

Posouzení způsobu řízení křižovatky pomocí programu PTV VISSIM

Radka Doleželová

Bakalářská práce
2023

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení
Ústav logistiky

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Radka Doleželová
Osobní číslo: L20484
Studijní program: B1041P040003 Aplikovaná logistika
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Posouzení způsobu řízení křižovatky pomocí programu PTV VISSIM

Zásady pro vypracování

1. Zpracujte z dostupných domácích i zahraničních zdrojů teoretickou část bakalářské práce.
2. Charakterizujte vybranou dopravní křižovatku a proveďte analýzu možností řízení dané křižovatky.
3. Zhodnoťte pomocí softwaru PTV Vissim nejvhodnější druh řízení vybrané křižovatky.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. KLEPRÍK, Josef. *Technologie silniční dopravy*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2020. ISBN 978-80-7560-295-4.
 2. SOTOCA, A., BOUGDAH, H., VERSACI, A., TRAPANI, F., MIGLIORE, M., CLARK, N. *Urban and transit planning: a culmination of selected research papers from IEREK conferences on urban planning, architecture and green urbanism, Italy and Netherlands*. Cham: Springer, 2020. ISBN 978-3-030-17310-4.
 3. ŠIROKÝ, Jaromír. *Technologie dopravy*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2020. ISBN 978-80-7560-309-8.
- Další odborná literatura dle doporučení vedoucí bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Kateřina Víchová, Ph.D.**
Ústav logistiky

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **5. května 2023**

L.S.

doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
děkanka

doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 2. prosince 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne: 05.05.2023

Jméno a příjmení studenta: Radka Doleželová

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá posouzením pevného a dynamického způsobu řízení na křižovatce ulice Sokolská a Luhy při Januštici II ve Zlíně. V teoretické části práce je vysvětlena problematika silniční dopravy, křižovatek, způsobů řízení a dopravních modelů. V praktické části je provedena charakteristika vybrané křižovatky a zjištěna intenzita provozu. V práci je vytvořen mikroskopický model křižovatky pomocí softwaru PTV Vissim. Následně je za pomoci softwaru PTV Vissim zhodnoceno řízení křižovatky plánem pevným a dynamickým. Návrh nejvhodnějšího způsobu řízení má přispět k plynulému průjezdu křižovatkou a ke snížení zdržení vozidel. Všechny poznatky jsou podloženy simulacemi v softwaru PTV Vissim na základě reálných dat.

Klíčová slova: řízená křižovatka, mikroskopická simulace, pevné řízení, dynamické řízení, PTV Vissim

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the assessment of fixed and dynamic control method at the intersection of streets Sokolská and Luhy při Januštici II in Zlín. The theoretical part of the thesis explains the issues of road traffic, intersections, control methods and traffic models. In the practical part, a characterization of the selected intersection is made and the traffic volume is determined. A microscopic model of the intersection is created in the thesis using PTV Vissim software. Subsequently, the control of the intersection by fixed and dynamic plan is evaluated using PTV Vissim software. The design of the most appropriate control method is intended to contribute to the smooth passage through the intersection and to reduce vehicle delays. All findings are supported by simulations in PTV Vissim software based on real data.

Keywords: controlled intersection, microscopic simulation, fixed control, dynamic control, PTV Vissim

Ráda bych tímto upřímně poděkovala své vedoucí bakalářské práce Ing. Kateřině Víchové, Ph.D. za odborné vedení práce, vstřícnost a trpělivost při konzultování práce. Dále velmi děkuji společnosti Cross Zlín, a. s. za možnost využití interního softwaru a jmenovitě pánům Ing. Karlovi Hostašovi, Ing. et Ing. Petrovi Stehlíkovi a Ing. Michalovi Zlochovi, za poskytnuté informace, odborné konzultace, ochotu a věnovaný čas.

Děkuji také své rodině a přátelům za podporu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 SILNIČNÍ DOPRAVA	12
1.1 PŘEDNOSTI A NEDOSTATKY SILNIČNÍ DOPRAVY	13
1.2 POZEMNÍ KOMUNIKACE	13
1.3 DOPRAVNÍ ZNAČENÍ	14
1.4 DOPRAVNÍ PROUDY	15
2 KŘÍŽOVATKY	17
3 KŘÍŽOVATKY SE SVĚTELNÝM SIGNALIZAČNÍM ZAŘÍZENÍM	19
3.1 SVĚTELNÉ SIGNALIZAČNÍ ZAŘÍZENÍ	19
3.2 SIGNÁLNÍ PLÁN	21
4 ZPŮSOBY ŘÍZENÍ SVĚTELNÝCH KŘÍŽOVATEK	23
4.1 PEVNÉ ŘÍZENÍ	23
4.2 DYNAMICKÉ ŘÍZENÍ	23
5 DOPRAVNÍ MODELY	25
5.1 POUŽITÍ DOPRAVNÍCH MODELŮ	25
5.2 DRUHY DOPRAVNÍCH MODELŮ	25
5.3 SIMULAČNÍ SOFTWARE PRO DOPRAVNÍ MODELY	27
II PRAKTICKÁ ČÁST	29
6 KŘÍŽOVATKA ULICE SOKOLSKÁ A LUHY PŘI JANUŠTICI II	30
6.1 POPIS POSUZOVANÉ KŘÍŽOVATKY	30
6.2 NEHODOVOST V OBLASTI KŘÍŽOVATKY	32
7 MIKROSKOPICKÝ MODEL ZVOLENÉ KŘÍŽOVATKY	33
7.1 TOPOLOGIE	33
7.2 INTENZITA DOPRAVY	36
8 ŘÍZENÍ PROVOZU NA VYBRANÉ KŘÍŽOVATCE	45
8.1 PEVNÉ ŘÍZENÍ	45
8.2 DYNAMICKÉ ŘÍZENÍ	48
9 KOMPARACE VÝSLEDKŮ A NÁVRH ŘEŠENÍ	52
9.1 KOMPARACE VÝSLEDKŮ	52
9.2 NÁVRH ŘEŠENÍ	53
ZÁVĚR	55
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	57

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	60
SEZNAM OBRÁZKŮ	61
SEZNAM TABULEK	62
SEZNAM PŘÍLOH	63

ÚVOD

Stále více je kladen důraz na udržitelný rozvoj a jeho hlavní aspekty environmentální, ekonomické a sociální. Rozumíme jimi zkrácení času jízdy strávené na cestách, který věnujeme blízkým příbuzným a koníčkům, snížení hluku a prachu v zastavěném území, snížení emisí výfukových plynů při plynulém průjezdu městem. Současně dochází i ke snížení ekonomických nákladů na provoz vozidla při nákupu pohonných hmot. Také se zvyšuje životnost konstrukčních vrstev komunikací včetně živičných povrchů, protože nedochází v takovém rozsahu k vyjíždění „kolejí“ ve vozovce zejména vozidly o vyšší tonáži. V důsledku toho dochází k finančním úsporám na rekonstrukce dopravní infrastruktury.

Bakalářská práce se zabývá posouzením způsobu řízení křižovatky na ulici Sokolská a Luhy při Janušticí II ve městě Zlín, v městské části Vršava, ve Zlínském kraji. Tato křižovatka se nachází na hlavním tahu vedoucím od centra města směrem do města Fryšták.

Důvodem výběru této křižovatky ulice Sokolské a Luhy při Janušti II je zjištění, jaký způsob řízení této křižovatky je výhodnější z pohledu účastníka silničního provozu a obyvatel města Zlína, z environmentálního hlediska a v neposlední řadě ekonomického a sociálního aspektu.

Hlavním cílem této práce je vyhodnotit nejvhodnější způsob řízení křižovatky ulice Sokolské a Luhy při Janušticí II na základě skutečných intenzit dopravy a pomocí softwaru PTV Vissim. Dalšími cíly je snížit dobu zdržení vozidel, zvýšit plynulost dopravních proudů a zlepšit komfort řidičů, ale i obyvatel, kteří žijí v blízkosti těchto pozemních komunikací.

K dosažení cílů bakalářské práce je využit program MS Excel pro výpočty intenzit dopravy. Pro nákres křižovatky s označením signálních skupin a zobrazení fází je uplatněn program Sketchbook. Pentlogram je vytvořen za pomoci programu Vectonator. Dále je použit software PTV Vissim, který je určený k modelování a simulacím mikroskopických dopravních modelů. K zajištění funkčnosti dynamického způsobu řízení a zobrazení dynamického signálního plánu je využit simulátor a interní software společnosti Cross Zlín, a. s. Pro nahrání videa je uplatněn software OBS Studio a pro sestřihávání videí je využit program Shotcut.

Pro zobrazení obou možností řízení jsou sestřihána dvě videa, která ukazují dopravní provoz na křižovatce při řízení křižovatky podle plánu pevného a dynamického. Videa jsou sestřihána z různých úhlů pohledů pro lepší představu a pochopení problematiky.

V simulacích není vědomě využita možnost simulace jiných vozidel než osobních automobilů, protože pro účely bakalářské práce je tato možnost více než dostatečná.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SILNIČNÍ DOPRAVA

Gros (2016) dopravu definuje jako souhrn řídicích a výkonných aktivit, které jsou propojené s vědomým přemístěním určitého množství hmotných prostředků, materiálů, surovin, polotovarů, dílů a hotových výrobků v čase a prostoru mezi jejich dílčími články, distributory, výrobci, prodejny.

Podle Pernici (2005) „je doprava souhrn činností, jimiž je uskutečňován pohyb dopravních prostředků po dopravních cestách.“

Široký (2020) definuje dopravu jako odvětví národního hospodářství, díky níž se dosahuje zvyšování životní úrovně a ekonomického rozvoje společnosti. Dopravu můžeme také chápat jako činnost sloužící k přemístění v prostoru ať už osob nebo věcí za pomoci dopravních prostředků, které se pohybují po dopravních cestách. Doprava je důležitým odvětvím pro činnosti výroby, oběhu zboží a přemísťování lidí. Aktivity dopravy jsou využívány ve výrobě, obchodu a obyvatelstvem. Velký význam má doprava v rámci fyzické distribuce, jako spojovací článek mezi výrobou a zákazníkem.

Silniční doprava je souhrn činností, jimiž se zajišťuje přeprava osob (linková osobní doprava, kyvadlová doprava, příležitostná osobní doprava, taxislužba), zvířat a věcí (nákladní doprava) vozidly, jakož i přemísťování vozidel samých po dálnicích, silnicích, místních komunikacích a veřejně přístupných účelových komunikacích a volném terénu. (Česko, 1994)

„Silniční doprava pro vlastní potřeby je doprava, kterou se zajišťuje podnikatelská činnost, k níž je osoba provozující silniční dopravu oprávněna podle zvláštních právních předpisů a při níž nedochází ke vzniku závazkového vztahu, jehož předmětem je přeprava osob, zvířat nebo věcí.“ (Česko, 1994)

„Silniční doprava pro cizí potřeby je doprava, při níž vzniká mezi provozovatelem silniční dopravy a osobou, jejíž přepravní potřeba se uspokojuje, závazkový vztah, jehož předmětem je přeprava osob, zvířat nebo věcí.“ (Česko, 1994)

Podle Zeleného a kolektivu (2017) silniční, respektive automobilová doprava úspěšně konkuruje jiným druhům dopravy, a to hlavně díky rychlosti a operativnosti. Využívá se ve vnitrostátní i mezinárodní dopravě. Silniční doprava se z doplňkové dopravy stala určitým systémem přepravy, a to její podíl na světovém trhu neustále stoupá.

Problémy související s dopravou v posledních letech neustále narůstají, a to především kvůli naší závislosti na pozemní automobilové dopravě. Ve městech s vysokou hustotou provozu dochází k silnému přetížení silnic, zejména během pracovního týdne, kdy se uskutečňuje značná část cest. Spolu s tím dochází také ke zvýšené míře znečištění a cestovních výdajů. (Sotoca et al., 2020)

Sotoca et al. (2020) zmiňují, že doprava je jedním z nejdůležitějších pilířů města a jeho mobility. Doprava a dopravní kapacita a bezpečnost jsou hlavním zájmem urbanistů, kteří se snaží zajistit uživatelům základní potřeby v každém druhu dopravy, jako je bezpečnost, dostupnost, pohodlí, ochrana životního prostředí a minimalizovat dobu trvání cesty.

1.1 Přednosti a nedostatky silniční dopravy

Jako každý druh dopravy má své přednosti a nedostatky, tak i silniční doprava má určité výhody, a naopak čelí i nejrůznějším slabinám. Novák (2018) uvádí, že silnou stránkou silniční dopravy je dostupnost, operativnost, poměrná rychlost a využívá se v přepravách „z domu do domu“. Dále je přínosná silniční nákladní doprava v logistických systémech pro technologie „Just in time“, „Just in sequence“ nebo „Hub and spokes“. Za komplikace silniční dopravy Zelený a kolektiv (2017) řadí nedostatečnou dopravní infrastrukturu a s tím související spravování, udržování komunikací a celkové náklady. Dále do nevýhod zařazují stupňující se negativní vliv na životní prostředí, ztráty na lidských životech a škody na hmotném majetku kvůli vysoké nehodovosti na pozemních komunikacích. Novák (2018) doplňuje, že problémem je taky požadavek určených států Evropské unie na plnění tzv. minimální mzdy řidičů.

1.2 Pozemní komunikace

„Pozemní komunikace je dopravní cesta určená k užití silničními a jinými vozidly a chodci, včetně pevných zařízení nutných pro zajištění tohoto užití a jeho bezpečnosti.“ (Česko, 1997)

Zákon o pozemních komunikacích (Česko, 1997) „kategorizuje pozemní komunikace na dálnice, silnice, místní komunikace a účelové komunikace.“

„Dálnice je pozemní komunikace určená pro rychlou dálkovou a mezistátní dopravu silničními motorovými vozidly, která je budována bez úroňových křížení, s oddělenými místy napojení pro vjezd a výjezd a která má směrově oddělené jízdní pásy. Dálnice se podle svého určení a dopravního významu rozděluje na dálnice I. třídy a dálnice II. třídy.“ (Česko, 1997)

„Silnice je veřejně přístupná pozemní komunikace určená k užití silničními a jinými vozidly a chodci. Silnice tvoří silniční síť. Silnice se podle svého určení a dopravního významu rozdělují do těchto tříd: silnice I. třídy, která je určena zejména pro dálkovou a mezistátní dopravu, silnice II. třídy, která je určena pro dopravu mezi okresy, silnice III. třídy, která je určena k vzájemnému spojení obcí nebo jejich napojení na ostatní pozemní komunikace.“ (Česko, 1997)

Existují také silnice s mezinárodním provozem, které jsou označeny dvoucifernou číslicí, podle směru světových stran. Hlavních silnic s mezinárodním provozem přes Českou republiku prochází 9 a 4 vedlejší. Dálnice a silnice I. třídy jsou z pravidla využívány i silnicemi pro mezinárodní provoz. (Kleprlík, 2020)

„Místní komunikace je veřejně přístupná pozemní komunikace, která slouží převážně místní dopravě na území obce.“ (Česko, 1997)

„Účelová komunikace je pozemní komunikace, která slouží ke spojení jednotlivých nemovitostí pro potřeby vlastníků těchto nemovitostí nebo ke spojení těchto nemovitostí s ostatními pozemními komunikacemi nebo k obhospodařování zemědělských a lesních pozemků.“ (Česko, 1997)

1.3 Dopravní značení

Dopravní značení musí být srozumitelné, intuitivní a je nutné, aby maximálně vystihlo skutečnou situaci označeného místa. Značení je třeba poskytnout s časovým předstihem, aby dokázal řidič adekvátně zareagovat a při navrhování značení brát v potaz rychlost jízdy. Značky musí být na viditelném místě a nesmí být překryté ani zarostlé keři nebo stromy. Nezbytností je se o značení starat, kontrolovat, obnovovat a udržovat v požadovaném stavu, aby nedošlo ke ztrátě funkce. (Ministerstvo dopravy, 2013)

Dopravní značení, které se vyznačuje za pomoci určité hmoty na povrchu pozemní komunikace, se označuje vodorovné značení. Tyto značky lze použít samostatně nebo v interakci se značkami svislými či dopravním zařízením. Dopravní značení ať už vodorovné nebo svislé musí být v spolu v souladu, pokud by došlo k nesouladu, v ten moment nadřazenost mají značky svislé. Pokud by došlo k dočasné neplatnosti vodorovného dopravního značení, tak se dané značení přeškrtně za pomoci žlutých čar. (Ministerstvo dopravy, 2013)

Svislé dopravní značení je připevněno u pravého okraje vozovky nebo nad pozemní komunikací, případně na levém i pravém okraji pozemní komunikace pro zdůraznění důležitosti. Svislé dopravní značení se dělí podle mnoha hledisek. Hlavní dělení svislého dopravního značení podle významu se třídí do šesti skupin, a to na výstražné značky, značky upravující přednost, zákazové značky, příkazové značky, informativní značky a dodatkové tabulky. (Ministerstvo dopravy, 2013)

1.4 Dopravní proudy

V silniční dopravě na průběh dopravního procesu má vliv dopravní zatížení, stav dopravní cesty a její propustnost, na těchto faktorech závisí výkon vozidel, čas jízdy vozidel a náklady na přepravu (Široký, 2020).

Dopravní proud je tvořen dopravními prostředky, které jedou po stejné trase, můžeme ho definovat za pomoci intenzity počtu vozidel a času, hustoty počtu vozidel a délky, rychlosti v km/h (Široký, 2020).

Intenzita dopravního proudu se charakterizuje počtem vozidlem za danou časovou jednotku a na konkrétně stanovené části dopravní cesty. Intenzita není konstantní, v průběhu času se mění, např. ranní špička, odpolední špička, víkendy, tyto události mění intenzitu provozu, avšak ani samotná skladba dopravního proudu není neustále stejná. O víkendech převážně přebývá na pozemních komunikacích vyšší počet osobních automobilů, v zimním období se výrazně snižuje výskyt jednostopých vozidel v dopravních proudech. Tyto informace o dopravním proudu jsou velmi důležité pro organizaci dopravy a zajištění požadované propustnosti v případných situacích jako jsou opravy pozemních komunikací, dočasné uzavírky či jiné mimořádné události. (Široký, 2020)

Plynulost jízdy vozidel je důležitým faktorem pro dopravní proud a je závislá na intenzitě provozu. V případě, že se zvedne intenzita provozu, sníží se plynulost jízdy vozidel v ten moment nastávají situace, kdy se znemožní předjíždění vozidel, sníží se rychlost vozidel a jejich vzájemná vzdálenost. Dopravní proud s takovými prvky se nazývá proud nasycený. (Široký, 2020)

ČSN 73 6100–2 (2008) definuje: „*pentlogram intenzity dopravy nebo taky kartogram intenzity dopravy jako grafické vyjádření zjištěných nebo navrhovaných intenzit dopravy.*“

V silniční dopravě se bere do úvahy také kapacita pozemních komunikací, která souvisí opět s intenzitou dopravního proudu. Kapacita je stanovena maximálním počtem vozidel, která

jsou schopná projet určitým příčným řezem komunikace za stanovený čas. Závisí tedy na rychlosti projíždějících vozidel. Existují tři typy kapacity, a to navrhovaná, možná a praktická. Pokud jde o ideální podmínky a vozidla se pohybují stejnou rychlostí, dodržují stejnou vzdálenost a jsou charakteristické totožnými dynamickými vlastnostmi, v tom případě se jedná o kapacitu navrhovanou. Možná kapacita je charakterizována definicí kapacity, a navíc musí splňovat skutečné podmínky. U kapacity praktické se dokonce uvádí požadavek, aby rychlejší vozidla mohla předjet pomalejší. (Široký, 2020)

2 KŘÍŽOVATKY

Bod, kdy se v půdorysném průmětu setkávají, protínají pozemní komunikace nebo jsou minimálně společně propojeny se charakterizuje křižovatkou. Ovšem může docházet k mimoúrovňovému křížení, kdy pozemní komunikace nejsou vzájemně propojeny. Nesmí se opomenout na protínání pozemní komunikace a drážní komunikace v jednom místě, které se označuje taky křížením. (Široký, 2020)

„Křižovatka je místo, v němž se pozemní komunikace protínají nebo spojují; za křižovatkou se nepovažuje vyústění polní nebo lesní cesty nebo jiné účelové pozemní komunikace na jinou pozemní komunikaci.“ (Česko, 2000)

„Křižovatka s řízeným provozem je křižovatka, na které je provoz řízen světelnými, případně i doprovodnými akustickými signály nebo příslušníkem policie ve stejnokroji (dále jen "policista"), příslušníkem Vojenské policie ve stejnokroji (dále jen "vojenský policista") nebo usměrňován strážníkem obecní policie.“ (Česko,2000)

Rozdělení křižovatek

Křižovatky můžeme dělit, podle různých hledisek a kritérií.

Komunikace se v určitém bodě protínají, pokud se jedná o protnutí v jedné úrovni, nazýváme tyto křižovatky úrovně a dochází v tomto protnutí ke kolizním bodům. Jedná-li se o protnutí ve dvou nebo více úrovních tyto křižovatky charakterizujeme jako mimoúrovňové a nedochází k žádnému koliznímu bodu. Kombinované křižovatky se protínají ve více než dvou úrovních a zároveň mohou mít kolizní bod, tudíž se jedná o kombinaci dvou předchozích typů. (Široký, 2020)

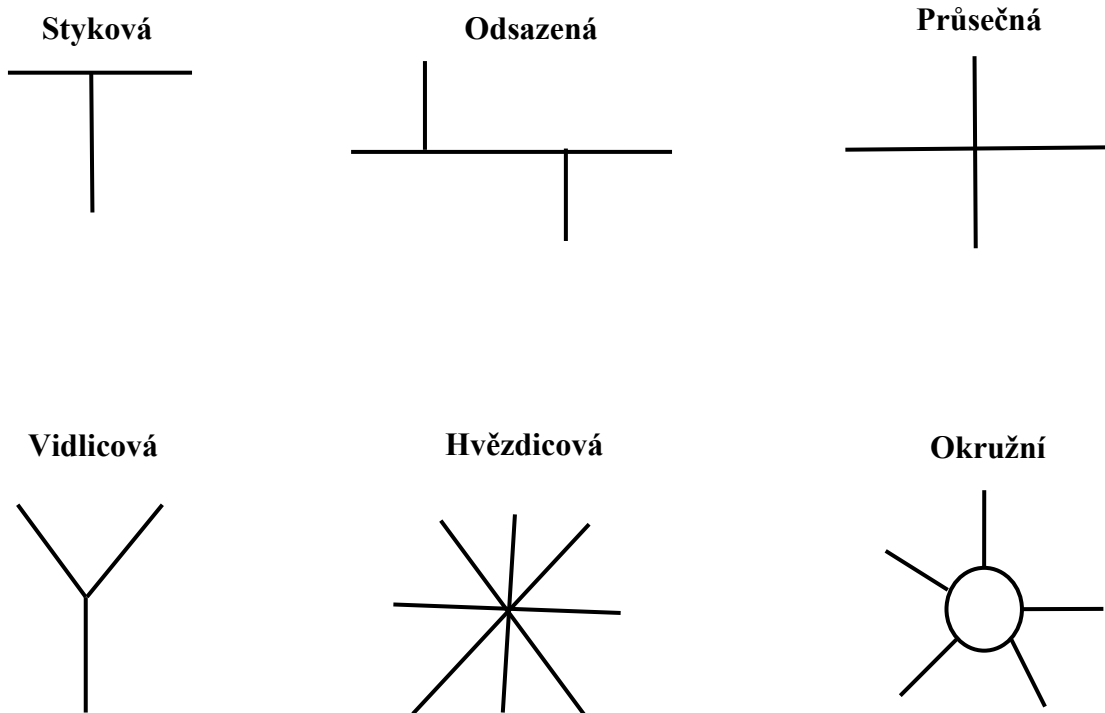
Úrovně křižovatky můžeme dělit do dvou kategorií podle stupně usměrnění dopravních proudů, a to křižovatky prosté anebo plně či částečně usměrněné. Na málo vytižených komunikacích, které nejsou náročné na řízení dopravy a vedení vozidel, se využívá křižovatek prostých. Pokud se však jedná o křižovatky, kde je monitorována větší intenzita provozu vozidel nebo se zvyšuje poptávka pro rozšíření vozovek a s ní zvýšení poloměru pro odbočení, v ten moment se zvyšuje pravděpodobnost střetnutí vozidel a snížení bezpečnosti. V takovém případě se definují křižovatky plně či částečně usměrněné. (Široký, 2020)

Následující tabulka definuje křižovatky, podle počtu ramen.

Tabulka 1 Křižovatky, podle počtu ramen (Široký, 2020)

Název	Počet ramen
Styková	3
Odsazená	4
Průsečná	4
Vidlicová	3
Hvězdicová	5 a více
Okružní	3 a více

Na obrázku 1 je graficky znázorněno, jakou mají křižovatky podobu.



Obrázek 1 Typologie křižovatek (Vlastní zpracování, Široký, 2020)

Existují křižovatky řízené a neřízené, o jaký typ se jedná, lze zjistit podle užití světelného signalizačního zařízení (SSZ). Křižovatky řízené jsou řízeny za pomoci světelného signalizačního zařízení. Neřízené křižovatky mají absenci SSZ. (Široký, 2020)

3 KŘÍŽOVATKY SE SVĚTELNÝM SIGNALIZAČNÍM ZAŘÍZENÍM

Křižovatka, která je řízena světelnými signály je považovaná za křižovatku s řízeným provozem (Ministerstvo dopravy, 2015).

K zajištění plynulosti a zvýšení bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích se používá světelné signalizační zařízení. Důležité je doložit splnění kritérií účelnosti světelného signalizačního zařízení. Je nutné prokázat alespoň jedno z následujících: kritérium bezpečnosti provozu, intenzity provozu z hlediska chodců i vozidel a plynulosti jízdy městské hromadné dopravy. (Ministerstvo dopravy, 2015)

Je vhodné přizpůsobit dobu provozu SSZ časovému průběhu intenzity provozu a místním podmínkám. Není nutné mít SSZ v provozu, pokud dojde k poklesu intenzity provozu např. v noci, ve svátky, o víkendech, avšak je nutné brát v potaz další okolnosti např. zda se nejedná o křižovatku s vysokou nehodovostí nebo vozidla projíždí křižovatkou vysokou rychlostí, v ten moment je nutné přizpůsobit provoz SSZ konkrétní křižovatce a situaci. Záleží na daném případě a je nutné zvolit adekvátní způsob řízení pro určitou křižovatku. (Ministerstvo dopravy, 2015)

3.1 Světelné signalizační zařízení

Světelné signalizační zařízení se charakterizuje vzájemnou závislostí návěstidel s řídicí nebo ovládací jednotkou, která se užívá k řízení dopravního provozu světelnými signály. Při zvolení řízení křižovatky za pomoci SSZ je nezbytné zpracovat dokumentaci, která zahrnuje dopravní, stavební i technologickou část. (Ministerstvo dopravy, 2015)

Prvky řízených křižovatek SSZ jsou radič, návěstidla s nosnými konstrukcemi, kabelové rozvody, příslušenství (detektory, tlačítka pro chodce, ruční řízení, signalizace pro nevidomé, preferenční systémy pro identifikaci vozidel MHD a IZS) (Ministerstvo dopravy, 2015).

Řídicí jednotky dopravní signalizace provádějí základní logické řídicí příkazy podkladovým zařízením podle předem definovaných pravidel. (Liu et al., 2017)

Radič je zařízení, které je určený ke koordinaci signálních plánů ve skupině SSZ. Úkolem radiče je mimo jiné vyhodnocovat přihlašování a odhlašování preferovaných vozidel a na tyto požadavky reagovat maximálně v sekundách. (Ministerstvo dopravy, 2015)

ČSN EN 12675 (2018) definuje: „*řadič světelného signalizačního zařízení je zařízení, které slouží k ovládání a monitorování dopravních signálů.*“

„*Skupinový řadič světelného signalizačního zařízení je řadič SSZ, který řídí skupinu řadičů.*“ (ČSN 73 6100-3, 2017)

Detektor nebo také detekční zóna slouží k vyhodnocení oblasti. Při detekci se využívá indukčních smyček, které jsou zabudovány v pozemní komunikaci, a jejich umístění určuje detekční zónu nebo se může využít detekce pomocí kamer. Pro detekci chodců je využíváno tlačítek. (Ministerstvo dopravy, 2015)

Detekce je nezbytná pro preferenci vybraných vozidel. Využívá se pro měření délky kolon, měření rychlosti jízdy. (Ministerstvo dopravy, 2015)

Označení detektorů se pozná, podle začínajícího písmene D k tomuto písmenu se pak přidá označení podle signální skupiny, které je např. VA, takže celé označení detektoru pak vypadá následovně DVA. Pokud se umísťuje víc detektorů v daném pruhu, tak se první detektor označí klasicky např. DVA a další se označí arabskými číslicemi např. DVA1 a příští DVA2, podle potřeby. V případě označení detektorů ve více jízdnicích nebo řadících pruzích se využívá rozlišení pomocí čárkování např. DVA'. (Ministerstvo dopravy, 2015)

Označení detektorů však neplatí pro všechny účastníky provozu. Označení se využívá pro čidla dopravních detektorů pro vozidla (indukční smyčky), detektory pro tramvaje, autobusy, trolejbusy. Čidla pro chodce se neoznačují, tyto tlačítka se zakreslují jen do situačního výkresu. (Ministerstvo dopravy, 2015)

Jako detekční zařízení se u tramvají a trolejbusů používá pasivní detekce za pomoci trolejových kontaktů, kdy dochází k přenosu informace o průjezdu vozidla do řadiče, který zajistí hladký průběh průjezdu vozidla křižovatkou. Dále se používají kontaktní zámky nebo se preference určuje za pomoci směrové detekce, pokud se jedná o křižovatku s variantními průjezdy vozidel MHD, dopravní směr se zvýhodní po projetí kontaktu. (Drdla, 2021)

Pokud dojde k poruše detektorů signální plán se změní, řadič musí adekvátně reagovat a signální plán se stane buď částečně nebo zcela časově závislým plánem (Ministerstvo dopravy, 2015).

Společnost Cross Zlín, a. s. se zabývá inteligentním řešením dopravy a mimo jiné vyvíjí technologii pro sledování dopravního toku, kdy tento systém „Crosscount“ využívá indukčních smyček nebo kombinaci smyček a vážících senzorů. Za pomoci této technologie

je možné zjistit konkrétní informace o vozidlech, dopravních špičkách a vytížení silnic, dojezdovou vzdálenost v reálném čase. Zjištěná data mohou sloužit jako podklad pro další zlepšení provozu a je možné je sdílet s řidiči v podobě varování na omezení provozu nebo informace o dojezdových časech. Díky této technologii je možné klasifikovat vozidla do tříd, vést statistiku o průměrné rychlosti vozidel, měření časového intervalu mezi vozidly či zjištění směru jízdy vozidel. (Cross Zlín, a. s., 2022)

Návěstidla jsou určena k zobrazení světelných signálů a jsou odlišná pro různé účastníky provozu. Je pravidlem, že veškeré vjezdy do křižovatky, která je řízená světelným signalizačním zařízením, se signalizují, avšak existují dvě výjimky pravého odbočení za směrovacím trojúhelníkovým ostrůvkem a vjezdy, které jsou lokalizované mimo pozemní komunikaci. Platí pravidlo nadřazenosti světelných signálů nad svislými dopravními značkami, ale jen u značek, které upravují přednost v jízdě. (Ministerstvo dopravy, 2015)

3.2 Signální plán

Programem řízení SSZ je signální plán, jehož cílem je stanovení pořadí a délku signálů volno jednotlivých signálních skupin. Signální plán musí mít grafickou podobu, která zahrnuje jednotlivá znázornění signálních skupin všech účastníků provozu. Zpracovat signální plán není snadné a je nutné dodržovat určité kroky a postupy, které spolu vzájemně interagují a ovlivňují se. (Ministerstvo dopravy, 2015)

Pro zpracování signálního plánu je nutné navrhnout schéma fází. Pro vypracování této části je nutné znát intenzity jednotlivých druhů doprav a limity, které mohou ovlivnit schéma. Jedná se o prostorové možnosti křižovatky, její uspořádání a pravidla provozu. Musí se stanovit délka cyklu, která souvisí s kapacitou křižovatky a časem, který ztratí účastníci provozu na dané křižovatce. Důležitý je správný výpočet mezičasů, který má velký vliv na bezpečnost dopravy. (Ministerstvo dopravy, 2015)

Časový interval anebo taky fáze je situace, kdy dochází ve stejný čas k signálu volno v nekolizních dopravních pohybech na křižovatce. Přiřadí se dopravní pohyby k fázím a zvolí se pořadí těchto fází. Cílem je navrhnout pořadí fází tak, aby se snížil součet mezičasů. Musí se brát v potaz, zda se jedná o dopravní pohyby kolizní, bezkolizní nebo podmíněně kolizní. Kolizním místem je prostor, kde se vozidla nebo vozidla s chodci střetávají, kříží nebo propojují. Pro směr vlevo či vpravo je nutné, aby dopravní proud nebyl kolizní s žádným jiným dopravním proudem, avšak může být kolizní s proudem chodců,

pokud je směrový signál doplněn žlutým světelným signálem ve tvaru chodce. (Ministerstvo dopravy, 2015)

Charakteristika mezičasu je stanovena časovou dobou, kdy poslední vozidlo po ukončení signálu volno musí opustit kolizní prostor a první vozidlo v kolizním směru vjede do místa kolize. Důležitou součástí signálního plánu je zpracování mezičasů pro všechny kombinace signálních skupin. Obvykle se tyto mezičasy sestavují do tabulky, kdy jsou následně podkladem nejen pro stanovení délky cyklu. (Ministerstvo dopravy, 2015)

Jsou stanoveny nejnižší časové intervaly signálních dob, pro signál volno je doba stanovena na 5 s pro jednotlivé účastníky provozu. Signál pozor žlutě svítící je 3 s pro vozidla, pokud však signál svítí zároveň červenou a žlutou barvou je doba stanovena na 2 s. V případě řízení přechodů je stanoveno, že chodci by měli přejít na signál volno minimálně $\frac{1}{2}$ přechodu ale nejlépe $\frac{2}{3}$ přechodu. (Ministerstvo dopravy, 2015)

Druhy světelných signálů

„Vymezují se 2 skupiny světelných signálů, světelné signály pro vozidla a světelné signály pro vymezený okruh účastníků provozu.“ (Ministerstvo dopravy, 2015) Jednotlivé světelné signály jsou uvedeny v příloze 1.

Signální skupiny

„Signální skupina je soubor návěstidel, která udávají v každém okamžiku pro jeden vjezd vozidel nebo vstup chodců na jeden přechod stejný signální obraz. Signální skupinu může tvořit i jediné návěstidlo.“ (Ministerstvo dopravy, 2015) Signální skupiny musí být náležitě označeny, aby nedocházelo k záměně. Vhodné je, aby stejné zásady platili na celém území např. v celém městě. Signální skupiny se označují typem signálu a jeho pořadím. Typ signálu je pro vozidla (V), pro pěší (P), doplňující zelené šipky (S) atd. Pořadí signálu se pak stanovuje postupně písmeny Abecedy anebo postupně arabskými číslicemi. (Ministerstvo dopravy, 2015)

4 ZPŮSOBY ŘÍZENÍ SVĚTELNÝCH KŘIŽOVATEK

Světelně řízené křižovatky, pozemní komunikace jsou z technického hlediska řízené za pomoci světelného signalizačního zařízení. Způsoby, jakými může být komunikace řízená závisí na proměnlivosti a ovlivnitelnosti prvků signálního plánu. Systém řízení se liší taky podle zvolených cílů. (Ministerstvo dopravy, 2015)

4.1 Pevné řízení

Pevné řízení, řízení pevným signálním plánem, znamená, že řídicí systém je předem nastaven konstantním časem. Časování fáze zelené a červené je neměnné. Zavádění řízení pevným plánem je snadné, ale ve složitějších dopravních situacích není řízení efektivní a v tom případě je vhodné optimalizovat časování dopravních signálů. (Babhulkar et al., 2018)

Příprava návrhu pro tento typ řízení je v tzv. offline modulu. Charakteristické pro tento typ řízení je neměnné řízení v konkrétním časovém horizontu, s tím souvisí, že je nutná stabilní intenzita provozu dopravy. V případě tohoto systému není možné rychle reagovat na nahodilé změny v dopravě, avšak náklady na řízení pevným plánem nejsou vysoké. (Ministerstvo dopravy, 2015)

Trivedi, Devi a Dave (2021) říkají, že systém řízení světelné signalizace založený na pevných časových intervalech nemůže vyhovět každodenním dopravním zácpám.

Při navrhování řízení pevným plánem není nutné zpracovávat plán posloupnosti fází nebo logiku řízení, která je důležitá ke zpracování u dynamického způsobu řízení. Tento typ řízení má řadu nevýhod, ale i pár výhod. Mezi nevýhody patří např., že nedokáže preferovat vybraná vozidla, neumí reagovat na poptávku provozu v reálném čase atd. Do výhod můžeme zařadit jednodušší změnu v signálním plánu a jednoduchou kontrolu. (Ministerstvo dopravy, 2015)

4.2 Dynamické řízení

Dynamické řízení dopravy je založeno na proměnlivém ovládní. Zařízení reaguje v reálném čase podle nároků dopravy. Střídá fáze řízení a mění délky světelných signálů podle okamžité poptávky. (Drdla, 2021)

Řízení dynamické a jeho princip je přesně opačný než u řízení pevným plánem, tento druh řízení, dokáže pružně reagovat na změny v intenzitě dopravy, s tím samozřejmě souvisí vyšší

náklady než u předchozího způsobu řízení. Údaje u tohoto typu řízení jsou kontinuálně zpracovávány a díky této činnosti popisují konkrétní dopravní situaci v reálném čase, na to následně reaguje signální plán, který se přizpůsobuje dané situaci a konkrétní intenzitě provozu vozidel. K zjišťování těchto informací jsou nutná měřicí místa, která obvykle odpovídají počtu řadících pruhů. Obvyklé intenzity měření jsou v sekundách. Světelné signalizační zařízení se může navzájem ovlivňovat s provozem. (Ministerstvo dopravy, 2015)

V případě dynamického řízení může docházet k preferenci vozidel. V případě preference MHD jde o princip, kdy vozidla MHD v reálném čase ovlivňují SSZ (Ministerstvo dopravy, 2015).

Drdla (2021) zmiňuje využití 2 základních preferencí, které mohou být uplatněny vozidly MHD a těmi jsou absolutní preference, která spočívá ve změně pořadí fází signalizačního cyklu v řadiči tak, aby vozidlo projelo místem bez čekání. Druhá preference je podmíněná, vozidlo bude čekat určitou dobu před projetím křižovatky. Tato preference funguje na principu vložení nebo posunutí fáze signalizačního cyklu tak, aby vozidlo mohlo co nejdříve projet křižovatkou.

5 DOPRAVNÍ MODELY

Návrh, predikce a řízení dopravních systémů závisí v rozhodující míře na vytvoření modelů, které zachycují dynamiku pohybujících se vozidel a křižovatek. Model, který je nejvhodnější pro konkrétní reálnou situaci, do značné míry závisí na rozsahu aplikace. Použití dynamických dopravních modelů může být přínosné v různých situacích a pro různé cíle. (Ferrara, Sacone a Siri, 2018)

5.1 Použití dopravních modelů

Modely lze použít k simulaci různých možností návrhu v odlišných dopravních scénářích a k analýze "co když" při navrhování nových silničních zařízení a infrastruktury. Další využití modelů je určeno k testování a vyhodnocování opatření pro řízení dopravy, když jsou definována nová pravidla regulace, je důležité je vyhodnotit, aby se zjistilo, jak dobře fungují. To se provádí simulačními testy, při nichž se pomocí příslušných dopravních modelů simuluje chování dopravního systému za pomoci těchto regulačních pravidel. Dále se můžou modely uplatnit ke krátkodobé předpovědi provozu, aby řidiči získali přesné informace. Dopravní modely se užívají také k definování predikčních modulů, které jsou součástí jednotlivých nástrojů a jsou pro účely monitorování, řízení a odhadování, které probíhají v reálném čase. (Ferrara, Sacone a Siri, 2018)

5.2 Druhy dopravních modelů

Ferrara, Sacone a Siri (2018) uvádějí, že se modely dělí, podle úrovně podrobnosti na makroskopické, mezoskopické, mikroskopické. Mezi další dělení patří modely spojité nebo diskrétní, které jsou závislé na prostoru a čase. Každopádně klasifikace modelů může záviset na mnoha jiných faktorech.

Makroskopické modely

V makroskopických modelech je dynamika dopravy představována na agregátní úrovni. Pomocí agregátních veličin (hustota, střední rychlost a průtok) se popisuje dynamika toku vozidel, na který se pohlíží jako jedinečný proud. Makroskopické modely umožňují rychlou simulaci, a to i v rozsáhlé dopravní síti. Tyto modely se nejlépe dají využít při znázornění velkých systémů jako jsou dálnice nebo meziměstské komunikace. Z pohledu výpočtů jsou tyto modely méně náročné než mikroskopické modely a taky je snazší je kalibrovat, protože se vyznačují nižším počtem chyb. Tento druh modelů se může dále dělit do určitých kategorií

např. podle počtu stanovených proměnných nebo podle počtu zastoupených typů vozidel. (Ferrara, Sacone a Siri, 2018)

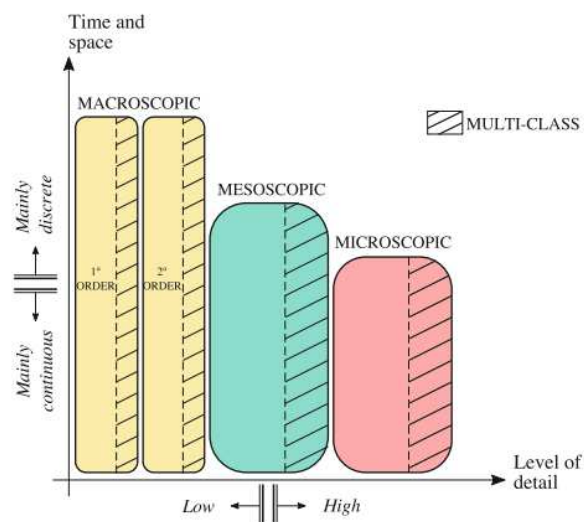
Mezoskopické modely

Modely mezoskopické zobrazují střední úroveň podrobnosti, jsou mezistupněm makroskopických a mikroskopických modelů. Tyto modely nevidují rozdíl mezi jednotlivými vozidly, ale představují různorodost chování jednotlivých řidičů za pomoci pravděpodobnostního vyjádření. (Ferrara, Sacone a Siri, 2018)

Mikroskopické modely

V mikroskopických modelech je detailně zachycena dynamika a chování všech vozidel a jejich vzájemná interakce. Za pomoci dynamického modelu se obvykle jednotlivé vozidlo nadefinuje např. požadovaná rychlost vozidla, schopnost zrychlení či zpomalení vozidla anebo reakční dobu řidiče. Tyto modely jsou nejlépe uplatnitelné pro znázornění specifických případů městské dopravy např. pro znázornění jednotlivých křižovatek. Modely jsou velmi detailní, ale zato představují výpočetní náročnost. (Ferrara, Sacone a Siri, 2018)

Na níže zobrazeném obrázku 2 je graficky vysvětlen rozdíl mezi makroskopickým, mezoskopickým a mikroskopickým dopravním modelem. Druh dopravního modelu závisí na faktorech času, prostoru a na úrovni detailu modelu. Na ose x je znázorněna úroveň detailu a na ose y je uveden čas a prostor podle toho, jak moc závisí model na daných faktorech a následně je určen druh dopravního modelu.



Obrázek 2 Klasifikace dopravních modelů v závislosti na detailu, čase a prostoru (Ferrara, Sacone a Siri, 2018)

5.3 Simulační software pro dopravní modely

V současné době existuje spousta softwarů od odlišných vývojových společností. Tyto softwary jsou určeny k vytvoření dopravních modelů, jedná se jak o softwary komerční, tak volně dostupné (opensource). Softwary, které se využívají k modelování, plánování a řízení systémů silniční dopravy, mohou být následující, z komerčních softwarů se jedná především o Paramics, Aimsun, PTV Vissim, TSIS-CORSIM a volně dostupné programy pro simulaci dopravních modelů jsou MATSim, MITSIMLab a SUMO. (Ferrara, Sacone a Siri, 2018)

V rámci bakalářské práce je využit software PTV Vissim, proto právě tento software bude podrobně popsán.

PTV Vissim

PTV Vissim je multimodální dopravní simulační software, který je určený jak k mikroskopickým, mezoskopickým simulacím, tak umožňuje hybridní simulaci, což je kombinace dvou zmíněných simulací. Software umožňuje simulovat dopravní situace všech účastníků provozu (osobní a nákladní vozidla, železniční i silniční veřejnou dopravu, chodce, cyklisty), jejich pohyb a vzájemnou interakci. Za pomoci PTV Vissim lze mapovat různé inteligentní systémy řízení dopravy, které mají za cíl stabilizovat dopravní proud a zvyšovat bezpečnost provozu. Program napomáhá k dopravnímu plánování, řeší komplikace v silniční dopravě např. dopravní zácpy, emise. Poskytuje možnost simulace preferencí veřejné dopravy a analyzovat dopady na veřejnou a soukromou dopravu. (PTV Group, 2023)

Software PTV Vissim byl vyvinutý společností PTV. Jedná se o celosvětovou společnost, která působí na trhu desítky let a nabízí softwarová řešení, data a poradenské služby pro zkvalitnění mobility a logistiky s cílem inteligentnější, bezpečnější a čistší budoucnosti. (PTV Group, 2023)

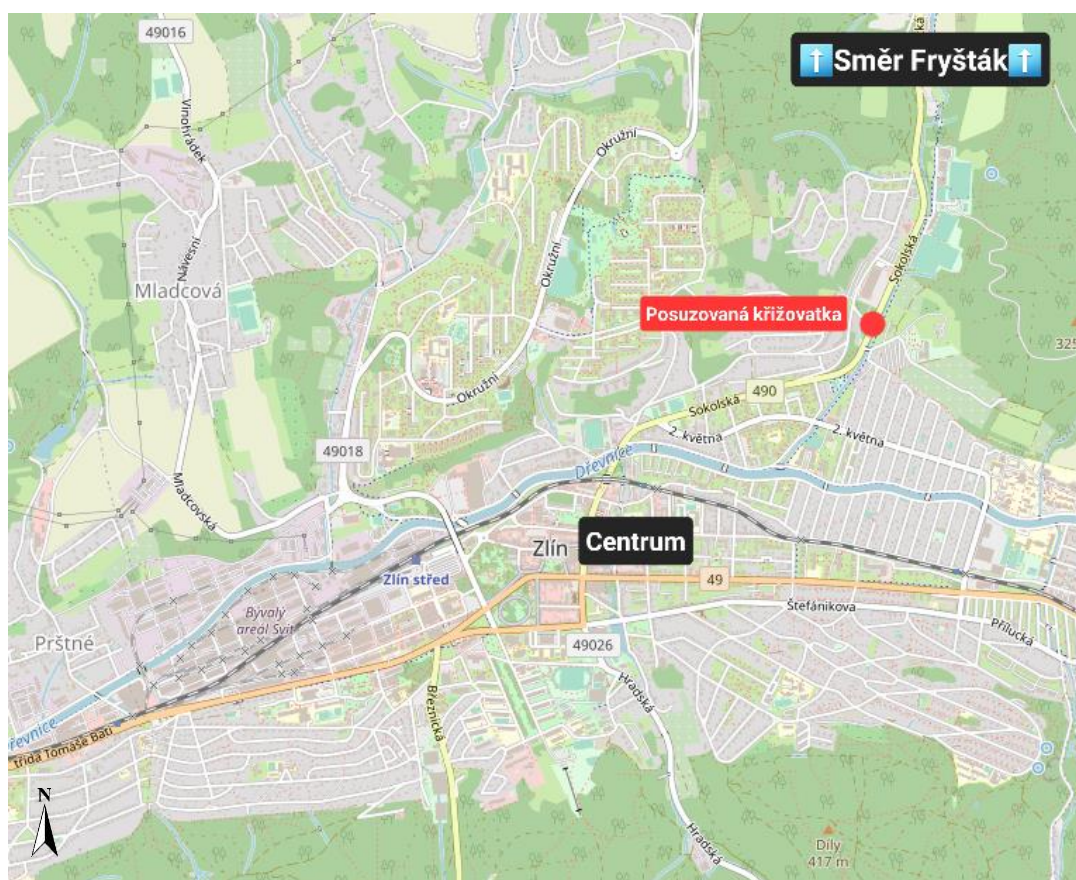
Společnost PTV má portfolio celkem 9 produktů, včetně PTV Vissim, pro řešení témat mobility a logistiky. PTV Visum, který slouží k makroskopické simulaci, PTV Viswalk určený k mikroskopické simulaci chodců, dalším programem je PTV Vistro, který má za cíl zajistit nejvhodnější kombinaci analýz dopravní signalizace a studie dopadů dopravy splňující průmyslové normy. Pro zjištění předpovědi dopravy v horizontu od 5 minut až po hodinu, je určen software PTV Optima, který vytváří scénáře pro řízení dopravních zácp, uzavírek nebo stavenišť. Dalšími produkty jsou PTV Vistad určen ke sběru, validaci

a analýze dopravních nehod, PTV Mass Modeller, PTV Balance & Epics a PTV Maps & Data. (PTV Group, 2023)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 KŘÍŽOVATKA ULICE SOKOLSKÁ A LUHY PŘI JANUŠTICI II

Křižovatka, ulice Sokolská a Luhy při Januštici II, je lokalizovaná v městské části Zlín – Vršava, viz červené označení na mapě níže, ve Zlínském kraji. Ulice Sokolská je hlavní proud mezi Zlínem a Fryštákem. Zlín je krajským městem Zlínského kraje tudíž je zde vyšší počet obyvatel a taky hustší provoz než v jiných městech v kraji. Konkrétně na této cestě je poměrně vysoká koncentrace vozidel, ať už osobní automobily, nákladní automobily, motocykly, autobusy nebo trolejbusy.



Obrázek 3 Lokalita křižovatky (OpenStreetMap, 2023)

6.1 Popis posuzované křižovatky

Křižovatka je řízena světelným signalizačním zařízením doplněna o svislé a vodorovné dopravní značení. Z hlediska topologie se jedná o křižovatku úrovnovou a stykovou. Křižovatku tvoří tři ramena. Hlavní komunikací je ulice Sokolská a vedlejší komunikací je místní komunikace Luhy při Januštici II. Přes ulici Sokolskou vede světelně řízený přechod pro chodce. V blízkosti křižovatky se nachází autobusová a trolejbusová zastávka Burešov ve směru do centra města a ve směru na Fryšták, dále se zde nachází nákupní centrum

Kaufland s dalšími obchody. Místní komunikace Luhy při Januštici II vede právě k obchodnímu domu Kaufland a dále do městské části Vršava.

Pro lepší pochopení problematiky vybrané křižovatky jsou ramena křižovatky označeny písmeny A, B a C.



Obrázek 4 Ramena stykové křižovatky (OpenStreetMap, 2023)

Rameno A reprezentuje jižní část ulice Sokolské, rameno B zobrazuje severní část ulice Sokolské a Rameno C představuje ulici Luhy při Januštici II a jedná se o vedlejší místní komunikaci. Ramena A a B jsou hlavní komunikací a jsou součástí silnice II/490.

Rameno A

Rameno A je tvořeno dvoupruhovou komunikací, která zahrnuje od centra města zhruba 60 m před křižovatkou odbočovací pruh směrem na ulici Luhy při Januštici II. Právě přes rameno A vede přechod pro chodce. V blízkosti křižovatky a podél ramene A je lokalizovaná autobusová a trolejbusová zastávka ve směru do centra města a zhruba 150 m před křižovatkou se nachází trolejbusová a autobusová zastávka ve směru na Kostelec u Zlína a Fryšták (na mapě není viditelná). Z obou stran pozemní komunikace ramene A se nachází prostor pro chodce.

Rameno B

Severní část ulice Sokolské v mém případě rameno B se skládá z dvoupruhové komunikace, z toho jeden pruh do centra města s možností odbočení na posuzované křižovatce vpravo na ulici Luhy při Januštici II a druhý pruh slouží pro vozidla jedoucí od centra města nebo

vozidla, která odbočují z ulice Luhy při Januštici II. Zhruba 500 metrů před posuzovanou křižovatkou na ramenu B se nachází světelné signalizační zařízení z důvodu přecházení chodců.

Rameno C

Rameno C slouží převážně pro vozidla jedoucí do obchodního domu nebo k pokračování ulicí Luhy při Januštici II dále do městské části Vršava. Toto rameno je nejvíce využíváno právě kvůli obchodnímu domu. Od strany centra města k ramenu přiléhá prostor pro chodce. Rameno se skládá ze tří pruhů. Jeden pruh slouží k odbočení vpravo směrem do centra města, druhý pruh slouží k odbočení vlevo směrem na Kostelec u Zlína a Fryšták. Třetí pruh je určený vozidlům odbočujícím z ramene A a ramene B právě na rameno C.

6.2 Nehodovost v oblasti křižovatky

V místě křižovatky a v její blízkosti za posledních 8 let, v období od 01.01.2015 do 28.02.2023, bylo evidováno celkem 10 nehod z toho 2 na křižovatce a 8 v blízkosti křižovatky. Nehody byly způsobeny z důvodů, že se řidič nevěnoval plně řízení vozidla, nepřizpůsobil rychlost vozidla stavu a povaze vozovky anebo nedodržel bezpečnostní vzdálenost za vozidlem. Došlo i ke srážce s chodcem, přičemž nehoda byla zaviněna chodcem nikoli řidičem. U 8 nehod z 10 vznikla zranění a musel být uskutečněn převoz osob do nemocnice, z toho u 6 nehod byla lehká zranění, avšak při 2 nehodách došlo k těžkému zranění řidičů a v obou případech se jednalo o řidiče motocyklu. V době obou nehod, které se staly na posuzované světelně řízené křižovatce signalizační zařízení bylo v provozu. (Dopravní nehody v ČR, 2023)

7 MIKROSKOPICKÝ MODEL ZVOLENÉ KŘIŽOVATKY

Simulace řízení křižovatky jsou zpracovány v softwaru PTV Vissim. Pro spuštění simulace a získání potřebného výsledku je nutné zpracovat model křižovatky, kdy se vytvoří topologie, vypočítají se intenzity vozidel a chodců a navrhnou se konkrétní signální plány.

Pro vypracování různých způsobů řízení křižovatky se musí zjistit data, vytvořit topologii křižovatky, vložit 3D objekty a následně se můžou nastavit dané možnosti pro řízení. Začne se zpracováním modelu křižovatky, vytvořením topologie křižovatky ulice Sokolské a Luhy při Januštici II. Pro mikroskopický model křižovatky je použitý ortofotografický podklad mapy. Za pomoci map a pozorování bylo zjištěno, kde se nachází autobusová a trolejbusová zastávka, kde je vyznačené vodorovné dopravní značení a kolik značek na konkrétních dopravních pruzích se nachází. Byla zjištěna konkrétní používaná návěstidla pro zobrazení světelných signálů a jaká jsou pravidla provozu na vybrané křižovatce v případě, že SSZ nebude v provozu, s tím souvisí označení svislého dopravní značení – umístění příkazových dopravních značek. Poté byly vloženy 3D objekty a maximálně se napodobila skutečná podoba okolí křižovatky.

7.1 Topologie

Celý model křižovatky se začal od vložení konkrétního počtu jízdních pruhů a jejich směrů. Byla zjištěna šířka daných jízdních pruhů, které byly následně namodelovány. Ze směru centra města směrem na Fryšták je pruh široký 3,5 m, před křižovatkou se zužuje na 3 m a za křižovatkou se rozšiřuje na 3,5 m. V opačném přímém směru od Fryštáku je jízdní pruh široký 3,5 m, následně se zužuje na 3 m a za zastávkou se rozšiřuje na 3,5 m. Toto zúžení nastává z důvodu odbočovacího pruhu směrem od centra města na ulici Luhy při Januštici II. Tento odbočovací pruh je široký 3 m. Jízdní pruhy, které odbočují směrem do centra města a druhý směrem na Fryšták z ulice Luhy při Januštici II jsou široké 3,5 m každý a rozdělují se z jednoho jízdního pruhu, který je široký 3 m.

V modelu byla vytvořena autobusová a trolejbusová zastávka, která vede směrem do centra města, kdy dochází k odbočení na zastávku z dopravního pruhu, který směřuje do centra města. Do konkrétních jízdních pruhů byly vloženy možnosti směrů, kterými mohou daná vozidla jet.

Po vytvoření jízdních pruhů byla v modelu zjištěna místa, kde vznikají kolizní plochy, místa, kde může dojít ke střetu vozidel, proto je nutné nastavit přednosti v jízdě. V této fázi byly

nastaveny přednosti na kolizních místech podle předpisů. Kolizní plochy, které se nachází v posuzované křižovatce, nejsou vyznačeny, protože v simulaci řídí provoz SSZ, tím pádem nedochází k přímým střetům vozidel, avšak pokud by signalizační zařízení nefungovalo nebo by signální plán byl nastaven na fázi přerušovaně blikající plný žlutý světelný signál je nutné, aby kolizní místa v modelu byla vyznačena a byly stanoveny přednosti. Je nutné ale upozornit, že i přesto, že přechod pro chodce je řízen SSZ, musí se stanovit přednosti na přechodu, protože v době, kdy vozidla odbočují z ulice Luhy při Janušici II směrem do centra města musí dát přednost chodcům, kteří přechází přes přechod. Kolizní místa jsou vyznačena na obrázku 5 níže v podobě plně vybarvených zelených a červených obdélníků na jízdnicích pružích a navzájem se minimálně trochu protínají.

Do modelu vybrané křižovatky byly zakomponovány redukce rychlosti v situaci, kdy vozidla zatačí z ulice Luhy při Janušici II na ulici Sokolskou nebo v opačném případě. Na obrázku 5 jsou tyto redukce rychlosti vyznačeny obrysovými žlutými obdelníky.

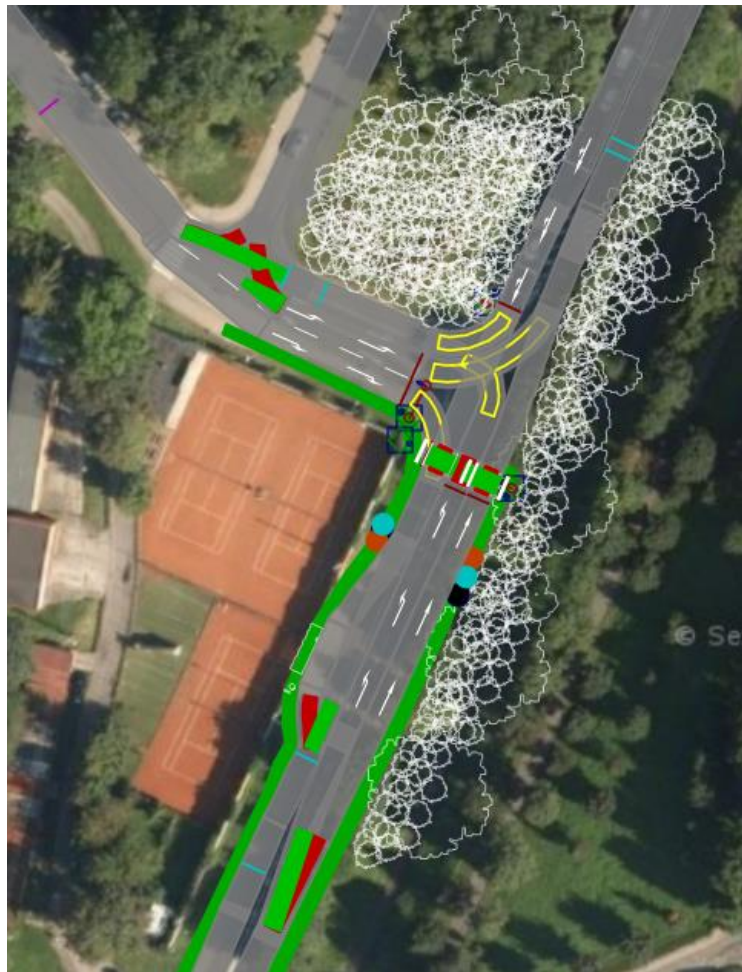
Dále byly vloženy vstupy vozidel na jednotlivé jízdnicí pruhy, v případě této bakalářské práce intenzita vozidel v konkrétních proudech a taky přesné výstupy všech vozidel v dopravních proudech. Informace o intenzitách vozidel byly vypočítány za pomoci programu MS Excel a vycházejí z podkladových materiálů, které poskytla firma Cross Zlín, a. s. viz kapitola 7.2.

Po vložení jízdnicích pruhů byly vytvořeny chodníky podél ramene A a částečně podél ramene C. Byly zadány vstupy a intenzita chodců, kteří se vykytují na daném území. Bylo stanoveno pravidlo, že chodci mohou přecházet přes rameno A na ulici Sokolská u vybrané křižovatky, kde se nachází jeden světelně řízený přechod pro chodce. Vodorovné dopravní značení bylo vloženo na jízdnicí pruhy pro určení směru jízdy tzv. směrové šipky. Dále bylo vyznačeno vodorovné dopravní značení přechodu pro chodce tzv. zebra, aby chodci mohli přejít přes pozemní komunikaci.

Po označení vodorovného dopravního značení na pozemní komunikaci byl vytvořen samotný vzhled křižovatky a okolí za pomoci 3D objektů. Pro zobrazování nastavených světelných signálů byly vloženy konstrukce světelného signalizačního zařízení na každé rameno křižovatky a taky byla vložena konstrukce světelné signalizace pro chodce, kteří přecházejí přes rameno A. Typ konstrukce je vytvořen podle skutečnosti. Následně se konstrukce světelných návěstidel doplnila o svislé dopravní značení. Svislé dopravní značení a příkazové dopravní značky jsou důležité, pokud nefunguje SSZ, v ten moment se řidiči musí řídit, podle svislého dopravního značení, příkazových dopravních značek. Ulice Sokolská je hlavní pozemní komunikace konkrétně ramena A i B tudíž se v těchto

směrech na konstrukci světelného signalizačního zařízení nachází příkazová dopravní značka „Hlavní pozemní komunikace“. Na ulici Luhy při Januštici II, na ramenu C, na konstrukci pro světelnou signalizaci je vyznačená příkazová značka „Stůj, dej přednost v jízdě“.

Následně byl vložen 3D objekt pro trolejbusovou a autobusovou zastávku ve směru do centra města, dále pak jednotlivé druhy flóry a byla maximálně přiblížena skutečná situace okolí křižovatky, kde se podél ulice Sokolské nachází stromy, keře a tráva.



Obrázek 5 Topologie posuzované křižovatky (Vlastní zpracování, podklad Mapy.cz, 2021)

7.2 Intenzita dopravy

Podnik Cross Zlín, a. s. získává data o intenzitě vozidel z detektorů. Data jsou vyhodnocována každých deset minut. V případě této bakalářské práce byla poskytnutá data z roku 2023 o intenzitách vozidel a chodců za období jednoho týdne. Data byla zpracována do přehledných tabulek na konkrétní detektory, které se nachází na jednotlivých vjezdových pruzích. V případě chodců se jedná o detektor v podobě tlačítka. Tato data byla převedena na dané jízdni pruhy, v případě chodců na detektor. Z tabulek, kde jsou zobrazeny maximální hodnoty intenzity vozidel bylo zjištěno, na kterých konkrétních pruzích a v jakou dobu je největší a nejmenší intenzita vozidel během dne. V bakalářské práci se bude pracovat s intenzitami dopravy v době od 15 do 16 hodin, v odpolední dopravní špičce, protože v tomto časovém rozpětí jsou naměřené nejvyšší hodnoty na 3 z 6 detektorů (včetně tlačítka pro chodce). Z jednotlivých detektorů byla využita maximální hodnota intenzity vozidel, která se rovnala době od 15 do 16 hodin. Tato data byla potom použita k vytvoření pentlogramu, který zobrazuje vstupy a výstupy vozidel na konkrétních jízdniích pruzích a jejich součet. V tabulce 2 níže je zobrazena intenzita chodců za období 7 po sobě jdoucích dní. Cílem bylo zjistit maximální hodnotu intenzity chodců přecházející přes rameno A za období 7 dní v době od půlnoci do půlnoci, v jednotlivých 24 hodinových intervalech. Dané hodnoty jsou vypočítány za určité hodiny během dne. Maximální intenzita je zvýrazněna sytostí hnědé barvy od nejnižší hodnoty k nejvyšší, znázorňuje maximální počet chodců v konkrétní hodině za měřené období, v případě této práce od čtvrtku do středy. V tabulce 2 lze vidět, kdy v době od zhruba 22. hodiny večerní do 6. hodiny ranní nedochází skoro k žádnému ztlacení tlačítka a pokud ano, tak jen v některé dny, nejedná se o pravidelnost. Nejvyšší pohyb chodců za naměřené období byl zjištěn v sobotu od 13 do 14 hodin, kdy zde byl aktivován detektor pro chodce 75x. Pro simulace pevného a dynamického řízení byly zvoleny intenzity silničního provozu v době od 15 do 16 hodin, kdy se tento čas v případě chodců rovná nejvyšší maximální hodnotě 32 tzn. 32x aktivace detektoru pro chodce. Vstup počtu chodců, který je simulován, vychází z hodnoty 32, ale je zvýšen na hodnotu 40, protože se předpokládá, že počet aktivování detektoru pro chodce se nerovná počtu chodců. Předpokládá se vyšší počet chodců v daný čas. Vstupy intenzit chodců jsou proto rozděleny na polovinu, z každé strany v době od 15 do 16 hodin bude přecházet 20 chodců.

Tabulka 2 Intenzity chodců (Vlastní)

Denní doba	Čtvrtek	kmax	Pátek	kmax	Sobota	kmax	Neděle	kmax	Pondělí	kmax	Úterý	kmax	Středa	kmax	Max intenzita Xmax	Koeficient intenzity dopravy
00:00 - 01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 - 02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 - 03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 - 04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 - 05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00 - 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,0074	0	0	2	0,0040
06:00 - 07:00	5	0,0178	6	0,0157	0	0	1	0,0044	4	0,0147	3	0,0111	6	0,0161	6	0,0119
07:00 - 08:00	9	0,0320	20	0,0525	11	0,0364	4	0,0175	9	0,0331	9	0,0332	13	0,0349	20	0,0398
08:00 - 09:00	17	0,0605	25	0,0656	15	0,0497	12	0,0524	16	0,0588	8	0,0295	20	0,0538	25	0,0497
09:00 - 10:00	22	0,0783	23	0,0604	18	0,0596	17	0,0742	12	0,0441	9	0,0332	36	0,0968	36	0,0716
10:00 - 11:00	29	0,1032	31	0,0814	11	0,0364	40	0,1747	15	0,0551	17	0,0627	32	0,0860	40	0,0795
11:00 - 12:00	32	0,1139	24	0,0630	16	0,0530	18	0,0786	25	0,0919	18	0,0664	28	0,0753	32	0,0636
12:00 - 13:00	28	0,0996	20	0,0525	12	0,0397	10	0,0437	13	0,0478	20	0,0738	19	0,0511	28	0,0557
13:00 - 14:00	29	0,1032	23	0,0604	75	0,2483	9	0,0393	15	0,0551	19	0,0701	42	0,1129	75	0,1491
14:00 - 15:00	37	0,1317	30	0,0787	18	0,0596	19	0,0830	20	0,0735	24	0,0886	34	0,0914	37	0,0736
15:00 - 16:00	21	0,0747	29	0,0761	19	0,0629	32	0,1397	29	0,1066	25	0,0923	32	0,0860	32	0,0636
16:00 - 17:00	14	0,0498	48	0,1260	19	0,0629	28	0,1223	40	0,1471	34	0,1255	46	0,1237	48	0,0954
17:00 - 18:00	4	0,0142	23	0,0604	19	0,0629	8	0,0349	33	0,1213	21	0,0775	20	0,0538	33	0,0656
18:00 - 19:00	11	0,0391	27	0,0709	18	0,0596	14	0,0611	20	0,0735	30	0,1107	10	0,0269	30	0,0596
19:00 - 20:00	17	0,0605	23	0,0604	29	0,0960	10	0,0437	15	0,0551	22	0,0812	17	0,0457	29	0,0577
20:00 - 21:00	4	0,0142	23	0,0604	17	0,0563	6	0,0262	4	0,0147	9	0,0332	11	0,0296	23	0,0457
21:00 - 22:00	1	0,0036	5	0,0131	5	0,0166	1	0,0044	2	0,0074	1	0,0037	6	0,0161	6	0,0119
22:00 - 23:00	1	0,0036	1	0,0026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0020
23:00 - 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celkem	281	1	381	1	302	1	229	1	272	1	271	1	372	1	503	1

Tabulka 3 níže zobrazuje intenzitu vozidel v jízdním pruhu směrem na Fryšták v období 7 po sobě jdoucích dní. Jednotlivé dny zaznamenávají hodinovou intenzitu vozidel. Modré datové pruhy zobrazují intenzitu vozidel ve všední dny a žluté datové pruhy zobrazují intenzitu vozidel v sobotu a neděli. Maximální intenzita zobrazuje maximální naměřenou hodinovou hodnotu od čtvrtka do středy. Je možné si všimnout, že v jednotlivé hodiny v noci jezdí více vozidel o víkendu než přes všední dny, ale zato nejvyšší počet vozidel v sobotu a neděli není vyšší než v pracovní dny a celkový součet všech vozidel v jednotlivých víkendových dnech je nižší než v ostatní dny. Celkový počet vozidel v tomto jízdním pruhu, který je přímým pruhem od centra města směrem na Fryšták, se pohybuje průměrně 7248 vozidel v pracovní den. Nejvyšší

koncentrace vozidel ve směru od centra města do Fryštáku je v období odpolední špičky. Maximální intenzita vozidel v měřeném časovém období je 754 vozidel za hodinu, v době od 15 do 16 hodin, a tato hodnota byla naměřena ve středu. V jiné dny se maximální intenzita vozidel koncentruje také v době od 15. do 16. hodiny odpolední. Pro simulaci intenzit vozidel v jízdním pruhu směrem od centra města do Fryštáku se vycházelo z těchto dat, tedy maximální naměřenou hodnotu 754 vozidel od 15 do 16 hodiny a dále s touto hodnotou pracovalo v následujících postupech pro vstup vozidel v tomto směru.

Tabulka 3 Intenzity vozidel v přímém směru od centra směrem na Fryšták (Vlastní)

Denní doba	Čtvrtek	kmax	Pátek	kmax	Sobota	kmax	Neděle	kmax	Pondělí	kmax	Úterý	kmax	Středa	kmax	Max intenzita Xmax	Koeficient intenzity dopravy
00:00 - 01:00	14	0,0019	17	0,0023	40	0,0083	46	0,0119	16	0,0024	7	0,0010	7	0,0009	46	0,0055
01:00 - 02:00	9	0,0012	3	0,0004	37	0,0076	28	0,0072	5	0,0007	6	0,0008	9	0,0012	37	0,0044
02:00 - 03:00	10	0,0014	7	0,0009	30	0,0062	25	0,0065	10	0,0015	7	0,0010	7	0,0009	30	0,0036
03:00 - 04:00	12	0,0016	16	0,0022	27	0,0056	16	0,0041	15	0,0022	12	0,0016	13	0,0017	27	0,0032
04:00 - 05:00	36	0,0049	30	0,0040	26	0,0054	19	0,0049	43	0,0064	37	0,0051	42	0,0056	43	0,0052
05:00 - 06:00	151	0,0207	145	0,0195	50	0,0103	25	0,0065	174	0,0258	172	0,0236	141	0,0188	174	0,0209
06:00 - 07:00	300	0,0411	249	0,0335	91	0,0188	68	0,0176	292	0,0433	321	0,0441	304	0,0406	321	0,0386
07:00 - 08:00	415	0,0569	444	0,0598	198	0,0409	82	0,0212	393	0,0582	412	0,0566	375	0,0501	444	0,0534
08:00 - 09:00	379	0,0519	367	0,0494	254	0,0524	132	0,0341	346	0,0513	402	0,0552	364	0,0486	402	0,0483
09:00 - 10:00	355	0,0486	380	0,0512	274	0,0566	185	0,0478	374	0,0554	355	0,0488	376	0,0502	380	0,0457
10:00 - 11:00	384	0,0526	407	0,0548	321	0,0663	245	0,0633	343	0,0508	331	0,0455	394	0,0526	407	0,0489
11:00 - 12:00	424	0,0581	476	0,0641	357	0,0737	283	0,0731	362	0,0536	390	0,0536	457	0,0610	476	0,0572
12:00 - 13:00	458	0,0627	520	0,0700	360	0,0743	266	0,0687	408	0,0605	380	0,0522	438	0,0585	520	0,0625
13:00 - 14:00	513	0,0703	549	0,0739	353	0,0729	314	0,0811	446	0,0661	432	0,0594	503	0,0672	549	0,0660
14:00 - 15:00	653	0,0895	737	0,0992	343	0,0708	336	0,0868	608	0,0901	651	0,0894	634	0,0847	737	0,0886
15:00 - 16:00	734	0,1006	730	0,0983	348	0,0718	343	0,0886	657	0,0974	754	0,1036	719	0,0960	754	0,0907
16:00 - 17:00	641	0,0878	628	0,0846	333	0,0687	319	0,0824	508	0,0753	721	0,0991	636	0,0849	721	0,0867
17:00 - 18:00	564	0,0773	477	0,0642	307	0,0634	308	0,0796	609	0,0902	635	0,0872	619	0,0827	635	0,0764
18:00 - 19:00	438	0,0600	408	0,0549	305	0,0630	303	0,0783	423	0,0627	492	0,0676	418	0,0558	492	0,0592
19:00 - 20:00	273	0,0374	294	0,0396	228	0,0471	238	0,0615	301	0,0446	324	0,0445	331	0,0442	331	0,0398
20:00 - 21:00	273	0,0374	200	0,0269	207	0,0427	133	0,0344	183	0,0271	225	0,0309	416	0,0555	416	0,0500
21:00 - 22:00	144	0,0197	156	0,0210	137	0,0283	86	0,0222	114	0,0169	102	0,0140	142	0,0190	156	0,0188
22:00 - 23:00	92	0,0126	120	0,0162	147	0,0303	48	0,0124	101	0,0150	88	0,0121	109	0,0146	147	0,0177
23:00 - 24:00	27	0,0037	67	0,0090	71	0,0147	23	0,0059	17	0,0025	22	0,0030	35	0,0047	71	0,0085
Celkem	7299	1	7427	1	4844	1	3871	1	6748	1	7278	1	7489	1	8316	1

Vozidla, která jedou od centra města směrem na ulici Luhy při Januštici II a jejich intenzity jsou zobrazeny v tabulce 4. Ve sloupci maximální intenzity je možné si všimnout, že nejvyšší hodnota za měřené období od čtvrtka do středy je 303 vozidel za hodinu, konkrétně v době od 15 do 16 hodin. Tato hodnota byla naměřena v pátek. V noční dobu pouze jednotky vozidel odbočují od centra města na ulici Luhy při Januštici II. Pro simulace řízení byla zvolena maximální intenzita 303 vozidel za hodinu v době od 15. hodiny do 16. hodiny odpolední.

Tabulka 4 Intenzity vozidel odbočující od centra města na ulici Luhy při Januštici II (Vlastní)

Denní doba	Čtvrtek	kmax	Pátek	kmax	Sobota	kmax	Neděle	kmax	Pondělí	kmax	Úterý	kmax	Středa	kmax	Max intenzita Xmax	Koeficient intenzity dopravy
00:00 - 01:00	2	0,0008	3	0,0010	5	0,0023	12	0,0070	1	0,0004	2	0,0009	1	0,0003	12	0,0038
01:00 - 02:00	3	0,0011	2	0,0007	9	0,0042	8	0,0047	4	0,0017	1	0,0004	6	0,0020	9	0,0028
02:00 - 03:00	2	0,0008	0	0,0000	10	0,0047	5	0,0029	7	0,0030	3	0,0013	1	0,0003	10	0,0032
03:00 - 04:00	3	0,0011	7	0,0024	8	0,0037	5	0,0029	1	0,0004	3	0,0013	8	0,0027	8	0,0025
04:00 - 05:00	24	0,0092	27	0,0091	21	0,0098	11	0,0064	19	0,0083	23	0,0103	19	0,0064	27	0,0085
05:00 - 06:00	41	0,0156	34	0,0115	21	0,0098	14	0,0082	50	0,0217	45	0,0201	39	0,0132	50	0,0158
06:00 - 07:00	51	0,0195	60	0,0202	31	0,0145	24	0,0140	57	0,0248	54	0,0241	60	0,0203	60	0,0189
07:00 - 08:00	164	0,0625	163	0,0549	116	0,0543	60	0,0351	122	0,0530	108	0,0481	155	0,0525	164	0,0518
08:00 - 09:00	147	0,0561	150	0,0505	130	0,0609	110	0,0644	125	0,0543	112	0,0499	199	0,0673	199	0,0628
09:00 - 10:00	167	0,0637	186	0,0627	156	0,0730	129	0,0755	131	0,0569	127	0,0566	192	0,0650	192	0,0606
10:00 - 11:00	178	0,0679	238	0,0802	192	0,0899	156	0,0913	176	0,0765	167	0,0745	207	0,0701	238	0,0751
11:00 - 12:00	196	0,0748	241	0,0812	193	0,0904	118	0,0690	134	0,0582	140	0,0624	215	0,0728	241	0,0761
12:00 - 13:00	171	0,0652	208	0,0701	170	0,0796	119	0,0696	159	0,0691	138	0,0615	182	0,0616	208	0,0657
13:00 - 14:00	164	0,0625	213	0,0718	135	0,0632	119	0,0696	162	0,0704	141	0,0629	230	0,0778	230	0,0726
14:00 - 15:00	229	0,0873	253	0,0852	155	0,0726	160	0,0936	198	0,0860	181	0,0807	240	0,0812	253	0,0799
15:00 - 16:00	255	0,0973	303	0,1021	149	0,0698	125	0,0731	210	0,0912	197	0,0878	268	0,0907	303	0,0956
16:00 - 17:00	246	0,0938	243	0,0819	146	0,0684	148	0,0866	212	0,0921	207	0,0923	226	0,0765	246	0,0777
17:00 - 18:00	201	0,0767	209	0,0704	156	0,0730	113	0,0661	153	0,0665	196	0,0874	255	0,0863	255	0,0805
18:00 - 19:00	163	0,0622	168	0,0566	134	0,0627	115	0,0673	151	0,0656	150	0,0669	170	0,0575	170	0,0537
19:00 - 20:00	103	0,0393	130	0,0438	92	0,0431	68	0,0398	128	0,0556	125	0,0557	123	0,0416	130	0,0410
20:00 - 21:00	57	0,0217	64	0,0216	45	0,0211	53	0,0310	54	0,0235	77	0,0343	95	0,0321	95	0,0300
21:00 - 22:00	32	0,0122	34	0,0115	36	0,0169	21	0,0123	33	0,0143	31	0,0138	36	0,0122	36	0,0114
22:00 - 23:00	18	0,0069	20	0,0067	14	0,0066	9	0,0053	10	0,0043	12	0,0053	16	0,0054	20	0,0063
23:00 - 24:00	5	0,0019	12	0,0040	12	0,0056	7	0,0041	5	0,0022	3	0,0013	12	0,0041	12	0,0038
Celkem	2622	1	2968	1	2136	1	1709	1	2302	1	2243	1	2955	1	3168	1

Níže je možné vidět tabulku 5, která zobrazuje intenzity vozidel ve směru od Fryštáku v přímém směru do centra města a odbočovacím směru na ulici Luhy při Januštici II. Sloupec maximální intenzita zobrazuje nejvyšší naměřené hodinové hodnoty za období 7 dní od čtvrtka do středy.

Z tabulky lze zjistit, že spousta vozidel přijíždí ve všedních dnech do města Zlína ze směru od Fryštáku právě v ranních hodinách, kdy dochází k ranní dopravní špičce. Maximální hodnota intenzity vozidel za měřené období je 877 vozidel v době od 7. do 8. hodiny ranní, tato hodnota byla naměřena v pondělí. V tabulce je vidět, že i v jiné pracovní dny jsou naměřené hodnoty v době zhruba od 6. do 8. hodiny ty nejvyšší. Pro simulaci intenzit byla zvolena doba od 15. do 16. hodiny odpolední tudíž v tomto směru hodnota 612 vozidel za hodinu.

Tabulka 5 Intenzity vozidel ze směru od Fryštáku (Vlastní)

Denní doba	Čtvrtek	kmax	Pátek	kmax	Sobota	kmax	Neděle	kmax	Pondělí	kmax	Úterý	kmax	Středa	kmax	Max intenzita Xmax	Koeficient intenzity dopravy
00:00 - 01:00	4	0,0005	12	0,0015	56	0,0110	41	0,0101	11	0,0014	2	0,0003	4	0,0005	56	0,0062
01:00 - 02:00	2	0,0003	1	0,0001	35	0,0069	28	0,0069	8	0,0010	3	0,0004	6	0,0007	35	0,0039
02:00 - 03:00	11	0,0014	6	0,0007	24	0,0047	21	0,0052	9	0,0012	8	0,0010	3	0,0004	24	0,0027
03:00 - 04:00	19	0,0024	20	0,0025	31	0,0061	10	0,0025	13	0,0017	13	0,0017	20	0,0024	31	0,0034
04:00 - 05:00	103	0,0130	96	0,0118	32	0,0063	24	0,0059	93	0,0120	97	0,0123	95	0,0112	103	0,0114
05:00 - 06:00	413	0,0523	424	0,0521	81	0,0159	64	0,0158	485	0,0624	445	0,0565	425	0,0503	485	0,0537
06:00 - 07:00	793	0,1004	722	0,0887	121	0,0237	67	0,0165	826	0,1063	861	0,1093	793	0,0938	861	0,0954
07:00 - 08:00	858	0,1086	811	0,0996	221	0,0434	85	0,0210	877	0,1129	854	0,1084	832	0,0985	877	0,0971
08:00 - 09:00	569	0,0720	598	0,0735	342	0,0671	164	0,0405	578	0,0744	590	0,0749	594	0,0703	598	0,0662
09:00 - 10:00	509	0,0644	483	0,0593	318	0,0624	241	0,0594	479	0,0617	476	0,0604	529	0,0626	529	0,0586
10:00 - 11:00	442	0,0559	477	0,0586	414	0,0813	241	0,0594	416	0,0535	428	0,0543	496	0,0587	496	0,0549
11:00 - 12:00	436	0,0552	489	0,0601	335	0,0658	295	0,0728	430	0,0553	330	0,0419	435	0,0515	489	0,0542
12:00 - 13:00	383	0,0485	438	0,0538	317	0,0622	297	0,0733	398	0,0512	458	0,0582	464	0,0549	464	0,0514
13:00 - 14:00	479	0,0606	520	0,0639	377	0,0740	353	0,0871	442	0,0569	427	0,0542	463	0,0548	520	0,0576
14:00 - 15:00	521	0,0659	531	0,0652	359	0,0705	392	0,0967	469	0,0604	472	0,0599	555	0,0657	555	0,0615
15:00 - 16:00	584	0,0739	559	0,0687	399	0,0783	350	0,0863	535	0,0689	573	0,0728	612	0,0724	612	0,0678
16:00 - 17:00	496	0,0628	491	0,0603	341	0,0669	369	0,0910	505	0,0650	523	0,0664	714	0,0845	714	0,0791
17:00 - 18:00	464	0,0587	430	0,0528	373	0,0732	344	0,0849	444	0,0572	450	0,0571	504	0,0596	504	0,0558
18:00 - 19:00	358	0,0453	398	0,0489	367	0,0720	303	0,0747	307	0,0395	354	0,0450	341	0,0404	398	0,0441
19:00 - 20:00	212	0,0268	254	0,0312	193	0,0379	172	0,0424	208	0,0268	284	0,0361	247	0,0292	284	0,0315
20:00 - 21:00	136	0,0172	149	0,0183	145	0,0285	97	0,0239	137	0,0176	117	0,0149	156	0,0185	156	0,0173
21:00 - 22:00	58	0,0073	87	0,0107	90	0,0177	57	0,0141	68	0,0088	63	0,0080	85	0,0101	90	0,0100
22:00 - 23:00	33	0,0042	64	0,0079	68	0,0133	24	0,0059	22	0,0028	29	0,0037	59	0,0070	68	0,0075
23:00 - 24:00	19	0,0024	79	0,0097	56	0,0110	15	0,0037	9	0,0012	18	0,0023	18	0,0021	79	0,0088
Celkem	7902	1	8139	1	5095	1	4054	1	7769	1	7875	1	8450	1	9028	1

Tabulka 6 Intenzity vozidel jedoucích z ulice Luhy při Januštici II směrem do centra města (Vlastní)

Denní doba	Čtvrtek	kmax	Pátek	kmax	Sobota	kmax	Neděle	kmax	Pondělí	kmax	Úterý	kmax	Středa	kmax	Max intenzita Xmax	Koeficient intenzity dopravy
00:00 - 01:00	0	0	0	0	1	0,0006	4	0,0030	1	0,0006	0	0	1	0,0005	4	0,0019
01:00 - 02:00	0	0	1	0,0005	1	0,0006	0	0	0	0	1	0,0006	3	0,0015	3	0,0014
02:00 - 03:00	0	0	0	0	2	0,0013	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,0009
03:00 - 04:00	3	0,0016	0	0	0	0,0000	1	0,0008	1	0,0006	0	0	1	0,0005	3	0,0014
04:00 - 05:00	4	0,0021	6	0,0030	1	0,0006	1	0,0008	4	0,0025	6	0,0038	1	0,0005	6	0,0028
05:00 - 06:00	17	0,0091	13	0,0065	8	0,0051	0	0	11	0,0069	16	0,0101	10	0,0051	17	0,0079
06:00 - 07:00	28	0,0150	35	0,0176	7	0,0044	2	0,0015	38	0,0239	37	0,0234	40	0,0203	40	0,0187
07:00 - 08:00	100	0,0537	124	0,0622	58	0,0367	36	0,0271	105	0,0660	102	0,0644	114	0,0579	124	0,0579
08:00 - 09:00	138	0,0742	133	0,0668	112	0,0709	61	0,0459	99	0,0622	85	0,0537	135	0,0685	138	0,0644
09:00 - 10:00	126	0,0677	135	0,0678	121	0,0766	100	0,0753	100	0,0629	103	0,0651	138	0,0701	138	0,0644
10:00 - 11:00	126	0,0677	143	0,0718	141	0,0893	120	0,0904	111	0,0698	118	0,0745	152	0,0772	152	0,0709
11:00 - 12:00	138	0,0742	166	0,0833	130	0,0823	128	0,0964	110	0,0691	112	0,0708	156	0,0792	166	0,0775
12:00 - 13:00	140	0,0752	137	0,0688	129	0,0817	117	0,0881	105	0,0660	114	0,0720	139	0,0706	140	0,0653
13:00 - 14:00	121	0,0650	136	0,0683	119	0,0754	100	0,0753	105	0,0660	103	0,0651	157	0,0797	157	0,0733
14:00 - 15:00	134	0,0720	135	0,0678	131	0,0830	114	0,0858	117	0,0735	122	0,0771	154	0,0782	154	0,0719
15:00 - 16:00	166	0,0892	178	0,0894	121	0,0766	127	0,0956	142	0,0893	115	0,0726	156	0,0792	178	0,0831
16:00 - 17:00	211	0,1134	170	0,0853	118	0,0747	116	0,0873	160	0,1006	149	0,0941	168	0,0853	211	0,0985
17:00 - 18:00	143	0,0768	135	0,0678	115	0,0728	87	0,0655	107	0,0673	123	0,0777	130	0,0660	143	0,0667
18:00 - 19:00	126	0,0677	129	0,0648	97	0,0614	76	0,0572	111	0,0698	115	0,0726	124	0,0629	129	0,0602
19:00 - 20:00	69	0,0371	113	0,0567	83	0,0526	74	0,0557	87	0,0547	67	0,0423	79	0,0401	113	0,0527
20:00 - 21:00	35	0,0188	57	0,0286	39	0,0247	40	0,0301	47	0,0295	56	0,0354	74	0,0376	74	0,0345
21:00 - 22:00	27	0,0145	38	0,0191	35	0,0222	19	0,0143	22	0,0138	32	0,0202	28	0,0142	38	0,0177
22:00 - 23:00	5	0,0027	5	0,0025	9	0,0057	4	0,0030	7	0,0044	7	0,0044	9	0,0046	9	0,0042
23:00 - 24:00	4	0,0021	3	0,0015	1	0,0006	1	0,0008	1	0,0006	0	0	1	0,0005	4	0,0019
Celkem	1861	1	1992	1	1579	1	1328	1	1591	1	1583	1	1970	1	2143	1

Vozidla odbočující z ulice Luhy při Januštici II na ulici Sokolskou směrem do centra města v období 7 dní jsou vyznačena v tabulce 6. Nejvyšší hodnota za celé měřené období je 211 vozidel za hodinu v době od 16. do 17. hodiny. Hodnota byla naměřena ve čtvrtek, první den měření. V případě simulací bude využita hodnota maximální intenzity 178 vozidel za hodinu. Je třeba si všimnout, že všechny dny je poměrně vysoká intenzita vozidel v průběhu daného dne, avšak v noční dobu je pohyb vozidel minimální.

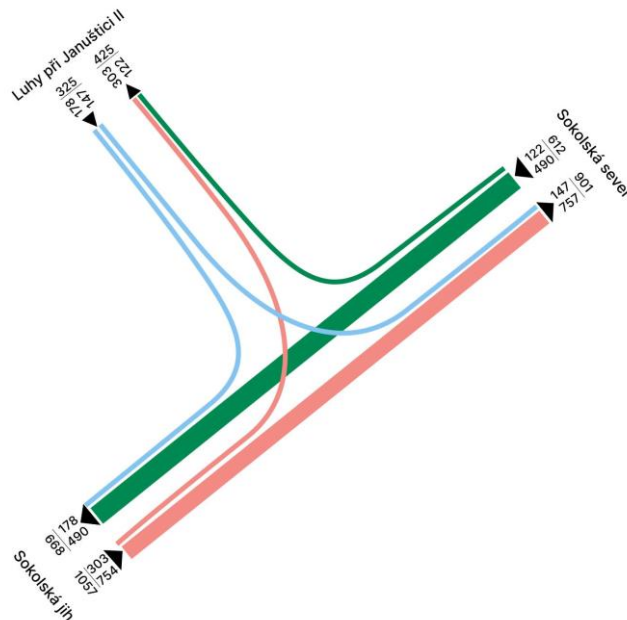
Tabulka 7 níže zobrazuje intenzitu vozidel jedoucích z ulice Luhy při Januštici II ve směru na Fryšták. Maximální hodnota intenzity za měřené období je 147 vozidel v době od 15 do 16 hodin. Tato hodnota byla za období 7 dní naměřena ve čtvrtek. V noční dobu se vyskytují pouze jednotky vozidel

v tomto jízdním pruhu. Koncentrace vozidel, která odbočují směrem na Fryšták se zvyšuje v pracovní dny v odpolední době. Celkový počet vozidel, která odbočí z ulice Luhy při Januštici II na ulici Sokolskou ve směru na Fryšták je průměrně 1139 vozidel za den.

Tabulka 7 Intenzity vozidel jedoucích z ulice Luhy při Januštici II směrem na Fryšták (Vlastní)

Denní doba	Čtvrtek	kmax	Pátek	kmax	Sobota	kmax	Neděle	kmax	Pondělí	kmax	Úterý	kmax	Středa	kmax	Max intenzita Xmax	Koeficient intenzity dopravy
00:00 - 01:00	1	0,0008	1	0,0007	2	0,0020	2	0,0024	1	0,0009	1	0,0009	0	0	2	0,0013
01:00 - 02:00	0	0	1	0	4	0,0040	4	0,0047	0	0	1	0,0009	2	0,0015	4	0,0027
02:00 - 03:00	0	0	0	0	3	0,0030	2	0,0024	1	0,0009	0	0	0	0	3	0,0020
03:00 - 04:00	1	0,0008	0	0,0000	1	0,0010	1	0,0012	0	0	0	0	1	0,0007	1	0,0007
04:00 - 05:00	7	0,0057	6	0,0044	10	0,0099	4	0,0047	7	0,0064	6	0,0055	9	0,0066	10	0,0066
05:00 - 06:00	6	0,0049	4	0,0029	3	0,0030	4	0,0047	7	0,0064	5	0,0046	9	0,0066	9	0,0060
06:00 - 07:00	13	0,0107	23	0,0168	7	0,0069	8	0,0094	19	0,0174	16	0,0147	18	0,0131	23	0,0153
07:00 - 08:00	75	0,0615	87	0,0636	61	0,0603	36	0,0424	65	0,0596	66	0,0606	63	0,0459	87	0,0577
08:00 - 09:00	49	0,0402	69	0,0505	63	0,0623	42	0,0494	47	0,0431	44	0,0404	75	0,0546	75	0,0498
09:00 - 10:00	45	0,0369	80	0,0585	69	0,0682	75	0,0882	51	0,0468	49	0,0450	64	0,0466	80	0,0531
10:00 - 11:00	59	0,0484	93	0,0680	76	0,0751	83	0,0976	74	0,0679	57	0,0523	84	0,0612	93	0,0617
11:00 - 12:00	81	0,0664	100	0,0732	91	0,0899	56	0,0659	60	0,0550	68	0,0624	93	0,0677	100	0,0664
12:00 - 13:00	91	0,0746	101	0,0739	70	0,0692	72	0,0847	79	0,0725	75	0,0688	90	0,0655	101	0,0670
13:00 - 14:00	83	0,0680	96	0,0702	69	0,0682	64	0,0753	73	0,0670	57	0,0523	111	0,0808	111	0,0737
14:00 - 15:00	110	0,0902	132	0,0966	65	0,0642	63	0,0741	100	0,0917	96	0,0881	122	0,0889	132	0,0876
15:00 - 16:00	147	0,1205	143	0,1046	79	0,0781	51	0,0600	108	0,0991	111	0,1018	137	0,0998	147	0,0975
16:00 - 17:00	126	0,1033	118	0,0863	69	0,0682	91	0,1071	109	0,1000	99	0,0908	134	0,0976	134	0,0889
17:00 - 18:00	95	0,0779	108	0,0790	72	0,0711	52	0,0612	96	0,0881	113	0,1037	117	0,0852	117	0,0776
18:00 - 19:00	109	0,0893	78	0,0571	80	0,0791	55	0,0647	90	0,0826	87	0,0798	93	0,0677	109	0,0723
19:00 - 20:00	56	0,0459	57	0,0417	54	0,0534	37	0,0435	64	0,0587	51	0,0468	76	0,0554	76	0,0504
20:00 - 21:00	38	0,0311	36	0,0263	28	0,0277	32	0,0376	25	0,0229	37	0,0339	55	0,0401	55	0,0365
21:00 - 22:00	20	0,0164	24	0,0176	22	0,0217	11	0,0129	12	0,0110	16	0,0147	13	0,0095	24	0,0159
22:00 - 23:00	6	0,0049	6	0,0044	7	0,0069	3	0,0035	2	0,0018	5	0,0046	3	0,0022	7	0,0046
23:00 - 24:00	2	0,0016	4	0,0029	7	0,0069	2	0,0024	0	0	3	0,0028	4	0,0029	7	0,0046
Celkem	1220	1	1367	1	1012	1	850	1	1090	1	1063	1	1373	1	1507	1

Pro zobrazení intenzit vozidel byl použit pentlogram nebo taky nazývaný kartodiagram intenzity dopravy. V pentlogramu je znázorněna posuzovaná křižovatka, směry jízdnic pruhů a přesné vstupy a výstupy. Konkrétní směry jsou nazvány, v případě této práce, Sokolská jih, Sokolská sever a Luhy při Januštici II. Ulice Sokolská jih je znázorněna jako směr centrum. Ulice Sokolská sever je znázorněna jako směr Fryšták. Růžovou barvou jsou znázorněny jízdnic pruhy, které vedou od centra města směrem přímým na Fryšták nebo jízdnic pruh odbočující na ulici Luhy při Januštici II. Zelenou barvou jsou znázorněny jízdnic pruhy, které vedou od Fryštáku směrem do centra města nebo odbočující zelený pruh na ulici Luhy při Januštici II. Světle modrou barvou jsou zobrazeny odbočující jízdnic pruhy z ulice Luhy při Januštici II směrem do centra města nebo směrem na Fryšták. Šipky v pentlogramu ukazují směr a taky vstupy a výstupy intenzit vozidel.



Obrázek 6 Pentlogram (Vlastní zpracování)

Intenzity vozidel vychází z předchozích tabulek. Pro posuzovanou křižovatku a celkovou simulaci byla zvolena maximální intenzita v době od 15. do 16. hodiny, kdy dochází na křižovatce k odpolední špičce. Celkový počet vozidel jedoucích ze směru Sokolská jih (vyznačené růžovou barvou) směrem na sever a na ulici Luhy při Januštici II je 1057 vozidel, z toho 754 vozidel jede v přímém jízdnic pruhu na sever a 303 vozidel odbočuje na ulici Luhy při Januštici II. V opačném směru ze Sokolská sever jede celkem 612 vozidel, z toho na ulici Luhy při Januštici II odbočuje 122 vozidel a v přímém směru pokračuje 490 vozidel. Počet vozidel, které odbočují od Fryštáku na ulici Luhy při Januštici II, byl zjištěn procentem z dat poskytnutých společností Cross Zlín, a. s. Jedná se o 20 % vozidel z celkového počtu

vozidel, která jedou ze směru od Fryštáku. Vozidel, která odbočují na ulici Sokolskou jih a sever je celkem 325, z toho 178 odbočuje na Sokolskou jih a 147 vozidel odbočuje na Sokolskou sever. Počet vozidel, která pokračují na sever ulice Sokolské a dále směrem na Fryšták, je 901 z toho 754 vozidel přijíždí z jihu ulice Sokolské a 147 vozidel přijíždí z ulice Luhy při Januštici II. Celkový počet 668 vozidel jede směrem do centra města na jih ulice Sokolské, z toho 178 vozidel přijíždí z ulice Luhy při Januštici II a 490 vozidel pokračuje v přímém směru od severu ulice Sokolské. Z jihu a severu ulice Sokolské přijíždí na ulici Luhy při Januštici celkem 425 vozidel, konkrétně ze severu Sokolské 122 vozidel a z jihu Sokolské 303 vozidel.

8 ŘÍZENÍ PROVOZU NA VYBRANÉ KŘIŽOVATCE

Řízení křižovatky pevným plánem je řízení provozu dopravy podle nastaveného signálního plánu (programu), který nedokáže reagovat na aktuální provoz. Na zvolené křižovatce je testováno, jaká je dopravní situace a jak dopravní proudy reagují, pokud se použije pevný plán a plán dynamický, který se dokáže přizpůsobit současnému provozu.

8.1 Pevné řízení

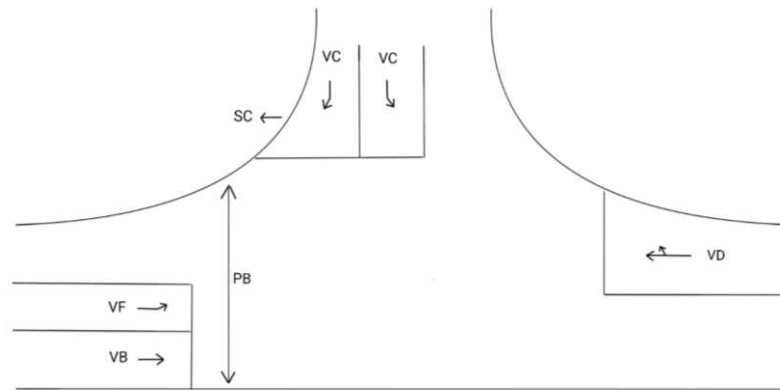
Prvně byl zpracován signální plán pevný. Pro vytvoření samotného pevného plánu je důležité připravit topologii zvolené křižovatky a zjistit intenzity dopravy na křižovatce, na které se bude testovat přesně stanovená situace. Tato část je již udělána viz předchozí kapitola. Díky nezbytnému zpracování, které bylo provedeno, se může začít pracovat na pevném signálním plánu a spuštění simulace. Data, která jsou použita pro vytvoření pevného plánu, jsou zprostředkována společností Cross Zlín, a. s.

Signální skupina určuje signální doby pro určité směry. Důležité je označení signálních skupin na skupiny VB, VC, VD, VF, SC, PB, toto označení vychází z dokumentace od společnosti Cross Zlín, a. s. V tabulce 8 je popsáno, pro které směry platí jednotlivé signální skupiny.

Tabulka 8 Signální skupiny (Vlastní)

Signální skupina	Ze směru	Směrem
VB	Sokolská jih	Sokolská sever
VC	Luhy při Januštici II	Sokolská sever a jih
VD	Sokolská sever	Sokolská jih a Luhy při Januštici II
VF	Sokolská jih	Luhy při Januštici II
SC	Luhy při Januštici II	Sokolská jih
PB	Chodci přes rameno A	Chodci přes rameno A

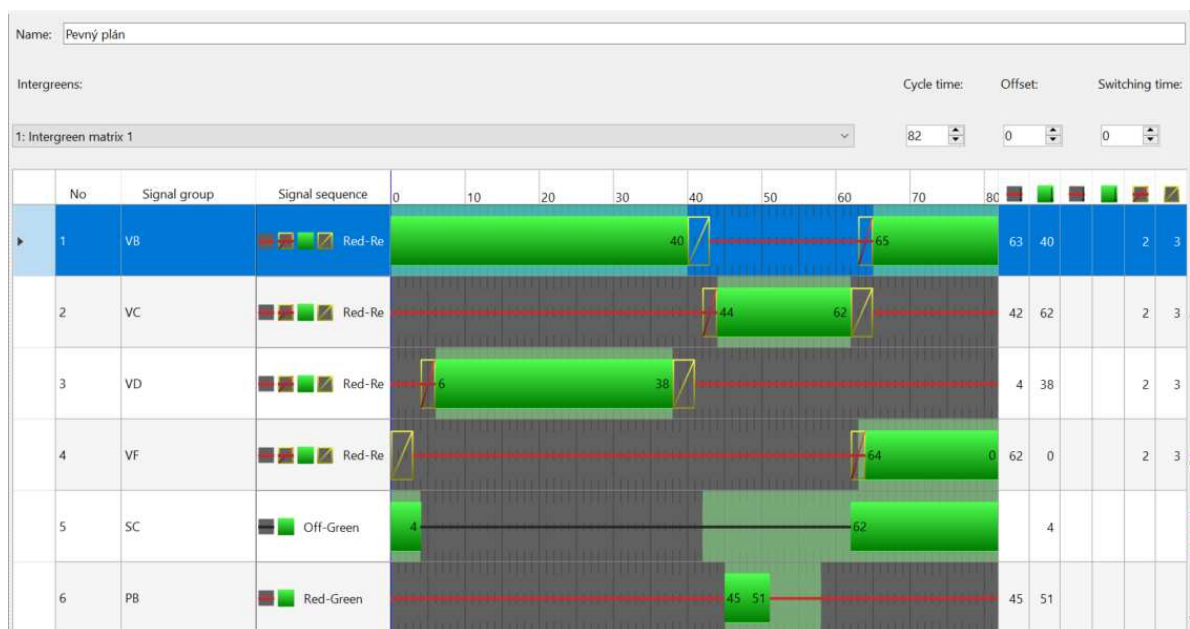
Pro lepší pochopení konkrétních signálních skupin a jednotlivých směrů je k dispozici obrázek níže.



Obrázek 7 Náčrt křižovatky s označením signálních skupin (Vlastní zpracování)

Po stanovení, označení a zadání signálních skupin byla vytvořena matice mezičasů, kdy podklady pro vytvoření matice vycházely z dokumentace od společnosti Cross Zlín, a. s.

Následně byl vytvořen signální plán (program), který lze vidět na obrázku 8. Zadala se délka cyklu, kdy se v tomto případě jedná o cyklus v délce 82 sekund. Pro signální skupiny VB, VC, VD, VF je daná signální sekvence červená, červeno-žlutá, zelená, žlutá. Pro signální skupinu SC se jedná o sekvenci černá (vypnutá) nebo zelená, v tomto případě se jedná o signál doplňkové zelené šipky. U signální skupiny PB jde o sekvenci buď červené nebo zelené, a to z důvodu, že tato signální skupina je určena pro chodce.



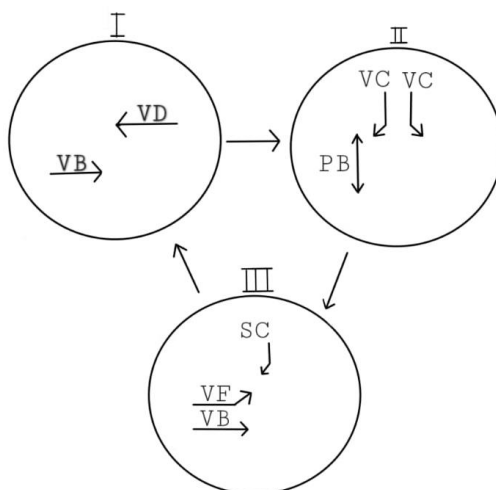
Obrázek 8 Pevný signální plán (Vlastní zpracování)

V tabulce níže jsou zobrazeny doby trvání jednotlivých světelných signálů.

Tabulka 9 Konkrétní světelné signály v sekundách (Vlastní)

Signální skupina	Konec červené v	Konec zelené v	Trvání červeno-žluté	Trvání žluté
VB	63	40	2	3
VC	42	62	2	3
VD	4	38	2	3
VF	62	0	2	3
SC		4		
PB	45	51		

Jeden cyklus obsahuje 3 fáze, které na sebe navzájem navazují. Fáze zobrazuje jednotlivé signální skupiny, které určují ve stejný čas světelný signál volno. První fáze obsahuje signální skupiny VB a VD, druhá fáze zobrazuje signální skupiny VC, PB a třetí fáze zobrazuje signální skupiny VB, VF a SC. Tyto 3 fáze jsou obsaženy v délce jednoho cyklu, který trvá 82 sekund. Po skončení jednoho cyklu se stejný cyklus opakuje. Jednotlivé fáze jsou zobrazeny na obrázku 9.



Obrázek 9 Fáze u pevného způsobu řízení (Vlastní zpracování)

Po vytvoření signálního programu byla na každý jízdní pruh před vjezd do křižovatky vložena tzv. stop čára, která je na obrázku 10 vyznačena v příčných kvádrech na jízdních pruzích. V případě, že je čára (kvádr – v pohledu 3D) zelená znamená to, že vozidla mají fázi volno a mohou pokračovat v jízdě. V případě opačném vozidla musí stát a čekat na fázi zelenou. Lze na obázku vidět i světelné signály červeno-žlutou a žlutou. Následně byly

do 3D objektů jednotlivých návěstidel přiřazeny konkrétní signální skupiny podle daného směru, které ke konkrétnímu návěstidlu přísluší.



Obrázek 10 Zobrazení světelných signálů (Vlastní zpracování; podklad Mapy.cz, 2021)
Pro kontrolu byla spuštěna simulace, aby se zjistilo, zda nedochází ke kolizím, zda signální plán funguje podle stanovených parametrů a jestli dochází k zobrazení správných světelných signálů na návěstidlech.

Simulaci řízení křižovatky podle pevného plánu je možné zhlédnout na videu, které je přiložené k této bakalářské práci.

8.2 Dynamické řízení

Dynamické řízení funguje na bázi logického vyhodnocení jízdy vozidel přes jednotlivé detektory.

Pro zprovoznění simulace dynamického řízení je nezbytné udělat několik kroků a fází. Dynamické řízení je založeno na bázi prodlužování a zkracování fáze volno, podle potřeby dopravního proudu a obsazenosti jízdních pruhů. Pro potřeby této bakalářské práce byla poskytnuta už samotná logika s dopravní definicí pro dynamické řízení pro zvolenou křižovatku. Tyto podklady poskytla firma Cross Zlín, a. s.

Topologie křižovatky a jednotlivé intenzity vozidel, které byly zpracovány v předchozích kapitolách byly podkladem pro vytvoření dynamického plánu. Začalo se vložением stejné topologie zvolené křižovatky a vložily se stejné vstupy a výstupy vozidel na konkrétních jízdních pruzích jako u řízení podle pevného plánu. Pro zadání těchto vstupů a výstupů se vycházelo z pentlogramu.

Následně byly vloženy na jízdní pruhy jednotlivé detektory, které jsou konkrétní pro daný jízdní pruh. Detektory je možné vidět na obrázku 11, kde jsou zobrazeny ve tvaru obdélníků s modrým obrysem. Pro určení pozic detektorů byla použita dokumentace od společnosti Cross Zlín, a. s.



Obrázek 11 Detektory (Vlastní zpracování, podklad Mapy.cz, 2021)

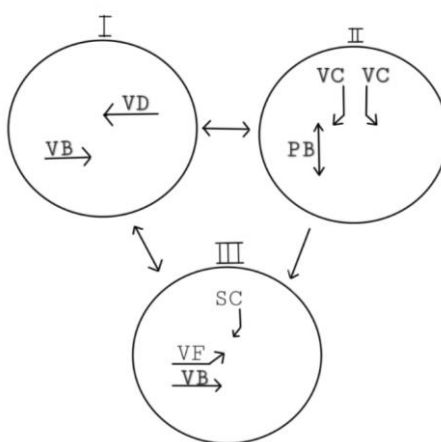
Názvy detektorů vychází z názvů signálních skupin. V následující tabulce jsou vypsány jednotlivé názvy detektorů a signální skupiny, ze kterých názvy detektorů vyplývají.

Tabulka 10 Názvy detektorů (Vlastní)

Signální skupina	Detektor
VB	DVB
VC	DVC
VD	DVD
VF	DVF
SC	DSC
PB	DPB

Detektor slouží k detekci vozidel. Po projetí vozidla detektorem, dochází k vyslání signálu do řadiče s informací o přítomnosti vozidla v daném jízdním pruhu, přičemž řadič vyhodnotí situaci a v nejvhodnější možnou dobu umožní co nejplynulejší projetí vozidla křižovatkou v konkrétním jízdním pruhu.

V dynamickém plánu se využívá stejných fází jako u pevného plánu s tím, že jednotlivé fáze se mohou ovlivňovat a za pomoci detektorů mohou vyzvat k aktivaci, a tím v co nejbližší chvíli dojde k přepnutí fáze a ke světelnému signálu volno pro signální skupiny ve fázi, ve které došlo k výzvě pomocí detektoru. Pokud nedojde k výzvě ke změně fáze nebo v některým z jízdních pruhů je hustý dopravní proud vozidel, dochází k prodloužení fáze nebo v jiném případě může dojít ke zkrácení fáze, avšak po naplnění maximální možné délky fáze dochází ke změně fáze. Jednotlivé fáze a jejich vzájemné ovlivňování je na obrázku 12. Výchozí fáze je fáze jedna, protože se jedná o hlavní jízdní proudy.



Obrázek 12 Fáze u dynamického způsobu řízení (Vlastní zpracování)

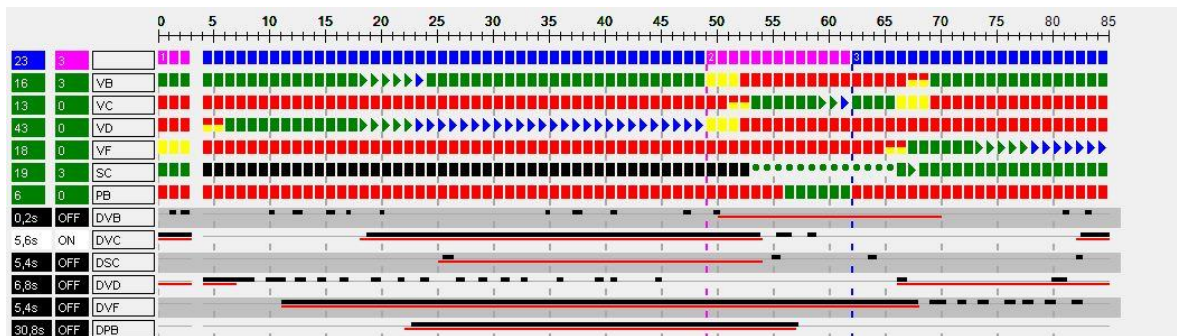
V dalším kroku byla upravena dopravní definice k potřebám bakalářské práce, nastavily se stejné signální skupiny a detektory v softwaru PTV Vissim a v interním softwaru společnosti Cross Zlín, a. s. Následně se propojil simulátor, který byl zapůjčen již zmíněnou společností Cross Zlín, a. s., se softwarem PTV Vissim. Simulátor obsahuje logiku dynamického řízení, kdy dokáže podle konkrétní situace na křižovatce prodlužovat a zkracovat fáze, podle potřeby. PTV Vissim zašle data o skutečné situaci do simulátoru, simulátor situaci vyhodnotí a zareaguje zasláním informace zpět do PTV Vissimu v podobě reakce na danou situaci, která se vizuálně objeví. Simulátor je vidět na obrázku 13 níže.



Obrázek 13 Simulátor (Vlastní)

Po propojení simulátoru a softwaru PTV Vissim došlo ke spuštění simulace, kdy simulátor reagoval na konkrétní detektory a podle potřeby měnil jednotlivé fáze. V interním programu společnosti Cross Zlín, a. s. bylo možné vidět konkrétní obsazenost detektorů a přesné zobrazení změn jednotlivých fází.

Pro lepší pochopení celkového fungování dynamického řízení je přiložen obrázek 14, který zobrazuje dynamický signální plán.



Obrázek 14 Dynamický signální plán (Vlastní)

Na obrázku 14 lze vidět ve sloupci jednotlivé signální skupiny a pod nimi detektory. V záhlaví obrázku, v řádku, je vidět časová osa v jednotkách sekund. Pod časovou osou se nachází modré a růžové čtverečky, ty zobrazují jednotlivé fáze a jejich vzájemnou změnu. Dynamický plán (program) zobrazuje jednotlivé doby světelných signálů pro konkrétní signální skupiny. Šipky zobrazené v diagramu znázorňují prodloužení fáze. Zelené tečky u signální skupiny SC znázorňují možnost zelené na odbočení, ale z důvodu zeleného světelného signálu v daný čas pro signální skupinu VC, která zahrnuje signál volno i pro odbočení, tak není možné využít signální skupinu SC, protože signální skupina VC je nadřazena signální skupině SC.

V případě aktivace detektorů dochází k černému označení (čáře) u konkrétního detektoru. Červená linka pod černou označuje, že aktivace byla přijata a čeká se na signál volno v dané fázi.

Simulaci dynamického řízení na vybrané křižovatce je možné vidět na videu, které je přiložené k bakalářské práci.

9 KOMPARACE VÝSLEDKŮ A NÁVRH ŘEŠENÍ

Po spuštění obou způsobů simulací řízení křižovatky, jak podle plánu pevného, tak dynamického, bylo důležité zpracovat výsledky obou simulací, jejich porovnáním a následným návrhem řešení.

9.1 Komparace výsledků

Pro porovnání jednotlivých způsobů řízení byla zařazena následující kritéria: průměrné zpoždění vozidel, průměrná délka kolony a počet zastavení vozidel v konkrétních jízdnicích pruzích za dobu 1. hodiny.

Intenzity, jak bylo zmíněno v předchozích kapitolách, jsou zvoleny v době od 15 do 16 hodin. Po simulované jedné hodině spuštění jednotlivých způsobů řízení díky softwaru PTV Vissim byla vyhodnocena data, která se následně zpracovala do tabulek níže.

Hodnoty zdržení vozidel při použití obou způsobů řízení jsou zachyceny v následující tabulce 11.

Tabulka 11 Průměrná doba zdržení vozidel (Vlastní)

Signální skupina	Pevný plán řízení (s)	Dynamický plán řízení (s)	Rozdíl (s)
VB	3,49	3,88	0,39
VF	28,97	20,16	8,81
SC	7,81	5,27	2,54
VC	20,47	16,31	4,16
VD	15,69	11,56	4,13

Ze získaných dat je možné zjistit, že průměrná doba zdržení vozidel v případě využití dynamického způsobu řízení se sníží u 4 signálních skupin z 5 (u 5 směrů ze 6). Z tabulky je možné vyčíst rozdíl zvýšení a snížení hodnot v porovnání pevného plánu s dynamickým.

Zvýšení

je označeno oranžovou barvou a snížení rozdílů zelenou barvou. U signální skupiny VB se zdržení zvýší, ale jen o 0,39 sekund. U ostatních signálních skupin se doba zdržení sníží významně. Nejvýše však u signální skupiny VF, a to o 8,81 sekundy. Z dat vyplývá, že při řízení pevným i dynamickým plánem se vozidla jedoucí od centra města směrem na ulici Luhy při Janušici II zdrží nejdéle, proto je snížení zdržení při využití dynamického plánu řízení významné.

V tabulce 12 je vyjádřen počet zastavení vozidel v obou případech způsobů řízení.

Tabulka 12 Počet zastavení vozidel (Vlastní)

Signální skupina	Pevný plán řízení	Dynamický plán řízení	Rozdíl
VC + SC	187	181	6
VD	403	410	7
VF	309	275	34
VB	176	280	104

Tabulka 12 zobrazuje počet vozidel, která musí zastavit před průjezdem křižovatkou. Při použití dynamického způsobu řízení na hlavních dopravních proudech dochází ke zvýšení počtu zastavení vozidel, protože dochází k vyššímu přizpůsobení signálního plánu a jednotlivých světelných signálů. Při porovnání počtu zastavení vozidel a doby zdržení, tak i přes vyšší počet zastavení vozidel před křižovatkou dochází ke snížení doby zdržení a v případě signální skupiny VB dochází k zanedbatelnému nárůstu zdržení vozidel v porovnání s počtem zastavení vozidel. Oranžově vybarvené buňky v tabulce zobrazují zvýšený počet zastavených vozidel a zelené buňky zobrazují snížení počtu zastavených vozidel v porovnání pevného a dynamického plánu řízení.

Tabulka 13 Průměrná délka kolony (Vlastní)

Signální skupina	Pevný plán řízení (m)	Dynamický plán řízení (m)	Rozdíl (m)
VC + SC	5,98	4,38	1,6
VD	19,64	14,89	4,75
VF	18,42	11,87	6,55
VB	4,37	6,41	2,04

Průměrné délky kolony jsou znázorněny v tabulce 13. V případě využití dynamického plánu řízení dochází ke snížení délky kolon ve 4 jízdních pruzích v porovnání s řízením podle pevného plánu. V jízdním pruhu od jihu ulice Sokolské směrem na Fryšták dochází ke zvýšení kolony o 2,04 m při použití dynamického způsobu řízení, ale zato tento způsob řízení přinese větší přínos na zkrácení kolon ve všech ostatních směrech. Pro jízdní pruh, který vede směrem na Fryšták, není zvýšení délky kolony o 2,04 m zásadně významný zásah a to i s porovnáním doby zdržení, kdy se doba zdržení zvýší o 39 setin sekund, pokud se využije dynamický způsob řízení.

9.2 Návrh řešení

Data, která vyplynula ze simulace řízení podle plánů pevného a dynamického, jsou zobrazena v předchozí podkapitole 9.1. Na základě vypracování, sledování jednotlivých

simulací a hlavně na základě výstupů po vyhodnocení dat je navrženo, aby se pro posuzovanou křižovatku ulice Sokolská a Luhy při Januštici II využívalo řízení podle dynamického plánu.

Dynamický plán řízení je vhodný z důvodu lepší přizpůsobivosti konkrétní potřebě provozu. V případě této křižovatky a intenzit vozidel, která se na křižovatce vyskytují, je zřejmé, že pružnost signalizačního plánu v čase je důležitá.

Při využití dynamického plánu řízení se dosáhne plynulejšího průjezdu vozidel křižovatkou, zkrátí se jízdní doby vozidel, sníží se délka kolon v jednotlivých jízdních pruzích. S plynulostí jízdy vozidel souvisí zvýšení bezpečnosti silničního provozu. Díky plynulejší jízdě nedochází k náhlému brždění vozidel což má vliv mj. i na snížení nehodovosti.

Významným faktorem pro využití dynamického způsobu řízení křižovatky je snížení emisí. Pokud se vozidla v křižovatce zdrží kratší dobu, výrazně se sníží emise výfukových plynů, které unikají do ovzduší.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo vyhodnotit nejvhodnější způsob řízení křižovatky ulice Sokolská a Luhy při Januštici II za pomoci softwaru PTV Vissim na základě reálných intenzit dopravy.

Předpokladem pro toto posouzení bylo nutné mít teoretické znalosti v této oblasti. Následně byl vytvořen model topologie křižovatky, vypočítaly se intenzity dopravy a vytvořil pentlogram pro dobu od 15. do 16. hodiny odpolední. Poté se vytvořil pevný plán řízení a spustila se simulace se všemi potřebnými vstupy. U dynamického řízení došlo k propojení softwaru PTV Vissim se simulátorem a interním softwarem společnosti Cross Zlín, a. s. a byla spuštěna simulace se stejnými vstupy jako u pevného plánu řízení. Tyto dva způsoby řízení byly vyhodnoceny a bylo navrženo řešení.

Mikroskopická simulace křižovatky je vhodný nástroj pro maximální přiblížení reálné situace, předcházení a odstranění rizik, která mohou vzniknout. Je vhodná pro předvídání hustoty provozu, ke zjištění chování dopravních systémů a k vyhodnocování provozu.

Z intenzit dopravy je zřejmé, že spousta lidí ve všední dny dojíždí do Zlína, protože v ranní hodiny je zvýšená intenzita vozidel, která jedou směrem do centra města. V odpolední hodiny jezdí lidé pryč z města směrem na Fryšták, a proto je v odpoledních hodinách v pracovní dny zvýšená intenzita provozu. Za měřené období 7 dní byly naměřeny nejvyšší hodnoty intenzit v době od 15. do 16. hodiny odpolední na 3 detektorech z 6, proto v této době byly použity jednotlivé intenzity v konkrétních směrech jako vstupy pro posouzení možností řízení.

Po vytvoření modelů, spuštění simulací byla provedena komparace výsledků, kdy bylo porovnáno průměrné zdržení vozidel, počet zastavení vozidel a průměrná délka kolon. Vyhodnotila se data pro oba způsoby řízení a následně se porovnaly konkrétní výsledky pevného řízení s výsledky dynamického řízení.

Z dat vyplývá, že vozidla se nejdéle zdrží, pokud odbočují od centra města směrem na ulici Luhy při Januštici II. Při použití pevného signálního plánu se průměrně zdrží 28,97 sekund a při využití řízení dynamického se průměrně zdrží 20,16 s. V případě aplikace dynamického způsobu řízení se sníží průměrná doba zdržení u 5 směrů. U hlavního směru na Fryšták z centra města se průměrná doba zdržení zvýší jen o 39 setin sekund, což v porovnání, že dojde k úspoře času u ostatních směrů, je tento čas zdržení zanedbatelný. V počtu zastavení vozidel, pokud se využije dynamický způsob řízení, dojde ke zvýšení u hlavních směrů, což je pochopitelné, protože při použití dynamického signálního plánu

se tyto směry více přizpůsobují vedlejším směrům a odbočení z centra města směrem na Luhy při Janušticí II. Průměrná délka kolony se zkrátí ve 4 jízdách pruzích, pokud se využije dynamické řízení, pouze v případě hlavního směru na Fryšták dojde k prodloužení kolony o 2,04 m.

Díky porovnání se zjistilo, že dynamický způsob řízení vychází na této zvolené křižovatce jako nejvhodnější způsob řízení, díky němuž se docílí pozitivních změn u mnoha aspektů, a to hlavně environmentálního, ekonomického a sociálního, tím dochází k napomáhání udržitelného rozvoje a taky ke zvýšení bezpečnosti silničního provozu na této konkrétní křižovatce.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BABHULKAR, Gajanan et al., 2018. Fuzzy Based Adaptive Two Phase Traffic Signal Controller. *HELIX* [online]. **8**(5), 4010-4013 [cit. 2023-02-27]. ISSN 22773495. Dostupné z: doi:10.29042/2018-4010-4013

CROSS ZLÍN, a. s., 2022. *Řízení dopravy: městem snadno a rychle*. Zlín. Dostupné také z: https://www.cross-traffic.com/root/download/cross_bro_rizeni_dopravy_cze_2022.pdf

ČERNÁ, Ivana, 2011. Městská dopravní řídicí ústředna: mozek řízení městského provozu. *Automa* [online]. **2011**(11), 1 [cit. 2023-03-14]. ISSN 1210-9592. Dostupné z: https://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/44834.pdf

ČESKO. 1994. Zákon č. 111 ze dne 26. 10. 1994 o silniční dopravě. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1994-111>

ČESKO. 1997. Zákon č. 13 ze dne 23. 10. 1997 o pozemních komunikacích. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-13>

ČESKO. 2000. Zákon č. 361 ze dne 19. 10. 2000 o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu). In: *Sbírka zákonů České republiky*. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361#>

ČSN EN 12675. 2018. *Řadiče světelných signalizačních zařízení – Funkčně bezpečnostní požadavky*. Praha: Česká agentura pro standardizaci. Třídící znak 737041

ČSN 73 6100-2. 2008. *Názvosloví pozemních komunikací – část 2: Projektování pozemních komunikací*. Praha: Český normalizační institut. Třídící znak 736100

ČSN 73 6100-3. 2017. *Názvosloví pozemních komunikací – Část 3: Vybavení pozemních komunikací*. Praha: Český normalizační institut. Třídící znak 736100

DOPRAVNÍ NEHODY V ČR [online], 2023. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://nehody.cdv.cz/statistics.php>

DRDLA, Pavel, 2021. *Osobní doprava regionálního a nadregionálního významu*. Vydání: 3. upravené. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. ISBN 978-80-7560-361-6.

FERRARA, Antonella, Simona SACONE a Silvia SIRI, 2018. *Freeway Traffic Modelling and Control*. Cham: Springer. ISBN 978-3-319-75959-3.

GROS, Ivan, 2016. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 978-807-0809-525.

KLEPRLÍK, Jaroslav. 2020. *Technologie silniční dopravy*. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 978-80-7560-295-4.

LIU, Derong et al., 2017. *Neural Information Processing* [online]. Cham: Springer [cit. 2023-04-25]. ISBN 978-3-319-70138-7. ISSN 0302-9743. Dostupné z: <https://www.springer.com/series/558>

MAPY.CZ [online], 2021. Seznam.cz [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <https://en.mapy.cz/zakladni?x=17.6861995&y=49.2356587&z=19&base=ophoto>

MINISTERSTVO DOPRAVY, 2013. *TP 65: Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích*. Praha. Dostupné také z: https://pjpk.rsd.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_65.pdf

MINISTERSTVO DOPRAVY, 2015. *TP 81: Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích*. 3. Praha. Dostupné také z: https://pjpk.rsd.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_81.pdf

NOVÁK, Radek, 2018. *Mezinárodní silniční nákladní přeprava a zasílatelství*. V Praze: C.H. Beck. ISBN 978-807-4000-416.

OPENSTREETMAP, 2023 [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.openstreetmap.org/#map=19/49.23582/17.68637>

PERNICA, Petr, 2005. *Logistika pro 21. století: (Supply chain management)*. Praha: Radix. ISBN 80-860-3159-4.

PTV GROUP [online], 2023. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://company.ptvgroup.com/en-us/>

SAWAKE, Vipul Vilas a Prashant BORKAR, 2017. Review of traffic signal timing optimization based on fuzzy logic controller. *2017 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS)* [online]. IEEE, 4-4 [cit. 2023-02-28]. ISBN 978-1-5090-3294-5. Dostupné z: doi:10.1109/ICIIECS.2017.8276171

SOTOCA, A., BOUGDAH, H., VERSACI, A., TRAPANI, F., MIGLIORE, M., CLARK, N. 2020 *Urban and transit planning: a culmination of selected research papers from IEREK*

conferences on urban planning, architecture and green urbanism, Italy and Netherlands.
Cham: Springer. ISBN 978-3-030-17310-4.

ŠIROKÝ, Jaromír, 2020. *Technologie dopravy*. Páté doplněné vydání. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 978-807-5603-098.

TRIVEDI, Janak D., Mandalapu Sarada DEVI a Dhara H. DAVE, 2021. A Vision-Based Real-Time Adaptive Traffic Light Control System Using Vehicular Density Value and Statistical Block Matching Approach. *Transport and Telecommunication Journal* [online]. **22**(1), 87-97 [cit. 2023-03-17]. ISSN 1407-6179. Dostupné z: doi:10.2478/ttj-2021-0007

ZELENÝ, Lubomír et al., 2017. *Osobní doprava*. V Praze: C.H. Beck. ISBN 978-807-4006-814.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

IZS Integrovaný záchranný systém

MHD Městská hromadná doprava

SSZ Světelné signalizační zařízení

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Typologie křižovatek (Vlastní zpracování, Široký, 2020).....	18
Obrázek 2 Klasifikace dopravních modelů v závislosti na detailu, čase a prostoru (Ferrara, Sacone a Siri, 2018).....	26
Obrázek 3 Lokalita křižovatky (OpenStreetMap, 2023)	30
Obrázek 4 Ramena stykové křižovatky (OpenStreetMap, 2023)	31
Obrázek 5 Topologie posuzované křižovatky (Vlastní zpracování, podklad Mapy.cz, 2021)	35
Obrázek 6 Pentlogram (Vlastní zpracování).....	43
Obrázek 7 Náčrt křižovatky s označením signálních skupin (Vlastní zpracování)	46
Obrázek 8 Pevný signální plán (Vlastní zpracování)	46
Obrázek 9 Fáze u pevného způsobu řízení (Vlastní zpracování).....	47
Obrázek 10 Zobrazení světelných signálů (Vlastní zpracování; podklad Mapy.cz, 2021) .	48
Obrázek 11 Detektory (Vlastní zpracování, podklad Mapy.cz, 2021).....	49
Obrázek 12 Fáze u dynamického způsobu řízení (Vlastní zpracování)	50
Obrázek 13 Simulátor (Vlastní)	50
Obrázek 14 Dynamický signální plán (Vlastní).....	51

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Křižovatky, podle počtu ramen (Široký, 2020)	18
Tabulka 2 Intenzity chodců (Vlastní)	37
Tabulka 3 Intenzity vozidel v přímém směru od centra směrem na Fryšták (Vlastní)	38
Tabulka 4 Intenzity vozidel odbočující od centra města na ulici Luhy při Januštici II (Vlastní)	39
Tabulka 5 Intenzity vozidel ze směru od Fryštáku (Vlastní)	40
Tabulka 6 Intenzity vozidel jedoucí z ulice Luhy při Januštici II směrem do centra města (Vlastní)	41
Tabulka 7 Intenzity vozidel jedoucí z ulice Luhy při Januštici II směrem na Fryšták (Vlastní)	42
Tabulka 8 Signální skupiny (Vlastní)	45
Tabulka 9 Konkrétní světelné signály v sekundách (Vlastní)	47
Tabulka 10 Názvy detektorů (Vlastní)	49
Tabulka 11 Průměrná doba zdržení vozidel (Vlastní)	52
Tabulka 12 Počet zastavení vozidel (Vlastní)	53
Tabulka 13 Průměrná délka kolony (Vlastní)	53

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Druhy světelných signálů (Ministerstvo dopravy, 2015)

Příloha P II: Grafy zdržení vozidel konkrétních způsobů řízení (Vlastní)

PŘÍLOHA P I: DRUHY SVĚTELNÝCH SIGNÁLŮ

Světelné signály pro vozidla jsou:

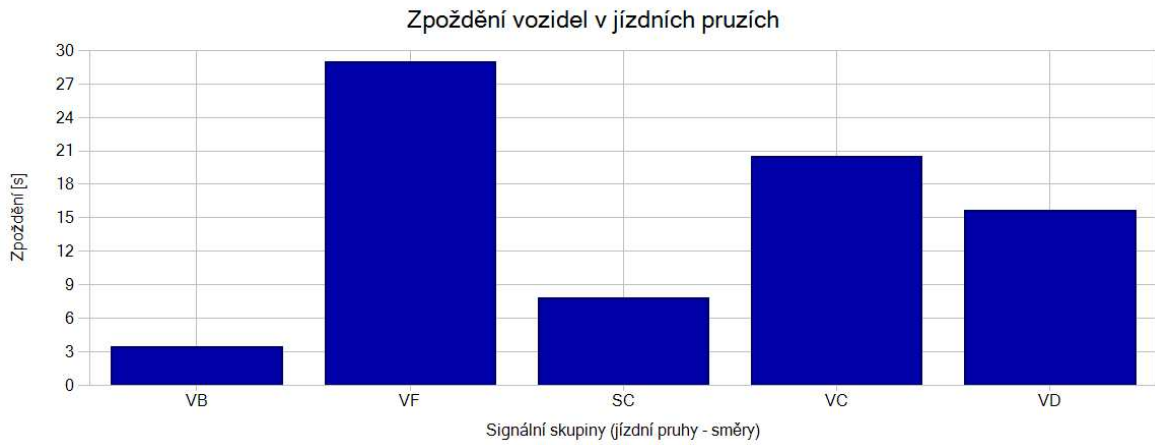
- a) signály třibarevné soustavy:
 - s plnými kruhovými světly (plné signály)
 - se světly se směrovými šipkami (směrové signály)
- b) signál přerušovaného žlutého světla
- c) signál doplňkové zelené šipky
- d) signál pro opuštění křižovatky
- e) signál přerušovaného žlutého světla ve tvaru chodce
- g) signál přerušovaného žlutého světla ve tvaru cyklisty a chodce
- h) signál žlutého světla ve tvaru chodce
- i) signál žlutého světla ve tvaru cyklisty
- j) signál žlutého světla ve tvaru cyklisty a chodce
- k) rychlostní signál
- l) signál pro řízení provozu v jízdním pruhu se střídavým směrem jízdy
- m) signály účelové:
 - signál dvoubarevné soustavy s červeným a žlutým světlem (účelová signalizace)
 - signál dvou vedle sebe umístěných střídavě přerušovaných červených světél pro zajištění nekolizního výjezdu vozidel s právem přednostní jízdy na pozemní komunikaci,
 - signály pro řízení provozu v jednom jízdním pruhu

Světelné signály pro vymezený okruh účastníků jsou:

- a) signály pro chodce
- b) signály pro tramvaje
- c) signály pro cyklisty

PŘÍLOHA P II: GRAFY ZDRŽENÍ VOZIDEL KONKRÉTNÍCH ZPŮSOBŮ ŘÍZENÍ

Graf zdržení vozidel při použití řízení podle pevného plánu:



Graf zdržení vozidel při použití dynamického způsobu řízení:



Příloha 2: Grafy zdržení vozidel konkrétních způsobů řízení (Vlastní)