

UNIVERZITA PARDUBICE  
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2018

COUFALOVÁ KATEŘINA

**Univerzita Pardubice**

**Dopravní fakulta Jana Pernera**

**Dopravně-inženýrské posouzení a návrh  
opatření na křižovatce Pisárecká-Veslařská  
v Brně**

**Bc. Kateřina Coufalová**

**Diplomová práce**

**2018**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Kateřina Coufalová**  
Osobní číslo: **D15424**  
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**  
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy**  
Název tématu: **Dopravně-inženýrské posouzení a návrh opatření na křižovatce Pisárecká-Veslařská v Brně**  
Zadávající katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

#### ÚVOD

- 1) Analýza současného stavu organizace dopravy na křižovatce
- 2) Návrh opatření na změnu organizace dopravy na křižovatce
- 3) Zhodnocení navržených opatření

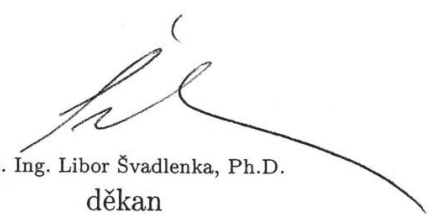
#### ZÁVĚR

Rozsah grafických prací: 4 - 5  
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná  
Seznam odborné literatury:


- (1) LEDVINOVÁ, Michaela. Dopravní inženýrství: studijní opora. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013.
- (2) MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ. ČSN 73 6110: Projektování místních komunikací. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- (3) MARTOLOS, Jan. TP 81 Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích. Třetí. Liberec: Edip, 2015. EDIP, s.r.o. Dostupné také z: <http://www.pjpk.cz/TP%2081.pdf>
- (4) MARTOLOS, Jan. TP 235 Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek. Liberec: Edip, 2011. EDIP, s.r.o. ISBN 978-80-87394-03-8.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Michaela Ledvinová, Ph.D.**  
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: **5. února 2018**  
Termín odevzdání diplomové práce: **18. května 2018**

  
doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.  
děkan

L.S.

  
doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 5. února 2018

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požádat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 15. 5. 2018

Kateřina Coufalová

## **ANOTACE**

Předmětem diplomové práce s názvem Dopravně-inženýrské posouzení a návrh opatření na křižovatce Pisárecká-Veslařská v Brně je analýza současného stavu křižovatky a na jejím základě návrh variant řešení. Dispoziční řešení navržených variant přitom respektují závěry vyvozené z vyhodnocení analytické části prostřednictvím SWOT analýzy a výsledků Plus-mínus matice. Navrhované varianty jsou modelovány v mikrosimulačním prostředí softwaru PTV Vissim, kde jsou následně podstoupeny procesem vyhodnocování podle dané množiny parametrů. Optimální varianta z množiny navrhovaných variant řešení je identifikována na základě metod vícekriteriálního rozhodování.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Dopravní průzkum, dynamické řízení, koordinace, mikrosimulace, opatření, PTV Vissim, SWOT analýza, vícekriteriální rozhodování

## **TITLE**

Transport engineering assessment and design of measures at the Pisarecka-Veslarska intersection in Brno

## **ANNOTATION**

The subject of the diploma thesis entitled Transport engineering assessment and design of measures at the Pisarecka-Veslarska intersection in Brno is an analysis of the current state of the intersection and on its basis the proposal of variant solutions. The layout of the proposed variants respects the conclusions drawn from the analysis of the analytical part through the SWOT analysis and the results of the Plus-minus matrix. The proposed variants are modeled in the microsimulation environment of the PTV Vissim software, where they are then passed through the evaluation process according to the given set of parameters. The optimal variant of a set of proposed solution variants is identified by multi-criteria decision-making methods.

## **KEYWORDS**

Traffic survey, dynamic management, coordination, microsimulation, measures, PTV VISSIM, SWOT analysis, multi-criteria decision-making

# OBSAH

|   |            |
|---|------------|
| <b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>   | <b>8</b>   |
| <b>SEZNAM TABULEK .....</b>   | <b>10</b>  |
| <b>SEZNAM ZKRATEK.....</b>  | <b>12</b>  |
| <b>ÚVOD .....</b>   | <b>13</b>  |
| <b>1 Posouzení územních vztahů ovlivňující dopravu na řešené křižovatce.....</b>  | <b>15</b>  |
| 1.1 Analýza stávajícího a očekávaného využití definovaného území .....  | 15         |
| 1.2 Převážná vztahy v území.....  | 18         |
| 1.3 Linkové vedení vozidel MHD křižovatkou.....   | 19         |
| <b>2 Příprava provedení a vyhodnocení dopravního průzkumu na křižovatce .....</b>   | <b>26</b>  |
| <b>3 Analýza stavebně-technických poměrů křižovatky.....</b>  | <b>38</b>  |
| 3.1 Počet a uspořádání řadících pruhů na všech paprscích křižovatky .....   | 38         |
| 3.2 Podélný sklon vjezdu a poloměr oblouku pro odbočení .....   | 41         |
| 3.3 Vedení nemotorové dopravy a umístění zastávek MHD.....  | 44         |
| 3.4 Křižovatky ovlivňující vstupy do křižovatky Pisárecká-Veslařská .....   | 47         |
| <b>4 Řízení provozu na křižovatce a její koordinace s přilehlými křižovatkami.....</b>                                      | <b>51</b>  |
| 4.1 Detekce vozidel.....  | 52         |
| 4.2 Signální programy používané během pracovních/víkendových dní .....  | 55         |
| 4.3 Fázové schéma signálního programu .....   | 57         |
| 4.4 Signální program s nejdelší používanou pevnou délkou cyklu.....   | 60         |
| 4.5 Preference vozidel MHD a logika řízení SSZ.....   | 63         |
| 4.6 Koordinace řízení s přilehlými křižovatkami.....  | 65         |
| 4.7 Analýza nehodovosti na křižovatce Pisárecká-Veslařská před a po jejím osazení SSZ .....                                 | 69         |
| <b>5 Vyhodnocení analýzy uspořádání a organizace dopravy na křižovatce Pisárecká-Veslařská a návrh variant řešení .....</b> | <b>76</b>  |
| 5.1 Vyhodnocení analytické části SWOT analýzou.....   | 76         |
| 5.2 Určení navrhovaných variant řešení.....   | 80         |
| <b>6 Stavební řešení posuzovaných variant .....</b>   | <b>84</b>  |
| 6.1 Varianta A a varianta B.....  | 85         |
| 6.2 Varianta C a varianta D.....  | 90         |
| <b>7 Modelování posuzovaných dispozičních variant řešení .....</b>  | <b>98</b>  |
| 7.1 Tvorba dopravní sítě se vstupními daty .....  | 99         |
| 7.2 Dopravní management a systém řízení dopravy .....   | 108        |
| 7.3 Kalibrace a validace modelů navrhovaných variant řešení .....   | 122        |
| <b>8 Vyhodnocení navrhovaných dispozičních variant řešení .....</b>   | <b>130</b> |
| 8.1 Průměrná doba potřebná na přestup cestujících.....  | 132        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 8.2      | Distribuce času zeleného signálu volno .....   | 135        |
| 8.3      | Průměrná doba zdržení stáním vozidel na vjezdu .....                                     | 140        |
| 8.4      | Finanční a časové ohodnocení stavebních úprav .....                                      | 145        |
| <b>9</b> | <b>Vícekritériální rozhodování jako nástroj výběru optimální alternativy řešení.....</b> | <b>150</b> |
|          | <b>ZÁVĚR .....</b>   | <b>159</b> |
|          | <b>SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ .....</b>  | <b>162</b> |
|          | <b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>  | <b>166</b> |



## SEZNAM OBRÁZKŮ

|  |            |
|--|------------|
| <i>Obrázek č.1 Územní vztahy v řešeném území křižovatky .....</i>  | <i>17</i>  |
| <i>Obrázek č.2 Vedení linek MHD křižovatkou Pisárecká-Veslařská v Brně .....</i>                                   | <i>22</i>  |
| <i>Obrázek č.3 Podíly jednotlivých druhů dopravy na celkovém dopravním proudu .....</i>                            | <i>29</i>  |
| <i>Obrázek č.4 Pentlogram dopravního zatížení křižovatky v době špičkové hodiny.....</i>                           | <i>30</i>  |
| <i>Obrázek č.5 Graf prognózy intenzit dopravy na řešené křižovatce .....</i>                                       | <i>34</i>  |
| <i>Obrázek č.6 Přestupní tendence a jejich charakteristické ukazatele .....</i>                                    | <i>37</i>  |
| <i>Obrázek č.7 Členitost terénu blízkého okolí řešené křižovatky.....</i>  | <i>42</i>  |
| <i>Obrázek č.8 Situování přechodů pro chodce a přejezdů pro cyklisty ve dvou profilech řešené křižovatky .....</i> | <i>51</i>  |
| <i>Obrázek č.9 Telematický systém kolových vozidel brněnského MHD .....</i>  | <i>55</i>  |
| <i>Obrázek č.10 Signální skupiny a kolizní body křižovatky Pisárecká-Veslařská .....</i>                           | <i>58</i>  |
| <i>Obrázek č.11 Schéma fází a určení signálních skupin ve fázích.....</i>  | <i>59</i>  |
| <i>Obrázek č.12 Signální program s délkou cyklu 100 s.....</i>   | <i>61</i>  |
| <i>Obrázek č.13 Křižovatky zařazené do koordinace a směry hlavních zohledněných dopravních tahů...67</i>           |            |
| <i>Obrázek č.14 Vzdálenosti mezi křižovatkami zohledněnými koordinací.....</i>                                     | <i>68</i>  |
| <i>Obrázek č.15 Místa dopravních nehod před osazením křižovatky SSZ.....</i>                                       | <i>71</i>  |
| <i>Obrázek č.16 Charakteristiky vzniklých nehod před osazením křižovatky SSZ.....</i>                              | <i>72</i>  |
| <i>Obrázek č.17 Místa a charakteristiky nehod na křižovatce po jejím osazení SSZ.....</i>                          | <i>73</i>  |
| <i>Obrázek č.19 Návrh vedení cyklistické a pěší dopravy řešenou křižovatkou.....</i>                               | <i>87</i>  |
| <i>Obrázek č.20 Stavební řešení a dispozice přestupních tras varianty A .....</i>                                  | <i>89</i>  |
| <i>Obrázek č.21 Stavební uspořádání a dispoziční řešení přestupních tras varianty B.....</i>                       | <i>90</i>  |
| <i>Obrázek č.22 Návrh vedení tras nemotorových druhů dopravy řešenou křižovatkou .....</i>                         | <i>93</i>  |
| <i>Obrázek č.23 Návrh tras přestupu cestujících mezi nástupišti a stavební uspořádání řešené křižovatky .....</i>  | <i>96</i>  |
| <i>Obrázek č.24 Definování atributů příkazu "Reduced speed area" .....</i>   | <i>101</i> |
| <i>Obrázek č.25 Oblasti konfliktu dopravního modelu křižovatky Pisárecká-Veslařská .....</i>                       | <i>102</i> |
| <i>Obrázek č.26 Intenzity vozidel vstupující do komunikační sítě modelu .....</i>                                  | <i>103</i> |
| <i>Obrázek č.27 Demonstrace směrového vedení tras vozidel modelem řešené křižovatky.....</i>                       | <i>104</i> |
| <i>Obrázek č.28 Definované atributy pro zastávku D.....</i>  | <i>105</i> |
| <i>Obrázek č.29 Modelování přestupních vazeb řešenou křižovatkou .....</i>   | <i>107</i> |
| <i>Obrázek č.30 Ukázka ze simulace s 3D objekty.....</i>   | <i>108</i> |
| <i>Obrázek č.31 Fázové schéma navrhovaných variant A, B a C .....</i>  | <i>112</i> |
| <i>Obrázek č.32 Síťový graf sledu fází pro navrhované varianty řešení A, B a C.....</i>                            | <i>112</i> |
| <i>Obrázek č.33 Modifikace fázových přechodů navrhovaných variant řešení.....</i>                                  | <i>115</i> |

|                     |   |            |
|---------------------|---|------------|
| <i>Obrázek č.34</i> | <i>Definované dopravně-inženýrské definice do textového souboru.....</i>                            | <i>117</i> |
| <i>Obrázek č.35</i> | <i>Ukázka části vývojového diagram .....</i>  | <i>119</i> |
| <i>Obrázek č.36</i> | <i>Definování atributů na liště "Signal Controller" .....</i>                                       | <i>120</i> |
| <i>Obrázek č.37</i> | <i>Dialogové okno s atributy pro signální hlavu.....</i>  | <i>121</i> |
| <i>Obrázek č.38</i> | <i>Definované parametry výstupních dat v programu PTV Vissim.....</i>                               | <i>131</i> |
| <i>Obrázek č.39</i> | <i>Umístění měřících bodů nástroje "Pedestrian travel time" .....</i>                               | <i>133</i> |
| <i>Obrázek č.40</i> | <i>Tabelární datové bloky distribuce zeleného a červeného signálu v textovém souboru .</i>          | <i>137</i> |
| <i>Obrázek č.41</i> | <i>Hodnotící nástroj "Travel Time Measurement" a generované hodnoty parametru<br/>"Delay" .....</i> | <i>141</i> |
| <i>Obrázek č.42</i> | <i>Vyčíslení trakčního vedení brněnskou společností SUDOP, s.r.o. ....</i>                          | <i>148</i> |
| <i>Obrázek č.43</i> | <i>Ganttův diagram implementace varianty D do stávajícího stavu.....</i>                            | <i>157</i> |

## SEZNAM TABULEK

|  |     |
|--|-----|
| <i>Tabulka č.1 Základní ukazatele jednotlivých subsystémů MHD v Brně v rámci DPMB</i> .....  | 21  |
| <i>Tabulka č.2 Směry jízdy jednotlivých linek MHD</i> .....  | 23  |
| <i>Tabulka č.3 Intervaly, četnost a přístupnost spojů vybraných linek MHD</i> .....  | 24  |
| <i>Tabulka č.4 Posouzení kapacity vjezdů a úroveň kvality dopravy</i> .....  | 32  |
| <i>Tabulka č.5 Komparace dostupných dat veličiny průměrného zdržení vozidel na vjezdu</i> .....  | 33  |
| <i>Tabulka č.6 Posouzení kapacity vjezdů, úroveň kvality dopravy pro rok 2021</i> .....  | 35  |
| <i>Tabulka č.7 Dosažená úroveň kvality dopravy ve výchozím roce 2016 a ve výhledových letech 2021 a 2026</i> .....                     | 35  |
| <i>Tabulka č.8 Podélné sklony vjezdů a poloměry oblouků pro odbočení vozidel</i> .....   | 44  |
| <i>Tabulka č.9 Časový harmonogram signálních plánů</i> .....   | 56  |
| <i>Tabulka č.10 Sled signálních programů během pracovního dne/soboty na dvou koordinovaných křižovatkách</i> .....                     | 69  |
| <i>Tabulka č.11 Porovnání údajů o dopravních nehodách na křižovatce před a po jejím osazení SSZ</i> ....                               | 74  |
| <i>Tabulka č.12 Silné a slabé stránky dopravně-inženýrských faktorů křižovatky</i> .....   | 76  |
| <i>Tabulka č.13 Hrozby a příležitosti vnějšího prostředí</i> .....   | 78  |
| <i>Tabulka č.14 Klíčové prvky vyhodnocené SWOT analýzy</i> .....   | 81  |
| <i>Tabulka č.15 Tabulka mezičasu dopravních pohybů na křižovatce varianty A</i> .....  | 114 |
| <i>Tabulka č.16 Hodnoty průměrného časového zdržení vozidel na vjezdu do řešené křižovatky</i> .....                                   | 124 |
| <i>Tabulka č.17 Střední doba zdržení simulačních procesů a výběrová směrodatná odchylka</i> .....                                      | 125 |
| <i>Tabulka č.18 Stanovení minimálního počtu simulací v závislosti na maximální přípustné chybě odhadu a úrovni spolehlivosti</i> ..... | 127 |
| <i>Tabulka č.19 Validací proces podle intenzit vozidel na vjezdech do křižovatky</i> .....   | 128 |
| <i>Tabulka č.20 Průměrné časové nároky pro přestup cestujících na následný spoj MHD</i> .....  | 134 |
| <i>Tabulka č.21 Distribuce zeleného signálu jednotlivých signálních skupin</i> .....   | 137 |
| <i>Tabulka č.22 Distribuce průměrné doby aktivního signálu volno modelů variant roku 2026</i> .....                                    | 139 |
| <i>Tabulka č.23 Střední doba zdržení vozidel na vjezdu do řešené křižovatky pro dopravní modely základního období roku 2016</i> .....  | 142 |
| <i>Tabulka č.24 Střední doba zdržení vozidel na vjezdu do řešené křižovatky pro dopravní modely výhledového období roku 2026</i> ..... | 143 |
| <i>Tabulka č.25 Finanční ocenění stavebních úprav řešené křižovatky</i> .....  | 146 |
| <i>Tabulka č.26 Přehled investičních nákladů a časových nároků rekonstrukce křižovatky pro jednotlivé varianty řešení</i> .....        | 149 |
| <i>Tabulka č.27 Preferenční bodová stupnice</i> .....  | 151 |
| <i>Tabulka č.28 Vyplněná Saatyho matice jako východisko pro určení vah kritérií</i> .....  | 152 |
| <i>Tabulka č.29 Výchozí kritériální matice s výchozími a převedenými účelovými funkcemi</i> .....                                      | 153 |

|  |            |
|--|------------|
| <i>Tabulka č.30 Identifikace bazální a ideální variant.....</i>      | <i>155</i> |
| <i>Tabulka č.31 Normalizovaná kritériální matice .....</i>           | <i>155</i> |
| <i>Tabulka č.32 Užitek z jednotlivých navrhovaných variant .....</i> | <i>156</i> |

## SEZNAM ZKRATEK

|       |  |
|-------|--|
| HDP   | Hlavní dopravní prostor                        |
| IAD   | Individuální automobilová doprava              |
| IDS   | Integrovaný dopravní systém                    |
| JMK   | Jihomoravský kraj                              |
| MHD   | Městská hromadná doprava                       |
| MÚK   | Mimoúrovňová křižovatka                        |
| OOSPO | Osoby s omezenou schopností pohybu a orientace |
| P+R   | Park and Ride                                  |
| SSZ   | Světelné signalizační zařízení                 |
| VMO   | Velký městský okruh                            |

## ÚVOD

Vzhledem k tomu, že je v současné době intravilán města Brna vystaven stále narůstajícím intenzitám dopravy, se hledají nová efektivní dopravní řešení, jež by ulehčila stávající infrastrukturu, podpořila udržitelné druhy dopravy a zkvalitnila veřejný prostor. Tématem diplomové práce je křižovatka ulic Pisárecká-Veslařská, jež je situovaná v problematické oblasti na styku čtyř městských částí. Řešená křižovatka jednak směřuje dopravní proudy vozidel z okrajových městských částí (Kohoutovice, Jundrov, Nový a Starý Lískovec) do centra města, a naopak z centrální oblasti rozvádí dopravu do jednotlivých okrajových částí. Přičemž největší podíl v celkovém dopravním proudu zaujímá doprava individuální automobilová.

Předkládaná diplomová práce se zabývá analýzou současného stavu provozu na křižovatce Pisárecká-Veslařská v Brně. Doprava je zde především charakteristická silnou ranní a odpolední dopravní špičkou se směrovými charakteristikami, tj. v době ranní špičky převládá výrazná intenzita vozidel ve směru z okrajových městských částí do centra města. Odpolední špička s výrazně delším intervalem trvání je charakteristická směrováním dopravních proudů z centra města Brna do residenčních oblastí městských částí. Řešená křižovatka je sevřena přilehlými křižovatkami, jejichž dopravní toky přímo ovlivňují intenzity na jejích vjezdech. Vzhledem k tomu je zapojena do liniové koordinace a je řízena dynamicky s konstantní délkou cyklu.

Dynamické řízení na křižovatce Pisárecká-Veslařská umožňuje přizpůsobení způsobu řízení dopravních proudů jejich aktuálními požadavky, jež jsou logikou řízení kontinuálně vyhodnocovány. Používaný způsob usměřování dopravních proudů prostřednictvím světelného signalizačního zařízení preferuje především dopravní proudy na vjezdech do řešené křižovatky umístěných v hlavních tazích, vozidla MHD a požadavky chodců na přechodech pro chodce křižující hlavní komunikaci (resp. cyklistů na přejezdu pro cyklisty).

Vzhledem k nedokončené části velkého městského okruhu, jež se nachází v blízkosti řešené křižovatky, dlouhodobě dochází k přemostění trasy vozidel na kategorizačně méně významné, místní komunikace. Jejich trasa je vedena komunikací ulice Veslařské přes plochu řešené křižovatky, čímž se zvyšují nejen intenzity dopravních proudů na dotčených vjezdech, ale především cestovní doba a zdržení i ostatních vozidel v dopravním proudu. Na druhou stranu nelze předpokládat, že dokončení výstavby velkého městského okruhu a jeho uvedení do provozu bude efektivním dopravním řešením v dlouhodobém horizontu.

Jak samotný název naznačuje, cílem této diplomové práce s názvem Dopravně-inženýrské posouzení a návrh opatření na křižovatce Pisárecká-Veslařská v Brně je návrh opatření na řešené křižovatce v rámci jednotlivých navrhovaných variant na základě zpracované a vyhodnocené analýzy jejího současného stavu. Vyhodnocení analýzy bude provedeno prostřednictvím SWOT analýzy, jejíž výstupy se následně podrobí evaluaci v prostředí Plus-mínus matice pro určení nejvýznamnějších prvků v jednotlivých kvadrantech SWOT analýzy a určení vhodné strategie pro návrh množiny variant řešení.

Navržené varianty řešení jsou modelovány v prostředí mikrosimulace PTV Vissim. Po následné kalibraci a validaci vybraných parametrů jsou v témže softwaru podrobeny procesu vyhodnocení. Proces vyhodnocení je proveden podle směrodatných parametrů pro hodnocení efektivnosti výběru dané navrhované varianty. Závěrem návrhové části diplomové práce je výběr optimální varianty z množiny navrhovaných variant řešení prostřednictvím jedné z disciplín operačního výzkumu, a to vícekriteriálním rozhodováním.

# 1 Posouzení územních vztahů ovlivňující dopravu na řešené křižovatce

Řešené území křižovatky Pisárecká – Veslařská se nachází v členitém terénu Bobravské vrchoviny, blízké okolí křižovatky leží zejména na pomezí tří geomorfologických okrsků Kohoutovická vrchovina a kotlin Pisárecké a Žabovřeské. Řešeným územím se zde rozumí oblast rozprostírající se na ploše přibližně 28 km<sup>2</sup> (tj. 2 800 ha) tak, aby zahrnovalo i oblast městských čtvrtí Jundrov, Kohoutovice a Nový Lískovec, lze vidět na obrázku 1. Zahrnutí těchto čtvrtí je nezbytné, jelikož jejich dopravní a územní vztahy jsou v přímé vazbě na řešenou křižovatku, která se nachází na jejich pomezí.

Území těchto městských částí nabízí díky klimatickým a terénním podmínkám výhodné plochy pro obytnou funkci s dobrou vazbou na přírodní zázemí rekreačních příměstských lesů. Podle územního plánu města Brna platného z roku 1994 (1) a současně i konceptu nového územního plánu (23) se v řešeném území nepředpokládá plošné rozšíření území hranice města Brna do okolní krajiny, nýbrž budou využity v největší míře plochy v přestavbovém (návrhovém) území, bude probíhat revitalizace neefektivně fungujících lokalit, tzv. brownfields, a v malé míře se umožní výstavba dosud nezastavěných ploch.

## 1.1 Analýza stávajícího a očekávaného využití definovaného území

Vhodně by také mělo být do urbánního systému Brna a jeho stávající infrastruktury zastavěno několik zahrádkářských kolonií, a to zejména v lokalitě Jurance a Červeném kopci. Lokalita Juranka je v současné době oblastí zahrádkářských osad ležící na území městských částí Brna-Jundrova a Brna-Kohoutovice. Na tomto těžce přístupném území pomalu dochází k výstavbě rodinných domů, které jsou doprovázené vznikem zelených ploch a základní vybaveností obchodu a služeb s cílem rozvoje celoměstských zájmů. To by mohlo vést k výraznému zvýšení nároků na stávající dopravní síť v přilehlých městských částech a k budování nových komunikací. Avšak budování nových komunikací a jejich napojení na hlavní komunikace se by bylo finančně nákladné a obtížné s ohledem na členitost terénu a již zastavěné plochy. Navíc trasy nekolejových vozidel městské hromadné dopravy (dále MHD) toto území nejsou schopny obsloužit v izochroně dostupnosti 500 metrů k zastávkám MHD.

Oblast označovaná jako „Stavební dvůr“ je územní studií interpretována jako poslední reálná možnost rozvoje městské části Brno-Kohoutovice (2). Mezi rozhodující záměry této oblasti patří vybudování kulturního zařízení a aktivit, bytového domu s pečovatelskou službou,



bytových terasových a malometrážních domů pro mladé a výstavba rodinných domů. Veškeré tyto plochy zástavby mají doplňovat plochy městské zeleně s parkovými prvky, které zajišťují pěší vazby do okolních oblastí, a možnosti řešení dopravního napojení a přístupnosti území. Kromě vlastnických vztahů je to také terén hornatého území, který nemalou měrou ovlivňuje dopravní řešení napojení nových komunikací na současnou dopravní síť a způsob odkanalizování území, jenž působí jako bariéra pro budoucí využití území.

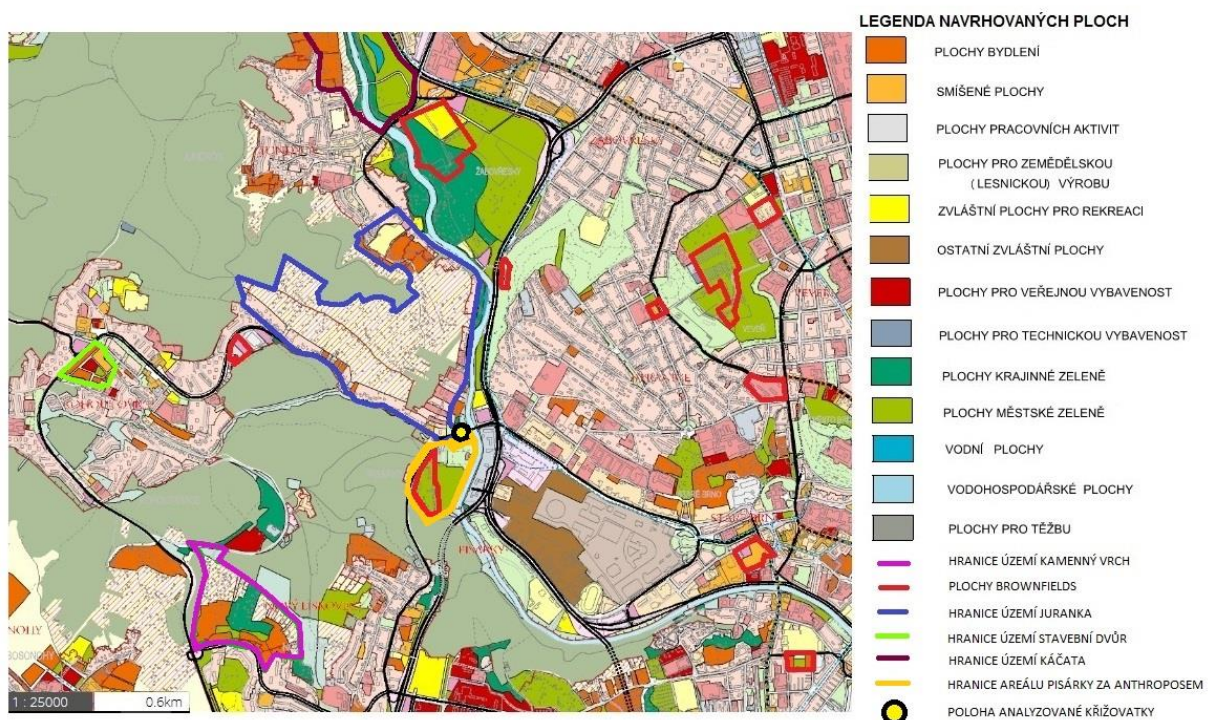
Urbanistická koncepce navrhovaných ploch Kamenného vrchu ležícího převážně v katastrálním území městské části Brno-Nový Lískovec vychází a navazuje na již realizované obytné soubory Kamenný vrch I a Kamenný vrch II (2). Samostatně stojící rodinné domy a soubor nízkopodlažních bytových domů s kvalitní vazbou na přírodní prostředí rekreačních příměstských lesů by měly vzhledem k příznivé členitosti terénu a klimatickým podmínkám poskytovat vhodné a atraktivní plochy pro bydlení. Funkční využití lokality Komínské louky – Káčata, která je výhradně tvořena plochami půdního fondu bez trvale obydlených objektů, očekává výstavbu bytových a rodinných domů.

To by mělo podpořit jednak rozvoj bydlení a s tím související vyvážení ekonomické a věkové struktury obyvatelstva v městských částech připravované výstavby Jundrov a Komín. Přírozenou krajinnou hranicí těchto městských částí je právě řeka Svratka, díky které má tato lokalita veliký potenciál stát se oázou rekreace, odpočinku a sportovních aktivit pro místní i široký okruh obyvatelstva. Součástí návrhu dopravních ploch je kromě vybudování obslužné komunikace spojující mimoúrovňovou křižovátku Veslařská s rozvojovou plochou bydlení v Jundrově také cyklistická stezka a souběžně vedena stezka pro pěší vzájemně oddělené pásem zeleně táhnoucí se koridorem krajinné zeleně podél toku řeky.

Sportovně rekreační areál Pisárky za Anthroposem je častým vyhledávaným atraktivním místem výletů a rekreace brněnských obyvatel, to jednak vzhledem ke své snadné a rychlé dostupnosti z centra prostřednictvím vozidel MHD. Vytvořením vlastnický jednotného funkčního celku dojde k vytvoření vhodných využití pozemků, které doplní a rozšíří nabídku volnočasových, rekreačních a sportovních nekomerčních aktivit. Vznikne areál sdružující několik sportovišť, který neztratí přírodní ráz, a jejichž nároky na celkové uspořádání území, kapacity a polohy infrastruktury i z hlediska vzájemných vazeb budou zkoordinované. V návrhovém řešení tohoto areálu se dále předpokládá s napojením infrastruktury pro pěší a cyklisty k zastávce MHD Riviéra a parkovacím stáním systémem Park and Ride (dále P+R).

(3)

Kromě maximálního využití potenciálu rozvoje zájmového areálu Pisárky za Anthroposem se obdobně musí vyvinout úsilí o zachování a podpoření historických a geologických hodnot terénního reliéfu, údolní nivy řeky Svatky a esteticky vhodného začlenění širokého záběru sportovních možností do krajinného zázemí města. Součástí přílohy A je návrh urbanistické koncepce jednotlivých navrhovaných ploch v blízkosti řešené křižovatky Pisárecká-Veslařská. Na stávající dopravní vztahy v území by mohly mít z aktuálních navrhovaných ploch dopad plocha stavební smíšená-obchodu a služeb, stavební pro parkoviště typu P+R a stavební plochy všeobecného a čistého bydlení. (3)



Obrázek č.1 Územní vztahy v řešeném území křižovatky

Zdroj: (4), upraveno autorkou

V řešeném území křižovatky se z městských funkcí nepředpokládá s umístěním veřejné vybavenosti typu školy, jelikož stávající kapacity základních škol jsou dostatečné a v případě nárůstu počtu obyvatel jsou schopné pokrýt případnou poptávku. Avšak s rostoucí výstavbou na plochách s obytnou funkcí se jako nutný doplněk k této funkci očekává umístění základní vybavenosti obchodu a služeb. Plochy ostatní zvláštní (Veletřhy a výstaviště Brno) a veřejné vybavenosti (areál Fakultní nemocnice, kampus Masarykovy univerzity nebo VUT) mají specifický význam pro rozvoj města Brna. Vedle udržení rovnováhy mezi mimořádným přírodním zázemím města a zastavěným územím se kompaktnost města vzhledem ke své geologické poloze, která ovlivňuje ve velké míře řešení mnohdy složitých dopravních situací, jeví jako zásadní pro další rozvoj území. Územní vztahy v řešeném území křižovatky lze vidět na obrázku č. 1.

## 1.2 Přepravní vztahy v území

Udržení a rozvoj kvalitní vnitřní dostupnosti města je jeden z významných předpokladů pro jeho fungování. Charakter brněnské městské dopravy je ovlivňován množinou environmentálních, společenských a ekonomických faktorů. Ke zjištění důležitých vztahů v území je nutnou podmínkou znalost rozložení obyvatelstva a pracovních, rekreačních, volnočasových příležitostí v území. Přepravní vztahy v území jsou vazby definované cestami z určitého zdrojového místa dopravním prostředkem do cílové destinace. Čím více je v jednotlivých městských částech Brna obyvatel, tím více bude narůstat poptávka po přemístění.

Zdrojová místa jsou charakteristická především svými demografickými údaji (počty obyvatel, počty ekonomicky aktivních obyvatel, počty studentů, atd.), jelikož představují lokality pro bydlení. Hlavní charakteristikou cílových destinací cest je jejich atraktivita pro určitou skupinu obyvatel. Atraktivitu lze chápat jako nabídku pracovních a nákupních příležitostí, základních, školských a zdravotnických zařízení, rekreačních a sportovních příležitostí. Cíle cest lze dále rozlišit podle preference (rychlost, dostupnost, koncentrace služeb) při jejich dosahování na rekreační (každodenní nebo víkendová rekreace, víkendové nákupy) a dopravní (každodenní nákupy, pracoviště, školy). Jednotlivé zdroje a cíle cest utvářejí prostorové rozložení funkcí v uvažovaném území města a dopravní proudy mezi nimi. (5)

V řešeném území křižovatky nejsou počty ekonomicky aktivních obyvatel ani počty pracovních příležitostí rovnoměrně rozloženy. Východní polovina řešeného území je osídlena hustěji než západní část (příčemž bydlení je soustředěno do velkých sídelních celků Nový Lískovec a Kohoutovice), větší podíl pracovních příležitostí se koncentruje taktéž do východní poloviny území, resp. severovýchodní. Tyto nerovnoměrnosti generují poptávku po přepravě. Ekonomicky aktivních obyvatel přilehlých městských částí v řešeném území křižovatky je nejvíce zaměstnáno v průmyslu, dále v obchodu a službách. Nejvyšší podíly obyvatel pracujících ve zdravotnictví a sociálních službách vykazují městské části Nový Lískovec a Bohunice, obdobně Komín a Žabovřesky vykazují vysoké podíly obyvatel zaměstnaných ve vzdělávání. (6)

Generované dopravní proudy projíždějící analyzovanou křižovatkou jsou charakteristické svým směrovým vedením. V ranních špičkách se produkuje doprava směřující z přilehlých městských částí do centra města Brna, kde se soustřeďují nabídky pracovního trhu a služeb. V odpoledních špičkách mají dopravní proudy opačný směr,

tedy její tok převážně směřuje do přilehlých městských částí Brna, kde se nachází plochy pro bydlení, případně plochy občanské vybavenosti.

Mezi cíli cest, které jsou dosažitelné pouze přes tuto křižovatku, patří rekreační plochy podél řeky Svratky (koupaliště Riviéra, dopravní hřiště), muzeum Anthropos, vilová čtvrť podél ulice Veslařské a areál Výstaviště a veletrhu Brno. Vzdálenější areál Fakultní nemocnice, kampusů brněnských univerzit či obchodních center jsou dosažitelné také přes tuto křižovatku, avšak vzhledem k poloze zdrojových míst cesty může být alternativní trasa časově výhodnější.

Zakreslení poloh oblastí cílů dopravy je zobrazeno na obrázku v příloze B, vedle zdravotních a školských zařízení, jsou vyznačeny oblasti kulturní a rekreační, území průmyslu a správních budov a další. Z obrázku je patrné, že největší koncentrace cílů dopravy se vztahuje k centrální oblasti města. Místa základní občanské vybavenosti jsou integrální součástí bydlení v rámci ploch s obytnou funkcí, která je determinována pěší časovou dostupností do 5 minut.

Na obrázku v příloze C je možné vidět umístění zdrojů (bydlení) a cílů (správní budovy, zdravotní a školská zařízení, oblasti průmyslu, oblasti rekreace a kultury, občanské vybavenosti a dalších cílových lokalit) v rámci řešeného území tvaru kružnice o poloměru 3 000 metrů. Tento poloměr byl zvolen z důvodu zahrnutí přilehlých městských částí (Jundrov, Kohoutovice, Starý a Nový Lískovec), kde se nacházejí zdroje a cíle dopravy s vazbou na řešenou křižovatku. Hrany mezi nimi vyjadřují přepravní vazby v řešeném území. Podkladem pro zpracování přepravních vztahů v rámci řešené lokality bylo dotazování obyvatel v oněch příměstských částech města Brna.

### **1.3 Linkové vedení vozidel MHD křižovatkou**

Mezi dopravci působící na území města Brna zaujímá dominantní postavení akciová společnost Dopravní podnik města Brna, která je součástí Integrovaného dopravního systému Jihomoravského kraje (dále IDS JMK). V zásadě zajišťuje dobře fungující a rozsáhlý dopravní systém MHD, přepravní výkony jsou zajišťovány hustou sítí linek autobusových, trolejbusových a tramvajových v celkovém počtu 778 vozidel (ke dni 31. 12. 2016) všech trakcí. Poměr počtu vozidel jednotlivých trakcí na celém vozovém parku je 2:2:1 (v pořadí tramvaje, autobusy, trolejbusy). (15)

Páteřním prvkem celého dopravního systému MHD v Brně je síť linek tramvajové dopravy, která je svým rozsahem po pražské tramvajové síti největší v České republice. Vzhledem ke struktuře města a historickému vývoji kolejové sítě je tento systém uspořádán

jako radiálně okružní, přičemž jeho základním prvkem je tramvajový okruh v centrální části města Brna.

Do přímého kontaktu s touto nejvíce zatíženou částí tramvajového systému se dostává celkem 10 diametrálních linek, které jsou trasovány do příslušných radiál a jejichž trasa vede do vnějších okrajů sítě. Tramvajový systém je dále doplněn o autobusové a trolejbusové linky v jednotlivých přestupních uzlech, kde je nabízen přestup na navazující dopravu. Ty zajišťují mimo centrální oblast brněnské aglomerace i dopravní obslužnost příměstských částí města, které jsou vzhledem k členitosti jejich georeliéfu těžce dostupná pro vozidla kolejové dopravy. (15)

S urbanizací jednotlivých brněnských městských částí začala vznikat struktura trolejbusového systému, který se vyznačuje dominantně radiálním charakterem, tedy spojuje příměstské části města s jeho centrem. Trolejbusový a tramvajový subsystém tvoří páteřní celoměstskou síť, která je doplňována subsystémem autobusovým. Autobusový subsystém v rámci celého systému MHD plní funkci doplňkové dopravy k oněm dvěma výše zmíněným subsystémům MHD. (15) Jeho základní funkcí je zajišťování dopravní obslužnosti města v nočních hodinách jako samostatný systém nočních autobusových linek. Autobusové linky jsou nedílnou součástí příměstské dopravy vzájemně navazující na železniční dopravu, při zajišťování náhradní dopravy při výlukách a omezeních kolejové dopravy a rovněž se podílí na dopravní obsluze atraktivních míst pro turistiku v Brně i jeho okolí.

Doprava páteřní prezentovaná sítí linek tramvajových a trolejbusových je provozovaná v celotýdenním režimu pouze v denním provozu (od 5:00 do 23:00 hodin). Nočnímu provozu slouží noční autobusové linky. V následující tabulce č. 1 jsou uvedeny základní informace o jednotlivých subsystémech MHD v Brně. Přičemž počet vypravených vozidel koresponduje s průměrným počtem vypravených vozidel za pracovní den.

Dopravní, někdy i jízdní výkon, je jedním ze základních ukazatelů hodnocení výkonů z hlediska provozu hromadné osobní, který vyjadřuje nabídku dopravy jednotlivých subsystémů MHD. Právě zde se dopravním výkonem rozumí dopravní práce vyjádřená ujetou vzdáleností realizovanou přemístěním jednotlivými druhy dopravních prostředků uskutečněná za dané časové období, zde se jedná o rok. Převážným výkonem se pak rozumí výsledný produkt dopravy, tudíž přemístění osob, zvířat či věcí v prostoru a v čase. Jednotky těchto ukazatelů korespondují s účelem hodnocení jejich výkonů (dopravní výkon – ujetá vzdálenost – vozokm, přepravní výkon – přeprava osob – místkm) za určité období.

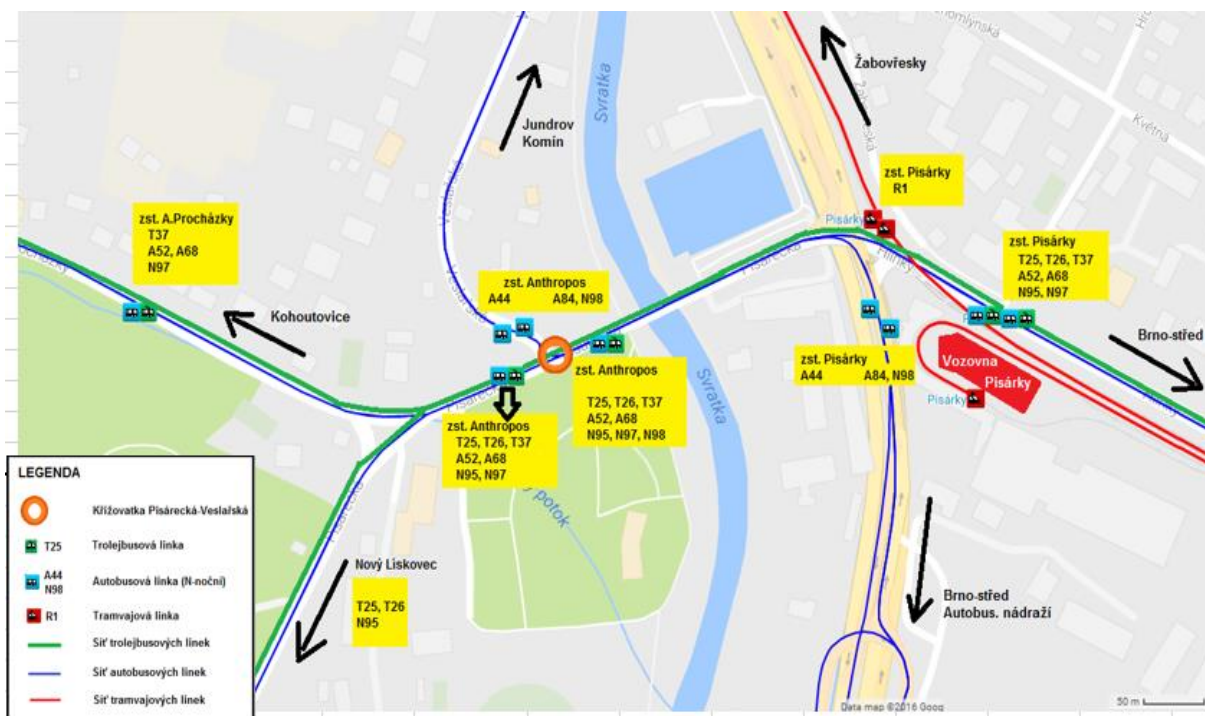
| SUBSYSTÉMY MHD<br>V RÁMCI DPMB          |              | TRAMVAJOVÝ<br>SUBSYSTÉM | TROLEJBUSOVÝ<br>SUBSYSTÉM   | AUTOBUSOVÝ<br>SUBSYSTÉM |
|---|--------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| <b>Linky denní/noční</b>                | Počet [ks]   | 11/0                    | 13/0                        | 38/11                   |
|   | Podíl [%]    | 18/0                    | 21/0                        | 61/100                  |
| <b>Vypravené vozy</b>                   | Počet [ks]   | 231                     | 113                         | 249                     |
|   | Podíl [%]    | 39                      | 20                          | 41                      |
| <b>Dopravní výkon<br/>[vozokm/rok]</b>  | Počet [tis.] | 14 957                  | 6 241                       | 17 469                  |
|   | Podíl [%]    | 39                      | 16                          | 45                      |
| <b>Přepravní výkon<br/>[místkm/rok]</b> | Počet [tis.] | 2 332 887               | 557 013                     | 1 411 073               |
|   | Podíl [%]    | 54                      | 13                          | 33                      |
| <b>Přepravené osoby</b>                 | Počet [tis.] | 193 590                 | 46 679                      | 114 448                 |
|   | Podíl [%]    | 55                      | 13                          | 32                      |
| <b>Místo vozovny</b>                    |              | Medlánky, Pisárky       | Komín, Husovice,<br>Slatina | Medlánky, Slatina       |

Dopravní obslužnost řešené oblasti křižovatky Pisárecká-Veslařská je zajišťována autobusovým subsystémem MHD zabezpečující obslužnost území v celotýdenním režimu po celý den, tedy jak v denních, tak i nočních hodinách provozu, dále spoji trolejbusových i tramvajových linek. Obrázek č. 2 zachycuje vedení linek vzhledem k řešené oblasti křižovatky.

Od centra města směrem k příměstským částem Kohoutovice a Nový Lískovec se vedou trasy trolejbusové sítě. Trolejbusové linky 25 a 26 jsou charakteristické svým tangenciálním vedením vzhledem k centru města, kterého se nedotýkají a přímo spojují vzdálenější městské části (Nový a Starý Lískovec s městskými částmi Brno-Líšeň, Brno-Sever, Brno-Vinohrady). Linka 37 se radiálně napojuje na síť páteřní tramvajové dopravy v přestupním uzlu Mendlovo náměstí a dále pokračuje západním směrem na Kohoutovice, odtud trasa pokračuje až k areálu fakultní nemocnice Bohunice.

Intervaly mezi spoji linky 25 a 26 jsou v ranních a odpoledních špičkách zkracovány až na 4-5 minut, v době dopravních sedel jsou intervaly prodlužovány až na hranici 20 minut. V době ranních špiček jsou posilovány pouze spoje jedoucí ve směru na Mendlovo náměstí, v opačném směru jsou posilovány naopak během odpolední špičky. Více jak 80 % všech spojů dotčených trolejbusových linek jsou zajišťované garantovanými nízkopodlažními vozidly nejen v pracovních dnech, ale i ve dnech volna. Přednosti trolejbusových linek (ekologičnost,

lepší jízdni vlastnosti, nižší investični náklady) se projevují zejména v kopcovitém a těžce přístupném terénu vedoucí do satelitních sídlišť Nového Lískovce, Jundrova a Kohoutovic.



Obrázek č.2 Vedení linek MHD křižovatkou Pisárecká-Veslařská v Brně

Zdroj: (16), upraveno autorkou

Za mostem přes koryto řeky Svratky směrem k centru města se nachází tramvajová zastávka nejvytíženější linky číslo 1 Pisárky. Vzhledem k vedení linky územím města je linka koncipována jako tranzitní, pokrývá velkou část území města a kvůli vysoké poptávce v rozmezí od 7:00 do 18:00 připadá na tuto linku během jedné hodiny 12 spojů s průměrným intervalem mezi spoji činící 5 minut v pracovní dny. Mimo toto časové rozmezí dochází k postupnému prodlužování intervalů mezi spoji až na hranici 15minut. Tramvajová linka vede od Řečkovic v severní části Brna na jih přes zastávky Hlavní nádraží a Mendlovo náměstí, odkud míří severozápadním směrem na Bystrc.

Na trase této linky se nachází významné zdroje a cíle dopravy (dopravních i rekreačních), kromě Hlavního nádraží a Pisárek, se jedná především o Královo Pole, Staré Brno, Komín a Bystrc. V přestupních uzlech na linku navazují radiální větve linií tramvajové, trolejbusové a autobusové sítě. Tranzitní vedení linky vyžaduje minimum nutných přestupů mezi spoji, přitom vytváří přímá spojení mezi celkem 7 brněnskými městskými částmi, kterými projíždí, a tedy i mezi významnými cíli cest v centrální části města Brno-Střed (Hlavní nádraží, Malinovského náměstí, apod.).

Oblastí křižovatky prochází trasy čtyř denních a tří nočních autobusových linek. Spoje denních autobusových linek 52 a 68 mají čistě radiální charakter, ze zastávky Mendlovo náměstí (pro linku 68 Vaňkovo náměstí) s významnými přestupními vazbami pokračují přes Kohoutovice a končí v Brně-Bystřci na zastávce Zoologická zahrada (linka 68 končí v Kohoutovicích). Zbylé denní linky jsou charakteristické okružním vedením s jednosměrným provozem. Linka 44 pravidelně obsluhuje okruh města ve směru proti směru hodinových ručiček, tj. relace Mendlovo náměstí-Autobusové nádraží-Tomkovo náměstí-Královo Pole, nádraží-Komín-Jundrov-Mendlovo náměstí. Linka 84 je provozovaná v opačném směru, tj. po směru hodinových ručiček.

Linka 44 začíná a končí ve stanici Mendlovo náměstí, linka 84 ve Staré osadě v Brně-Židenicích. Je nutné podotknout, že oba přestupní uzly nabízí širokou škálu možností dopravního napojení do centra města. Spoje okružních linek jezdí ve všední dny v době dopravních špiček s intervalem 7-8 minut, v době sedel jsou prodlužovány na 10-15 minut. I přesto, že každá z okružních linek nabízí během denní doby provozu více než 100 spojů, podíl nabízených bezbariérových spojů nepřesahuje hranici 65 %, ale v době dopravní špičky jezdí v pravidelných intervalech činících 10 nebo 20 minut. Okružní linky však mají velký význam v dopravní obsluze území. To je dáno především jejím účelným vedením, které poskytuje příznivé napojení na linky směřující do centra města a vhodné spojení mezi místy na periferii území města Brna.

Tabulka č.2 Směry jízdy jednotlivých linek MHD

Zdroj: Autorka

| SMĚR JÍZDY<br>LINEK       | SMĚR A                              | SMĚR B                              |
|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Tramvajové linky</b>   |                                     |                                     |
| <b>1</b>                  | Řečkovice-Ečerova                   | Ečerova-Řečkovice                   |
| <b>Trolejbusové linky</b> |                                     |                                     |
| <b>25</b>                 | Osová-Novolišeňská                  | Novolišeňská-Osová                  |
| <b>26</b>                 | Kamenný vrch-Novolišeňská           | Novolišeňská-Kamenný vrch           |
| <b>37</b>                 | Osová-Mendlovo náměstí              | Mendlovo náměstí-Osová              |
| <b>Autobusové linky</b>   |                                     |                                     |
| <b>52</b>                 | Mendlovo náměstí-Zoologická zahrada | Zoologická zahrada-Mendlovo náměstí |
| <b>68</b>                 | Myslivna-Vaňkovo náměstí            | Vaňkovo náměstí-Myslivna            |
| <b>44</b>                 | Mendlovo náměstí-Mendlovo náměstí   | Mendlovo náměstí-Mendlovo náměstí   |
| <b>84</b>                 | Stará osada-Stará osada             | Stará osada-Stará osada             |



| SMĚR JÍZDY LINEK   | SMĚR A                    | SMĚR B                    |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>Noční linky</b> |                           |                           |
| <b>95</b>          | Kamenný vrch-Újezd u Brna | Újezd u Brna-Kamenný vrch |
| <b>97</b>          | Jírovcova-Líšeň           | Líšeň-Jírovcova           |
| <b>98</b>          | Líšeň-Žebětín             | Žebětín-Líšeň             |

Noční autobusové linky zaujímají v rámci brněnské hromadné dopravy významnou pozici, brněnští obyvatelé je nazývají tzv. noční rozjezdy. Všechny tři noční linky jezdí s pravidelným intervalem 30 nebo 60 minut, a to nejen ve všední dny, ale i o víkendech. Pravidelně v tomto intervalu se potkávají i s dalšími nočními spoji před brněnským hlavním vlakovým nádražím.

Hromadný rozjezd vozidel z tohoto přestupního uzlu podle času a předchozí úvahy za podpory rozmístěného kamerového systému je pod dohledem dispečerského řízení. Linky provozované o nocích, po nichž následuje pracovní den, nabízí průměrně 34 % bezbariérových spojů z celé množiny spojů zahrnující všechny tři linky. Průměrně o 12 % více nízkopodlažních vozidel v rámci pravidelných spojů se využívá o nocích před nepracovním dnem, kdy se očekává větší poptávka po noční přepravě na území města Brna i v jeho přilehlých částech.

Tabulka č. 3 udává intervaly mezi jednotlivými spoji daných linek, četnost těchto spojů během pracovního i víkendového dne a úroveň bezbariérovosti spojů v rámci dané linky. U každé linky je uveden její jeden směr (směr A), u směru B je pořadí zastávek opačné. Počet spojů a jejich podíl, které jsou bezbariérově přístupné, je uveden v poměru směr A ku směru B. Přičemž jednosměrné okružní autobusové linky 84 a 44 jezdí pouze v jednom směru, směr B tedy neobsahují. Směry jízdy pro jednotlivé linky MHD v Brně jsou zachyceny v tabulce č. 2.

Tabulka č.3 Intervaly, četnost a přístupnost spojů vybraných linek MHD

Zdroj: Autorka

|                           | PRACOVNÍ DNY |        |                 |       | VÍKEND      |         |                 |
|---------------------------|--------------|--------|-----------------|-------|-------------|---------|-----------------|
|                           | Počet spojů  | BS [%] | Intervaly [min] |       | Počet spojů | BS [%]  | Intervaly [min] |
|                           |              |        | špička          | sedlo |             |         |                 |
| <b>Tramvajové linky</b>   |              |        |                 |       |             |         |                 |
| <b>1</b>                  | 186/188      | 75/76  | 3-7             | 5-15  | 103/105     | 100/100 | 10-15           |
| <b>Trolejbusové linky</b> |              |        |                 |       |             |         |                 |

|                         | PRACOVNÍ DNY                   |         |       |       | VÍKEND                           |         |       |
|-------------------------|--------------------------------|---------|-------|-------|----------------------------------|---------|-------|
| <b>25</b>               | 106/112                        | 87/86   | 5-8   | 8-20  | 47/47                            | 100/100 | 20    |
| <b>26</b>               | 104/108                        | 82/74   | 4-6   | 8-20  | 47/50                            | 100/100 | 20    |
| <b>37</b>               | 147/155                        | 80/82   | 3-6   | 6-15  | 84/96                            | 83/81   | 10-15 |
| <b>Autobusové linky</b> |                                |         |       |       |                                  |         |       |
| <b>52</b>               | 70/73                          | 53/46   | 10    | 20-30 | 48/47                            | 62/64   | 20-30 |
| <b>68</b>               | 16/18                          | 100/100 | 60    | 60-65 | 15/15                            | 100/100 | 60-70 |
| <b>44</b>               | 113                            | 50      | 7-8   | 10-15 | 94                               | 70      | 10-15 |
| <b>84</b>               | 111                            | 65      | 7-8   | 10-15 | 82                               | 98      | 10-15 |
| <b>Noční linky</b>      | <b>noc před pracovním dnem</b> |         |       |       | <b>noc před nepracovním dnem</b> |         |       |
| <b>95</b>               | 9/9                            | 44/44   | 30-60 |       | 14/14                            | 57/57   | 30-60 |
| <b>97</b>               | 10/9                           | 40/44   | 30-60 |       | 14/14                            | 57/57   | 30-60 |
| <b>98</b>               | 9/9                            | 22/11   | 60    |       | 14/14                            | 28/21   | 30-60 |

Provoz na síti dotčených linek MHD je zajištěn periodicky, a to ve všech přepravních obdobích pracovního tak i víkendového dne, mají přehledné a přímé linkové vedení koncipované především jako tranzitní (tramvaje), radiální a okružní (autobusy), a tangenciální (trolejbusy). V rámci dotčených linek MHD existují právě v oblasti řešené křižovatky periodicky sladěné přestupní vazby mezi jednotlivými linkami MHD vzájemně. V centru města jsou pak zohledněny i návaznosti externí mezi linkami ostatní veřejné dopravy (linková autobusová a osobní železniční doprava). Tím mohou nejen obyvatelé města Brna, ale i obyvatelé širokého okolí, naplňovat své dopravní potřeby uvnitř i vně města, tedy v celé brněnské metropolitní oblasti.

V době konání veletrhů a výstav v areálu brněnského výstaviště, studentského Majálesu, přehlídky ohňostrojů a dalších akcí reaguje brněnský dopravní podnik flexibilně tím, že jsou spoje dotčených linek posilovány. Na tyto vzniklé zvýšené potřeby přepravy se jeví jako efektivní prostředek pro uspokojení potřeb ze strany poptávajících subsystém autobusový, který se snadno přizpůsobuje vzniklým událostem (flexibilně může měnit trasu, nepotřebuje vlastní infrastrukturu). Avšak někdy je jim znesnadněn průjezd městem až natolik, že se na rampách přilehlé MÚK Hlinky tvoří kongesce a tím dochází ke zdržení vozidel MHD.

## 2 Příprava provedení a vyhodnocení dopravního průzkumu na křižovatce

Na základě krátkodobého dopravního průzkumu intenzity dopravy lze snadno určit odhad ročního průměru denních intenzit jednotlivých dopravních proudů (resp. druhů vozidel) i intenzita za špičkovou hodinu, resp. padesátirázová intenzita, které dále slouží pro posuzování kapacitních výpočtů pozemních komunikací. Uplatňovaná metodika výpočtu intenzity dopravy na veřejně přístupných komunikacích je obsahem Technických podmínek č. 189 (7), které především řeší způsob provádění a vyhodnocování dopravních průzkumů intenzit nemotorové (cyklistické, pěší) a motorové dopravy.

Intenzita dopravy na komunikacích ulic Pisárecké a Veslařské byla stanovena na základě vlastního ručního krátkodobého sčítání dopravy jednotlivých druhů vozidel, a to v běžný pracovní den, úterý, během hodinového intervalu od 9:30 do 10:30 hodin dopoledne. Tato doba sčítání projíždějících vozidel byla stanovena s ohledem na směrovost a vysoké intenzity dopravních proudů v dobách dopravních špiček. Sčítání proběhlo ve třech profilech křižovatky Pisárecká – Veslařská z důvodu přesnosti sledovaných dat v závislosti na vysokých intenzitách dopravních proudů, které korespondují s počtem jejích paprsků.

Pro sledování dopravní intenzity byla vozidla vhodně rozčleněna na druhy, kterými jsou osobní automobily, nákladní automobily, autobusy a cyklisté v rámci hlavního dopravního prostoru (dále HDP). Odděleně, na obou přechodech pro chodce a přejezdech pro cyklisty patřících do křižovatky, byly sledovány intenzity cyklistické a pěší dopravy. Ruční sčítání bylo dále rozšířeno o pořízený videozáznam zaznamenávající situaci na křižovatce během sčítání ve dvou jejích profilech. Záznam byl pořízen především pro kontrolu intenzity dopravy na jednotlivých vjezdech a pro určení dalších veličin (průměrná doba zdržení vozidel na vjezdu, počet přestupujících cestujících a další).

Metodika stanovení intenzit dopravy je založena na přepočtu těchto intenzit pomocí přepočtových koeficientů charakteristických pro jednotlivá časová období (denní, týdenní a roční variace dopravních intenzit). Přepočtové koeficienty jsou stanoveny jednotlivě pro druhy vozidel nebo skupiny vozidel, období roku, ve kterém je průzkum prováděn (jarní, prázdninový, podzimní a zimní), a podle charakteru provozu na komunikaci zejména pro motorovou dopravu, což odpovídá kategorii a třídě pozemní komunikace. Stanovením odhadu denních intenzit jednotlivých druhů dopravy na oněch třech profilech řešené křižovatky, následným určením

odhadu týdenního a ročního průměru daných intenzit lze určit nejen odhad přesnosti ročního průměru denních intenzit dopravy, ale i intenzitu dopravy ve špičkové hodině, na kterou se dále provádí posuzování kapacity křižovatek v intravilánu, a intenzitu výhledovou. Posouzení kapacity se může dělat i na výhledovou intenzitu.

Ulice Pisárecká je zařazena dle Zákona o pozemních komunikacích č. 13/1997 Sb. v platném znění (8) do kategorie místních komunikací a podle normy ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací (9) její urbanisticko-dopravní funkce spadá do funkční skupiny B se sběrnou funkcí (II. třída místních komunikací). Plní svoji funkci tím, že přivádí dopravu na (resp. z) Velký městský okruh (dále VMO) prostřednictvím mimoúrovňové křižovatky Hlinky (dále MÚK Hlinky) a zajišťuje dopravní obslužnost území. Pro překonání šíře HDP jsou situovány na hranici křižovatky ve dvou profilech přechody pro chodce a přejezdy pro cyklisty řízené pomocí světelného signalizačního zařízení (dále SSZ).

Sčítání na křižovatce proběhlo v úterý, v pořadí druhý pracovní den, během hodinového intervalu, koncem měsíce října. Na obou komunikacích převládá spíše smíšený charakter provozu, pravidelné cesty do zaměstnání a škol jsou ekvivalentní cestám víkendovým v průběhu celého týdne. Převážná část víkendových cest má charakter rekreační (nákupy, sportovní aktivity). Podél toku řeky Svratky se nachází ucelený koridor vegetace spojující rekreační oblasti Pisárek a Červeného kopce a nabízí tak bohaté sportovní i rekreační využití dané lokality, krátká dostupnost zastávek MHD nabízí naopak rychlé spojení s centrem města.

Na obrázku č. 3 lze vidět skladbu dopravního proudu, zástupců dotčených motorových i nemotorových druhů dopravy, které v některém směru křižují nebo projíždí větvemi řešené křižovatky Pisárecká-Veslařská. Ve skladbě dopravního proudu mají nejvyšší zastoupení osobní automobily s dodávkami do 3,5 tuny maximální přípustné hmotnosti, téměř desetinový podíl zaujímají chodci a zastoupení vozidel MHD činí 4 %. Avšak je nutné si uvědomit, že k těmto údajům se musí vzít v potaz i tramvajová doprava. Infrastruktura tramvajové linky 1 sice nevede přímo řešenou křižovatkou, ale z hlediska její vysoké dopravní i přepravní výkonnosti tuto součást páteřního systému MHD nelze zanedbat. Podle zastávkového řádu staničilo na zastávce Pisárky během hodinového intervalu (v době ručního sčítání vozidel) celkem 24 vozidel této tramvajové linky v obou směrech jízdy.

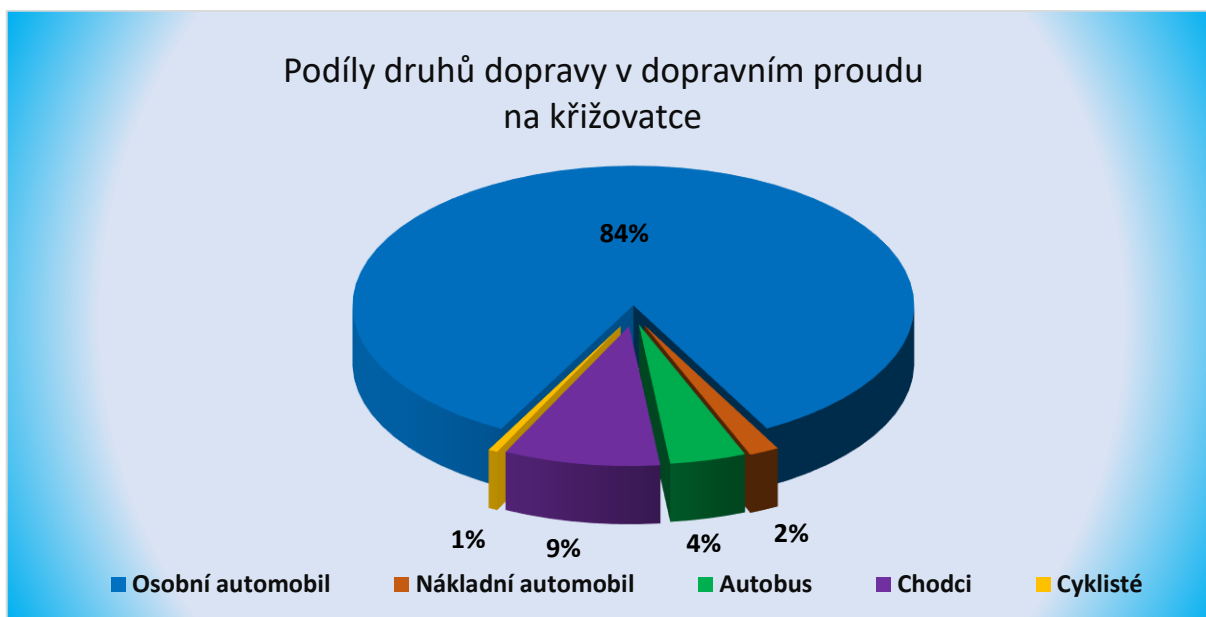
Vysoké intenzity pěší dopravy křižující v příčném směru obě komunikace byly v převážné míře součástí cest konaných i dalšími dopravními prostředky, a to zejména vozidly MHD v rámci dosažení cíle cesty. To znamená, že převážná většina chodců využila plochy přechodu pro chodce za cílem přestoupit na jinou linku MHD. Lokalita křižovatky se tedy jeví jako významný přestupní uzel přilehlých okrajových částí města Brna.

Více než 40 % chodců překonávající ulici Veslařskou však nevyužilo plochy přechodu pro chodce a zkracovali si cestu na druhou stranu v nejužším místě paprsku komunikace nacházející se zhruba 55 metrů od přechodu. Přestupní vazby během ranního průzkumu využilo více jak 90 % cestujících, odpoledne (v době od 16 do 17 hodin) to bylo více jak 65 % cestujících.

Lze tvrdit, že jejich trasa na druhou stranu s cílem dosažení zastávky MHD byla časově nejméně náročná, ale podle Zákona o provozu na pozemních komunikacích č. 361/2000 Sb. v platném znění (24) je tato trasa pro ně nepřípustná a každý chodec (cyklista) musí užít míst vyznačených dopravní značkou „Přechod pro chodce“ („Přejezd pro cyklisty“). Jelikož tato vedlejší komunikace zatáčí doprava směrem k Jundrovu, by mohli být chodci přecházející ze zastávky pro staničení linek 84 (resp. 44) a nočních linek N98 na zastávku na druhé straně napříč komunikací v konfliktu s vozidly najíždějícími k hranici křižovatky.

Ulici Veslařskou celkem překonávalo více než 140 chodců, přitom pouze téměř 60 % z nich využilo plochy přechodu pro chodce. Zbylých 55 chodců překonávalo komunikaci mimo místo pro ně určené, a to především z důvodu velikosti zdržení čekáním na signál „volno“ pro chodce činící průměrně 65 sekund. Intenzity pohybu chodců přes plochu tohoto přechodu pro chodce na komunikaci ulice Veslařské jsou v porovnání intenzitami chodeckých proudů na přechodu pro chodce křížící hlavní komunikaci nepatrně vyšší, dosahují téměř 1,3krát vyšších hodnot.

Před samotným osazením křižovatky SSZ byla situace s přecházením daleko horší, kdy pravidelně více jak 70 % chodců jdoucích na přestup se pohybovalo mezi stojícími a někdy i jedoucími vozidly, a to nejen na ulici Veslařské, ale především na Pisárecké ulici. Avšak i přesto kvůli bezpečnosti nejen chodců, ale veškerých účastníků provozu na křižovatce, se současným respektováním dotčeného Zákona o provozu na pozemních komunikacích č. 361/2000 Sb. v platném znění (24) by k jakémukoli přecházení mimo vyznačené plochy určené pro chodce (resp. cyklisty) nemělo vůbec docházet.



Obrázek č.3 Podíly jednotlivých druhů dopravy na celkovém dopravním proudu

Zdroj: Autorka

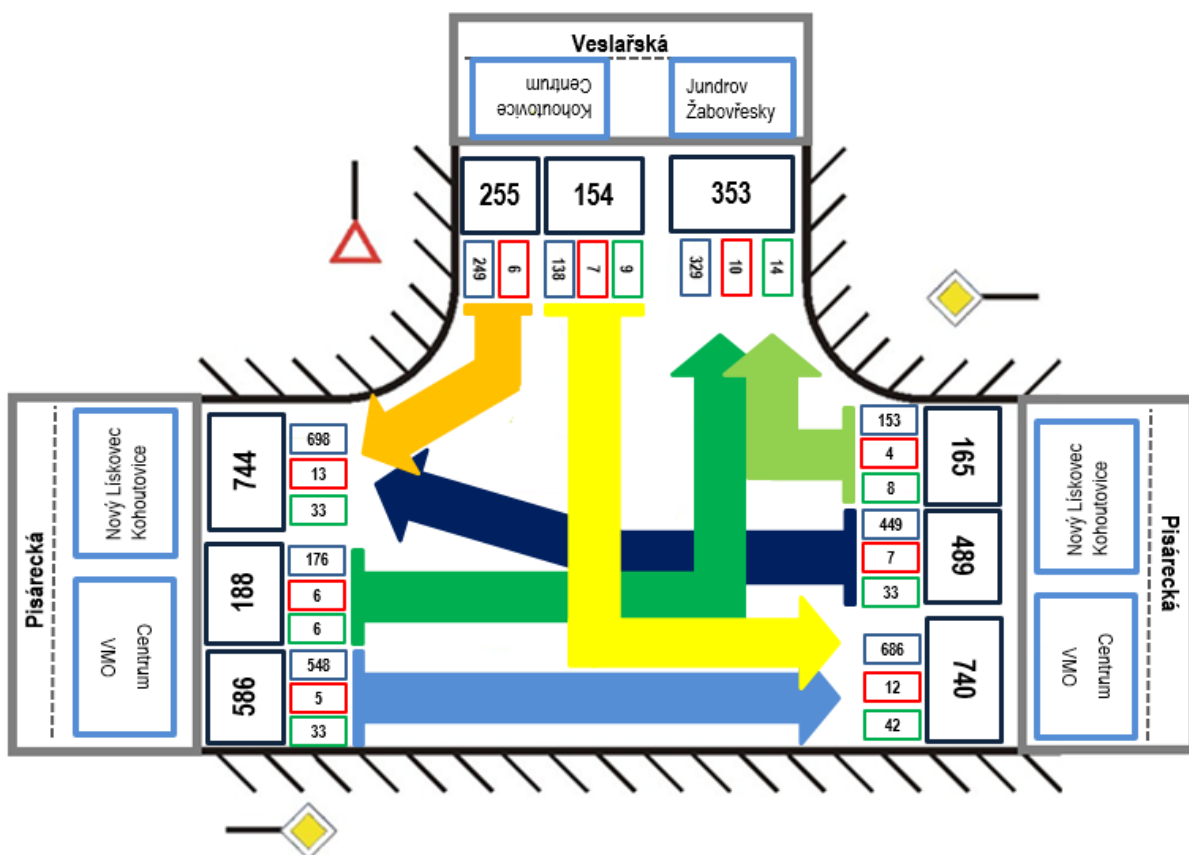
Obrázek č. 3 vyjadřuje podíly jednotlivých účastníků silničního provozu v dopravním proudu na křižovatce. Smíšený charakter dopravy má v dané lokalitě i cyklistická doprava. Rekreačně turistický charakter převládá u rodin s dětmi, či jako skupinová aktivita během celého týdne. Pro cyklisty jezdící jednotlivě se stala jízda na kole předmětem dopravního charakteru, jako pohodlná, levná a rychlá přeprava k cíli (školy, pracoviště, občanská vybavenost, atd.). Jen na výjimky všichni cyklisté využívají vyhrazený jízdní pruh pro cyklisty vedeného v obou směrech podél komunikace ulice Pisárecké.

Více než pětkrát vyšších hodnot, než které vykazují ostatní druhy dopravy dohromady, dosahuje intenzita individuální automobilové dopravy prezentovaná především osobními automobily a dodávkami. V době sčítání dopravy byl provoz ve směru z centra směrem na Kohoutovice (resp. Jundrov) a do centra ze směru opačného bez velkých kolon a zdržení. Vozidla ve frontě projížděla vždy na první signál „volno“. Ve směru od Jundrova (resp. na vjezdu z vedlejší komunikace Veslařské) většina vozidel, tj. téměř 84 %, taktéž projížděla na první signál „volno“, zbylých 16 % vozidel muselo čekat na další cyklus signálního plánu.

K možným kolizním situacím by mohlo docházet v místech zastávek vozidel MHD na ulici Pisárecké, které jsou umístěny v jízdních pruzích a dochází zde k zúžení profilu na jeden jízdní pruh v obou směrech. To vyvolává u tohoto dopravně zatíženého úseku vzhledem k četnosti projíždějících spojů linek MHD svedení individuální automobilové dopravy v každém směru do jednoho jízdního pruhu, čímž snižuje kapacita nejen křižovatky Pisárecká-Veslařská, ale i k ní přilehlých křižovatek MÚK Hlinky a Pisárecká-Antonína Procházky.

Poměrně velkých intenzit (téměř 90 vozidel/h) na této křižovatce Pisárecká-Veslařská dosahuje veřejná hromadná doprava. Kříží se zde trasy autobusové a trolejbusové dopravy. Během dopolední špičky se intenzita vozidel MHD zvýší ve směru od Kohoutovic a Jundrova směrem do centra města, v odpolední špičce se spoje posílí ve směru opačném, které rozváží cestující k sídlištím, bytovým zařízením a občanským vybavením odlehlějších městských částí vzhledem k centru města. V závislosti na preferenci autobusů a trolejbusů na této křižovatce řízené SSZ je průjezd křižovatkou podstatně plynulejší. Tím v podstatě i urychluje individuální automobilovou dopravu jedoucí ve stejném směru, jejíž vozidla by jinak musela čekat ve frontě před SSZ na světelný signál „volno“.

Intenzity spojů tramvajové linky 1 dosahují vysokých hodnot po celou dobu jejího denního provozu ve všedních i víkendových dnech, tj. průměrně 10 spojů/h v pracovních a 6 spojů/h ve víkendových dnech. Ve směru z centra se většinou ve špičkových hodinách stává, že se vozidla zpožďují. Zpoždění však při běžném provozu nepřesahuje hranici 3 minut. S nasbíraným zdržením na zastávce před hlavním nádražím, kde se vyskytuje vysoká koncentrace cestujících, pak dále musí tato vozidla překonat i hustý provoz v ulicích centra města.



Obrázek č.4 Pentagram dopravního zatížení křižovatky v době špičkové hodiny

Zdroj: Autorka

Na obrázku č. 4 jsou znázorněny jednotlivé dopravní proudy a jejich směry jízdy, přičemž hlavní dopravní směr náleží ulici Pisárecké, vedlejší komunikace je prezentována ulicí Veslařskou. Lze vidět, že intenzity vozidel individuální automobilové dopravy a MHD dosahují více než 75% podílu všech vozidel vstupujících do křižovatky z hlavních směrů ulice Pisárecké jedoucí přímým směrem (centrum, resp. Nový Lískovec a Kohoutovice). Téměř 24% podíl zaujmají vozidla projíždějící křižovatkou z Veslařské ulice ve směru k centru a rezidenčním městským částem.

Ranní špička s ohledem na intenzitu celkového dopravního proudu všech vozidel se jeví, že trvá krátkou dobu (zhruba od 6:30 do 8:00), ale je daleko více intenzivnější (hodinová intenzita dosahuje až třikrát vyšších hodnot) než špička odpolední. To je především dáno jízdami do zaměstnání a školských zařízení, jejichž začátky (pracovní doby, výuky) jsou soustředěny do stejného okamžiku. Odpolední špička je naopak méně intenzivní, ale zato trvá i více než dvakrát delší dobu než špička ranní. Během ní se účastníci provozu vrací z práce, ze škol a z jiných zařízení do místa bydliště. Odpolední špička nastává přibližně po třetí hodině odpolední a od 18:00 se již provoz rozvolňuje. V období dopoledního sedla intenzita dopravních proudů klesne o více než 20 %. Současné denní intenzity na komunikaci ulice Veslařská jsou přibližně 9 700 vozidel, na komunikaci ulice Pisárecké v rozmezí 19 000 do 20 000 vozidel za 24 hodin. (13)

Kapacita křižovatky Pisárecká-Veslařská je podmíněna kapacitou v každém jejím střetném bodě, ve kterém dochází ke křížení, spojení nebo rozpojení jednotlivých dopravních proudů. Kapacita této řízené křižovatky závisí především na jejím způsobu řízení a na počtu řadících pruhů na každém vjezdu do křižovatky a na návrhových intenzitách dopravy. Na základě střední doby zdržení na jednotlivých vjezdech řešené stykové křižovatky se určí úroveň kvality dopravy (20).

V tabulce č. 4 jsou související dopravní údaje prokazující požadovanou kvalitu dopravy dle TP 235 (32) a ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na pozemních komunikacích (11). Návrhové intenzity dopravy spolu s určeným saturovaným tokem řadících pruhů poskytnuté Brněnskými komunikacemi a.s. lze vidět na obrázku v příloze H. Při sčítání intenzity provozu na řešené křižovatce bylo použito přístrojové zařízení (dopravní detektory), tzn., sčítání proběhlo automatizovaně.

Pro komunikaci Pisárecká, stejně jako pro komunikaci Veslařskou, je podle ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na pozemních komunikacích (11) požadovaný stupeň kvality dopravy označen stupněm „E“. Kritériem pro posouzení úrovně kvality dopravy je ztrátový čas ( $t_w$ ), který je vyjádřen střední dobou zdržení na jednotlivých vjezdech do řešené



křižovatky. Požadovaný stupeň kvality dopravy „E“ je ekvivalentní hodnotě ztrátového času, který je vyšší než 70 sekund, zároveň nepřekračuje kapacitu na vjezdu (tzn., rezerva kapacity vjezdu není nulová). Výpočet kapacity vjezdů byl proveden na intenzity špičkové hodiny a na signální plán o délce cyklu 100 sekund.

Je patrné, že všechny dosažené hodnoty úrovně kvality dopravy nepřekračují požadovanou úroveň kvality dopravy. Vzhledem k jednomu řadícímu pruhu na komunikaci ulice Veslařské vyšla úroveň kvality dopravy, počítaná pro rok 2015 metodou saturovaného toku, stupně „D“ jako dostatečná s mezní hodnotou střední doby zdržení rovnou 62 sekundám. To je především dáno poměrem délky signálů „volno“ a délky cyklu vzhledem k počtu fází používaných v daném signálním programu.

Tabulka č.4 Posouzení kapacity vjezdů a úroveň kvality dopravy

Zdroj: (13), upraveno autorkou

| <b>POSOUZENÍ KAPACITY VJEZDŮ, ÚROVEŇ KVALITY DOPRAVY - BKOM, 2015</b>   |                                  |         |                                  |                                  |         |           |                 |
|---|----------------------------------|---------|----------------------------------|----------------------------------|---------|-----------|-----------------|
| <b>Vjezd</b>  | $I_v$<br>[pvoz·h <sup>-1</sup> ] | $z$ [s] | $S_v$<br>[pvoz·h <sup>-1</sup> ] | $C_v$<br>[pvoz·h <sup>-1</sup> ] | Rez [%] | $t_w$ [s] | ÚKD<br>dosažená |
| <b>R - VA</b>   | 497                              | 43      | 2 000                            | 860                              | 42      | 22        | B               |
| <b>R,P - VA</b>   | 613                              | 43      | 1 912                            | 822                              | 25      | 27        | B               |
| <b>L/C - VB, KA</b>   | 246                              | 60      | 1 818                            | 1 091                            | 77      | 9         | A               |
| <b>R - VB</b>   | 620                              | 60      | 2 000                            | 1 200                            | 48      | 12        | A               |
| <b>L, P - VC</b>  | 450                              | 27      | 1 845                            | 498                              | 10      | 62        | D               |
| <b>POSOUZENÍ KAPACITY VJEZDŮ, ÚROVEŇ KVALITY DOPRAVY - MĚŘENÍ, 2016</b> |                                  |         |                                  |                                  |         |           |                 |
| <b>Vjezd</b>  | $I_v$<br>[pvoz·h <sup>-1</sup> ] | $z$ [s] | $S_v$<br>[pvoz·h <sup>-1</sup> ] | $C_v$<br>[pvoz·h <sup>-1</sup> ] | Rez [%] | $t_w$ [s] | ÚKD<br>dosažená |
| <b>R - VA</b>   | 307                              | 43      | 2 000                            | 860                              | 64      | 18        | A               |
| <b>R,P - VA</b>   | 415                              | 43      | 1 922                            | 826                              | 50      | 21        | B               |
| <b>L/C - VB, KA</b>   | 367                              | 60      | 1 896                            | 1 138                            | 68      | 10        | A               |
| <b>R - VB</b>   | 473                              | 60      | 2 000                            | 1 200                            | 61      | 10        | A               |
| <b>L, P - VC</b>  | 432                              | 27      | 1 860                            | 502                              | 14      | 51        | D               |

Součástí tabulky č. 4 je posouzení kapacity vjezdů a úrovně kvality dopravy vycházející z ručního sčítání intenzit dopravních proudů na řešené křižovatce z roku 2016. Hodnoty návrhových intenzit dopravy na vjezdu ( $I_v$ ) jsou v porovnání s údaji poskytnutými akciovou společností Brněnské komunikace na třech vjezdech do křižovatky nižší. To je dáno především rozdílnou dobou sledování intenzity dopravního proudu. Zatímco ruční sčítání proběhlo dopoledních hodinách mimo dopravní špičku kvůli směrovosti a vysokým intenzitám v době

ranní špičky, automatizované sčítání se uskutečnilo během odpolední špičky mezi 16:00 a 17:00 hodinou.

Hodnoty návrhových intenzit na vjezdu do křižovatky ze směru od Jundrova (vjezd VC) je v obou případech téměř totožné. Důvodem toho je fakt, že se vedlejší komunikace Veslařská využívá jako objízdná trasa Žabovřeské ulice, na níž se během celého dne tvoří kolony vozidel a tím se cestovní čas těchto vozidel výrazně zvýší. Úroveň kvality dopravy dosažená při ručním sčítání vykazuje nízké hodnoty střední doby zdržení na jednotlivých vjezdech, které nepřekračují 21 sekund. Výjimku tvoří vjezd (signální skupina) VC, kdy vzhledem k vysoké návrhové intenzitě a krátké délce zeleného signálu „Volno“ ztrátový čas dosáhl 51 sekund. Rezerva kapacity tohoto vjezdu do světelně řízené křižovatky je v obou případech sčítání intenzit dopravních proudů velmi malá, nepřekračuje hranici 14 %.

Tabulka č.5 Komparace dostupných dat veličiny průměrného zdržení vozidel na vjezdu

Zdroj: (13), upraveno autorkou

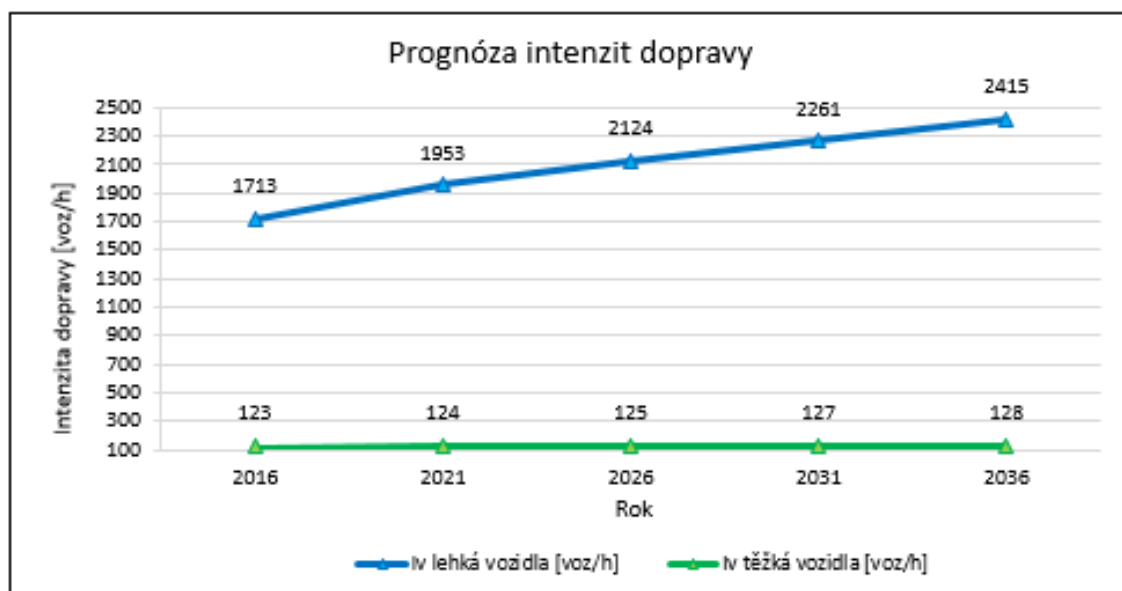
| <b>SROVNÁNÍ PRŮMĚRNÉ DOBY ZDRŽENÍ NA VJEZDU DLE DOSTUPNÝCH DAT</b> |                       |                          |                             |                       |                          |
|--|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|
| <b>Dostupná data/Vjezd</b>   | <b>R – VA<br/>[s]</b> | <b>R, P – VA<br/>[s]</b> | <b>L/C – VB, KA<br/>[s]</b> | <b>R – VB<br/>[s]</b> | <b>L, P – VC<br/>[s]</b> |
| <b>BKOM + TP, 2015</b>   | 22                    | 27                       | 9                           | 12                    | 62                       |
| <b>Ruční sčítání + TP, 2016</b>                                    | 18                    | 21                       | 10                          | 10                    | 51                       |
| <b>Videozáznam, 2016</b>   | 14                    | 18                       | 20                          | 16                    | 47                       |

Tabulka č. 5 zaznamenává hodnoty veličiny průměrného časového zdržení vozidel na jednotlivých vjezdech v závislosti na metodě pořízení vstupních dat a způsobu jejich vyhodnocení. V tabulce č. 4 jsou vstupní data pořízena dvěma metodami, tj. ručním sčítáním a přístrojovým sčítáním pomocí detektorů. Tabulka č. 5 je rozšířena o další metodu pořízení dat, tj. videozáznam, jehož výstup bude dále sloužit ke kalibraci této veličiny v návrhových variantách. Výstupní hodnoty z videozáznamu lépe reflektují stav na řešené křižovatce, je přesnější než jiné metody, a především zohledňuje systém dynamického řízení křižovatky.

Pro řešenou křižovatku byly podle TP 225 Prognóza intenzit automobilové dopravy (33) dále stanoveny výhledové intenzity dopravy metodou jednotného součinitele růstu po pětiletých intervalech až po rok 2036. Metoda jednotného součinitele růstu je použitelná pouze za podmínek, kdy v období mezi výchozím a výhledovým rokem nedojde ke změnám, které by výrazně ovlivnily intenzitu dopravy na řešené křižovatce (20). Vzhledem k této podmínce se bude předpokládat, že během zvoleného období ulice Žabovřeská nebude rekonstruovaná a zároveň vjezd z Veslařské ulice bude vykazovat stejné či vyšší intenzity

dopravy. Výchozí hodnotou pro stanovení výhledových intenzit je hodinová intenzita dopravy naměřená roku 2016.

V grafu na obrázku č. 5 je znázorněn vývoj výhledových intenzit dopravy lehkých a těžkých vozidel po sobě následujících pětiletých intervalech. Z grafu je patrné, že výhledové intenzity těžkých vozidel se blíží konstantní funkci, koeficienty prognózy výhledových intenzit každých 5 let vzrostou jen o jednu setinu. Průběh výhledových intenzit dopravy lehkých vozidel má spíše lineární trend, přičemž prvních deset let se předpokládá s nárůstem intenzit dopravy o téměř 25 %, v druhém desetiletém intervalu již pouze o 7 %. Obrázek č. 5 vhodně doplňuje grafické znázornění vývoje koeficientů prognózy intenzit dopravy v příloze I, jejíž součástí je i ukázka protokolu pro stanovení výhledové intenzity dopravy pro rok 2026.



Obrázek č.5 Graf prognózy intenzit dopravy na řešené křižovatce

Zdroj: Autorka

Údaje o výhledových intenzitách automobilové dopravy získané podle TP 225 Prognóza intenzit automobilové dopravy (33) lze využít v kapacitních výpočtech řešení křižovatky. Teoretický model pro posuzování kapacity křižovatky Pisárecká-Veslařská při výhledových intenzitách dopravy obdobně jako při jejím posuzování ve výchozím roce 2016 vychází z Websterovy metody saturovaného toku. Přičemž hlavním sledovaným ukazatelem bude dosažená úroveň kvality dopravy na jednotlivých vjezdech do řešené křižovatky při výhledových intenzitách dopravy v roce 2021 a 2026.

V tabulce č. 6 jsou uvedené ukazatele (saturovaný tok vjezdu  $S_v$ , návrhová intenzita na vjezdu  $I_v$ , délka zeleného signálu  $z$ , rezerva kapacity vjezdu  $Rez$ , střední doba zdržení na vjezdu do světelně řízené křižovatky  $t_w$  a další) pro posouzení kapacity vjezdů do řešené

křižovatky pro výhledový rok 2021. Kritériem pro posouzení dosažené úrovně kvality dopravy je střední doba zdržení na vjezdu do řešené křižovatky, tedy ztrátový čas signálních skupin. Posouzení kapacity řešené křižovatky a úrovně kvality dopravy pro výhledový rok 2026 je v tabulce v příloze J.

Tabulka č.6 Posouzení kapacity vjezdů, úroveň kvality dopravy pro rok 2021

Zdroj: Autorka

| VJEZD           | I <sub>v</sub><br>[pvoz·h <sup>-1</sup> ] | Z<br>[s] | S <sub>v</sub><br>[pvoz·h <sup>-1</sup> ] | C <sub>v</sub><br>[pvoz·h <sup>-1</sup> ] | REZ<br>[%] | L <sub>F1</sub><br>[m] | L <sub>F2</sub><br>[m] | T <sub>w</sub><br>[s] | ÚKD<br>DOSAŽENÁ |
|-----------------|---|----------|---|---|------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|
| R - VA          | 348                                       | 43       | 2 000                                     | 860                                       | 60         | 33                     | -                      | 19                    | A               |
| R, P - VA       | 458                                       | 43       | 1 921                                     | 826                                       | 45         | 43                     | -                      | 22                    | B               |
| L/C - VB,<br>KA | 415                                       | 60       | 1 897                                     | 1 138                                     | 64         | 28                     | -                      | 10                    | A               |
| R - VB          | 527                                       | 60       | 2 000                                     | 1 200                                     | 56         | 35                     | -                      | 11                    | A               |
| L, P - VC       | 486                                       | 27       | 1 859                                     | 502                                       | 3          | 59                     | -                      | 129                   | E               |

Z tabulky č. 6 je zřejmé, že na vjezdu do řešené křižovatky z Veslařské ulice (vjezd VC) je rezerva kapacity velice malá. Střední doba zdržení na tomto vjezdu dosahuje hodnot větších než 2 minuty. Délka fronty v řadícím pruhu činí téměř 60 metrů, vzhledem k tomu by zde mohlo docházet k zablokování staničících vozidel MHD, jejichž zálivová zastávka je situovaná 25 metrů před stopčárou vjezdu VC. Střední doba zdržení by se jistě odrazila i v délce jízdní doby vozidla MHD na následující zastávku. Vzniklý časový nesoulad s jízdními řady MHD by se mohl dále projevit ve ztrátě atraktivnosti autobusové linky 44.

Tabulka č.7 Dosažená úroveň kvality dopravy ve výchozím roce 2016 a ve výhledových letech 2021 a 2026

Zdroj: Autorka

| DOSAŽENÁ ÚROVEŇ KVALITY DOPRAVY |          |          |          |
|---------------------------------|----------|----------|----------|
| Vjezd (signální skupina)        | Rok 2016 | Rok 2021 | Rok 2026 |
| R - VA                          | A        | A        | A        |
| R, P - VA                       | B        | B        | B        |
| L/C - VB, KA                    | A        | A        | A        |
| R - VB                          | A        | A        | A        |
| L, P - VC                       | D        | E        | F        |

V tabulce č. 7 jsou zaznamenány dosažené úrovně kvality dopravy na jednotlivých vjezdech do křižovatky Pisárecká-Veslařská v pětiletých intervalech do roku 2026. Kapacity

vjezdů do řešené křižovatky situované na hlavní komunikaci (VA, VB) si udrží totožnou úroveň jako ve výchozím roce 2016. Střední doba zdržení na těchto vjezdech nedosáhne vyšší hodnoty než 20 sekund (stupeň A) nebo 35 sekund (stupeň B).

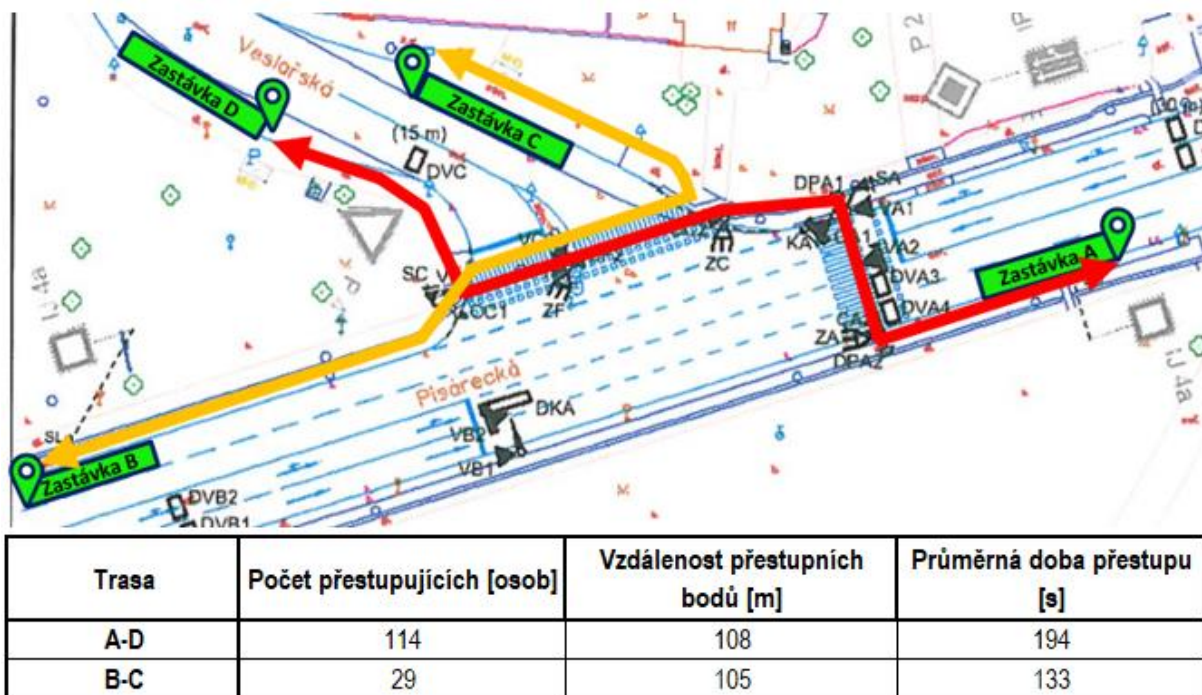
Roku 2021 požadovaný stupeň úrovně kvality dopravy dosažen bude, avšak kvalita dopravy bude charakteristická nestabilním stavem s výrazným ztrátovým časem a délkou fronty v řadicím pruhu na vjezdu VC. Lze očekávat, že signální skupina VC v každých následujících 5 letech (do roku 2026) dosáhne o jeden stupeň nižší úroveň kvality dopravy. V roce 2026 bude již rezerva kapacity tohoto vjezdu překročena o 5 %. Požadovaný stupeň úrovně kvality dopravy nebude dosažen, úroveň kvality dopravy bude na stupni F.

Orientační délka fronty na konci návrhové hodiny s překročenou kapacitou vjezdu činí více než 200 metrů. To by mělo negativní dopad nejen na provoz MHD v tomto směru, ale i na uživatele IAD, především na jejich psychickou stránku (únava, stres). S překročením kapacity vjezdu VC lze očekávat ztráty dopravního výkonu, značný nárůst ekonomické náročnosti dopravy a ekologického zatížení okolí, a zejména výrazné zvýšení nebezpečí dopravních nehod.

V rámci dopravního průzkumu jsou analyzovány přestupní vazby mezi nástupišti zastávek MHD. Stávající stavební řešení řešené křižovatky a řízení jejích dopravních proudů spolu s koncepcí umístění přestupních bodů nástupišť si klade vysoké časové nároky na přestupy mezi jednotlivými přestupními body. Dopravním průzkumem bylo vyhodnoceno, že přestup cestujících na návazné spoje v síti MHD na území řešené křižovatky Pisárecká-Veslařská je uskutečňován ve 2, resp. ve 4 trasách (pro druhý směr přestupu).

Na obrázku č. 6 jsou graficky znázorněny současné přestupní tendence. Obrázek vhodně doplňuje tabulka s časovými nároky na překonání vzdálenosti mezi přestupními body nástupišť. Průměrné časové požadavky byly určeny z videozáznamu zachycujícího aktuální dopravní situaci pořízeného během ručního sčítání vozidel. Předpokládá se, že tyto hodnoty budou dále směrodatné pro hodnocení dispozičních variant řešení.

Z uvedeného obrázku č. 6 je patrné, že existují 2 trasy přestupu za účelem dosažení návazného spoje MHD. První trasa spojuje nástupiště zastávek A a D, přičemž této přestupní vazby v době průzkumu bylo využito téměř 115 cestujícími. Přičemž více než 85 % z nich přestupovalo v relaci D-A, což odpovídá dopolednímu směřování cest do centra města Brna. Lze však očekávat, že v době odpolední špičky budou proudy přestupujících cestujících směřovány směrem z centra do přilehlých městských částí, tzn., většinový podíl přestupujících bude využívat především relaci B-C nebo C-B, případně A-D.



Obrázek č.6 Přestupní tendence a jejich charakteristické ukazatele

Zdroj: (13), upraveno autorkou

Přestupující cestující průměrně překonali trasu mezi nástupišti zastávek A a D dlouhou 108 metrů za necelých 200 sekund. To znamená, že průměrná rychlost proudu přestupujících cestujících se pohybovala na  $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (tj.  $0,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Nízká průměrná rychlost je především dána nutností překonat pozemní komunikace přes dva světelně řízené přechody pro chodce. Čekáním na signál volno se průměrná rychlost proudu přestupujících snižuje.

Druhá trasa je spojnici nástupišť zastávek B a C, jenž využilo vzhledem k provedení dopravního průzkumu v ranních hodinách pouze téměř 30 cestujících. Tito cestující za účelem přestupu na následný spoj MHD museli překonat vzdálenost činící 105 metrů. Cílové nástupiště zastávky MHD překonáním uvedené vzdálenosti je proudem přestupujících cestujících průměrně dosaženo za více než 133 sekund. Vzhledem k překonávání pouze jednoho světelně řízeného přechodu pro chodce lze předpokládat, že průměrná cestovní rychlost bude vyšší. Průměrná rychlost proudu cestujících činí téměř  $0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , což odpovídá necelým  $3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Průměrná rychlost přestupujícího proudu cestujících mezi zastávkami B a C je přibližně o  $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  vyšší než v případě překonávání první uvedené trasy.

### **3 Analýza stavebně-technických poměrů křižovatky**

Předpokladem pro použití metody k posuzování kapacity světelně řízené křižovatky Pisárecká-Veslařská je znalost geometrického uspořádání této křižovatky. Geometrické uspořádání křižovatky musí být v souladu s požadavky ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na pozemních komunikacích (11) a musí umožňovat pravidelnou údržbu a řádné odvodnění.

Analyzovaná křižovatka Pisárecká-Veslařská se nachází západně od historické zástavby města v severní části katastrálního území Pisárky v pomezí tří městských částí Brno-Kohoutovice, Brno-Jundrov a Brno-střed. Křižovatka se vyskytuje v malebné krajině Bobravské vrchoviny nedaleko řeky Svratky, jejíž směr toku se mění při vstupu do Pisárecké kotliny ze severojižního na východozápadní. Lokalita je hojně navštěvována nejen brněnskými obyvateli a je centrem turistiky a rekreace.

Jedná se o úrovnovou tříramennou, dle půdorysného tvaru stykovou křižovatku, na níž je přednost v jízdě upravena svislým dopravním značením, a jednotlivé dopravní proudy jsou usměrňované prostřednictvím SSZ. Ulice Pisárecká je vedená jako hlavní komunikace z důvodu celkového konceptu sítě a jeho trasování, ulice Veslařská je do ní zaústěna jako komunikace vedlejší. Za hranicí křižovatky jsou umístěny dvě zálivové zastávky MHD a dvě zastávky v jízdním pruhu, které umožňují zajištění důležitých přestupních vazeb.

#### **3.1 Počet a uspořádání řadících pruhů na všech paprscích křižovatky**

Křižovatka Pisárecká-Veslařská je charakteristická třemi paprsky, z nichž dva jsou umístěné na hlavní komunikaci v obou směrech, třetí paprsek je prezentován částí ulice Veslařské. Tento paprsek křižovatky je zaústěn do hlavní komunikace ulice Pisárecké pod úhlem  $55^\circ$  (měřeno od osy přilehlého jízdního pruhu Pisárecké ulice k ose Veslařské ulice). Na paprscích křižovatky na ulici Pisárecké v obou směrech jízdy jsou situovány dva řadící pruhy. Krajní řadící pruh (resp. vnitřní ve směru z MÚK Hlinky) je pruhem průběžným, sloužící k jízdě v přímém směru bez odbočení. Druhý pruh slouží také jako pruh průběžný pro jízdu přímo a zároveň pro odbočení vozidel doleva (resp. doprava) ve směru na Jundrov.

Dopravní proudy vozidel na těchto vjezdech do křižovatky jsou řízené plnými světelnými kruhovými signály, které se užívají pro řízení provozu vozidel a jsou charakteristické plnými kruhovými světly, běžně známé jako signály třibarevné soustavy (červená, zelená, žlutá). Ve směru dopravní relace Nový Lískovec (Kohoutovice)-Jundrov

je světelný signál pro odbočující vozidla doplněn signálem pro opuštění křižovatky, tedy vyklizovací šipkou. V opačném směru na hlavní komunikaci je jízda odbočujících vozidel kromě plných světelných signálů na základním návěstidle umožněna pomocí doplňkové šipky pro odbočení vpravo.

Paprsek křižovatky ústící do hlavní komunikace je charakterizován jedním řadícím pruhem se společným řazením pro odbočení vozidel vpravo (směr Kohoutovice, Nový Lískovec) a vlevo (MÚK Hlinky, centrum), tzn. na vjezdu do křižovatky ze směru od Jundrova je pro oba dva směry jízdy k dispozici jeden společný řadící pruh. Dopravní proudy vozidel jsou na tomto paprsku řízeny plnými světelnými signály a doplňkovou zelenou šipkou pro vozidla odbočující vpravo. I přestože na ulici Veslařské je k dispozici pouze jeden řadící pruh, přijíždějící vozidla se řadí do dvou front podle směrů pro odbočení díky rozšířenému vjezdu do křižovatky. Avšak z hlediska vedení komunikace zastavěným terénem je řadící pruh úzký na to, aby se zde mohlo řadit větší množství vozidel. V současné situaci je umožněno řazení maximálně dvou osobních automobilů vedle sebe.

Před každým vjezdem do křižovatky jsou dopravní proudy v jednotlivých směrech řízeny základními světelnými návěstidly, jejichž shodný signální obraz je zobrazován zároveň i na opakovacím návěstidle. Opakovací návěstidla jsou zde umístěna z důvodu dobré viditelnosti světelných signálů všech účastníků provozu motorových vozidel čekajících nebo projíždějících řadícími pruhy. Pro vozidla odbočující vpravo a vlevo na ulici Veslařské a vozidla odbočující vpravo z hlavní komunikace ze směru MÚK Hlinky je signál pro odbočení doplněn signálem žlutého světla ve tvaru chodce. Tento signál upozorňuje řidiče, že jejich směr jízdy křížuje v kolmém směru proud chodců a cyklistů.

Křižovatka je v ne malé míře využívána i chodci a cyklisty (tvoří nejméně 10% podíl v dopravním proudu), kteří překonávají paprsky křižovatky prostřednictvím dvou přechodů pro chodce a dvou přejezdů pro cyklisty. Každý přejezd pro cyklisty přes plochu řešené křižovatky bezprostředně sousedí s přechodem pro chodce. Přejezd pro cyklisty křížující ulici Veslařskou je veden blíže k hranici křižovatky také z důvodu ochrany souběžně přecházejících chodců a logicky navazuje na stezku pro chodce a cyklisty. Obě plochy pro přecházení nemotorových účastníků provozu jsou usazené na hranici křižovatky před řadícími pruhy určeným motorovým vozidlům. Proudů těchto účastníků provozu jsou na křižovatce z hlediska bezpečnosti a plynulosti provozu řízeny sdruženým světelným signálem tříbarevné soustavy pro chodce a cyklisty. Doba zelených v rámci stejné signální skupiny jsou pro chodce a cyklisty stejně dlouhé.



Přechod pro chodce a přejezd pro cyklisty na ulici Pisárecké zaujímá plochu o šířce 6 metrů, přičemž každý zabírá stejnou velikost plochy, tj. každý má šířku 3 metry. Šířka přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty křižující ulici Veslařskou nabývá šířky 5,2 metrů, z čehož 3,2 metrů připadá na přechod pro chodce. Je nutné podotknout, že na plochu přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty křižující HDP hlavní komunikace plynule a logicky nenavazují na stávající plochy cyklostezek a pěších komunikací, resp. chodníků.

Vzhledem k tomu, že zde neexistuje plynulá návaznost mezi těmito plochami nemotorové dopravy, generují se zde další kolizní body styku cyklistické a pěší dopravy. Ochrannou a dělicí funkci v HDP zabezpečuje dělicí ostrůvek na ulici Veslařské, který od sebe fyzicky vzájemně odděluje protisměrné dopravní proudy, poskytuje ochranu pro chodce a cyklisty a umožňuje umístění zařízení pro řízení a bezpečnost provozu (opakovací návěstidlo, svislé dopravní značky, dopravní plastový maják s příkázaným směrem objíždění tělesa).

Na obrázku v příloze D jsou znázorněny jednotlivé řadící pruhy a jednotlivé signální skupiny na křižovatce Pisárecká-Veslařská. Přičemž první písmeno v pořadí určuje typ signálu (doplňková šipka, vyklizovací, pro vozidla, chodce, cyklisty) a druhé písmeno znázorňuje dopravně související signály (stejná signální skupina) a pořadí vjezdu do křižovatky.

Počet a šířky průběžných jízdních pruhů na hlavní komunikaci jsou totožné s šířkou jízdních pruhů před vjezdem do křižovatky, přičemž jednotlivé jízdní pruhy jsou široké 3,25 metrů. Délka řadících pruhů v obou směrech na komunikaci ulice Pisárecké je 40 metrů. Délka závisí na počtu a skladbě vozidel v řadícím pruhu a měla by odpovídat počtu vozidel, která musí zastavit na vjezdu do křižovatky na červený světelný signál. Vzhledem k vzájemné vzdálenosti mezi řešenou křižovatkou a sousední křižovatkou Pisárecká-Antonína Procházky, kde vzdálenost os křižujících se komunikací činí pouze 135 metrů, by měla být tato délka rozhodující. Avšak podle ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací (9) by vzdálenost mezi křižujícími se místními komunikacemi funkční skupiny B2 měla činit 150 metrů. Šířka jízdního pruhu na vedlejší komunikaci ulice Veslařské dosahuje 3,5 metrů.

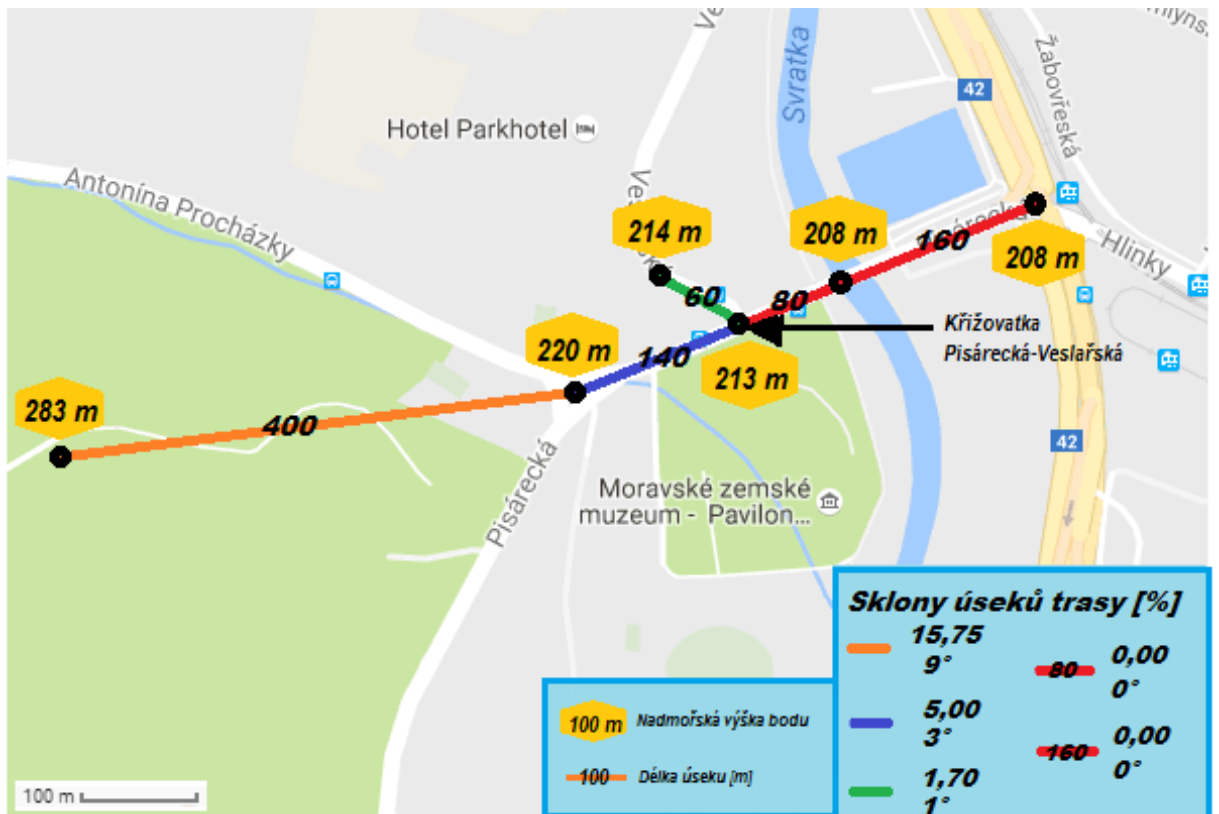
Řešená styková křižovatka zajišťuje usměrněním na hlavní komunikaci bezpečnější odbočení vlevo (resp. vpravo) na komunikaci vedlejší. Ke zvýšení bezpečnosti na křižovatce by z hlediska geometrického uspořádání křižovatky mohlo vést usměrnění dopravních proudů na vedlejší komunikaci a přidatné pruhy (samostatné řadící pruhy) pro odbočení z hlavní komunikace na vedlejší. Avšak vzhledem ke konfiguraci vedlejšího dopravního prostoru takové řešení není možné.

Křižovatka je navržena tak, že zajišťuje snadnou pochopitelnost organizace dopravy pro všechny účastníky provozu. Nejvyšší dovolená rychlost pro motorová vozidla je zde  $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . V době dopravních špiček průměrná rychlost motorových vozidel klesne na hranici  $35\text{-}40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Vozidla projíždějící prostorem křižovatky během dopravních sedel nepřekračují průměrnou rychlost o velikosti  $45 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

### **3.2 Podélný sklon vjezdu a poloměr oblouku pro odbočení**

Širší okolí křižovatky se nachází v terénu vrchoviny, přírodního zázemí Masarykova háje. Jeho nadmořská výška nejvyššího bodu dosahuje téměř 300 metrů nad mořem a ke střednímu ostrůvku křižujících se ulic Pisárecká-Veslařská klesá se sklonem o velikosti  $9^\circ$ . Území v trase od nejvyššího bodu přes střední ostrůvek přilehlé křižovatky Pisárecké-Antonína Procházky směrem k řešené křižovatce rovnoměrně klesá se sklonem, který přibližně činí 5 %.

Úsek mezi křižovatkou Pisárecká-Veslařská a MÚK Hlinky leží ve vodorovné rovině, tedy geometrický sklon úseku mezi křižovatkami je nulový. Na tomto úseku se nachází mostní konstrukce překonávající koryto řeky, kde dochází k poklesu terénu (propadu) v celé šířce mostní konstrukce do hloubky přibližně 5 metrů. Ve směru na ulici Veslařskou terén pozvolna stoupá, přičemž úhel mezi zvoleným úsekem trasy a vodorovnou rovinou nabývá hodnoty rovnající se 1,7 %. Členitost řešeného terénu, sklony jednotlivých částí úseků a jejich délky jsou znázorněny na obrázku č. 7. Podélné sklony byly odvozené pomocí mapového podkladu pro měření výškového profilu území. (12)



Obrázek č.7 Členitost terénu blízkého okolí řešené křižovatky

Zdroj: (12), upraveno autorkou

Podélný sklon vjezdu do křižovatky ovlivňuje signální plán a kapacitu křižovatky pouze v případech, kdy je vjezd umístěn ve stoupání (20). Všechny vjezdy paprsků křižovatky Pisárecká - Veslařská jsou navrženy v klesání kromě vjezdu ze směru od MÚK Hlinky, který se nachází v rovině. Hodnoty sklonů jednotlivých vjezdů nejsou dále při určování a posuzování její kapacity brány v úvahu, jelikož koeficient sklonu vyjadřující vliv podélného sklonu na saturovaný tok nabývá ve všech případech hodnot rovnající se 1. Proto lze konstatovat, že podélné sklonování paprsků křižovatky jsou co nejmenší a podélný profil dopravně významnější komunikace, komunikace Pisárecké, probíhá plynule.

Geometrické tvary oblouků pro odbočení vozidel vyhovují průjezdům všech návrhových vozidel (osobních a nákladních automobilů, vozidel MHD, motocyklů), zejména kloubovým autobusům MHD, které pravidelně projíždí plochou křižovatky (13). V hodnotách poloměrů oblouků pro odbočení se zároveň odráží doporučené poloměry kružnicových oblouků dle ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací (9).

Velké poloměry kružnicových oblouků v ose jízdní dráhy vozidel tak zajišťují plynulý a bezkonfliktní průjezd křižovatkou odbočujících vozidel MHD, zároveň umožňují zvýšení rychlosti průjezdu osobních vozidel. Z toho důvodu jsou zvýšené nároky i na plochu určenou pro chodce a cyklisty křížící v kolmém směru vedlejší komunikaci Veslařskou. Z hlediska jejich bezpečnosti tuto plochu rozděluje dopravní ostrůvek tvaru kapky.

Ten mimo jiné i zvyšuje kapacitu přecházení tím, že jeho užitím dochází k rozdělení přecházení do dvou částí (tzv. přecházení „na dvakrát“) a uprostřed přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty se tak vytvoří ochranná plocha chránící chodce a cyklisty.

Nejmenší poloměr oblouku je navržen pro vozidla odbočující z Veslařské ulice vpravo, který činí 12 metrů. Vzhledem k tomu, že mezi dopravními proudy odbočujících vozidel tímto směrem nejsou přítomna vozidla MHD, je poloměr oblouku dostatečný pro ostatní druhy vozidel. Tato skutečnost vyplývá z ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na místních komunikacích (11), kde jsou definovány dovolené a doporučené nejmenší poloměry kružnicových oblouků podle druhů vozidel. Nejmenší doporučený poloměr oblouku pro velký nákladní automobil nebo návěsovou soupravu činí 10 metrů.

Pro určení poloměru oblouku nelze použít fiktivních poloměrů, protože levé odbočení ze společného řadícího pruhu není ovlivněné proudem protisměrně jedoucích vozidel, zároveň pravé odbočení ze společného řadícího pruhu není ovlivněno souběžně přecházejícími chodci. Poloměr oblouku spolu s podílem odbočujících vozidel z jízdního pruhu tvoří směrodatné hodnoty pro následné určení koeficientu oblouku, který ovlivňuje saturovaný tok řadícího pruhu, současně i saturovaný tok vjezdu. Saturovaný tok vjezdu je jednou z výchozích veličin pro výpočet kapacity běžného vjezdu, který zaujímá nedílnou součást postupu posuzování kapacity světelně řízených křižovatek.

Plocha o nezbytné velikosti pro odbočení na nároží se určuje a vymezuje polohou vlečné křivky odbočujícího vozidla. Přičemž mezi okraji jízdních pruhů a okrajem nároží musí být zachován bezpečnostní odstup o minimální hodnotě 0,25 metrů. Hodnoty poloměrů oblouků a podélných sklonů vjezdů pro jednotlivé směry jízdy na paprscích křižovatky zachycuje tabulka č. 8. Z předchozích odstavců je patrné, že všechny vjezdy jsou v klesání nebo vodorovném sklonu. Koeficient tohoto sklonu dále při výpočtu kapacity křižovatky je roven 1.

| PAPRSEK | NÁZEV KOMUNIKACE    | SMĚR JÍZDY   | SKLON VJEZDU [%] | POLOMĚR OBLOUKU [m] |    |
|---------|---------------------|--------------|------------------|---------------------|----|
| A       | Pisárecká z centra  | rovně        | 0                | -                   |    |
|         |                     | rovně-vpravo | rovně            | 0                   |    |
|         |                     |              | vpravo           | 0                   | 16 |
| B       | Pisárecká do centra | rovně        | 0                | 0                   |    |
|         |                     | rovně-vlevo  | rovně            | 0                   |    |
|         |                     |              | vlevo            | 0                   | 15 |
| C       | Veslařská           | vpravo-vlevo | vpravo           | 0                   | 12 |
|         |                     |              | vlevo            | 0                   | 15 |

Vzhledem k tomu, že levé odbočení vozidel není ovlivněno proudem vozidel v protisměru, zároveň se nerealizuje ze samostatného řadícího pruhu, nýbrž z pruhu společného s přímým směrem jízdy, nemusí se zjišťovat počet míst k najetí a zastavení vozidla odbočující vlevo při dávání přednosti v jízdě vozidlům jedoucím v protisměru.

### 3.3 Vedení nemotorové dopravy a umístění zastávek MHD

Cyklistický pruh vedený při pravém okraji ulice Antonína Procházky je z hlediska zvýšení bezpečnosti barevně odlišen červeným povrchem, po křížení s ulicí Pisáreckou je přiveden do přidruženého dopravního prostoru. Obruba chodníku je v místě nájezdu pro cyklisty snížena tak, aby nedošlo ke smyku jízdního kola podél obruby. Od tohoto místa lemují celou osu komunikace v obou směrech jednosměrná stezka pro chodce a cyklisty, která kopíruje vedení hlavní komunikace.

Cyklistický pruh ve směru na Mendlovo náměstí je oddělen od hrany chodníku pásem širokým 1,1 metru z důvodu stávajících trakčních sloupů a sloupů veřejného osvětlení. Šíře cyklistického pruhu činí 1,4 metru a chodníku 1,5 metru. V tomto směru jízdy dosahuje rychlost cyklistů takových hodnot (až hranice  $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), které jsou chodcům nebezpečné. Na protější straně, směrem na Kohoutovice, je cyklistický pruh stejné šíře umístěn 1,5 metru od hrany chodníku, šíře chodníku pro pěší zde činí 2,5 metru. Povrch plochy určené pro pěší je stavebně odlišen od plochy cyklistického pruhu.

Zastávky MHD na ulici Pisárecké koncipované jako zastávky v jízdním pruhu se nachází v mezikřižovatkových úsecích. Obě zastávky jsou charakteristické délkou nástupní

hrany, která činí 20 metrů. Vzhledem k malé délce nástupní hrany a četnosti spojů linek MHD, kde dochází k souběhům 2 až 3 vozidel MHD o délce 12 metrů, lze zařadit zastavení vozidla MHD na ulici Pisárecká k možným kolizním situacím. Zastávka je opatřena pouze zastávkovým sloupkem s označníkem a tabulí jízdních řádů. Vytvořením vodorovného značení na jízdním pruhu spolu se změnou povrchu nebo reflexními prvky pro lepší noční viditelnost by mohla mít příznivý vliv nejen na uživatele motorových vozidel, ale i řidiče vozidel MHD a čekající cestující.

Ke kolizním situacím dochází při zastavení jednoho, a často i dvou vozidel MHD na zastávce na ulici Pisárecké směrem na Mendlovo náměstí. Tím dochází k zúžení průjezdného profilu na jeden jízdní pruh. Při vyšších intenzitách vlevo odbočujících vozidel (tj. 500 a více vozidel za hodinu) na komunikaci Veslařskou může dojít k zablokování obou jízdních pruhů, a tím k zastavení pohybu vozidel v tomto úseku. Zvýšení kapacity řešené křižovatky i křižovatek přilehlých by bylo možné umístěním zastávek na hlavní komunikaci mimo jízdní pruh, podobně jak je tomu u zastávek na vedlejší komunikaci. Délka nástupní hrany umožňuje zastavení jednoho vozidla MHD, pro zastavení více vozidel je nedostatečná.

K podobné situaci dochází při zastavení vozidla MHD ve směru na Kohoutovice. Z důvodu umístění zastávky v řadícím pruhu, není zcela zřetelné, zdali se jedná o odbočující nebo staničící vozidlo. Umístění zastávek v mezikřižovatkových úsecích v jízdním pruhu snižuje kapacitu sousedních křižovatek (MÚK Hlinky, Pisárecká-Antonína Procházky) a po psychologické stránce působí negativně na řidiče vozidel individuální automobilové dopravy (dále IAD), kterým se tímto důsledkem prodlužují cestovní doby. Vzhledem k umístění zastávek a vedení cyklistického pruhu lze tvrdit, že se vystupující a nastupující cestující pohybují v cyklistických pruzích. Umístění zastávek do prostoru cyklistických pruhů je nevhodné a při vzájemném střetu může vést k ohrožení chodců i cyklistů.

Zastávky na komunikaci ulice Veslařské jsou koncipované jako zastávky v zálivu. Vzhledem k menším intenzitám hromadné dopravy, než kterou vykazují na hlavní komunikaci, a zastavujícím kloubovým vozidlům MHD jsou navržené s nástupní hranou o délce 18 metrů. Délka nástupní hrany je v současné době dostatečná pro množinu nabízených spojů. Ulicí Veslařskou je z nemotorových druhů dopravy vedena pouze pěší doprava po zřízených chodnících kopírující směrové vedení této vedlejší komunikace.

Cyklistická doprava je dále místem MÚK Hlinky vedena jako jednosměrné vyhrazené cyklistické pruhy umístěné mezi krajnicí a pravým jízdním pruhem. V místě křížení s pozemními komunikacemi je pruh opatřen červeným plastickým nástřikem. Sousední MÚK Hlinky je řízená SSZ, proudy cyklistů jsou v obou směrech řízeny

prostřednictvím vlastní signalizace. Ke křížení trasy mezi vozidly MHD a cyklisty dochází ve směru k Mendlovu náměstí v oblasti zastávky Pisárky, kde je po levé straně zálivové zastávky veden vyhrazený cyklistický pruh, což je v souladu s TP 179 Navrhování komunikací pro cyklisty (25).

Ve spodním patře MÚK Hlinky je situovaná tramvajová zastávka MHD linky 1. Celá tramvajová trať je vedena po vlastním tělese tak, aby se nekřížila s ostatní dopravní infrastrukturou. Vzhledem k četnosti spojů (12 spojů za hodinu) a průměrným intervalům mezi nimi (5 minut) se jeví oddělení tramvajového pásu od vozovky velice příhodné. Tím je cestujícím zajištěn bezkolizní, rychlý a bezpečný průjezd Pisárkami.

Na rampě MÚK Hlinky se při odbočení z Pisárecké ulice směrem na ulici Bauerovu nachází dvě zastávky autobusových okružních linek. Zastávky jsou situované v krátké vzdálenosti 50metrů za nárožím křižovatky. Staničení vozidel MHD je vyznačeno v podobě vodorovného dopravného značení také na vozovce s reflexním nástřikem, aby byly snadno postřehnutelné řidiči. Délka nástupiště je dostatečná pro staničení kloubového autobusu. Součástí jedné ze zastávek je přístřešek pro cestující vyčkávající na příjezd autobusového spoje při nepřízní počasí.

Zastávky trolejbusových a autobusových linek leží při průjezdu MÚK Hlinky z Pisárecké ulice v přímém směru za hranicí křižovatky. Zastávky svou plochou nenarušují v plynulém provozu vozidlům jedoucím stejným směrem (pouze při výjezdu vozidel MHD ze zastávky), jsou řešeny v zálivu a kříží se zde směry jízdy cyklistické dopravy a vozidel MHD. I přesto, že je vyhrazený cyklistický pruh z hlediska bezpečnosti odlišen barevně i použitím jiného povrchu, se toto místo jeví jako kolizní z důvodu křížení tras vozidel MHD zajíždějící na zastávku (resp. vyjíždějící ze zastávky).

Součástí infrastruktury pro chodce jsou chodníky, lemující Pisáreckou ulici po pravé straně (směr centrum) a táhnoucí se k zastávkám okružních linek, kde končí. Ulice Hlinky je vybavena chodníky po obou stranách. Na rampě MÚK Hlinky se nachází jeden přechod pro chodce přes nájezdovou rampu z Bauerovy ulice. Z hlediska bezpečnosti chodců je tento přechod pro chodce řízen světelnými signály a z důvodu překonávání čtyřpruhové komunikace je rozdělen dopravním ostrůvkem trojúhelníkového tvaru. Vzhledem k přestupním vazbám mezi jednotlivými linkami MHD se plocha přechodu pro chodce stává místem s vysokou intenzitou pěší dopravy (řádově 150 a více chodců za špičkovou hodinu).

### 3.4 Křižovatky ovlivňující vstupy do křižovatky Pisárecká-Veslařská

Křižovatka Pisárecká-Veslařská sousedí s dalšími křižovatkami, které ovlivňují intenzity vozidel na jejích vjezdech i intervaly jejich příjezdů k vjezdům do sousední křižovatky. Ve směru na Kohoutovice, resp. Nový Lískovec, se nachází úrovně křižovatka vidlicového typu. Zde dochází ke křížení Pisárecké a ulice Antonína Procházky. Taktéž se jedná o místní komunikaci funkční skupiny B (sběrná). Ulice Antonína Procházky je dvoupruhová směrově nerozdělená komunikace, kde je vyhrazený cyklistický pruh veden obousměrně v HDP. Pod křižovatkou ulic Pisárecká a Antonína Procházky je vedený tunel, z něhož do parku u pavilonu Anthropos vytéká Kohoutovický potok.

V žádném paprsku této křižovatky nejsou v současné době umístěny přechody pro chodce, plocha chodníku kopíruje tvar komunikace ulice Antonína Procházky pouze ve směru do Kohoutovic. Zřízení přechodu zde není účelné vzhledem počtu přecházejících blížící se nule a neexistenci chodníků podél komunikací. Za hranicí křižovatky směrem na Nový Lískovec je pro účely pěší chůze k dispozici užší nezpevněná cesta, která je využívána v současné době minimálně (řádově do 50 chodců za den).

V oblasti křižovatky se nevyskytuje žádná zastávka MHD, pouze dříve zmiňovaná zastávka Anthropos, která je situována v mezikřižovatkovém úseku. Zastávka Anthropos je od křižovatky Pisárecká-Antonína Procházky vzdálená 90 metrů a při výjezdu ze zastávky s cílem zařazení se do řadících pruhů ovlivňuje ostatní dopravní proudy vozidel. Ke kolizním situacím především dochází, když trolejbus při výjezdu ze zastávky musí přejet přes pravý jízdní pruh do levého jízdního pruhu pro jízdu směrem na Starý Lískovec, čímž zablokuje oba jízdní pruhy.

Nejvyšším bodem křižovatky je dopravní ostrůvek trojúhelníkového tvaru plnící směrovací funkci. Směrovací ostrůvek kryje možnost odbočení vpravo ve směru od Kohoutovic směrem na Nový Lískovec a odbočení vlevo pro směr opačný. Tímto způsobem dochází k fyzickému oddělení a usměrnění dopravních proudů vozidel odbočujících, nebo naopak připojujících se na hlavní pozemní komunikaci, ulici Pisáreckou. Poměrně vysokých intenzit (v době ručního sčítání 604 vozidel za hodinu, tj. 50 % celkového dopravního proudu na křižovatce) dosahuje proud vozidel jedoucí ze směru Nový Lískovec k centru, z tohoto důvodu slouží pro jejich potřebu průběžný pruh, pro odbočující vozidla je před vjezdem do křižovatky vyhrazen samostatný řadící pruh. Dopravní ostrůvek slouží jako zpomalovací prvek před vjezdem do křižovatky a pro umístění dopravních značek a návěstidel SSZ.



V současné době je městská část Kohoutovice významným zdrojem dopravních intenzit (resp. cílem dopravy), které se projevují nejen na vstupech křižovatky Pisárecká-Antonína Procházky, ale také na přilehlé křižovatce Pisárecká-Veslařská a MÚK Hlinky. Právě na komunikaci bez odbočovacího pruhu ulice Antonína Procházky směrem z Kohoutovic se pravidelně tvoří převážně v ranních špičkách silné dopravní kongesce, při kterých dochází až k 15minutovým zpožděním (26).

V jejich řadách se objevují i vozidla, kterým je působením kongesce znemožněno pravé odbočení k připojení na hlavní komunikaci. Směry z Jundrova a Nového Lískovce jsou podstatně volnější. V odpoledních hodinách při cestách k domovu se kolony vozidel přemísťují na komunikaci Pisáreckou, kde je mimo jiné těsně před řadícím prostorem vozidel 90 metrů od křižovatky Pisárecká-Antonína Procházky umístěna zastávka MHD.

Vzhledem ke křížení tras cyklistické dopravy, odbočujících proudů vozidel z hlavní komunikace a těch, kteří se na hlavní komunikaci připojují, lze toto místo označit jako kolizní. Se zřetelem na poměrně malý poloměr oblouku (do 12 metrů) při odbočování z hlavní komunikace směrem do Kohoutovic (resp. pro oba směry) se průjezd velkých nákladních vozidel a souprav tímto paprskem křižovatky mnohdy stává komplikovaný a problémový. Vlečné křivky velkých nákladních automobilů a nákladních souprav zasahují částí plochy do prostoru řadícího pruhu pro odbočení protijedoucích vozidel.

Z hlediska geometrického uspořádání úrovnové křižovatky tento typ neposkytuje soulad fyzické a psychologické přednosti jízdy na hlavní komunikaci, proto jsou dopravní proudy vstupující do křižovatky řízeny SSZ. Vzhledem ke konfiguraci území, jejímu územnímu členění a vysokým intenzitám vozidel (v době ručního sčítání 1251 vozidel za hodinu) ovlivňující vstupy do křižovatky sousední by poskytnutí souladu fyzické a psychologické přednosti jízdy bylo možné docílit upravením uspořádání paprsků křižovatky tak, aby se obě komunikace křížily pod pravým úhlem.

Vzhledem k vzájemné vzdálenosti mezi křižovatkami Pisárecká-Antonína Procházky a Pisárecká-Veslařská činící 135 metrů, je pro obě křižovatky použit vhodný společný řadič. Spolu s krátkou vzdáleností mezi křižovatkami stejného typu by stavební úprava mohla dobře působit i na koordinaci v rámci tahu Kohoutovice-MÚK Hlinky a v opačném směru. V nadcházejících letech se předpokládá s rostoucím počtem uživatelů IAD z důvodu výstavby ploch obytné funkce v Kohoutovicích. To s sebou zřejmě přinese i iniciativu zlepšení současného stavu na křižovatce Pisárecká-Antonína Procházky, jejíž plochu budou uživatelé IAD překonávat. V současné době je stále více atraktivní úprava přednosti jízdy na křižovatce, což se považuje za finančně úsporné řešení s nevelkými časovými nároky.

Po cca 250 metrech za hranicí křižovatky Pisárecká-Veslařská ve směru do centra se nachází MÚK Hlinky-součást VMO, která přemostňuje ulice Žabovřeská a Bauerova mimoúrovňovým křížením ulic Pisárecká a Hlinky. Stavba MÚK Hlinky a tunel Hlinky s napojením skrze Pisárecký tunel na dálniční síť se zapsaly do paměti obyvatel jižní Moravy jako největší dopravní projekt Jihomoravského kraje. Křižovatka umožňuje spojení centra města Brna s jeho okrajovými částmi, křížení dopravy na VMO a zároveň i vedení telekomunikačních sítí.

Z dvoupruhové komunikace v každém směru ulice Pisárecké se vozidla před vjezdem do křižovatky řadí do dvou řadících pruhů tvořených přímým pruhem s možností odbočení vpravo (směr centrum, výstaviště) a levý odbočovací pruh (směr Bystřec). Právě v tomto směru se na rampách křižovatky tvoří každý pracovní den vlivem ranní dopravní špičky kongesce s čekací dobou do 10 minut. Vzhledem ke ztížené viditelnosti z vozidla kvůli vedení řadících pruhů ve stoupání vozidla projíždí plochou křižovatky při snížené rychlosti činící  $35\text{-}40\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (27). Převážný podíl vozidel (necelých 65 %) překonávající MÚK Hlinky ze směru od řešené křižovatky pokračuje směrem na Hlinky, příp. směrem na Výstaviště, proto lze místo při vjezdu do křižovatky označit za oblast častého tvoření dopravních kongescí.

Komunikace ulice Hlinky ve směru z centra je tvořena čtyřmi pruhy. Při tomto směru jízdy je vozidlům umožněno řazení do řadícího pruhu přímého směru vedený do ulice Pisárecké, průběžným pruhem s možností odbočení vpravo pro jízdu směrem na Bystřec (příp. dálnici na Svitavy). Je zde k dispozici také samostatný pruh pro odbočení vlevo, který je zároveň vjezdovým pruhem do ulice Bauerova. V tomto směru nedochází k tvorbě dopravních kongescí, doby zdržení dopravních proudů na vjezdu do křižovatky jsou zanedbatelné (doba zdržení do 12 sekund). Avšak vzhledem k ztíženým rozhledovým poměrům díky vedení paprsku křižovatky rampami mostní konstrukce ve stoupání dochází především při nepříznivém počasí k situacím ohrožující bezpečnost a plynulost provozu na rampách MÚK Hlinky. Do ulice Hlinky je naopak směřován pouze jeden jízdní pruh.

Komunikace Bauerovy ulice je čtyřpruhová místní komunikace v místě křížení s ostatními ulicemi se dvěma řadícími pruhy. Samostatný pravý odbočovací pruh směřuje dopravní proudy na ulici Hlinky směrem do centra Brna. Pruh pro přímý směr je společný s levým odbočením táhnoucím se obloukem o velkém poloměru (38 metrů), který vede dopravní proudy do městských částí Jundrov (resp. Kohoutovice). Průběžný jízdní pruh přivádí dopravní proudy ve směru ulice Žabovřeské na VMO. Při výjezdu z křižovatky na ulici Žabovřeskou je dopravní proud vedený ve třech jízdních pruzích, které „zipováním“ proudy vozidel přivádí do jednoho pruhu. Skutečnost, že úzké hrdlo páteřní komunikace ulice

Žabovřeské doslova každodenně zablokuje provoz nejen na VMO, ale i v jeho okolí, je již po více než 3 roky jedním z nejkonzultovanějších problémů VMO v Brně.

Nepříznivá konfigurace území prezentovaná sevřením komunikace řekou Svratkou a vedením infrastruktury kolejové dopravy spolu s příkrým skalním svahem Wilsonova lesa na straně druhé má veliký vliv na současné uspořádání pozemní komunikace. Takové dopravní zátěže (cca 60000 vozidel za 24 hodin) představované každodenními dlouhými kolonami vozidel s čekací dobou do 30 minut s sebou přináší možnou hrozbu zvýšení hodnot hluku a smogu (27). Problémy s kongescemi se přitom přenáší i na další místa v dopravní síti, jako je Tomkovo náměstí v Husovicích, kde vedle provozu IAD současně omezuje i dopravu hromadnou.

Dvoupruhová komunikace ulice Žabovřeské ve směru na ulici Bauerovu pokračuje v přímém směru dvěma jízdními pruhy. Levý odbočovací pruh slouží k přivedení proudu vozidel k mimoúrovňovému křížení. Zde jsou společným řadícím pruhem s rozšířeným vjezdem rozváděna do směru k centru města, přímo ve směru na Židenice, nebo k přilehlým městským částem (Kohoutovice, Jundrov) prostřednictvím SSZ. V tomto vjezdu do křižovatky nedochází ke zpoždění vozidel v dopravním proudu.

Orientace na MÚK Hlinky si žádá rozhodně zvýšenou úroveň pozornosti řidičů spolu s respektováním přednosti v jízdě řízenou světelnými signály. Komplexní stavba MÚK Hlinky velice vhodně doplňuje radiálně okružní systém brněnských komunikací a chrání vnitřní městské části před nepřiměřenou tranzitní dopravou. Ta je odváděna a směřována pomocí VMO Bauerova-Žabovřeská, která zajišťuje především mimoměstské tranzitní, vnější a cílové dopravní vztahy společně.

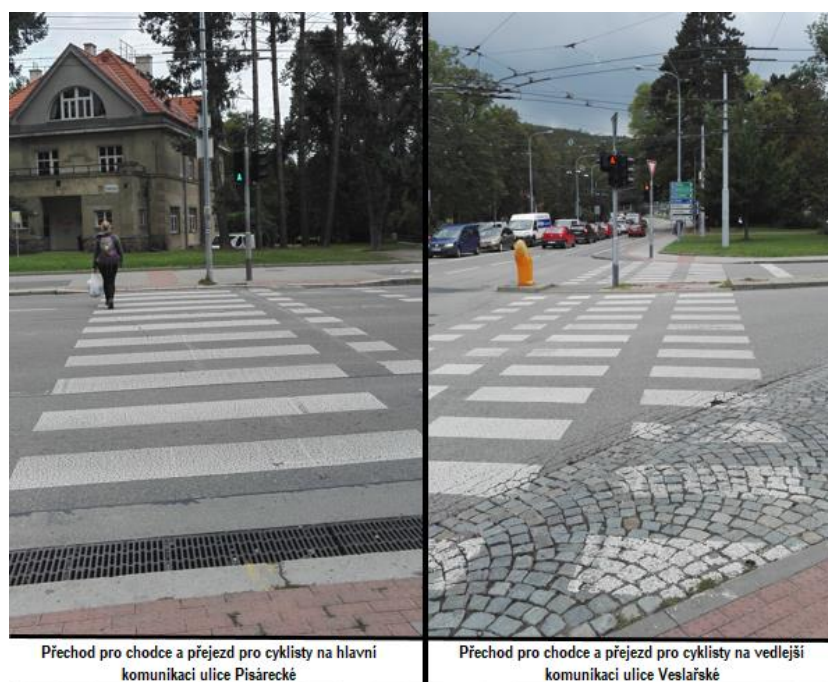
Vzhledem k tomu, že se všechny křižovatky analyzované v rámci této podkapitoly nacházejí od sebe v malých vzdálenostech (do 250 metrů), pak vstup dopravních proudů do jedné křižovatky je bezprostředně ovlivňován výstupem dopravních proudů z přilehlé křižovatky. V ranních hodinách je výrazný proud vozidel směřován ze směru přilehlých městských částí přes křižovatku Pisárecká-Veslařská na rampy mimoúrovňové křižovatky a zde je rozměňován především ve směru do centra a na ulici Žabovřeskou.

V odpoledních hodinách je tomu naopak, dominantní proud vozidel z centra a VMO se na křižovatce Pisárecká-Veslařská rozbíjí na silnější proud směřující do Kohoutovic (resp. Nového Lískovce) a slabší proud do Jundrova. Dopravní proudy vozidel směřující do Jundrova (dále do Komína) využívají buď ploch křižovatky Pisárecká-Veslařská, nebo plochy silniční sítě VMO.

## 4 Řízení provozu na křižovatce a její koordinace s přilehlými křižovatkami

Na jaře roku 2015 Magistrát města Brna schválil na základě požadavku zvýšení bezpečnosti a plynulosti provozu na komunikacích ulic Pisárecká a Veslařská zřízení SSZ (14). Součástí osazení křižovatky SSZ bylo i zrušení přechodu pro chodce a sousedícího přejezdu pro cyklisty (70 metrů od zastávky na Pisárecké ulici směrem na MÚK Hlinky), přechodu pro chodce (součást křižovatky Pisárecká-Antonína Procházky) a výstavbě nového přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty řízeného SSZ (na hranici křižovatky na ulici Pisárecké). Toto současné řešení je brněnskými občany vnímáno jako významný bezpečnostní prvek určený chodcům (resp. cyklistům), který umožňuje krátké přestupní vazby mezi zastávkami MHD.

Provoz na křižovatce Pisárecká-Veslařská je řízen prostřednictvím SSZ, přičemž pro řízení silničního provozu jsou využívány světelné signály tříbarevné soustavy s plnými kruhovými světly. Ty jsou doplněny pro odbočující vozidla z hlavní komunikace ulice Pisárecké signálem doplňkové zelené šipky a signálem pro opuštění křižovatky, tj. vyklizovací šipkou, a v místech křížení přechodů pro chodce a přejezdů pro cyklisty signály přerušovaného žlutého světla ve tvaru chodce. V rámci nemotorového provozu v oblasti křižovatky jsou proudy chodců a cyklistů řízeny taktéž světelnými signály ve dvou profilech řešené křižovatky, jak lze vidět na obrázku č. 8.



Obrázek č.8 Situování přechodů pro chodce a přejezdů pro cyklisty ve dvou profilech řešené křižovatky

Zdroj: Autorka

Z provozně-technického hlediska je řízení provozu realizováno SSZ a prováděno takovým systémem řízení, kdy jsou aktuální signální programy na základě skutečných naměřených hodnot podle dané logiky řízení vypočteny a vyhodnoceny „on-line“. Takový systém řízení je dynamický, dopravně závislý. Údaje charakterizující danou dopravní situaci (aktuální intenzita dopravního proudu, obsazenost jízdních pruhů, rychlost vozidel, přihlášení/odhlášení vozidel MHD) jsou zpracovávány kontinuálně s možností střídání ovlivňování mezi signálním zařízením a provozem samotným, tedy i krátkodobé výkyvy intenzit, typické v době špiček a mimořádných událostí, ovlivňují řízení provozu. Řešená křižovatka je charakteristická dynamickým řízením s pevnou délkou cyklu.

#### **4.1 Detekce vozidel**

V dané oblasti křižovatky je aktuální dopravní situace sledována dopravními detektory – indukčními smyčkami mající vliv na řízení a organizování dopravních proudů vstupujících (resp. opouštějících) do křižovatky. Indukční smyčky jsou citlivá a relativně spolehlivá zařízení určená k detekci přítomnosti vozidla. Prostřednictvím indukčních smyček se na řešené křižovatce zjišťují základní veličiny – řazení vozidel do řadících pruhů, klasifikace vozidel, obsazenost detektoru, čas obsazenosti detektoru a další.

Pomocí standardních dopravně- inženýrských výpočtů lze jejich odvozením zjistit další údaje jako je intenzita a skladba dopravního proudu. Na hlavní komunikaci Pisárecké je v každém směru umístěn v každém jízdním pruhu jeden detektor, ty jsou umístěné do vyřezané spáry pod povrchem vozovky 30 metrů před stopčárou. Indukční smyčky jsou za předpokladu správného provedení naprosto spolehlivé, záleží na správném nastavení jejich citlivost (vysoká citlivost smyček snímá i vozidla v sousedním pruhu, nízká citlivost není schopná indukovat impuls na smyčce).

Na vedlejší komunikaci Veslařské je umístěn jeden detektor 15 metrů před stopčárou opět v jízdním pruhu. Dopravní detektory slouží k detekci projíždějícího vozidla, aby prodloužil interval zelené k plynulému průjezdu vozidla křižovatkou. Jejich vzdálenost od stopčáry je závislá na čase potřebném pro vyhodnocení dané situace a na možnosti nastavení průjezdu detekovaného vozidla řadičem SSZ. Dvě detekční zóny jsou umístěné v blízkosti přechodu pro chodce (resp. přejezdu pro cyklisty) křižující v kolmém směru komunikaci ulice Pisárecké. Dopravní detektory napomáhají zefektivnit provoz v celé oblasti křižovatky a umožňují předcházet nepříjemným dopravním kongescím na jednotlivých paprscích křižovatky.

Při reagování řízení na nároky vozidel MHD řadič přijímá a vyhodnocuje požadavky detekcí vozidel, jejich přihlášením a odhlášením, a řídicí logika na vzniklé nároky reaguje. Řadič SSZ umožňuje zajištění a optimalizaci průjezdu dopravních toků křižovatkou. Přihlášení a odhlášení vozidla MHD se koná prostřednictvím rádiového datového přenosu pro jednotlivé směry jízdy. Vozidla MHD linek 25, 26, 37, 52, 68, 84, N95 a N97 jedoucí ze směru MÚK Hlinky po Pisárecké ulici směrem na Nový Lískovec, Kohoutovice a Jundrov:

1. se hlásí 160 metrů před stopčárkou,
2. následně se hlásí 30 metrů před stopčárkou,
3. odhlásí se po průjezdu stopčárky, nebo příjezdem do zastávky za křižovatkou.

Ze směru od křižovatky Pisárecká-Antonína Procházky směrem na centrum se vozidla MHD linek 25, 26, 37, 52, 68, 84, N95 a N97:

1. hlásí 90 metrů před stopčárkou,
2. následně se hlásí 30 metrů před stopčárkou,
3. odhlásí se po průjezdu stopčárky, nebo příjezdem do zastávky za křižovatkou.

Vozidla MHD linky N98 přijíždějící ke křižovatce Pisárecká-Veslařská ze směru od Jundrova, který nezastavuje v zálivové zastávce Anthropos na vedlejší komunikaci:

1. se hlásí 200 metrů před stopčárkou,
2. následně se hlásí znovu 30 metrů před stopčárkou kódem 10H,
3. odhlásí se po průjezdu stopčárky, nebo příjezdem do zastávky za křižovatkou umístěnou na hlavní komunikaci.

Ze směru od Jundrova se vozidla MHD linky 44, která zastavují v zálivové zastávce Anthropos na vedlejší komunikaci před řešenou křižovatkou:

1. hlásí 300 metrů před stopčárkou,
2. následně se hlásí příjezdem do zastávky (cca 25 metrů před křižovatkou),
3. dále se hlásí odjezdem ze zastávky (cca 25 metrů před křižovatkou),
4. následně se odhlásí po průjezdu stopčárky. (30)

Řadič obdrží informace o přítomnosti vozidla MHD, směru jeho jízdy, o hodnotě zpoždění daného spoje, stupni jeho preference, přičemž aktuální poloha vozidla je sledována pomocí GPS modulu (ale všechny informace jsou předávány radiovou cestou). Na základě toho se ovlivní algoritmus řízení světelné signalizace, který umožní poptávajícímu vozidlu co možná nejplynulejší průjezd křižovatkou prodloužením vlastní fáze nebo zkrácením fáze jiné (kolizní, případně vlastní fáze). Díky systému detekce vozidel MHD předává řadič SSZ důležité informace řídicí ústředně (řídicímu informačnímu systému RIS), která tyto informace

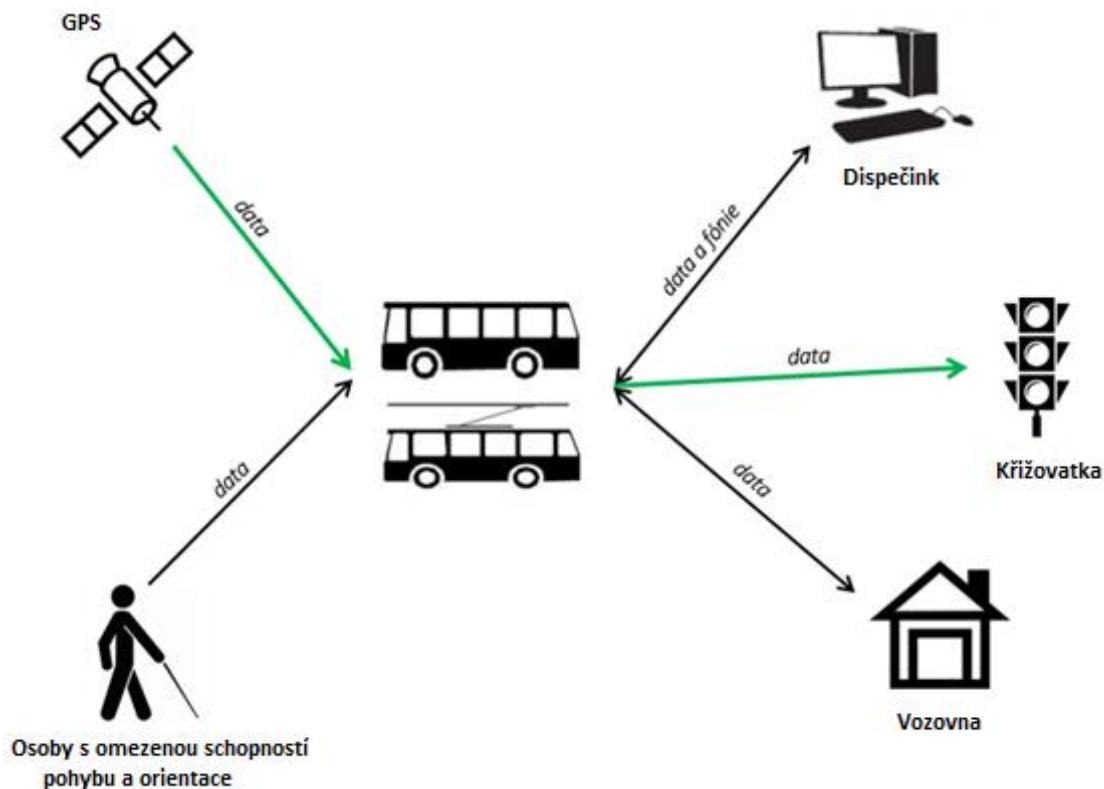
dále zpracovává a vyhodnocuje (čas příjezdu a odjezdu ke křižovatce, informace o stavu preferencí, optimalizace místa přihlášení k SSZ).

Vozidlo MHD, kterému řadič umožnil přednostní postavení cesty přes křižovatku Pisárecká-Veslařská, se po jejím průjezdu radiově odhlásí, aby řadič měl informaci o jeho projetí a mohl dál řídit SSZ. V případě současných nároků více vozidel MHD algoritmus řízení respektuje místně stanovenou hierarchii práv na preferenci (priorita je kladena vozidlům MHD jedoucím v hlavním dopravním směru, vozidla MHD odbočující z Veslařské mají nárok na preferenci v době špiček ob cyklus).

Vozidla brněnské MHD jsou vybavena palubním počítačem, přijímačem signálu GPS a radiomodem 900 Mhz ke komunikaci s řadičem křižovatky. Dynamická preference umožňuje minimalizaci zdržení vozidel MHD před SSZ, plynulý průjezd křižovatkou a optimalizuje nezbytnou dobu signálu „volno“ potřebnou pro jízdu vozidla ke stopčáře (k vjezdu do křižovatky). Tím se zvyšuje atraktivita a využívání MHD cestujícími, spolehlivost a pravidelnost vzhledem k jízdovému řádu.

Jako komplexní dopravně inženýrská platforma využívaná akciovou společností Brněnské komunikace pro navrhování, posuzování a řízení světelné signalizace spolu s přímou přípravou dat pro jejich řadiče se již dlouhodobě uplatňuje software LISA+. Tento nástroj je kompatibilní s řadičem CROSS RS-4, který je díky své vysoké modularitě, komunikaci s ostatními řadiči a logikou řízení nezbytnou součástí pro decentralizované řízení závislé na intenzitě provozu (17). Zároveň slouží jako hlavní řadič liniové koordinace křižovatky Pisárecká-Veslařská s přilehlými křižovatkami. Kromě definice řízení závislého na intenzitě provozu, tj. dynamického řízení, umožňuje i preferenci vozidel brněnské MHD a integrovaného záchranného systému (dále IZS).

Na obrázku č. 9 je znázorněn telematický systém brněnského vozidla MHD a způsob komunikace mezi vozidlem a centrálním dispečinkem, řadičem křižovatky a vozovnou. Datová komunikace mezi vozidlem a řadičem křižovatky zahrnuje identifikaci vozidla, kódy palubní informatiky (linka, cílová zastávka), typ trakce (autobus, trolejbus), trasu průjezdu vozidla křižovatkou (směr jízdy) a hodnotu odchylky od jízdového řádu.



Obrázek č.9 Telematický systém kolových vozidel brněnského MHD

Zdroj: (18), upraveno autorkou

## 4.2 Signální programy používané během pracovních/víkendových dní

Na základě časově předvídatelných stavů zatížení, tj. v průběhu týdne, se tyto stavy opakují, a přímo naměřených dopravních údajů se používá pro řízení provozu na křižovatce Pisárecká-Veslařská 3 signální programy z celkem 6 signálních programů. Jejich volba je závislá na denní hodině a daném dnu provozu. Zbylé 3 signální programy zabezpečují organizaci a řízení provozu při mimořádných událostech, např. v případě světelného řízení v nočních hodinách v období konání brněnských veletrhů, výstav nebo festivalů.

V jednotlivých signálních plánech se odráží různé nároky vozidel (příp. chodců a cyklistů) před křižovatkou a pokrývají rozdíly intenzit dopravních proudů v jednotlivých dnech v daných časových obdobích. Rozpis signálních plánů na křižovatce Pisárecká-Veslařská je uveden v tabulce č. 9.



| KŘÍŽOVATKA<br>PISÁRECKÁ-VESLAŘSKÁ   | TYP ŘADIČE           | PŘIPOJENÍ         | TÝDENNÍ<br>AUTOMATIKA<br>ZE DNE |
|-------------------------------------|----------------------|-------------------|---------------------------------|
| Signální program/délka<br>cyklu [s] | Cross RS-4           | Cross UTC (SCALA) | 08/2015                         |
| <b>PONDĚLÍ-PÁTEK</b>                |                      |                   |                                 |
|                                     | <b>Začátek cyklu</b> |                   | <b>Konec cyklu</b>              |
| <b>SP3/80</b>                       | 5:15                 | -                 | 6:30                            |
| <b>SP1/100</b>                      | 6:30                 | -                 | 18:30                           |
| <b>SP3/80</b>                       | 18:30                | -                 | 21:00                           |
| <b>SP5/60</b>                       | 21:00                | -                 | 22:30                           |
| <b>SOBOTA/NEDĚLE</b>                |                      |                   |                                 |
|                                     | <b>Začátek cyklu</b> |                   | <b>Konec cyklu</b>              |
| <b>SP5/60</b>                       | 6:00/6:00            | -                 | 7:00/8:00                       |
| <b>SP3/80</b>                       | 7:00/8:00            | -                 | 21:00/21:00                     |
| <b>SP5/60</b>                       | 21:00/21:00          | -                 | 22:30/22:30                     |

V tabulce č. 9 je denní časový rozpis jednotlivých signálních programů používaných na křižovatce Pisárecká-Veslařská. Délky jejich cyklů jsou pevné, což je základní předpoklad koordinovaného řízení provozu na přilehlých křižovatkách osazených SSZ. V pracovních dnech je signalizační zařízení v provozu od 5:15 a vypíná se o půl 11 večer. Signální program SP1 s nejdelší dobou cyklu 100 sekund zaujímá největší časové pokrytí dne, sahá od ranní dopravní špičky přes polední sedlo až ke konci dlouhé odpolední špičky (tj. 70 % z celkového provozu signalizačního zařízení).

V době nižších intenzit dopravy, kdy podíl vozidel IAD v dopravním proudu klesne až o 40 %, se volí signální program s kratší dobou cyklu, tj. 60 a 80 sekund. Právě tyto časy potřebné pro kompletní přechod posloupnosti světelných signálů do výchozího stavu jsou vnímány TP 81 Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích (28) jako optimální.

Doba provozu SSZ je podle místních podmínek a časového průběhu intenzit provozu omezena v pracovních dnech na 17,25 h a o víkendech na 16,5 h. V nočních a brzkých ranních hodinách není světelné řízení provozu nutné, jelikož při poklesu intenzit dopravních proudů při neřízeném provozu je doprava na křižovatce výrazně bezpečnější a plynulejší. K tomu výrazně přispívají dobré rozhledové poměry na křižovatce, respektování povolené

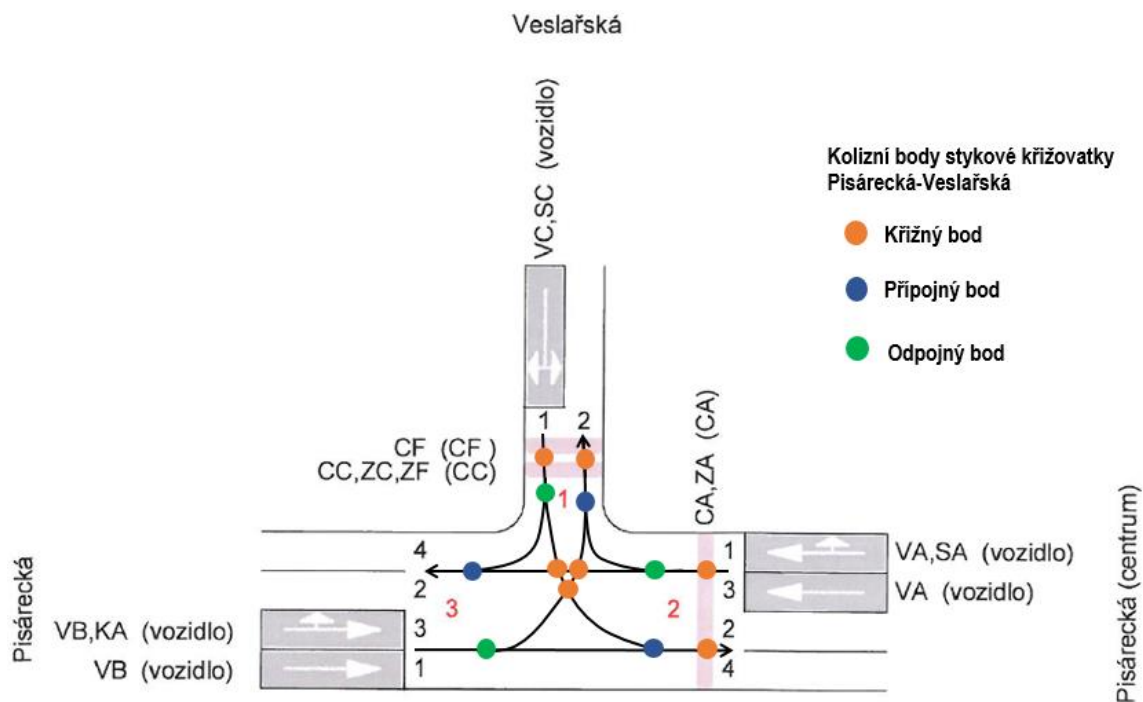
rychlosti motorovými vozidly, srozumitelnost a jednoduchost organizace dopravy. V období nečinnosti SSZ je křižovatka překonávána průměrně 5 chodci za hodinu (měřeno druhý pracovní den). Vozidla jedoucí po hlavní komunikaci ulice Pisárecké projíždí plochou křižovatky bez zdržení, průměrné zdržení vozidel odbočujících z komunikace vedlejší je minimální (řádově do 5 sekund). Provoz je v této době řízen svíslými dopravními značkami upravující přednost v jízdě.

Časově omezená doba provozu signalizačního zařízení má mimo zvýšení bezpečnosti a plynulosti provozu na křižovatce významný vliv na ekonomické hledisko (dynamické řízení je ekonomicky náročnější než pomocí pevných signálních plánů nebo bez SSZ) a ekologické hledisko provozu. Jelikož vypnutím SSZ nejsou přijíždějící vozidla povinna zastavovat a rozjíždět se před „prázdnou“ nebo „téměř prázdnou“ křižovatkou, důsledkem toho se sníží hladina hluku a exhalací, pak i samotná ekologická zátěž na okolní zalesněný reliéf se výrazně sníží. Současně se snižuje riziko dopravních nehod, neboť plynulost provozu není omezována žádnou překážkou.

Víkendový provoz na křižovatce nedosahuje takových hodnot jako při dopravních špičkách během pracovních dnů. Vzhledem k tomu se zapíná signalizační zařízení v 6:00 a vypíná se ve stejnou dobu jako v pracovních dnech, tj. ve 22:30. Používají se zde pouze dva signální plány s délkou cyklu 60 a 80 sekund, přičemž délka cyklu 80 sekund zabezpečuje organizaci provozu na křižovatce téměř 90 % provozu signalizačního zařízení. Pořadí signálních programů se od sebe v jednotlivé víkendové dny neliší, nepatrnou změnou je pouze časový interval v ranních hodinách, během něž je signální program SP5 aktivní. Během prvního víkendového dne usměrňuje dopravní proudy po dobu jedné hodiny, v neděli se tato doba vzhledem ke stejnému časovému průběhu intenzity provozu prodlužuje na dvojnásobek.

### **4.3 Fázové schéma signálního programu**

Řízení provozu na křižovatce Pisárecká-Veslařská se uskutečňuje prostřednictvím 12 signálních skupin. Časovým úsekem od konce doby signálu „volno“ signální skupiny pro jeden směr do začátku signálu „volno“ signální skupiny pro kolizní směr se určí mezičas, který umožní bezpečné opuštění kolizní plochy křižovatky posledním vozidlem (chodcem, cyklistou) dříve, než kolizní plochy dosáhne první vozidlo v následující fázi. Doba mezičasu sestává z doby pro vyklizení křižovatky a bezpečnostní doby zohledňující pojíždění „žlutého“ signálu (při vyklizení motorovým vozidlem), od nichž se odečítá doba najížděcí. Jednotlivé signální skupiny společně s kolizními body jsou znázorněny na obrázku č. 10.



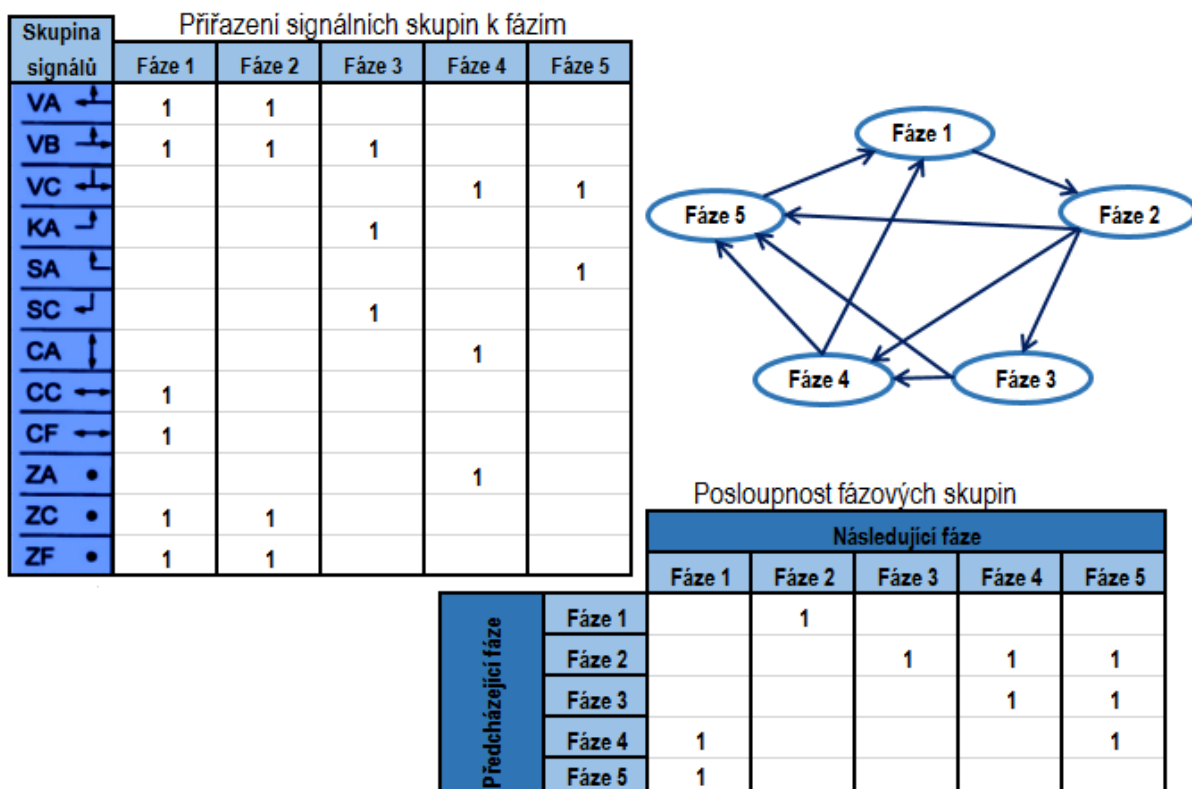
Obrázek č.10 Signální skupiny a kolizní body křižovatky Pisárecká-Veslařská

Zdroj: (13), upraveno autorkou

Signální skupiny, které jsou charakteristické nekolizními dopravními pohyby na ploše křižovatky, a tedy i současným signálem “volno”, jsou přiřazeny do stejné fáze. Jde tedy o to pokrýt minimálním počtem fází maximální podmnožiny vzájemně nekolizních dopravních proudů. Signální skupiny na křižovatce Pisárecká-Veslařská jsou rozřazeny do 5 fází, které jsou seřazeny tak, že je součet neproduktivních časů křižovatky co nejmenší a odpovídá logickým posloupnostem řízení (střídání fází je proveditelné a odpovídá pravidlům silničního provozu).

V rámci fázového schématu se nestřídají fáze s podmíněně kolizním a bezkolizním odbočením vlevo, přičemž řidiči odbočující vlevo (i vpravo pro signální skupinu VA) jsou upozorněni na přítomnost křižujících chodců (resp. cyklistů) žlutým světlem ve tvaru chodce. Daným sledem fázových skupin na křižovatce je docíleno toho, že maximální množina signálních skupin má volno a střídá se nejmenší počet fázových skupin, díky čemuž je doba cyklu maximálně využívána pro jízdu vozidel (resp. přecházení chodců, cyklistů). Minimalizací neproduktivních časů se zároveň maximálně využívá délka cyklu, která podmiňuje velikost kapacity.

Schéma pořadí fázových skupin a přechodů mezi jednotlivými fázemi je znázorněno na obrázku v příloze E. V tabulce na obrázku č. 11 jsou k jednotlivým fázím přiřazeny signální skupiny a znázorněny možné přechody mezi jednotlivými fázemi (posloupnost pořadí fází v signálním plánu).



Obrázek č.11 Schéma fází a určení signálních skupin ve fázích

Zdroj: Autorka

Z grafického zobrazení posloupnosti fází v příloze E nebo v grafu na obrázku č. 11 je patrné, že existuje celkem 6 možných variant kombinací přechodů mezi signálními plány. Pořadí fází na křižovatce Pisárecká-Veslařská je ovlivňováno tím, že určité fáze, tj. fáze 1 a 2, fáze 5 a 1, musí probíhat za sebou tak, aby na sebe navazovaly signály „volno“ těchto fází. Požadavek koordinace křižovatek, preference vozidel MHD, intenzita vozidel poptávající signál „volno“ nebo tlačítková výzva ovládaná chodci (resp. cyklisty) křížící hlavní komunikaci ovlivňuje a určuje pořadí fází na řešené křižovatce.

Pevné fázové přechody nezajistí signál „volno“ poptávané fáze v požadovanou dobu. Úprava řízení křižovatky je možná přizpůsobováním délky doby signálu „volno“ při zachování pevné délky cyklu. Dynamické řízení na řešené křižovatce s pevnou délkou cyklu je nutnou podmínkou pro její koordinaci s přílehlými křižovatkami. Při přihlášení vozidla MHD, výzvě ze strany chodců a jiných preferenčních požadavcích je jejich preference založena podle aktuální fáze cyklu na dvou modifikacích průběhu řízení SSZ.

Jednou z nich je prodlužování vlastní fáze, pokud v okamžiku požadavku právě probíhá vlastní fáze v poptávaném směru, kdy vozidlo stačí dojet ke stopčáře v době maximálního povoleného prodloužení fáze, se doba signálu „volno“ prodlouží o čas potřebný k jízdě vozidla od místa přihlášení k stopčáře. Druhá modifikace je charakteristická zkracováním jiné fáze, když je v okamžiku nároku právě probíhá jiná fáze, která je kolizní

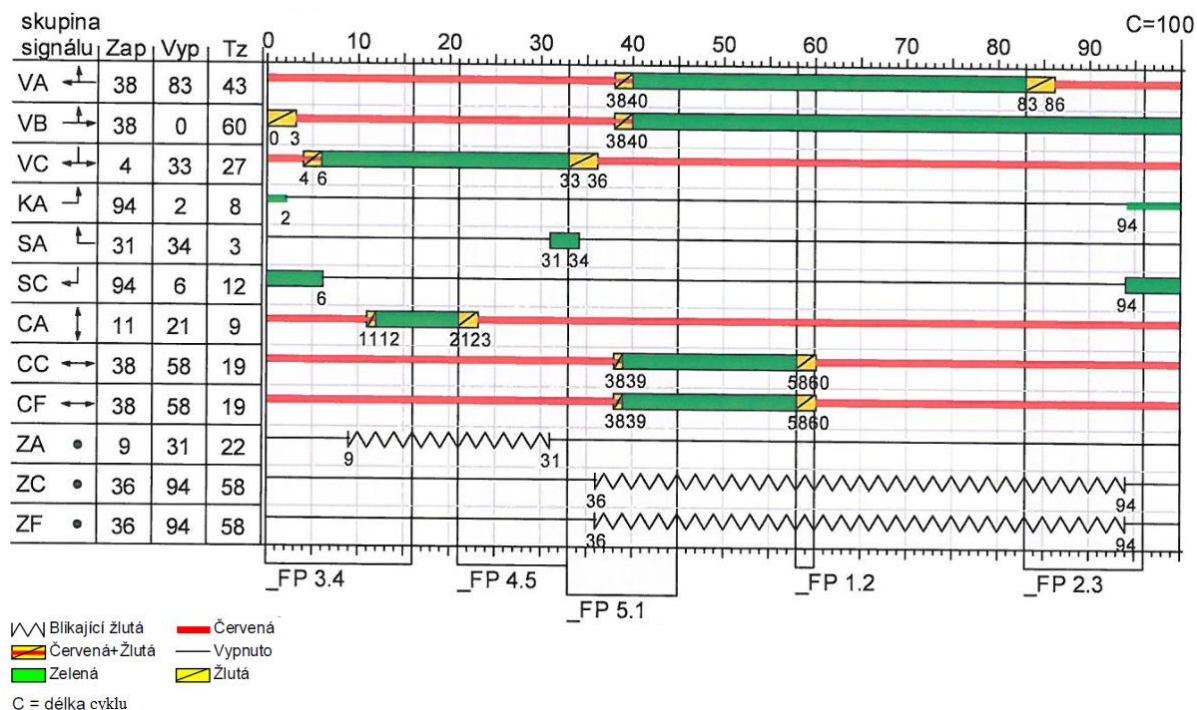
s poptávanou fází. Tato právě probíhající fáze se zkrátí nebo se ukončí její prodlužování tak, aby poptávaná prioritní fáze nastala co nejdříve. Ke zkracování dob zelených nedochází u pěších proudů (rest. cyklistických).

Pro řízení organizace dopravy na křižovatce Pisárecká-Veslařská se používají signální programy o různých délkách cyklu, které se během daného časového období, kdy jsou v provozu, nemění. Délka cyklu představuje součet nutných dob signálů „volno“ a rozhodujících mezičasů, které přísluší jednotlivým signálům „volno“. Signální program je grafický znázorněním jednotlivých signálních skupin, kterým je určeno pořadí a délky signálních dob (začátku a konce signálu „volno“, délkou trvání).

Signální plán č. 1 je charakteristický v porovnání s ostatními používanými signálními plány k organizaci provozu na křižovatce nejdelší dobou délky cyklu, která činí 100 s. Vzhledem k vysokým intenzitám provozu nejen na řešené křižovatce, ale i na sousedních křižovatkách, které jsou ve vzájemné koordinaci, lze považovat tento program za optimální. Avšak během poledního sedla, kdy intenzita dopravního proudu klesne, volbou tohoto programu vzrůstá zdržení vozidel na vjezdech do křižovatky, což má negativní vliv na jejich cestovní rychlost, psychickou stránku uživatelů vozidel (např. netrpělivost) a na výši externích nákladů (růst produkce emisí do ovzduší, zvýšení hluku a časových nákladů cesty).

#### **4.4 Signální program s nejdelší používanou pevnou délkou cyklu**

Na obrázku č. 12 je možné vidět signální program využívaný pro řízení a organizaci dopravy na křižovatce Pisárecká-Veslařská v Brně s pevnou délkou cyklu 100 sekund. Pro jednotlivé signální skupiny v signálním programu jsou určeny začátky a konce sob signálů „volno“ a délka jejich trvání v sekundách. V signálním plánu jsou také vyobrazeny délky dob fázových přechodů a pořadí fází vzhledem ke zvolenému signálnímu programu.



Obrázek č.12 Signální program s délkou cyklu 100 s

Zdroj: (13), upraveno autorkou

Signální plány jsou vybírány podle časových a dopravních závislostí a jsou aktivní po delší časové období, tj. minimálně 1,25 hodin. Délka doby činnosti signálního programu o délce cyklu 100 sekund je v pracovních dnech rovna 12 hodinám, čímž pokrývá dopravní špičky (ranní i odpolední) a polední sedlo s nižšími intenzitami vozidel. Signální plán pro křižovatku Pisárecká-Veslařská a křižovatek s ní zařazených do koordinace je navržen dopravně-inženýrským softwarem Lisa+. Signální skupiny, které vstupují do křižovatky ve stejný okamžik, jsou zařazeny do stejné fáze a vzájemně jsou v bezkolizním (příp. podmíněně kolizním) vztahu. Signály „volno“ jednotlivých signálních skupin na sebe logicky plynule navazují.

Z obrázku č. 12 signálního plánu s délkou cyklu 100 s je patrné, že v rámci řízení provozu SSZ jsou preferované signální skupiny VA a VB, tedy dopravní proudy přijíždějící z hlavní komunikace Pisárecké, které pokračují při výjezdu z křižovatky přímým směrem ke křižovatce MÚK Hlinky (resp. ke křižovatce Pisárecká-Antonína Procházky) nebo odbočují směrem na Jundrov. Takovéto preferenční opatření pro tyto směry dopravních proudů je použito i v ostatních signálních plánech s kratší dobou cyklu. Vzhledem k tomu, že tyto dopravní proudy nabývají na významu svou vysokou intenzitou provozu vozidel IAD a vozidel MHD, je účelné pro ně zabezpečit vyšší podíl doby signálu „volno“ z doby cyklu signálního programu.

Z těchto dvou hlavních směrů je více zohledněn směr od křižovatky Pisárecká-Antonína Procházky směrem do centra. Daný dopravní směr je natolik preferován, že celková doba volna pro tento směr v rámci jednoho cyklu činí 60 %. Tím se zvyšuje plynulost dopravních proudů a zároveň se snižuje zdržení vozidel v tomto směru. Současně s hlavními dopravními směry svítí paralelní chodecký a cyklistický signál „volno“ doplněný o blikající žluté světlo varující odbočující uživatele motorových vozidel na přítomnost pěších a cyklistů.

Tyto dopravní pohyby jsou podmíněně kolizní, tzn. vozidla odbočující vlevo a vpravo z hlavní komunikace dávají přednost chodcům a cyklistům přecházející přes vozovku, na níž vozidla odbočují. Současně vozidla odbočující vlevo ze směru od Kohoutovic musí dát přednost protijedoucím vozidlům i vozidlům odbočující z protisměru vpravo (směr Jundrov). Kolizní pohyby těchto dopravních proudů tedy nejsou řešeny prostřednictvím SSZ, ale příslušnými pravidly provozu na pozemních komunikacích o přednosti. Volno chodcům (resp. cyklistům) je vzhledem ke křížení s podmíněně kolizními dopravními pohyby stejné fáze přiřazeno pouze na začátku fáze.

V porovnání s délkou zelené pro chodce křižující hlavní komunikaci je doba „volna“ pěších přecházející ulici Veslařskou více než dvakrát tak delší. To je dáno především překonáváním přibližně dvakrát větší vzdálenosti, která je dělená dopravním ostrůvkem plnící bezpečnostní funkci pro chodce a cyklisty. I přes to je doba zelené pro chodce dostatečně dlouhá na to, aby mohli přejít přes přechod pro chodce na ulici Veslařské v jedné fázi. V případě obou přechodů pro chodce a přejezdů pro cyklisty je jejich uživatelům přiřazen dostatečně dlouhý mezičas, tj. nejméně 5 sekund, pro vyklizení křižovatky vozidly z předešlé fáze a pro bezpečné opuštění plochy přechodu chodci (vzhledem ke kolizním proudům v následující fázi), tj. nejméně 10 sekund.

Délka trvání zelené signální skupiny VC, která je reprezentovaná množinou odbočujících vozidel z vedlejší komunikace, je o 33 sekund kratší než doba trvání zelené na návěstidle signální skupiny VB zastupující nejvíce zohledněný hlavní směr. Zelená na návěstidle skupiny VC plynule přechází z fáze 4 do fáze 5 a po tuto dobu je aktivní. Mezičas dlouhý nejméně 6 sekund umožňuje bezpečně opustit plochu křižovatky posledním vyklizujícím vozidlem této signální skupiny před najíždějícími vozidly a chodci (resp. cyklisty) z fáze následující, tj. fáze 1.

Návěstidla přerušovaného žlutého světla tvaru chodce u přechodů pro chodce a přejezdů pro cyklisty jsou aktivní vždy, když na návěstidlech paralelních signálních skupin (k signální skupině CA skupina VC, k CC a CF skupiny VA a VB) ke skupinám chodeckým svítí signál „volno“ ve volném směru. Návěstidlo má poměrně silný psychologický efekt

na uživatele motorových vozidel, slouží pro lepší identifikaci míst se zvýšeným pohybem chodců i v případech ztížené viditelnosti nebo jiných přirozených přírodních jevů, nutí je dbát zvýšené opatrnosti při současném snížení rychlosti jedoucích vozidel.

Signál zelené doplňkové šipky (signální skupiny SC, SA) je bezkolizním signálem pro jednotlivé případy dotčených signálních skupin. To znamená, že plynulá jízda příslušných vpravo odbočujících vozidel plochou křižovatkou je umožněna zamezením povinnosti dát přednost v jízdě vozidlům jedoucím ve volném směru a přecházejícím chodcům a cyklistům (s nimiž je v kolizním vztahu). Bezkolizním zastoupením signálních skupin ve fázi je minimalizována doba zdržení a doba na vyklizení křižovatkou vozidly z důvodu omezení zastavování vozidel v ploše křižovatkou. Umožněný průjezd křižovatkou bez zastavování a rozjíždění fronty vozidel má mimo jiné velice příznivý vliv na ekologické i ekonomické hledisko provozu.

#### **4.5 Preference vozidel MHD a logika řízení SSZ**

Vzhledem ke zvýšení atraktivnosti, spolehlivosti a cestovní rychlosti brněnské MHD jsou jejich vozidla zohledňována dynamickou preferencí při konstantní (neměnné) délce cyklu před ostatní účastníky provozu. Podmíněnou preferencí vozidel MHD není umožněn zcela plynulý průjezd všech vozidel MHD na řešené řízené stykové křižovatce. Některá vozidla MHD jsou při současné poptávce více vozidel po signálu „volno“ zdržena na vjezdu do křižovatkou a nucena zastavit. I přes to tento typ preference zabezpečuje výrazný pokles zdržení vozidel na vjezdech. S ohledem na to, že jsou dráhy vozidel MHD vedené ve společných pružích s vozidly IAD, by zcela plynulý provoz vozidel MHD mohl výrazně ovlivnit koordinaci ve prospěch hlavních dopravních směrů, se absolutní preference stává neadekvátní k jeho užití pro vozidla MHD.

Podmíněná preference vozidel MHD se tedy nijak zásadně nepromítne do koordinace pro vozidla jedoucí v hlavních tazích. To ocení především motoristé projíždějící křižovatkou v ranních špičkových hodinách, kdy je intenzita provozu vozidel IAD vyšší než v jinou dobu během dne. Zohlednění vozidel MHD je řízeno způsobem umožňující dopravně závislé změny v průběhu signálního programu. Preference je umožněna prodloužením vlastní fáze až do maximálně možného konce svého volna o čas, který je potřebný pro jízdu vozidla MHD od přihlašovacího detektoru ke stopčáře. Tato doba nesmí být delší než doba od okamžiku přihlášení do okamžiku maximálně možného prodloužení fáze.

Pokud v okamžiku přihlášení vozidla právě probíhá jiná fáze nebo vlastní fáze, ale vozidlo se vůči probíhajícímu cyklu řízení nepřihlásilo včas (tzn., přihlášené vozidlo MHD



nestihne dojet ke stopčáře v době maximálního možného prodloužení svého volna), se v závislosti na zvolené řídicí logice právě probíhající fáze zkrátí nebo se ukončí její prodlužování tak, aby vlastní fáze pro přihlášené vozidlo nastala co nejdříve. Signál „volno“ se tímto pro přijíždějící přihlášené vozidlo „předvybere“. Pokud jede vozidlo se zpožděním, je nutné mu poskytnout preferenci před ostatními dopravními proudy, pokud však jede v předstihu jízdního řádu, není nutné preferenční nároky uplatnit. Podmíněnou preferencí vozidel brněnské MHD se zkrátí čekací doby na vjezdech do křižovatky a v důsledku minimalizace zastavení i náklady na pohonné hmoty.

V případě současných nároků více vozidel MHD ve vzájemně kolizních směrech jsou vzhledem k předem dané logice řízení respektovány a upřednostněny požadavky hlavních dopravních směrů. Při situacích prezentovanými dlouhými kolonami stojících vozidel v době ranní špičky dochází k preferenci vozidel MHD z vedlejší komunikace ulice Veslařské prodlužováním svého volna až do maximálně jednou v průběhu dvou cyklů, tj. ob cyklus nebo také ob požadavek.

Pokud vozidlo MHD poptávající jeden ze směrů jízdy (signální skupiny VA, VB) se přihlásí ke konci právě probíhající fáze 2, lze tuto fázi prodloužit o maximálně 17 sekund. Fáze 3 vzhledem k danému prodloužení neprobíhá, tj. volno signálních skupin KA a SC není realizováno, a fáze 2 prostřednictvím fázového přechodu přechází do fáze 4 nebo do fáze 5. Fáze 4 nastane, pokud vznikne požadavek ze strany chodců signální skupiny CA, v opačném případě se uskuteční fáze 5. (13)

Vzhledem k tomu, že se při prodlužování fáze 2 signální skupina VA ukončuje ve stejný okamžik jako signální skupina VB, následuje dlouhý mezičas mezi vyklízejícími vozidly signální skupiny VA a najíždějícími vozidly signální skupiny VC činící 11 sekund. Tím se zároveň zkrátí i doba zeleného signálu následující fáze 4 nebo fáze 5, ve kterých je signální skupina VC obsažena.

V případě, kdy během aktivní fáze 2 nevzniká žádný požadavek ze strany vozidel MHD signálních skupin VA a VB, následuje fáze 4, pokud poptávající vozidlo MHD signální skupiny VC má prioritu 1 a zároveň vznikne požadavek signální skupiny CA. V opačném případě se zkoumá časová mezera mezi vozidly IAD na detektorech ( $\leq 4$  sekundy) signálních skupin VA a VB, lze tuto fázi (fázi 2) prodloužit opět o maximálně 17 sekund. Pokud podmínka délky časové mezery není splněna, nastaví se fázový přechod 2-3 v případě, kdy doba obsazení detektoru DKA je větší nebo rovna 3 sekundám. V případě, kdy je ukončeno prodlužování vlastní fáze, dojde k vyhodnocení poptávky ze směru chodců signální skupiny CA a nastaví se fázový přechod 2-4 (výzva ze strany chodců) nebo 2-5. (13)

Vzhledem k vysokým intenzitám provozu v hlavních tazích a jejich průměrné rychlosti dosahující přibližně  $45 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  umožňuje hodnota časové mezery 4 sekundy plynulý průjezd vozidel v hlavních tazích a prodlužování fází těchto dopravních směrů do jejich maxim. To způsobuje zkracování doby signálu volno na vjezdu z vedlejší komunikace Veslařské. Toto zkracování zapříčiňuje dlouhé časové zdržení vozidel (více než 50 sekund) a s tím související úroveň kvality na vjezdu VC. Pro efektivnější využití kapacity řešené křižovatky a zároveň nenarušení koordinace s přilehlými křižovatkami by bylo vhodné hodnotu časové mezery snížit, tj. na maximální hodnotu 3 sekundy.

Pokud vzniká požadavek ze strany chodců signální skupiny CA a zároveň nedojde k prodloužení fáze 2, lze fázi 4 prodloužit o maximální hodnotu činící 12 sekund. Fáze 5 neprobíhá, fáze 4 následně přechází do fáze 1. V případě poptávky po signálu „volno“ ze strany vozidel MHD signální skupiny VC je tento požadavek naplněn ob cyklus, tj. ob požadavek, prodloužením délky volna fáze 4 nebo fáze 5 o maximálně 12 sekund. (13)

Respektováním zvýšených nároků upřednostněných hlavních dopravních tahů zařazených do koordinace se omezují možnosti preference vozidel MHD jedoucích z vedlejší komunikace směrem na centrum. Vzhledem k nízkému počtu spojů (během ručního měření 9 spojů za hodinu) tímto směrem odbočujících vozidel MHD v porovnání s počtem spojů projíždějících hlavní komunikací (66 spojů) nebo z ní odbočující (14 spojů) lze daný způsob preference považovat za účelný.

Zohledněním hlavního tahu před preferenčními požadavky MHD jedoucích z Veslařské a jejich zařazení do koordinace ob požadavek má za následek zvýšení jejich doby jízdy mezi zastávkami vzdálených 300 metrů a snížení jejich technické rychlosti (průměrná rychlost mezi zastávkami). Jejich zdržení na vjezdu do křižovatky během ručního měření činilo průměrně 55 sekund. Technická rychlost těchto vozidel je v případě, kdy by nemusela zastavovat na vjezdu do křižovatky, přibližně  $25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Při použití běžně využívaných vzorců z teorie kinematiky hmotného bodu lze pak snadno odvodit, že se se zdržením na vjezdu do křižovatky jejich průměrná rychlost mezi zastávkami Anthros (směr z Veslařské ulice na ulici Pisáreckou) a Pisárky sníží o více než 55 %, doba jízdy se blíží 120 sekundám. Jízdní řád linky 44 udává jízdní dobu mezi těmito zastávkami činící 2 minuty, čili se zdržením vozidel MHD na vjezdu z Veslařské ulice se počítá a je zahrnuto do jízdní doby mezi zastávkami.

#### **4.6 Koordinace řízení s přilehlými křižovatkami**

Křižovatka Pisárecká-Veslařská je zařazena do koordinace se sousedními křižovatkami. Jedná se o liniovou koordinaci 4 za sebou ležících křižovatek. Koordinace

je účelná, jelikož vstup dopravních proudů do jedné z křižovatek je bezprostředně ovlivňován výstupem dopravních proudů z křižovatky sousední. Jejich koordinace řízení probíhá ve směru ulice Pisárecké přes ulici Hlinky směrem do centra města Brna a ve směru opačném (koordinace obousměrná – protisměrných směrů jízd).

Dopravní proud jedoucí ve směru do centra je zvýhodněný nad opačný koordinovaný tah delší dobou signálu „volno“. Jak lze vidět na obrázku č. 13, přizpůsobené signální programy se používají na křižovatkách ulic Pisárecká-Antonína Procházky, Bauerova–Žabovřeská-Pisárecká-Hlinky (MÚK Hlinky) a Hlinky-Hroznová. Řízení v tzv. zelené vlně je zajištěno sladěním signálních plánů řadičů SSZ přilehlých křižovatek tak, aby vozidla jedoucí rychlostí 40-45 km·h<sup>-1</sup> mohla projet těmito křižovatkami bez zastavení.

Všechny křižovatky zařazené do koordinace jsou dynamicky řízené a jsou charakteristické signálními programy o pevné délce cyklu, která je nezbytná pro koordinované řízení provozu. Signální programy reagují na požadavky vozidel brněnské MHD, výzvy chodců a cyklistů na přechodě pro chodce a přejezdu pro cyklisty Pisárecké ulice s tlačítkovou volbou a vozidel z bočních výjezdových větví pomocí indukčních smyček. Nároky a požadavky ze stran chodců i vozidel (jak IAD, tak i MHD) jsou uspokojovány zkracováním a prodlužováním fází na úkor ostatních v rámci jednoho cyklu.

Zařazení jmenovaných křižovatek do tzv. zelené vlny výrazně ovlivňuje zvýšení plynulosti hlavních dopravních tahů a snížení cestovního času v těchto směrech. Průjezdem vozidel v celé koordinované trase bez zastavení a zbytečného zdržení na vjezdech do křižovatek se taktéž snižuje dopad na ekologické a ekonomické hledisko provozu (tzn. redukce emisí, hluku a vibrací, snížení spotřeby paliva). Tím je sníženo riziko dopadu negativních vlivů z provozu na životní prostředí a na kvalitu městského života.

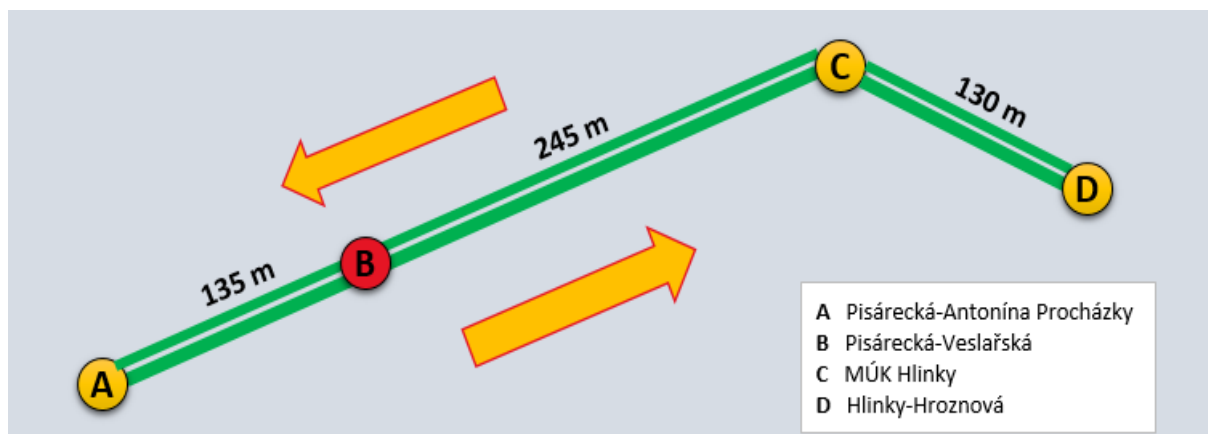


Obrázek č.13 Křižovatky zařazené do koordinace a směry hlavních zohledněných dopravních tahů

Zdroj: (16), upraveno autorkou

Vzhledem k intenzitám dopravy zohledněných hlavních směrů v době špičky, které nabývají až čtyřikrát vyšších hodnot než na vjezdu z komunikace vedlejší, slouží k řízení provozu signální programy s dlouhým cyklem 100 sekund. Optimální krátké cykly (60 a 80 sekund) jsou aktivní, když se kolony vozidel rozvolňují a intenzita vozidel výrazně klesne. Komunikační tahy určené pro liniovou koordinaci (ulice Pisárecká a Hlinky) jsou charakteristické dvěma jízdními pruhy v každém směru kromě výjezdu z křižovatky MÚK Hlinky směrem do centra, která na úkor opačného směru se třemi řadícími pruhy má pouze jeden jízdni pruh.

Koordinace světelných signálů na těchto křižovatkách je účelná, jelikož vzájemná vzdálenost mezi nimi není větší nežli 300 metrů. Polohy a vzdálenosti mezi sousedními křižovatkami zaznamenává obrázek č. 14. Vzhledem k velmi krátkým vzdálenostem mezi jednotlivými křižovatkami se tak kolona vozidel jedoucí v některém z hlavních upřednostněných tahů nerozvolňuje. Načasování dob zelených koordinovaných dopravních proudů zajišťuje průjezd vozidel všemi křižovatkami zařazených do tzv. zelené vlny při dané rychlosti bez zastavení a zdržení na jejich vjezdech.



Obrázek č.14 Vzdálenosti mezi křižovatkami zohledněnými koordinací

Zdroj: Autorka

Rozdělení fází a jejich sled signálních programů jednotlivých křižovatek vyplývá z nutných podmínek pro koordinaci signálních programů na těchto křižovatkách. V době ranních špiček, kdy intenzity dopravních proudů na komunikacích ulic Pisárecká a Hlinky (MÚK Hlinky) dosahují nejvyšších hodnot, dochází ke vzniku kolony čekajících vozidel, která nestihnou vyklidit následující křižovatku řízenou v koordinaci SSZ. Délka kolony v každém směru nepřesahuje 55 metrů (reprezentuje 9 osobních automobilů). Tato fronta je vyklizena spolu s další koordinovanou frontou vozidel v další fázi.

Aktivací shodných dob zelených v odpovídajících časových intervalech je zajištěna na tomto celém koordinovaném úseku, který je dlouhý 510 metrů, plynulost a bezpečnost provozu spolu s eliminací vzniku kongescí a rozpínajícími se kapacitními možnostmi hlavních tahů. Za možnou nevýhodu tzv. zelené vlny lze považovat delší čekací doby vozidel jedoucích z vedlejších komunikací. Mezní hodnota zdržení těchto vozidel činí více jak 60 sekund a úroveň kvality tohoto vjezdu je reprezentována stupněm D. Koordinované řízení provozu na křižovatkách si také žádá vysoké finanční nároky na zřízení systému optimalizujícího a řídicího SSZ sousedních křižovatek.

V tabulce č. 10 jsou uvedeny signální programy křižovatky Pisárecká-Antonína Procházky a Pisárecká-Veslařská, časy zapnutí a vypnutí včetně délky cyklů jednotlivých signálních programů. Je patrné, že signální programy mají shodné pevné délky cyklů a taktéž i časové intervaly, během nichž jsou signální plány aktivní. Světelné řízení se na všech zohledněných křižovatkách vypíná každý den (jak pracovní, tak víkendový) ve 22:30, kdy jsou intenzity dopravních proudů velmi slabé. Vypínáním světelného zařízení kromě nižší spotřeby pohonných hmot, nižší exhalace výfukových plynů a hluku se sníží i samotné náklady na údržbu a provoz SSZ.

| <b>KŘÍŽOVATKA</b>          |                            |                                     |                            |
|----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <b>PISÁRECKÁ-VESLAŘSKÁ</b> |                            | <b>PISÁRECKÁ-ANTONÍNA PROCHÁZKY</b> |                            |
| <b>PONDĚLÍ-PÁTEK</b>       |                            |                                     |                            |
| <b>Signální program</b>    | <b>Začátek-konec cyklu</b> | <b>Signální program</b>             | <b>Začátek-konec cyklu</b> |
| <b>SP3/80</b>              | 5:15-6:30                  | <b>SP3/80</b>                       | 5:15-6:30                  |
| <b>SP1/100</b>             | 6:30-18:30                 | <b>SP1/100</b>                      | 6:30-18:30                 |
| <b>SP3/80</b>              | 18:30-21:00                | <b>SP3/80</b>                       | 18:30-21:00                |
| <b>SP5/60</b>              | 21:00-22:30                | <b>SP5/60</b>                       | 21:00-22:30                |
| <b>SOBOTA</b>              |                            |                                     |                            |
| <b>Signální program</b>    | <b>Začátek-konec cyklu</b> | <b>Signální program</b>             | <b>Začátek-konec cyklu</b> |
| <b>SP5/60</b>              | 6:00-7:00                  | <b>SP5/60</b>                       | 6:00-7:00                  |
| <b>SP3/80</b>              | 7:00-21:00                 | <b>SP3/80</b>                       | 7:00-21:00                 |
| <b>SP5/60</b>              | 21:00-22:30                | <b>SP5/60</b>                       | 21:00-22:30                |

#### **4.7 Analýza nehodovosti na křižovatce Pisárecká-Veslařská před a po jejím osazení SSZ**

Podle aktuální statistiky nehod Policie ČR v součinnosti s Centrem dopravního výzkumu lze zhodnotit současný stav nehodovosti na křižovatce (tedy po jejím osazení SSZ v květnu 2015) a porovnat jej se stavem před jejím světelným řízením provozu (21). Výsledky rozboru nehodovosti na křižovatce Pisárecká-Veslařská jsou dále rozlišené podle následků, účastníků, druhu dopravní nehody dalších kritérií.

Nejvyšší podíl dopravních nehod je vykazován právě v zastavěném území obce. Vzhledem k důležitým přestupním vazbám mezi směry Kohoutovice, Kamenný Vrch a Starý Lískovec ve vazbě na okružní linku 84 (resp. 44) ve směru na Královo Pole a Mendelovo náměstí byly k dispozici v přímém prostoru přestupního uzlu pouze přechod pro chodce a přejezd pro cyklisty před mostem přes řeku Svratku ve vzdálenosti 70 metrů a přechod pro chodce jako součást křižovatky Pisárecká-Antonína Procházky ve vzdálenosti cca 45 metrů od zastávky Anthropos na Pisárecké ulici ve směru na Kohoutovice (resp. Nový Lískovec). Tento neřízený přechod pro chodce a přilehlý přejezd pro cyklisty byl opatřen středovým ostrůvkem vzhledem k tomu, že překonával čtyřpruhovou komunikaci.

Naprostá většina přestupujících cestujících (70-90 % cestujících) si pro překonávání komunikace zvolili nejkratší spojnici z výchozího do přestupního místa, což bylo přes HDP. Touto cestou překonávali nepovoleným a velmi nebezpečným způsobem 12 metrů širokou komunikaci mnohdy za plného provozu automobilové dopravy (v ranních a odpoledních špičkách) mezi projíždějícími vozidly. Přičemž intenzita automobilové dopravy na hlavní komunikaci ulice Pisárecké dosahovala téměř 19000 vozidel za 24 hodin.

Stávající přechod pro chodce a přejezd pro cyklisty na komunikaci ulice Pisárecké byl využíván minimem cestujících, a to především pro velké pěší závleky pro přestup, které nabývají dva krát vyšších hodnot než při zkrácení cesty přes HDP. Navíc dočasně zřízené zastávky na ulici Pisárecké byly a jsou i v současné době svým nástupním prostorem v přímé kolizi se situovanými cyklistickými stezkami. Umístění zastávek do prostoru stezek pro cyklisty je nevhodné a při vzájemném střetu docházelo (resp. dochází) k ohrožení jak cyklistů, tak i cestujících. (22)

Situováním dočasných zastávek v jízdním pruhu na ulici Pisárecké a přechodu pro chodce (resp. přejezdu pro cyklisty) vyvolávalo především problémy bezpečnostního charakteru. Negativní problém dopravně-organizačního charakteru vzhledem k IAD přetrvávajícího do současné doby je degradace čtyřpruhové směrově nerozdělené komunikace na dvoupruhovou. Avšak jejich situování v jízdních pruzích s sebou přináší i řadu pozitivních okolností. Vozidlo MHD nemusí manévrovat do zastávky, při výjezdu ze zastávky má přirozenou přednost v jízdě, dochází k úsporám nákladů (nemusí se zužovat chodník jako u zálivové zastávky) a v neposlední řadě funguje jako zklidňující prvek dopravy.

Vzhledem k četnosti zastavujících vozidel MHD na ulici Pisárecké docházelo při vyšších intenzitách (více než 450 vozidel za hodinu) vlevo odbočujících vozidel na ulici Veslařskou k zablokování obou jízdních pruhů a tím k úplnému zastavení pohybu vozidel. V opačném směru bylo zablokování obou jízdních pruhů vyvoláno přejíždějícím vozidlem MHD přes pravý jízdní pruh (resp. řadící pruh) do levého jízdního pruhu ve směru na Starý Lískovec.

Průjezdy vozidel hlavní komunikací byly bezproblémové, nedocházelo k většímu zdržení. V ranní špičce se však tvořily kolony vozidel na komunikaci Veslařské směrem od Jundrova, které dosahovaly délky až 500 metrů. Vyšší intenzity automobilové dopravy na ulici Veslařské jsou vykazovány díky výstavbě MÚK Hlinky a Dobrovského tunelu, jejíž zásluhou se ulice Veslařská stala součástí objízdné trasy. Toto přetrvává i do současnosti vzhledem k nedokončené části komunikace ulice Žabovřeské, která se stává hlavním důvodem výrazného nárůstu zdržení vozidel.

Na obrázku č. 15 jsou znázorněna místa nehod v oblasti křižovatky Pisárecká-Veslařská. Dopravní nehody se staly v průběhu 3 let (tj. od 1. 5. 2012 do 1. 5. 2015). Na uvedeném obrázku lze taktéž vidět umístění přechodu pro chodce a přílehlého přejezdu pro cyklisty situovaných dále od plochy křižovatky (70 metrů od dočasné zastávky na ulici Pisárecká ve směru na centrum). Za sledované období tedy došlo na křižovatce ulic Pisárecká-Veslařská k 9 dopravním nehodám, přičemž většina z nich vznikla v HDP.



Obrázek č.15 Místa dopravních nehod před osazením křižovatky SSZ

Zdroj: (21), upraveno autorkou

Obrázek č. 15 vhodně doplňuje tabulka na obrázku č. 16 udávající hlavní příčiny dopravních nehod, jejich následky na životě a zdraví osob (stav do 24 hodin), charakter dopravních nehod a jejich zavinění. Veškeré nehody se odehrály v neztížených podmínkách, tj. při dobrém stavu komunikace, viditelnosti za nezhoršených povětrnostních podmínek s dobrými rozhledovými poměry. Pokud byla nehoda zaviněná řidičem IAD, nebylo u něj prokázáno požití alkoholu ani omamných látek. Přičemž 8 z těchto nehod se stalo v pracovní den (čtvrtek, pátek nebo pondělí) s největším zastoupením během odpolední špičky a nočních hodin.

Nejčastějším následkem těchto nehod bylo lehčí zranění, což koresponduje s provozem v zastavěném území města při nejvyšší dovolené rychlosti  $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Počet těžce zraněných osob nepřekročil hodnotu jedné, přičemž tuto nehodu zavinila tatáž osoba (chodec) při srážce s osobním automobilem. Při nehodě číslo 8 je nutné podotknout, že řidič osobního vozidla, který zavinil dopravní nehodu s chodcem přejížděním z pruhu do pruhu, z místa nehody ujel. Dopravní nehodu tak nebylo možné důkladně prošetřit.



| Nehoda                                  | 1      | 2      | 3          | 4          | 5          | 6          | 7          | 8          | 9          |
|---|--------|--------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Druh nehody                             | A      | A      | B          | B          | B          | B          | A          | C          | B          |
| Zavinění nehody                         | chodec | chodec | řidič sk.B | řidič sk.B | řidič sk.B | řidič sk.B | řidič sk.C | řidič sk.B | řidič sk.B |
| Usmrceno osob                           | 0      | 0      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| Lehce zraněno osob                      | 0      | 0      | 1          | 0          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |
| Těžce zraněno osob                      | 0      | 1      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| Hlavní příčiny nehody                   | 0      | 0      | BV         | Př         | Př         | JPř        | chodci     | PzP        | NŘ         |
| Druh srážky/charakter nehody            | s HŠ   | s HŠ   | zezadu     | z boku     | z boku     | z boku     | bez HŠ     | bez HŠ     | s HŠ/čelní |
| Počet nehod celkem                      |        |        |            |            |            |            |            |            | 9          |
| Nehody s následky na životě nebo zdraví |        |        |            |            |            |            |            |            | 6          |

|            |   |
|------------|---|
| <b>A</b>   | srážka s chodcem                            |
| <b>B</b>   | srážka s jedoucím nekohegovým vozidlem      |
| <b>C</b>   | jiný druh nehody                            |
| <b>BV</b>  | nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem |
| <b>Př</b>  | nedání přednosti                            |
| <b>JPř</b> | Jiné nedání přednosti                       |
| <b>PzP</b> | přejíždění z pruhu do pruhu                 |
| <b>NŘ</b>  | nevěnování řízení                           |
| <b>HŠ</b>  | hmotná škoda                                |

Obrázek č.16 Charakteristiky vzniklých nehod před osazením křižovatky SSZ

Zdroj: (21), upraveno autorkou

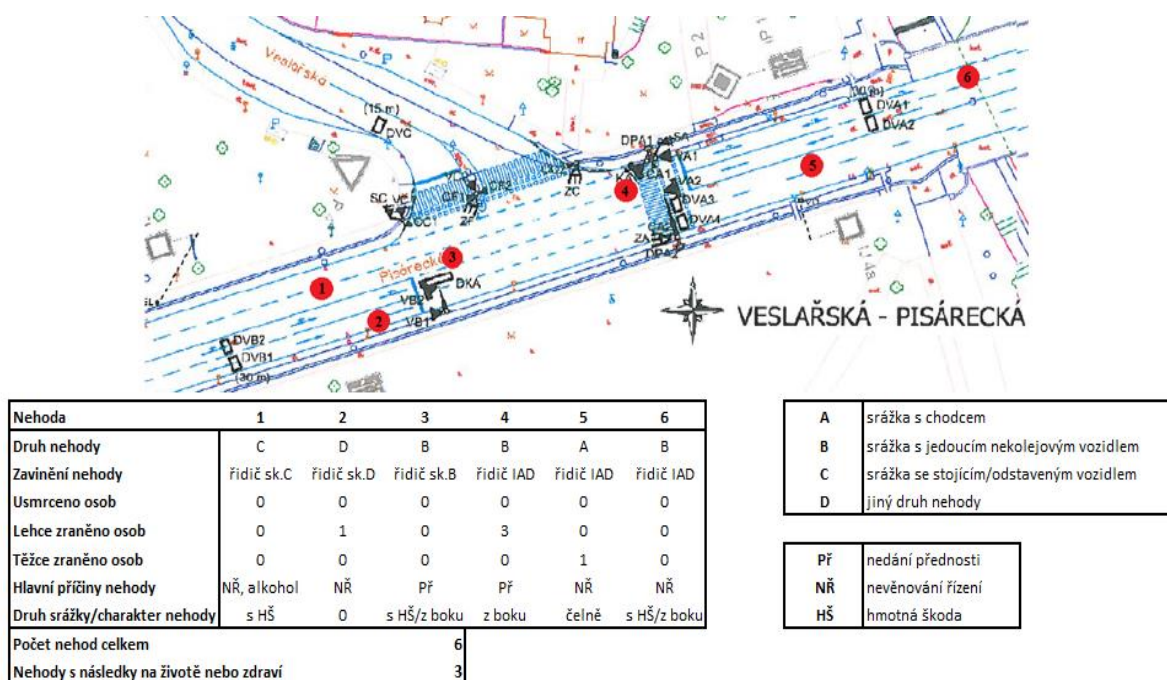
Dopravní nehody během sledovaného období 3 let byly zaviněné nedbalostí (chováním účastníků silničního provozu), jak ze strany řidičů, tak ze strany chodců. Největší podíl vzniklých nehod byl zapříčiněn srážkou dvou jedoucích osobních automobilů. Mezi hlavní příčiny těchto nehod patřilo u odbočujících vozidel nedání přednosti v jízdě, nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem a plné nevěnování pozornosti v řízení vozidla řidičem. Důsledkem toho byl v 6 případech (dopravních nehodách) jeden z účastníků nehody lehce zraněn.

Téměř 67 % všech vzniklých nehod v oblasti křižovatky Pisárecká-Veslařská vykazovalo následky na životě nebo zdraví postižených účastníků dopravních nehod. Vzhledem k nekoordinovanému přecházení vozovky chodci mezi jedoucími vozidly nejkratší spojnici k cílovému místu je současné řešení a situování přechodů pro chodce a bezprostředně sousedících přejezdů pro cyklisty velice účelné. Přechod pro chodce a přejezd pro cyklisty přes komunikaci ulice Pisárecké se tak v nynější době stal nejkratší a zároveň bezpečnou spojnici mezi zastávkami přestupního uzlu.

Je nutné podotknout, že i přes vzájemné kolizní vedení cyklistické dopravy s umístěnými zastávkami v jízdním pruhu, během sledovaného období nedošlo k jediné nehodě. Pravdou je, že cyklisté jezdící pravidelně touto oblastí, si jsou vědomi možného nebezpečí, proto spolu s chodci dbají zvýšené pozornosti tak, aby možným kolizím mezi sebou předešli. Zachování neřízeného provozu na řešené křižovatce s přilehlými křižovatkami s řízeným provozem prostřednictvím SSZ (Pisárecká-Antonína Procházky

a MÚK Hlinky) by z hlediska jejich vzájemného ovlivňování vjezdů dopravními proudy vozidel bylo nevhodné.

Následující obrázek, obrázek č. 17, znázorňuje situaci na křižovatce Pisárecká-Veslařská po jejím osazení SSZ z hlediska vzniklých dopravních událostí. Dopravní nehody znázorněné na obrázku byly zaznamenány v průběhu téměř dvou let (od 1. 5. 2015 do 1. 1. 2017). Během tohoto časového intervalu se stalo celkem 6 dopravních nehod. Nutno podotknout, že polovinu z nich zavinili řidiči osobních automobilů, kteří z místa nehody ujeli. Takto charakteristické nehody jsou v tabulce na obrázku č. 16 označeny jako řidiči IAD, jelikož jejich vozidla nebyla identifikována a nehodu tak nebylo možné důkladně vyšetřit.



Obrázek č.17 Místa a charakteristiky nehod na křižovatce po jejím osazení SSZ

Zdroj: (21), upraveno autorkou

Veškeré nehody se udály na hlavní komunikaci Pisárecké v době řízení provozu SSZ (kromě nehody číslo 1, která se odehrála po 4. hodině ranní). Žádná z nehod nebyla zaviněna chodci, tzn. bezpečnost přecházení chodců a cyklistů se zvýšila instalací SSZ. K žádné dopravní nehodě nedošlo ani na vedlejší komunikaci ulice Veslařské. Mezi hlavní příčiny dopravních nehod se řadí plné nevěnování řízení vozidla řidičem (spolu s řízením vozidla pod vlivem alkoholu u nehody číslo 1) a nedání přednosti v jízdě nebo chodcům (resp. cyklistům) na přechodu pro chodce (resp. přejezdu pro cyklisty).

Polovinu vzniklých nehod za sledované období podle druhu nehody tvořila srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem. Druhá polovina je tvořena srážkou s chodcem, se stojícím vozidlem a jiným druhem nehody, kterým se díky plnému nevěnování řízení vozidla řidičem

trolejbusu (skupina D) došlo k lehkému zranění jednoho účastníka přepravy. Poloviční podíl dopravních nehod vykazoval následky na zdraví a životě postižených účastníků provozu.

Většina dopravních nehod se stala v pracovní dny (pondělí, středa, pátek), pouze nehoda číslo 1 se přihodila v sobotu v brzkých ranních hodinách. Téměř 60 % vzniklých nehod se odehrálo mezi 7. a 9. hodinou ranní, tedy v době ranní dopravní špičky. Je nutné podotknout, že ze všech vzniklých dopravních nehod nelze přisuzovat vinu používaným dynamickým řízením na křižovatce a signálními plány s jednotlivými sledy fází. Příčiny nehod je objektivně zřejmé hledat v chování jednotlivých účastníků silničního provozu, zejména v řídicích motorových vozidel, jejichž nevhodné jednání se reflektuje (odráží) ujetím z místa nehody poté, co tuto nehodu zapříčinili.

Tabulka č.11 Porovnání údajů o dopravních nehodách na křižovatce před a po jejím osazení SSZ

Zdroj: (21), upraveno autorkou

| <b>DRUH DOPRAVNÍ NEHODY</b>                          | <b>PŘED SSZ</b> | <b>PO SSZ</b> |
|--|-----------------|---------------|
| <b>Počet nehod celkem</b>                            | 9               | 6             |
| <b>Počet nehod s následkem na zdraví nebo životě</b> | 6               | 3             |
| <b>Počet usmrcených osob (stav do 24 h)</b>          | 0               | 0             |
| <b>Počet těžce zraněných osob (stav do 24 h)</b>     | 1               | 1             |
| <b>Počet lehce zraněných osob (stav do 24 h)</b>     | 6               | 4             |
| <b>Počet nehod pod vlivem alkoholu</b>               | 0               | 1             |
| <b>Viník - řidič</b>                                 | 7               | 6             |
| <b>Viník - chodec</b>                                | 2               | 0             |

V tabulce č. 11 je názorně zaznamenáno porovnání základních údajů o dopravních nehodách na křižovatce Pisárecká-Veslařská před a po jejím osazení SSZ, tedy při jejím neřízeném a řízeném provozu. Úpravou a změnou umístění přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty spolu s jeho řízením pomocí SSZ včetně výzvy chodeckým tlačítkem na ulici Pisárecké a řízeným přechodem pro chodce a přejezdem pro cyklisty na ulici Veslařská se snížily počty chodců, kteří přebíhají volně přes vozovku. Od 1. 5. 2013 do 1. 5. 2015 (za období 2 let) při neřízeném provozu se stal stejný počet nehod jako za sledovaného období při řízeném provozu. Přičemž se téměř na polovinu snížil počet dopravních nehod s následkem na zdraví nebo na životě.

Nelze tedy s jistotou tvrdit, že se osazením křižovatky Pisárecká-Veslařská SSZ výrazným způsobem snížily počty vzniklých dopravních nehod. Avšak lze říci, že instalací SSZ

se zvýšila bezpečnost chodců, cyklistů i uživatelů IAD a MHD. Chování jednotlivých účastníků provozu jistým způsobem ovlivňuje dopravní situaci ostatním účastníkům provozu. Dodržováním předpisů o provozu na pozemních komunikacích spolu s přizpůsobením jízdy stavu a povaze vozovky jsou zásadními milníky bezpečného chování na pozemních komunikacích, kterými by se měli řídit všichni účastníci provozu.

## 5 Vyhodnocení analýzy uspořádání a organizace dopravy na křižovatce Pisárecká-Veslařská a návrh variant řešení

Celkové zhodnocení analýzy dopravně-inženýrských údajů o křižovatce Pisárecká- Veslařská je provedeno SWOT analýzou na základě odborného posouzení a zhodnocení informací z předchozích kapitol. Tyto kapitoly obsahují vyhodnocení nejdůležitějších skutečností, které v současné době ovlivňují a pro další výhledové období budou ovlivňovat provoz na řešené křižovatce a v jeho blízkém okolí. Analýza SWOT je zároveň zdrojovým prvkem pro návrh dispozičních variant řešení křižovatky Pisárecká-Veslařská v Brně.

### 5.1 Vyhodnocení analytické části SWOT analýzou

Analýza SWOT patří mezi univerzální a nejpoužívanější analytické a strategické techniky, jejíž podstatou je identifikovat klíčové silné a slabé stránky uvnitř řešené oblasti (tedy ty, které přinášejí výhody uživatelům silniční dopravy, nebo naopak ty, které skýtají slabiny a jejich působením dochází k nárůstu cestovního času, zhoršení bezpečnosti a plynulosti provozu a jiným). Silné stránky řešené křižovatky jsou představovány výhodami v jejím blízkém okolí, které lze poměrně snadno změnit (na rozdíl od vnějších faktorů), slabé stránky obsahují ty faktory, které možné rozvojové aktivity omezují. V tabulce č. 12 lze vidět analýzu vnitřních faktorů působící a ovlivňující plynulost a bezpečnost provozu na křižovatce Pisárecká-Veslařská v Brně.

Tabulka č.12 Silné a slabé stránky dopravně-inženýrských faktorů křižovatky

Zdroj: Autorka

| ANALÝZA VNITŘNÍCH FAKTORŮ |  |                          |   |
|---------------------------|--|--------------------------|---|
| SILNÉ STRÁNKY/STRENGTHS   |  | SLABÉ STRÁNKY/WEAKNESSES |   |
| 1                         | Významný přestupní bod v rámci MHD v dané lokalitě   | A                        | Zastávky umístěné v jízdních pružích prostorem pro výstup a nástup cestujících zasahují do prostoru stezek pro cyklisty |
| 2                         | Umístění přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty na hranici křižovatky na ulici Pisárecké            | B                        | Komunikace ulice Veslařské slouží jako objízdna trasa Žabovřeské ulice  |
| 3                         | Dynamické řízení provozu (zlepšení plynulosti a bezpečnosti provozu) a koordinace řízení                 | C                        | Znečišťování životního prostředí vysokou dopravní zátěží (exhalace, hluk, vibrace)                                      |
| 4                         | Upřednostnění hlavních tahů dopravy a na těchto tazích umístění zastávek MHD                             | D                        | Neexistence vyhrazených jízdních pruhů pro vozidla MHD  |
| 5                         | Preference vozidel MHD, přechod pro chodce a přejezd pro cyklisty na hlavní komunikaci ovládaný na výzvu | E                        | Společný pruh pro levé i pravé odbočení na vjezdu do křižovatky z vedlejší komunikace                                   |

| ANALÝZA VNITŘNÍCH FAKTORŮ |   |                          |  |
|---------------------------|---|--------------------------|--|
| SILNÉ STRÁNKY/STRENGTHS   |   | SLABÉ STRÁNKY/WEAKNESSES |  |
| 6                         | Bezkolizní odbočení vlevo   | F                        | Zkracování cesty chodci přes komunikaci Veslařskou v nejužším místě, konfigurace umístění zastávek MHD |
| 7                         | Umístění křižovatky v rovině  | G                        | Dopravní nehody zaviněné chováním účastníků provozu (zejména řidičů IAD)                               |
| 8                         | Výborná úroveň kvality dopravy na vjezdech na hlavní komunikaci   | H                        | Dosažená úroveň kvality dopravy na vjezdu z komunikace ulice Veslařské                                 |
| 9                         | Příznivé rozhledové poměry na křižovatce  | I                        | Tvoření dopravních kongescí v době špiček a v době konání kulturních akcí (Veletrhy a výstaviště)      |
| 10                        | Podpora volnočasových aktivit zvyšující podíl nemotorové dopravy na řešené křižovatce   | J                        | Technická a finanční náročnost dynamického řízení  |
| 11                        | Podíl veřejné hromadné dopravy v dopravním proudu   | K                        | Chybějící vodorovné značení zastávek MHD   |
| 12                        | Poloha křižovatky s bohatým přírodním zázemím s relativně kvalitním životním prostředím poskytující širokou nabídku atraktivních cílů | L                        | Téměř 85% podíl IAD v dopravním proudu   |
| 13                        | Noční neřízený provoz   |                          |  |

Mezi klíčové silné stránky patří především dynamické řízení provozu včetně zařazení řešené křižovatky do liniové koordinace vzhledem k tomu, že vstup dopravních proudů do křižovatky je bezprostředně ovlivňován výstupem dopravních proudů ze sousedních křižovatek. Oba faktory výrazně zvyšují kapacitu křižovatky a plynulost dopravních proudů. Další silnou stránkou je i preference vozidel MHD na vjezdech do řešené křižovatky umístěných na hlavní komunikaci ulice Pisárecké. Tím dochází ke zvýšení atraktivity MHD pro cestující, snížení časových ztrát cestujících i snížení účinků dopravy na životní prostředí.

Umístění zastávek MHD v jízdnicích pruzích do mezikřižovatkových úseků na komunikaci ulice Pisárecké je zařazeno do silných stránek vnitřních faktorů na řešené křižovatce. Byť zastavením jednoho, a často i dvou vozidel MHD na zastávce Anthropos na ulici Pisárecké dochází k zúžení průjezdného profilu na jeden jízdnicí pruh a v opačném směru dochází při výjezdu trolejbusů ze zastávky směrem na Nový Lískovec k zablokování obou jízdnicích pruhů, má umístění zastávek v jízdnicích pruzích i řadu výhod. Situování zastávek v jízdnicích pruzích působí jako zklidňující prvek dopravy vzhledem k IAD, dochází k úsporám nákladů než při budování zálivových zastávek a vozidlu MHD je poskytnuta při výjezdu ze zastávky přirozená přednost.

Avšak na druhou stranu obě tyto zastávky umístěné na hlavní komunikaci Pisárecké svým prostorem pro nástup a výstup cestujících zasahují do prostoru stezek pro cyklisty

vedených po chodnících. Prostory těchto zastávek vzhledem k možným kolizním situacím s účastníky IAD nejsou opatřené vodorovným značením (značka „zastávka autobusu nebo trolejbusu“) zdůrazňující výskyt vozidel hromadné dopravy. Z důvodu vedení tras cyklistické a pěší dopravy s přihlédnutím ke konfiguraci území nejsou tyto zastávky vybaveny přístřeškem chránící čekající cestující při nepřízní počasí.

Mezi další klíčové slabé stránky patří dosažená úroveň kvality dopravy na vjezdu z ulice Veslařské. To je podmíněno i zvýšenou intenzitou IAD v tomto směru vzhledem k faktu, že se trasa vedoucí po komunikaci ulice Veslařské v současné době využívá jako objízdná trasa ulice Žabovřeské, kde dochází k podstatnému zdržení vozidel. Ke kolizním situacím by právě na komunikaci ulici Veslařské mohlo docházet mezi účastníky IAD a přecházejícími chodci nevyužívající plochy přechodu pro chodce řízeného SSZ. Důvodem je především dlouhá doba čekání na signál „volno“ pro chodce, která překračuje hranici 70 sekund.

Součástí SWOT analýzy je analýza vnějších faktorů, které se nacházejí v okolí a je zastoupena klíčovými hrozbami a příležitostmi. Příležitosti lze chápat jako skutečnosti, které mohou zvýšit plynulost a bezpečnost provozu na řešené křižovatce, nebo zklidnit dopravu na křižovatce (omezení IAD ve prospěch MHD, zákazy odbočení, apod.), či ji převést na dopravně významnější komunikace. Hrozby jsou pak skutečnosti, které negativně působí na uživatele dopravní sítě v území křižovatky. Přičemž cílem analýzy je jednak tyto stránky identifikovat a následně podporovat silné stránky, omezit slabé stránky, využívat a hledat nové příležitosti a předcházet hrozbám.

Tabulka č. 13 udává většinu významných klíčových příležitostí a hrozeb v rámci vnějších faktorů, které mohou napomoci nebo naopak ohrozit dosažení plynulejšího a bezpečnějšího provozu na řešené křižovatce i v jejím okolí. Příležitosti a hrozby vnějšího prostředí byly identifikovány na základě výborné znalosti územích vztahů brněnské metropole a očekávaných záměrů výstavby a rekonstrukce komunikací silniční sítě.

Tabulka č.13 Hrozby a příležitosti vnějšího prostředí

Zdroj: Autorka

| ANALÝZA VNĚJŠÍCH FAKTORŮ   |  |                |  |
|----------------------------|--|----------------|--|
| PŘÍLEŽITOSTI/OPPORTUNITIES |  | HROZBY/THREATS |  |
| <b>P1</b>                  | Dostavba VMO a převedení dopravy na ni         | <b>H1</b>      | Nemožnost dostavby VMO vzhledem k členitému, těžko přístupnému terénu (především úsek Bohunice a Žabovřesky) a neexistenci EIA |
| <b>P2</b>                  | Rekonstrukce ulice Žabovřeské (její rozšíření) | <b>H2</b>      | Nárůst IAD vzhledem k výstavbě objektů s funkcí bydlení a pokles zájmu o VHD   |

## ANALÝZA VNĚJŠÍCH FAKTORŮ

| PŘÍLEŽITOSTI/OPPORTUNITIES |   | HROZBY/THREATS |   |
|----------------------------|---|----------------|---|
| <b>P3</b>                  | Výstavba záchytného parkoviště typu P+R mezi řešenou křižovatkou a MÚK Hlinky                                 | <b>H3</b>      | Nadměrné negativní dopady na životní prostředí vzhledem k nedostavěné VMO a snížení atraktivity VMO                 |
| <b>P4</b>                  | Rozvoj rekreačních a sportovních ploch pro vyšší využívání území řešené křižovatky chodci a cyklisty          | <b>H4</b>      | Nedostatek finančních prostředků na dokončení VMO   |
| <b>P5</b>                  | Čerpání dotací na rozvoj v oblasti dopravní telematiky, ochrany životního prostředí a rozvoj infrastruktury   | <b>H5</b>      | Změny stavebního zákona, ochrany životního prostředí a zákonů v silniční dopravě                                    |
| <b>P6</b>                  | Velmi dobrá dopravní obslužnost městských částí s návazností železničních, veřejných autobusových a spojů MHD | <b>H6</b>      | Řešení dopravní dostupnosti a infrastruktury nové bytové a rodinné výstavby včetně napojení na stávající komunikace |
| <b>P7</b>                  | Rozvoj dopravy šetrné k životnímu prostředí na úkor IAD   | <b>H7</b>      | Nemožnost rekonstrukce ulice Žabovřeské (chybí EIA, město nevlastní pozemky, konfigurace území)                     |

Mezi nejvyšší prioritu budoucích let ovlivňující nezanedbatelným způsobem provoz v rámci řešené křižovatky a jejím okolí lze zařadit dostavbu a zprovoznění VMO. Tento komunikační skelet města by měl nahradit cestování napříč celým městem a převést tranzitní dopravu. Vzhledem k chybějící dostavbě ochranného systému komunikací dochází v současné době ke kumulaci dopravy ve stísněných městských částech, někdy se kumulace dopravy rozpíná až do rezidenčních čtvrtí města Brna.

Každodenním místem dopravních kongescí je již po mnoho let úsek komunikace ulice Žabovřeské. Zde je k dispozici v každém směru pouze jeden jízdní pruh, do nějž ústí 5 víceproudujících komunikací, který kapacitně nestačí vysokým intenzitám provozu. Vlivem toho zde každý všední den v dobách ranních a odpoledních dopravních špiček dochází ke tvoření kongescí dlouhých až 800 metrů (27). Denní úhrn intenzit na tomto úseku komunikace ulice Žabovřeské překračuje ve všedních dnech 60000 vozidel. Tím se řadí mezi nejzatíženější komunikace ve městě Brně. Podle údajů Českého hydrometeorologického ústavu dochází na tomto území k pravidelnému překročení imisních limitů pevných částic PM<sub>10</sub> (29). Denní imisní limity charakteristické maximální hodnotou 50 µg/m<sup>3</sup> byly překračovány téměř 2krát za měsíc především během zimních měsíců roku 2016.

Zároveň je jednou z komunikací s nejvyšším počtem dopravních nehod ve městě Brně. Roku 2015 se na této komunikaci stalo celkem 13 dopravních nehod s 3 lehce zraněnými osobami, přičemž hmotná škoda byla vyčíslena na téměř 800 tisíc korun. Současně se se stávající dopravní zátěží na tomto úseku každodenně během dopravních špiček zpožďují spoje hromadné dopravy, a to průměrně o 15 minut. To ovlivňuje především cestovní čas a spolehlivost vůči



jízdním řádům spojů okružních linek 44 a 84, které s nabraným zpožděním dále překonávají plochu řešené křižovatky Pisárecká-Veslařská. (15)

## 5.2 Určení navrhovaných variant řešení

V předchozí podkapitole došlo prostřednictvím SWOT analýzy k identifikaci faktorů vnitřního i vnějšího prostředí řešené křižovatky Pisárecká-Veslařská v Brně. Jednotlivé identifikované faktory vnitřního prostředí vychází nejen z poznatků předchozích kapitol analytické části práce, jednak se opírají o výpovědi respondentů shromážděné při dotazníkovém průzkumu. Příležitosti a hrozby z vnějšího prostředí byly prognózovány autorkou na základě znalosti širokého okolí a konceptu možného budoucího rozvoje města.

Vyhodnocení identifikovaných faktorů SWOT analýzy je provedeno prostřednictvím metody párového srovnávání Plus-mínus matice. Tato matice prostřednictvím korelace porovnává jednotlivé vazby mezi silnými a slabými stránkami vnitřního prostředí, příležitostmi a hrozbami z prostředí vnějšího. Hodnocení výsledků vah jednotlivých identifikovaných složek je provedeno na základě autorova subjektivního hodnocení, které vyplývá z hluboké znalosti dané problematiky.

Součty hodnot řádků a sloupců matice udávají pořadí klíčových faktorů, o které by se měly opírat navrhované varianty řešení současného stavu řešené křižovatky Pisárecká-Veslařská. Při porovnávání vazeb mezi jednotlivými složkami příležitostí a silných stránek, příležitostí a slabých stránek, jsou sledovány součty pozitivních vazeb pro zjištění nejpevnějších vztahů. Při porovnávání vazeb mezi složkami hrozeb a silných stránek, resp. hrozeb a slabých stránek, se berou v úvahu součty negativních vazeb pro identifikaci nejrizikovějších složek. Vzájemné vazby jsou hodnoceny následovně:

1. slabší negativní vazba "-",
2. silná oboustranně negativní vazba "--",
3. slabší pozitivní vazba "+",
4. silná oboustranně pozitivní vazba "++",
5. žádný ambivalentní vztah "0". (31)

Výsledná Plus-mínus matice pro vyhodnocení SWOT analýzy je zobrazena v tabulce v příloze K. Zaznamenává nejenom jednotlivé vazby mezi výše definovanými faktory vnějšího a vnitřního prostředí, ale i součty jejich pozitivních a negativních vazeb, dále pořadí klíčových složek jednotlivých faktorů, tj. silných a slabých stránek, příležitostí a hrozeb. V tabulce č. 14 jsou zachyceny jednotlivé klíčové složky vnitřního i vnějšího prostředí.

| SILNÉ STRÁNKY |   | SLABÉ STRÁNKY |  |
|---------------|---|---------------|--|
| Pořadí        | Složky faktoru silných stránek  | Pořadí        | Složky faktoru slabých stránek   |
| 1.            | Podpora volnočasových aktivit zvyšující podíl nemotorové dopravy na řešené křižovatce                       | 1.            | Komunikace ulice Veslařské slouží jako objízdná trasa Žabovřeské ulice                                 |
| 2.            | Významný přestupní bod v rámci MHD v dané lokalitě  | 2.            | Společný pruh pro levé i pravé odbočení na vjezdu do křižovatky z vedlejší komunikace                  |
| 3.            | Dynamické řízení provozu (zlepšení plynulosti a bezpečnosti provozu) a koordinace řízení                    | 3.            | Zkracování cesty chodci přes komunikaci Veslařskou v nejužším místě, konfigurace umístění zastávek MHD |
| PŘÍLEŽITOSTI  |   | HROZBY        |  |
| Pořadí        | Složky faktoru příležitostí   | Pořadí        | Složky faktoru hrozeb  |
| 1.            | Čerpání dotací na rozvoj v oblasti dopravní telematiky, ochrany životního prostředí a rozvoj infrastruktury | 1.            | Nárůst IAD vzhledem k výstavbě objektů s funkcí bydlení a pokles zájmu o VHD                           |
| 2.            | Rozvoj dopravy šetrné k životnímu prostředí na úkor IAD   | 2.            | Nemožnost rekonstrukce ulice Žabovřeské (chybí EIA, město nevlastní pozemky, konfigurace území)        |

Vzhledem k výsledkům Plus-mínus matice se dále návrhová část diplomové práce bude opírat o strategii WO (z anglického Weakness – Opportunities), také nazývanou Mini-Maxi. Tato strategie zabezpečí eliminaci identifikovaných klíčových slabých stránek za současného využití externích příležitostí. Zároveň bude strategie usilovat o udržování a posilování interních silných stránek.

Syntéza výsledků strategické analýzy určila, že v pořadí první složka slabých stránek zásadním způsobem ovlivňuje současnou dopravní situaci na řešené křižovatce. Předpokládá se, že tento problém se vyřeší rozšířením kapacity komunikace ulice Žabovřeské. Zde je bezesporu nutné si uvědomit, že provoz (především IAD), který se na nové komunikaci objeví bude dvojího druhu. Zpravidla se jedná o dopravu indukovanou, která se zde dříve neuskutečňovala a je reakcí na zlepšené dopravní podmínky, a dopravu přesměrovanou. Přesměrovaná doprava přechází na novou komunikaci z jiné trasy, v tomto konkrétním případě z komunikací ulic křižovatky Pisárecká-Veslařská na nové komunikace ulice Žabovřeské.

To znamená, že po zkapacitnění komunikací Žabovřeské ulice lze předpokládat, že dojde ke zvýšení její dopravní zátěže. Lze očekávat, že současné zvýšení průměrné rychlosti a plynulosti dopravy povede ke zvýšení mobility, ale nikoli ke úspoře času stráveného cestováním v dopravním prostředku. Proto autorka předpokládá, že řešení přetížené silniční sítě

pouhým rozšířením kapacity komunikací Žabovřeské ulice bude účinné pouze v krátkodobém horizontu. V důsledku povede k dalšímu nárůstu IAD a k následnému přesměrování jejich tras na okolní přilehlé komunikace.

Vzhledem ke konfiguraci území přilehlého k řešené křižovatce by dopravní opatření a omezení prostřednictvím zákazů odbočení a zákazů jízd nákladních vozidel vzhledem k jejich malé intenzitě nebylo účelné (napojení přilehlých městských částí, zahrádkářských osad, rodinných domů, sportovišť a rekreačních areálů). V tomto území se dále nebude předpokládat i jiných opatření dopravní redukce jakožto nástroje k přechodu na efektivnější dopravní politiku, která by měla efektivnější účinek pro širší oblast působení (např. ekologická dopravní politika vnějšího území města Brna).

Návrhová část je tedy založena na faktu, že nedojde k redukci intenzit dopravních proudů na řešené křižovatce, nýbrž v průběhu budoucích období k jejich nárůstu. Diplomová práce bude nadále eliminovat zbylé dvě slabé stránky. Za prvé se jedná o zefektivnění řízení dopravy a možnosti rozšíření kapacity vedlejší komunikace tak, aby se průměrná doba zdržení na vjezdu z vedlejší komunikace zkrátila. Druhou složkou je eliminace přecházení přestupujících cestujících přes komunikaci Veslařskou v místě, kde se v současné době nenachází přechod pro chodce, a tudíž tento pohyb je v rozporu se zákonem.

Jednak tedy vytváří vhodné prostředí pro bezpečné přecházení komunikace, na druhé straně redukuje časovou náročnost přestupu prostřednictvím alternativní konfigurace umístění zastávek MHD a přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty. Základními pilíři řešení návrhů budou především stavební úpravy, rozdílná konfigurace umístění zastávek, přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty. Součástí návrhové části diplomové práce jsou čtyři varianty řešení, kterými jsou:

1. Varianta A, jež je charakteristická změnou umístění přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty na vedlejší komunikaci ulice Žabovřeské,
2. Varianta B, která je vyznačuje rozdílnou konfigurací přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty na vedlejší komunikaci a její současné rozšíření kapacity,
3. Varianta C kromě odlišné konfigurace ploch určených pro přecházení chodci a přejíždění cyklisty také navrhuje alternativní konfiguraci umístění zastávek MHD, zároveň rozšiřuje kapacitu na vjezdu z vedlejší komunikace ulice Veslařské,
4. Varianta D předpokládá současné umístění přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty situovaných na komunikaci ulice Veslařské, umožňuje rozšíření kapacity na vjezdu z vedlejší komunikace a navrhuje alternativní konfiguraci umístění zastávek MHD pro usnadnění orientace a zpříjemnění přestupu mezi jednotlivými linkami.

Každá z uvedených variant návrhu řešení se dále vyznačuje zjednodušením logiky řízení a úpravou některých jejích prvků a parametrů tak, aby bylo dosaženo efektu prodloužení doby signálu volno na vjezdu z vedlejší komunikace ulice Veslařské. Zároveň je dbáno na to, aby nedošlo k narušení koordinace v hlavních tazích a aby daná úprava logiky řízení měla co nejmenší dopad na prodloužení doby jejich průměrného časového zdržení.

Jednotlivé návrhy řešení budou modelovány v prostředí mikrosimulačního softwarového programu PTV Vissim, ve kterém budou dále prezentovány dopravní účinnosti navrhovaných řešení. Tento program je vybrán rovnou z několika důvodů. Klíčovým impulzem je jeho potenciální implementace do současného programového vybavení v rámci řízení dopravy akciovou společností Brněnské komunikace, která předpokládá s jeho nasazením do horizontu pěti let. Mezi další podněty pro selekci programu PTV Vissim je především ten fakt, že dokáže přesně simulovat městský provoz (IAD a MHD) včetně pěších dopravních proudů a jejich vzájemné interakce.

## 6 Stavební řešení posuzovaných variant

Hlavním požadavkem, který je kladen na co nejefektivnější rekonstrukci křižovatky Pisárecká-Veslařská, je minimální zásah do stávající komunikace, především komunikací zařazených do hlavního tahu a nenarušení plynulosti řízení těchto dopravních proudů. Mezi další požadavky patří zachování tvaru křižovatky a vedení cyklistické a pěší dopravy, byť je známo, že mezi nimi může docházet k vzájemné interakci. V neposlední řadě tyto požadavky stavebních záměrů vychází ze současné a budoucí urbanistické koncepce blízkého okolí řešené křižovatky.

Navrhované varianty stavebního řešení se soustředí především na možné zlepšení úrovně kvality dopravy na vjezdu z vedlejší komunikace ulice Veslařské (vjezd VC). Také se zaměřuje na bezpečný a plynulý pohyb chodců řešenou křižovatkou realizovatelnou zkrácením doby potřebné pro přestup cestujících na návazné spoje v síti MHD a současně na zamezení jejich volného přecházení přes vedlejší komunikaci mimo plochu přechodu pro chodce. Poslední dvě varianty navíc optimalizují vzdálenosti mezi přestupními body nástupišť tak, aby byly co nejkratší.

Nejenže dispoziční řešení variant C a D minimalizuje dobu potřebnou pro přestup na návazné spoje MHD, ale současně směrem do centra vede hromadnou dopravu komunikaci vyhrazenou pouze pro MHD a z druhého směru je odstraněna nutnost přejíždění vozidel z pravého do levého řadícího pruhu. Vozidla MHD přijíždějící ke křižovatce od Jundrova jsou vedena přímo k vjezdu do řešené křižovatky, jejich zastávka je situována v místě současné zastávky na hlavní komunikaci.

Stávající stavební řešení řešené křižovatky a řízení jejích dopravních proudů spolu s koncepcí umístění přestupních bodů nástupišť si klade vysoké časové nároky na přestupy mezi jednotlivými přestupními body. Přestup cestujících na návazné spoje v síti MHD na území řešené křižovatky Pisárecká-Veslařská je uskutečňován ve 2 trasách, resp. v 4 (pro druhý směr přestupu) dle výstupů dopravního průzkumu. Přičemž trasa mezi nástupišti zastávek A a D je překonávána za necelých 200 sekund, trasa mezi nástupišti B a C za téměř 135 sekund. Přičemž přestupující cestující v relaci A-D (resp. D-A) musí překonávat dva přechody pro chodce řízené SSZ, průměrný čas překonání trasy přestupu v relaci B-C (resp. C-B) je ovlivňován pouze jedním řízeným přechodem pro chodce.

Dále řeší nároky na délku zastávkových nástupních hran, které v současné době neodpovídají potřebám a nárokům na rychlou výměnu cestujících, a to především v době souběhů dvou a více vozidel MHD. K těmto souběhům dochází na zastávkách situovaných na hlavní komunikaci ulice Pisárecké, kde interval mezi všemi spoji dotčených linek je kratší

než 3 minuty. Průměrný interval mezi spoji linek staničící na zastávkách umístěných na vedlejší komunikaci Veslařské činí méně než 10 minut. K souběhům vozidel dochází pouze na zastávce směrem na Jundrov v případě zpoždění (cca 3-5 minut) jednoho nebo dvou vozidel přijíždějící na dotčenou zastávku z opačných směrů.

Mezi další dílčí stavební úpravy lze zařadit například osazení nového zastávkového přístřešku, posunutí nebo osazení svislého dopravního značení nebo vybudování chodníku a cyklostezky namísto soudobé zpevněné cesty, a další související úpravy. Jako efektivní složku vhodně působící na psychologické aspekty uživatelů IAD lze uvést nástřík vodorovného dopravního značení zastávky autobusu nebo trolejbusu v případě, že se bude jednat o zastávku umístěnou v jízdním pruhu.

## **6.1 Varianta A a varianta B**

Dispoziční řešení varianty A a varianty B se vyznačuje zachováním současného stavebního uspořádání hlavní komunikace nejen proto, že jsou její dopravní směry zahrnuty do liniové koordinace. Klíčovým důvodem je především fakt, že z dopravně-organizačního (počty řadících pruhů a jejich uspořádání, apod.) a kapacitního hlediska v současné době vyhovuje intenzitám provozu a totéž se prognózuje pro výhledové období roku 2026. Varianta A je velice podobná dispozičnímu řešení varianty B. Jejich odlišnosti jsou rozebrány ke konci této podkapitoly.

Navrhovaná řešení předpokládají zachování stávajícího přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty křižující hlavní komunikaci ulice Pisárecké v kolmém směru. Jeho umístění zabezpečuje krátké vazby mezi přestupními body nástupišť. Vedení přejezdu pro cyklisty dále od hranice řešené křižovatky vzhledem ke stávajícím plochám cyklistických stezek není však logické a plynulé. Proto varianty navrhují stávající plochu přechodu pro chodce nahradit přejezdem pro cyklisty a naopak. Dílčí stavební korektury se týkají i úpravy prvků pro bezpečné a samostatné přecházení osob s omezenou schopností pohybu a orientace (dále OOSPO).

Změny ve stavebním uspořádání vedlejší komunikace ulice Veslařské se vyznačují posunutím stopčáry co nejvíce ke středu křižovatky, resp. k její hranici, zrušením stávajícího přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty a jeho přemístěním dále od hranice křižovatky. V této variantě se neuvažuje zvýšení kapacity vjezdu prostřednictvím zvyšováním počtu řadících pruhů, byť by to prostorové možnosti stavebního uspořádání umožňovaly.

Posunutí stopčáry ke hranici řešené křižovatky má za následek minimalizaci mezičasů, což samozřejmě zvyšuje i kapacitu daného vjezdu. Ze stavebního hlediska je předpokladem

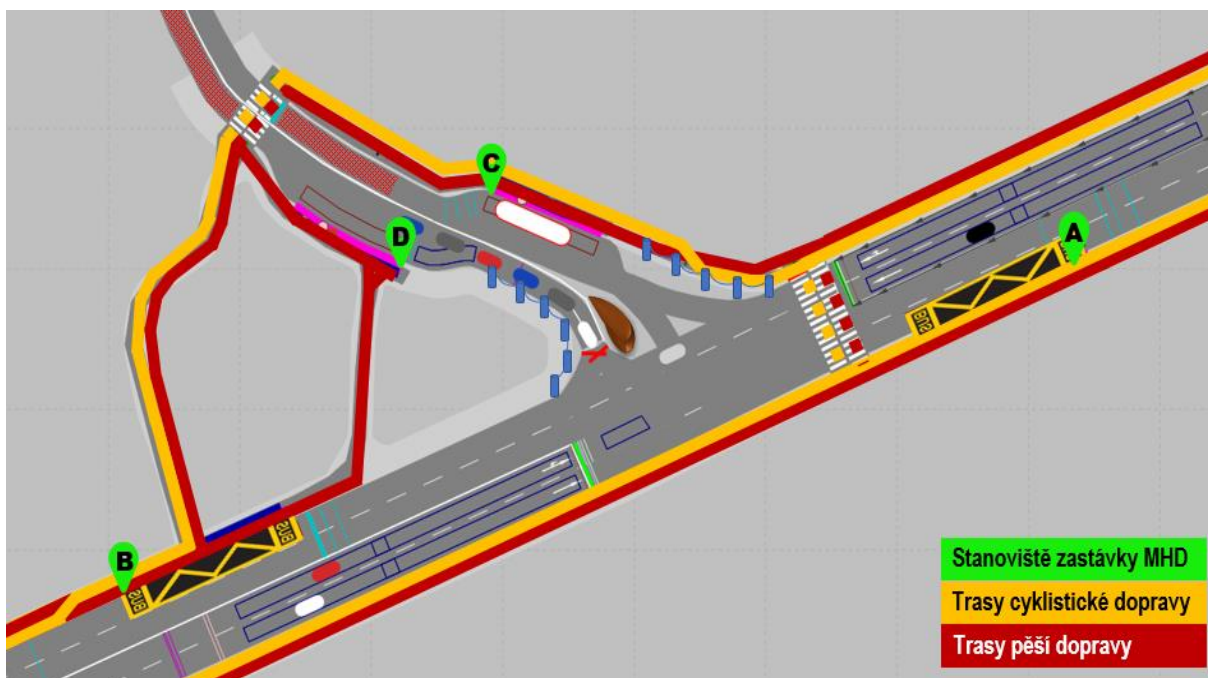
pro přenesení stopčáry na vjezdu VC vymazání stávajícího vodorovného dopravního značení, jeho nástřik a přenesení o 6,5 metru směrem k hranici řešené křižovatky. Současně je zapotřebí posunutí svislého dopravního značení včetně návěstidel SSZ. Pro řazení motorových vozidel bude i nadále k dispozici jeden řadící pruh pro společné řazení vozidel.

Vzhledem k nízkým intenzitám odbočujících nákladních vozidel vpravo z Veslařské ulice je zachován stávající poloměr oblouku pro odbočení. Jeho předností je především zpomalení rychlosti proudu odbočujících vozidel hlavně v nočních hodinách při neřízeném provozu pomocí SSZ. Veškeré dopravní toky se během neřízeného provozu řídí pravidly silničního provozu, tudíž vozidla přijíždějící ke křižovatce z vedlejší komunikace musí dát přednost vozidlům, která přijíždějí k řešené křižovatce z hlavní komunikace.

Mezi další stavební úpravy Veslařské ulice patří zrušení stávajícího přechodu pro chodce řízeného SSZ (vymazání vodorovného dopravního značení a odstranění svislého dopravního značení včetně návěstidel SSZ) a jeho nové umístění ve vzdálenosti cca 50 metrů od hranice křižovatky směrem na Jundrov. V těchto místech není komunikace rozšířená, její šířka činí 6 metrů a v současné době je místem častého přecházení chodců. Součástí plochy určené pro přecházení komunikace nemotorovými druhy dopravy je přejezd pro cyklisty, který je přimknutý k přechodu pro chodce, jejich provoz je neřízený. S ohledem na intenzitu pěšího provozu je možné šířkové nároky ploch minimalizovat a řídit se minimálními šířkami, tj. šířka přechodu pro chodce činí 3 metry, šířka přejezdu pro cyklisty je 2 metry.

Nový přejezd pro cyklisty přimknutého k přejezdu pro chodce doplňují svislé dopravní značky upozorňující motorové účastníky provozu na výskyt chodců a cyklistů. Z hlediska bezpečnosti jsou svislé dopravní značky opatřené reflexními prvky pro lepší viditelnost při ztížených podmínkách a v noci. Dalším opatřením zajišťujícím ochranu přecházejících chodců (resp. přejíždějících cyklistů) je bezpečnostní protismyková úprava povrchu vozovky v délce 25 metrů před situovaným přejezdem pro chodce přimknutého k přechodu pro chodce. Její přednost si kromě optického zvýraznění úseku červeným nástřikem zakládá na zkrácení brzdné dráhy vozidel a zvýšení jejich stability.

Do nového přechodu pro chodce jsou integrovány veškeré prvky umožňující samostatný, bezpečný a plynulý pohyb OOSPO. Je nutné vybudovat chodník s prvky OOSPO a cyklistickou stezku, které by plynule a logicky navazovaly na jejich stávající plochy a na nově zřízený přejezd pro cyklisty přimknutý k přechodu pro chodce. Je logické, že nově zbudovaný chodník je široký 1,5 metrů, šířka cyklistické stezky činí 1,3 metrů. Vedení cyklistických a pěší dopravy je zobrazeno na obrázku č. 19 pro variantu A, jejich vedení u varianty B je totožné.



Obrázek č.18 Návrh vedení cyklistické a pěší dopravy řešenou křižovatkou

Zdroj: Autorka

V místech styku stávajícího přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty s plochou cyklistické stezky je použit další důležitý prvek městského mobiliáře. Jedná se o zahrazovací sloupky vzájemně spojené řetězy s uplatněním reflexních barev (černá a žlutá). Přičemž se jedná o odnímatelné sloupky, které je možné vyjmout a uvolnit tak prostor v případě jízdy vozidla s nadrozměrným nákladem a při jiných událostech. Hlavní funkcí zahrazovacích sloupků je eliminace možného přecházení chodců přes komunikaci, což je v rozporu se Zákonem o provozu na pozemních komunikacích č. 361/2000 Sb. v platném znění (24), zároveň optické a fyzické oddělení motorové a nemotorové dopravy.

Stavební úpravy se částečně dotýkají i stávajícího dopravního ostrůvku, jeho situování se však nezmění. Jeho rekonstrukce se zakládá na zvýšení hrany v celé jeho ploše do stejné výšky, vzhledem k tomu, že v současné době je jeho část snížena na úroveň vozovky pro jeho užití chodci a cyklisty. Současně dojde k odstranění svislých dopravních značek včetně návěstidel SSZ a zachování umístění ukazatelů směrů (majáky se značkou přikázaného směru jízdy). Dopravní ostrůvek má mnohé výhody, klíčovými prvky jsou fyzické a optické usměrnění dopravních proudů a eliminace chybných manévřů (lepší přehlednost a srozumitelnost dopravních pohybů na křižovatce). S ohledem na malé šířkové nároky (v nejširším místě 2,5 metrů) a vzhledem k výše uvedeným přednostem je tímto jeho zachování odůvodněno.

Délky nástupních hran zastávek Anthropos umístěných v jízdnicích pruzích hlavní komunikace neodpovídají současným intenzitám vozidel MHD. Dochází zde k častým souběhům dvou spojů, vzhledem k odchýlkám od jízdnicího řádu především v době dopravních



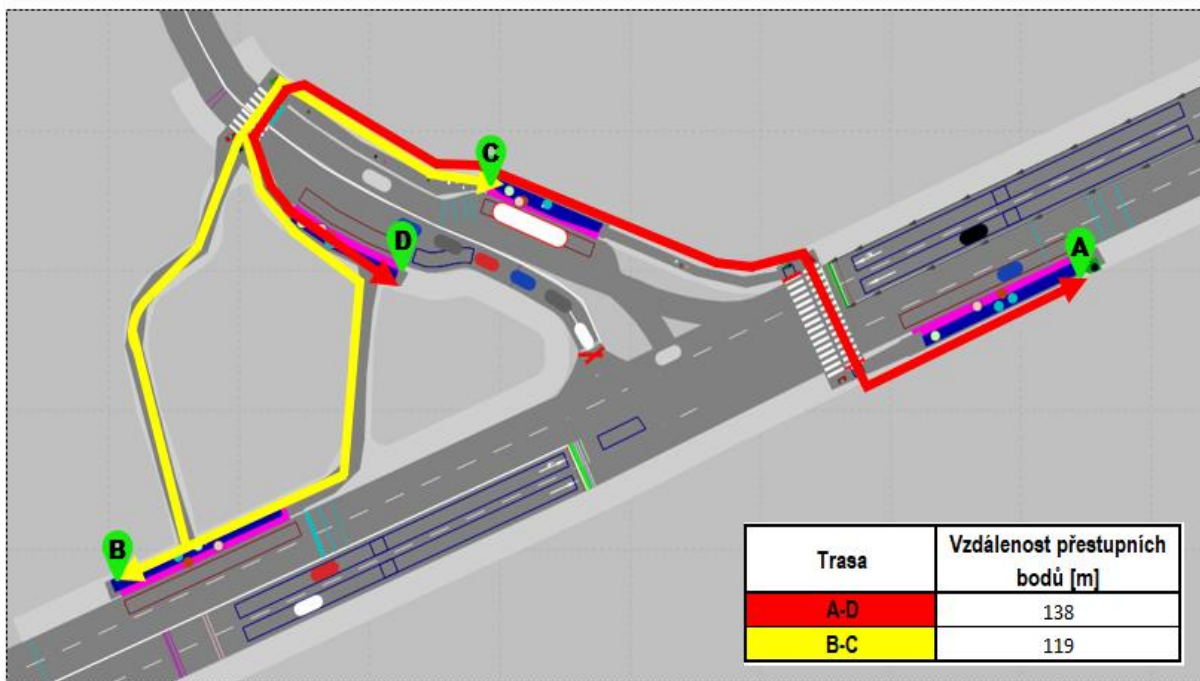
špiček se na jedné zastávce setkávají tři vozidla MHD. V současné době tyto zastávky situované v jízdních pruzích se podílí na zkliďování proudu IAD, proto se jejich situování pro varianty A a B zachová.

Vzhledem k prostorovým možnostem stavebního uspořádání není možné zastávku ve směru na Kohoutovice řešit jako zálivovou v celé délce Pisárecké ulice. O této možné úpravě lze uvažovat v případě zastávky umístěné v druhém směru, kde to prostorové možnosti umožňují. Avšak zálivová zastávka není nejlepším řešením vzhledem ke krátkým intervalům mezi jednotlivými spoji MHD a k jejich souběhům. Zajížděním vozidel do zálivu a jejich výjezdem se současnou předností průběžně jedoucího proudu vozidel se snižuje i jejich průměrná rychlost a dochází k degradaci požadavků na rychlou výměnu cestujících.

S ohledem na dopravně – organizační hledisko provozu nelze uvažovat ani o preferenci vozidel MHD prostřednictvím vyhrazených jízdních pruhů (tzv. BUS pruhů). Ty v případě řešené křižovatky Pisárecké-Veslařské nelze do stávající silniční sítě umístit. Varianta A současně s variantou B umožňuje současné zastavení dvou vozidel MHD délky 12 metrů. Délka nástupních hran zastávek se prodlouží o pět metrů, tedy na 25 metrů. Jelikož se na zastávkách vyskytuje více 120 čekajících cestujících, obě tyto zastávky budou opatřeny prostým přístřeškem chránící je před nepřízní počasí. Zde je nutné podotknout, že jejich umístění může být pro výhledová období činitelem narušení plynulé jízdy proudů vozidel v koordinovaných tazích a tím může docházet ke zvýšení jejich zdržení na přilehlých křižovatkách.

Prostory zastávek v jízdních pruzích jsou dále opatřeny vodorovným dopravním značením, tj. značkou „Zastávka autobusu nebo trolejbusu“, v celé délce nástupní hrany prodlouženou o 10 metrů (celková délka vodorovného značení dosahuje 35metrů). Její vyznačení je provedeno žlutou barvou. Vzhledem k tomu, že se značení nachází přímo v zorném poli řidiče, a přitom není fyzickou překážkou v jízdě, je vodorovné značení výborným prvkem zdůrazňující místo častého zastavení vozidel MHD a srozumitelnost celkového dopravního režimu komunikace. Zálivové zastávky umístěné na vedlejší komunikaci jsou zachovány.

Na obrázku č. 20 je znázorněno stavební řešení varianty A. Jeho součástí je vyznačení tras (včetně parciálních) umožňující přestupujícím cestujícím využití následných spojů MHD včetně jejich délek. Průměrná doba překonání vzdálenosti mezi přestupními body nástupišť bude dále vyhodnocena programovým prostředím mikrosimulace PTV Vissim.

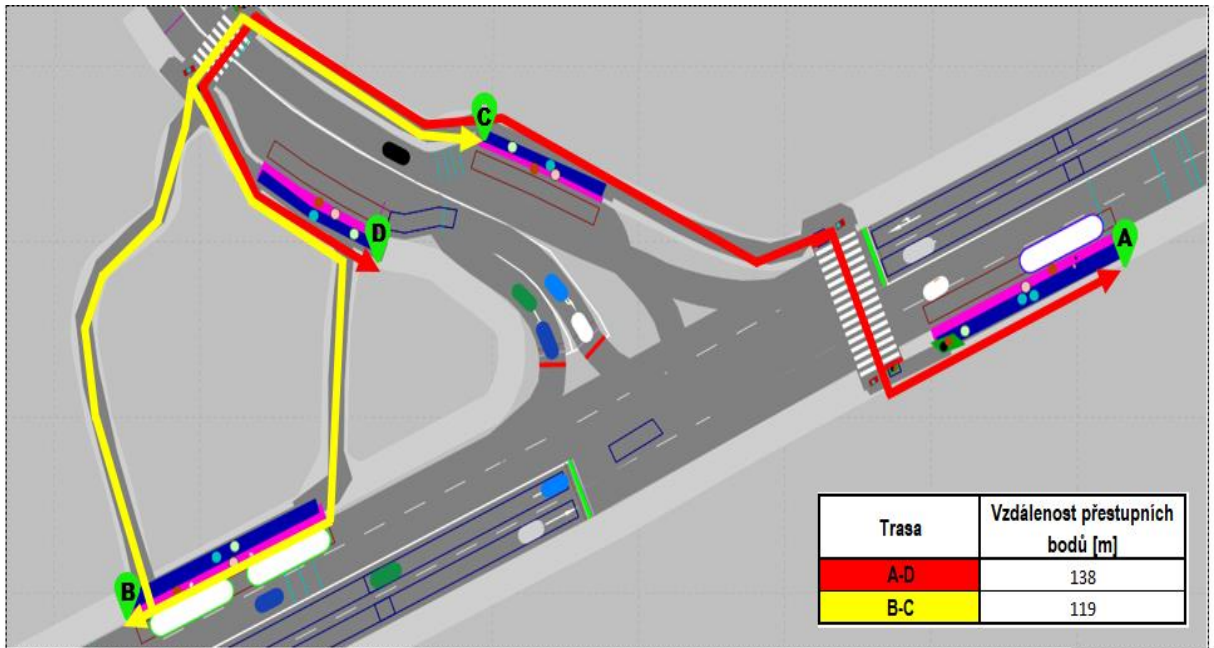


Obrázek č.19 Stavební řešení a dispozice přestupních tras varianty A

Zdroj: Autorka

Varianta B se od varianty A liší zkapacitněním vedlejší komunikace ulice Veslařské jejím rozšířením. K řazení vozidel jsou k dispozici dva řadící pruhy, tj. pravý odbočovací a levý odbočovací pruh pro jednotlivé směry jízdy. Délka řadících pruhů je stanovena s ohledem na stávající zálivovou zastávku na nejvíce 23 metrů. To umožňuje řazení maximálně 4 osobních vozidel o jejich směrodatné délce činící 5 metrů v každém řadícím pruhu.

V tomto případě, stejně tak jako v dispozičním řešení varianty A, může docházet k zablokování staničícího vozidla MHD na ploše zálivu vlivem délky kolony vozidel na vjezdu VC do řešené křižovatky. Pravděpodobnost výskytu takové situace je však u varianty B nižší, především záleží na aktuální intenzitě a směřování vozidel. Dopravní pohyby na vjezdu VC (oba směry jízdy) jsou usměrněny SSZ s návěstidly tříbarevné soustavy podobně jako u zbylých vjezdů do řešené křižovatky. Světelné signály pro vozidla v pravém řadícím pruhu jsou rozšířeny o doplňkovou zelenou šipku.



Obrázek č.20 Stavební uspořádání a dispoziční řešení přestupních tras varianty B

Zdroj: Autorka

Obrázek č. 21 zachycuje dispoziční řešení stavebního uspořádání varianty B. Zároveň jsou na obrázku znázorněny trasy přestupu mezi přestupními body nástupišť včetně jejich délek. Vzhledem k tomu, že jsou zastávky MHD včetně ploch určených pro přecházení nebo přejíždění komunikace situovány na totožném místě v případě obou variant (tj. varianta A a varianta B), jsou i vzdálenosti mezi body trajektorie přestupu naprosto identické.

## 6.2 Varianta C a varianta D

Dispoziční řešení varianty C a varianty D taktéž zachovává současné směrové vedení komunikací na ulici Pisárecké a stavební uspořádání jejich jízdních pruhů (resp. řadících pruhů). Důvodem je především podřízení se stávajícímu dopravnímu režimu a prostorovým možnostem stavebního uspořádání řešené křižovatky. Vzhledem k tomu, že kapacita vjezdů na hlavních tazích ulice Pisárecké vyhovuje současným i prognózovaným intenzitám provozu, dopravně-organizační opatření nejsou nezbytná (týká se výhradně IAD). Stavební úpravy řešené stykové křižovatky včetně usměrňování provozu řízeného SSZ nesmí narušit kontinuitu koordinovaného řízení přilehlých křižovatek.

Varianty C a D předpokládají zachování umístění v rámci křižovatky a režimu řízení včetně preference stávajícího přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty křižující hlavní komunikaci ulice Pisárecké. Jedinou změnou je záměna jejich pozice, tj. přechod pro chodce včetně prvků pro OOSPO se nachází na ploše stávajícího přejezdu pro cyklisty a opačně tak, aby plynule navazovaly na stávající chodníky a cyklistické stezky. Současné směrové řešení a stavební uspořádání ploch pro pěší, tj. chodník lemující Pisáreckou ulici směrem do centra,

je respektováno. Taktéž je tomu i v případě směru opačného, avšak jedná se o část chodníku vedoucí ze směru od přílehlé křižovatky MÚK Hlinky do míst zálivové zastávky Anthropos (zastávka C) stejně tak, jako u dispozičního řešení variant A a B. Většina prvků stavebního řešení varianty C je stejná dispozičnímu řešení varianty D. Jejich odlišnosti jsou rozebrány ke konci této podkapitoly.

Úpravy stavebního uspořádání vedlejší komunikace ulice Veslařské jsou charakteristické rozšířením její kapacity při vjezdu do řešené křižovatky. Přitom je zachováno její vedení, tzn., vedlejší komunikace zaústí do komunikace hlavní pod stejným úhlem ( $55^\circ$ ). Pro řazení vozidel na vjezdu VC jsou k dispozici dva řadící pruhy umožňující oddělení dvou různých dopravních směrů a usměrnění provozu. Současně se zrušením stávajícího přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty a jeho přemístěním jsou stopčáry na vjezdu VC posunuty co nejbližší k hranici řešené křižovatky.

Důsledkem umístění stopčáry v těsné blízkosti hranice řešené stykové křižovatky je minimalizace mezičasů kolizních dopravních pohybů a zvýšení kapacity daného vjezdu VC. V řadícím pruhu umožňujícím jízdu vozidel vlevo ve směru na MÚK Hlinky je usazen detektor, jehož poloha je zachována. Nové technické zařízení, tj. detektor monitorující aktuální dopravní situaci v pravém řadícím pruhu, je uložen ve stejné ose jako detektor v levém řadícím pruhu. Usazení detektoru je prováděno v rámci stavebních prací souvisejícími s realizací pravého řadícího pruhu. Oba detektory jsou umístěné cca 20 metrů od stopčáry.

Každý řadící pruh na vjezdu VC do křižovatky Pisárecká-Veslařská poskytuje plochu pro řazení fronty motorových vozidel dlouhé 45 metrů. Tím je umožněno řazení až 9 osobních vozidel jak pro směr jízdy vpravo, tak pro směr vlevo. Klíčovým předpokladem pro rozšíření kapacity vjezdu VC zabezpečující řazení 9 osobních vozidel v každém řadícím pruhu je podmínka změny konfigurace umístění zálivové zastávky Anthropos na vedlejší komunikaci (zastávka D).

Poloměry oblouku pro odbočení vozidel z Veslařské ulice vpravo i vlevo jsou zachovány, byť by prostorové možnosti stavebního uspořádání umožňovaly navrhnutí větších poloměrů, a to především v případě pravého odbočení. Ale vzhledem k tomu, že drtivý podíl vpravo odbočujících dopravních proudů je tvořen IAD a zároveň zde není vedena trasa vozidel MHD, se dále předpokládá stávající poloměr oblouku činící 12 metrů. Očekává se, že oba poloměry oblouků pro odbočení budou i ve výhledových obdobích vyhovovat potřebám místní dopravy.

Budování nové komunikace, resp. jejím rozšířením, je doprovázené souvisejícími dílčími stavebními úpravami, mezi které patří vymazání stávajícího vodorovného dopravního

značení, jeho nástřik (případně přenesení) u hranice řešené křižovatky. To mimo jiné doprovází posunutí svislého dopravního značení včetně návěstidel SSZ, odstranění zastávkového přístřešku, části chodníku s cyklistickou stezkou a související činnosti. Stávající poloměry oblouků přirozeně zpomalují rychlost jízdy odbočujících vozidel, což pozitivně působí na bezpečnost dopravy při nočním neřízeném provozu.

Následující stavební úpravou na komunikaci ulice Veslařské je zrušení stávajícího přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty a umístění nového přejezdu pro cyklisty přimknutého k přechodu pro chodce ve vzdálenosti cca 50 metrů od hranice křižovatky. Šířka přejezdu pro cyklisty přimknutého k přechodu pro chodce, podobně jako u varianty A a B, dosahuje 5 metrů, délka koresponduje s šířkou komunikace, tj. 6 metrů. Tento nový objekt není vzhledem k nízkým intenzitám nemotorových druhů dopravy řízený pomocí SSZ, proto je nezbytné věnovat pozornost zvyšování bezpečnosti jeho uživatelů.

Pro lepší viditelnost za zhoršených podmínek a během nočního provozu se doporučuje svislé dopravní značky opatřit reflexními prvky. Dalším dopravně-inženýrským opatřením zvyšující bezpečnost chodců a cyklistů je protismyková úprava povrchu vozovky před a za přejezdem pro cyklisty přimknutého k přechodu pro chodce v délce 25 metrů. Toto opatření minimalizuje riziko vzniku střetných událostí vozidlo-chodec (resp. cyklista), jelikož výrazně snižuje brzdnu dráhu vozidla.

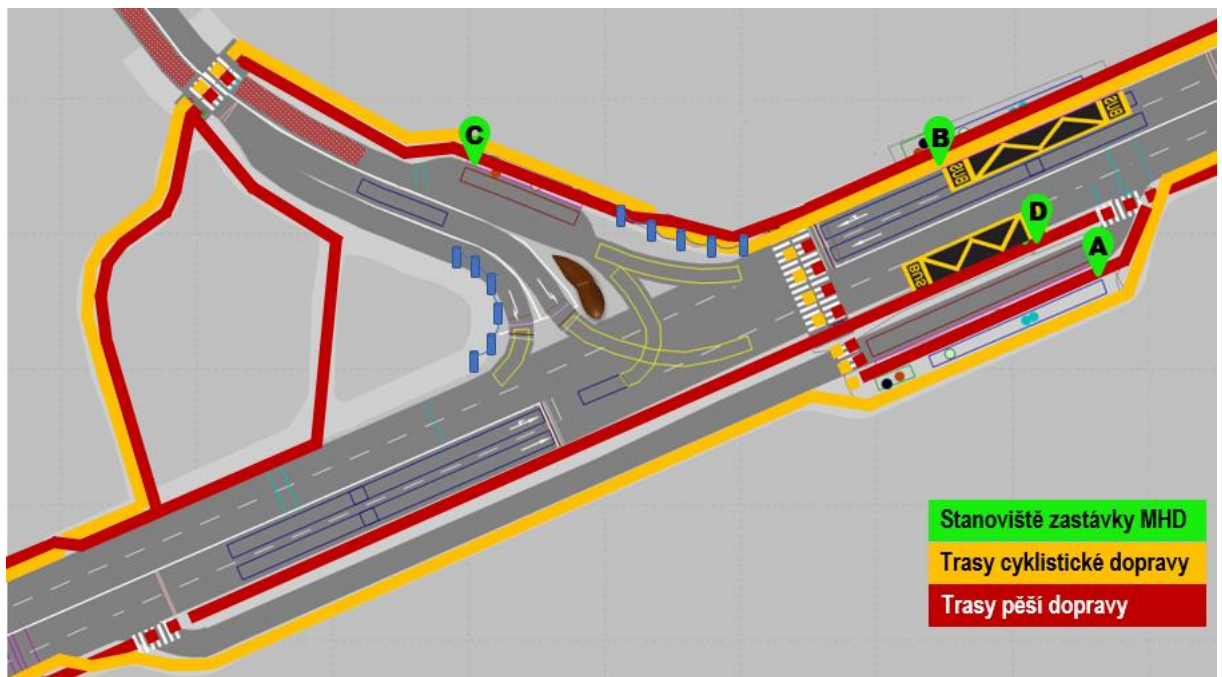
Je nutné vybudovat chodník a cyklostezku, které plynule a logicky navazují na stávající plochy chodníků a cyklistických stezek a na navrhovaný přejezd pro cyklisty přimknutý k přechodu pro chodce. To znamená, že přejezd pro cyklisty je umístěn na straně dále od hranice řešené křižovatky. Do veškerých navrhovaných ploch chodníků spolu s přejezdem pro cyklisty přimknutého k přechodu pro chodce jsou integrovány prvky umožňující plynulý, bezpečný a samostatný pohyb OOSPO. Šířka plochy chodníku dosahuje 1,5 metrů a u cyklistické stezky činí 1,3 metru, podobně jako u varianty A a varianty B.

Pro eliminaci vzniku situace překonání komunikace v místech stávajícího přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty je použit prvek městského mobiliáře – reflexní černožluté zahrazovací sloupky spojené řetězy. Přecházet vozovku v těchto místech je bezesporu nadmíru nebezpečné. Jakékoli tendence pro překonání vzdálenosti 26 metrů za současně konaných jízd kolizních dopravních proudů je proto nutné pomocí dopravně-inženýrských opatření zamezit. Zahrazovací sloupky jsou odnímatelné pro případy mimořádných událostí (např. jízda nadrozměrného nákladu apod.).

Umístění dopravního ostrůvku mezi protisměrnými dopravními proudy na vedlejší komunikaci ulice Veslařské je zachováno včetně osazených ukazatelů směru. Vzhledem k tomu,

že nebude sloužit potřebám pěších a cyklistů, je nutné zvýšit jeho hranu v celé ploše do stejné výšky. Dopravní ostrůvek zde plní významnou funkci, poskytuje snadnou srozumitelnost a přehlednost dopravních pohybů na křižovatce. Kromě ukazatelů směru (majáků se značkou příkázaného směru jízdy) je na ploše dopravního ostrůvku usazeno opakovací návěstidlo SSZ.

Obrázek č. 22 graficky znázorňuje vedení tras cyklistické a pěší dopravy řešenou křižovatkou dispozičního řešení varianty C. Dále zaznamenává některé prvky dopravně-inženýrského opatření pro zlepšení bezpečnosti účastníků dopravy na křižovatce Pisárecká-Veslařská (např. zahrazovací sloupky, vodorovné dopravní značení zastávek v jízdním pruhu, apod.). Vedení tras nemotorové dopravy u navrhované varianty D je zobrazeno v příloze L.



Obrázek č.21 Návrh vedení tras nemotorových druhů dopravy řešenou křižovatkou

Zdroj: Autorka

Varianta C, taktéž varianta D, zaměřuje pozornost na možnosti lepšího využití prostorových možností řešené křižovatky v rámci konfigurace umístění zastávek MHD. Účelovou funkcí optimalizace rozmístění přestupních bodů nástupišť je přitom minimalizace času potřebného pro přestup cestujících na následné spoje. Mezi omezující podmínky patří prostorové stavební uspořádání, zachování stávajícího dopravně-organizačního uspořádání hlavní komunikace, minimalizovat zásah do kontinuity liniové koordinace hlavních tahů.

Optimální by byl přestup na jedné hraně nástupiště (jedna zastávka pro daný směr jízdy). To však není možné provést z důvodů vysokých intenzit MHD v přímých směrech (tj. hlavních tazích) a jejich souběhům, délky kloubových autobusů okružních linek 44 a 84 a jejich souběhů s přímými linkami. Klíčovým důvodem jsou též prostorové možnosti stavebního uspořádání, a to především komunikace ulice Pisárecké ve směru na Kohoutovice.

Optimalizace rozmístění přestupních bodů nástupišť se opírá o doporučené údaje způsobu umístění a určení typu zastávky dle ČSN 73 6425-1 Autobusové, trolejbusové a tramvajové zastávky, přestupní uzly a stanoviště – Část 1: Navrhování zastávek (34). Vzhledem k prostorovým možnostem stavebního uspořádání není možné zastávku ve směru na Kohoutovice řešit jako zálivovou, a to v celé délce Pisárecké ulice. O této možné úpravě lze uvažovat v případě zastávky umístěné v druhém směru, kde to prostorové možnosti umožňují. Dispoziční řešení konfigurace zastávek MHD však možnost zřízení zálivových zastávek neakceptuje.

Ve směru na centrum je stávající zálivová zastávka Anthropos (zastávka D) zrušena a přemístěna do míst stávající zastávky A. Délka nástupní hrany činí 20 metrů se ponechá, jelikož je dostačující pro zastavení jednoho kloubového autobusu. Plocha zastávky D nově situované v jízdním pruhu je doplněna žlutým vodorovným dopravním značením. Vzhledem k malým intenzitám zastavujících vozidel (8 autobusů za hodinu) je nově umístěná zastávka A významným a účinným prvkem podílejícím se na zklidnění dopravy proudů IAD. Zároveň nenaruší průběh plynulé jízdy vozidel v tomto směru. Zásluhou neexistence zálivové zastávky D je možné délku řadících pruhů na vjezdu VC prodloužit o cca 20 metrů. Stávající zastávka A je usazena na nově zbudované komunikaci ve stejné ose jako zastávka D. Délka nástupní hrany činí 37 metrů pro možnost obsluhy tří vozidel MHD o délce 12 metrů.

Vyhrazený jízdní pruh lemuje ve směru jízdy z levé strany chodník určený výhradně pro pěší, z pravé strany nově zřízená cyklistická stezka šíře 1,3 metru. Umístěním cyklistické stezky na pravé straně od vyhrazené komunikace a jejich technických zařízeních včetně nástupišť, zastávkového přístřešku apod. se odstraní potenciálnost kolizních střetů mezi vystupujícími (resp. nastupujícími, čekajícími) cestujícími a cyklisty, přitom se trasy cyklistické dopravy a vedení tras vozidel MHD nekříží. Plocha chodníku se rozšíří o plochu cyklistické stezky o 1,3 metru. Nové vedení cyklistické stezky dále plynule a logicky navazuje na stávající plochy určené pro cyklisty.

Vyhrazení jízdní pruh pro vozidla MHD vyústí z komunikace ulice Pisárecké necelých 10 metrů za hranicí křižovatky Pisárecká-Antonína Procházky ve směru na řešenou křižovatku. Vzhledem k tomu, že jsou dopravní proudy vozidel ze směrů od Kohoutovic a Nového Lískovce řešeny jako kolizní, je eliminováno kolizní vedení tras MHD s ostatními vozidly před sjezdem z hlavní komunikace Pisárecké. Vyhrazená komunikace je vedená vně křižovatku Pisárecká-Veslařská, tím se minimalizuje doba zdržení čekáním vozidel MHD na vjezdu do řešené křižovatky. Komunikace je dlouhá cca 140 metrů a za hranicí řešené

křižovatky ústí do komunikace ulice Pisárecké ve vzdálenosti cca 40 metrů od stávající přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty.

Šířka vozovky vyhrazené komunikace činí 3,5 metru. Na ní jsou situovány 3 přechody pro chodce. Dva přechody pro chodce spojují stávající plochy chodníků, jejich šířka je 3 metry, délka činí 3,5 metru. Poslední přechod je umístěn ve stejné ose jako stávající přechod pro chodce křižující komunikaci ulice Pisárecké v kolmém směru (délka 3,5 a šířka 3 metry). Slouží k propojení nástupišť nacházejících se vedle sebe, umožňuje snadné a rychlé přestupní vazby. Do všech nově zřízených přechodů pro chodce včetně nástupišť veřejné hromadné dopravy jsou integrovány prvky pro zabezpečení bezpečného a plynulého pohybu OOSPO (signální a varovné pásy, vodící linie, bezbariérový zastávkový obrubník).

S ohledem na velké množství osob využívající veřejnou hromadnou dopravu (za hodinu až 200 osob) je nově situovaná zastávka A opatřena důležitým elementem městského mobiliáře, a to prostorným zastávkovým přístřeškem. Jeho hodnot je zároveň využíváno i těmi osobami, kteří chtějí užít předností dopravní obslužnosti území v rámci okružní linky 44 staničící na přemístěné zastávce D.

Budování nové komunikace je provázené stavebními pracemi spojenými s pokládáním nosných konstrukcí a optických kabelů (včetně výhybek) trakčního vedení. Součástí prací je i napojení trakčního vedení na stávající síť vedenou na komunikaci ulice Pisárecké. Trakční síť je určena pro trolejbusový subsystém MHD, jejichž intervaly mezi jednotlivými po sobě následujícími spoji jedoucými po vyhrazené komunikaci pro MHD nepřesahují hranici 3 minut. Trolejbusy jsou napájeny stejnosměrným proudem o napětí 600 V.

Vzhledem k prostorovým možnostem a intenzitám MHD je umístění zastávky Anthropos (zastávka C) zachováno. Součástí této zastávky je zastávkový přístřešek, který je zrušen a přemístěn do blízkosti zastávky B. Další úprava dopravně-organizačního charakteru se zaměřuje na konfiguraci umístění zastávky B. Její současné umístění ztěžuje výjezd trolejbusů a jejich zařazení do levého řadící pruhu. Zastávka B je proto nově situována před vjezdem do řešené křižovatky, a to cca 30 metrů před vyznačenou stopčárou pro vjezd VA, SA.

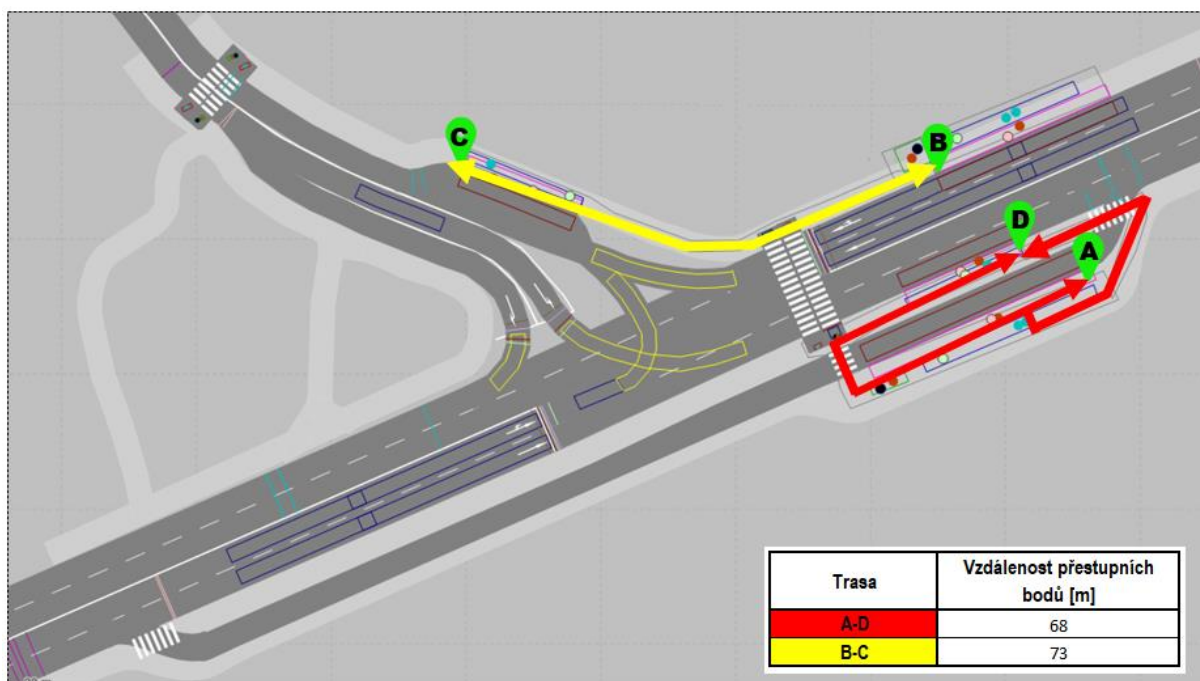
Zastávka B je charakteristická umístěním v jízdním pruhu z důvodu omezených prostorových možností stavebních úprav. Délka nástupní hrany činí 25 metrů pro rychlou výměnu cestujících při současném zastavení dvou vozidel. Zastávka je vybavena zastávkovým přístřeškem, který zároveň slouží potřebám cestujících čekajících na zastávce C v době zhoršených meteorologických podmínek. Vozidla MHD při výjezdu ze zastávky B mohou použít stejný jízdní pruh, resp. řadící pruh, ve kterém se situována zastávka. Tím se eliminují



jejich křížné trasy s ostatními motorovými vozidly, které vznikají přejezděním do vedlejšího řadícího pruhu, jako tomu je za stávajícího stavu.

Konfigurace umístění zastávek v prostoru křižovatky Pisárecká-Veslařská u variant C a D umožňuje snadný a rychlý přesun mezi jednotlivými stanovišti přestupního bodu. Navíc zajišťuje bezpečný pohyb přestupujících cestujících i pro OOSPO. Krátké přestupní vazby a snadná orientace v rámci přestupního bodu pozitivně působí na atraktivitu MHD v této řešené oblasti. Cestující využívající návazné spoje nejsou v konfliktu s uživateli IAD a nákladními vozidly, jelikož jejich trasa přestupu nekřížuje ani hlavní, ani vedlejší komunikaci. Vzhledem k novému vedení tras přestupu jsou plochy míst určených pro přecházení chodci (resp. cyklisty) na hlavní i vedlejší komunikaci využívány minimálně. Přechodu pro chodce křížující hlavní komunikaci využije přibližně 30 chodců za hodinu, u přechodu na vedlejší komunikaci je to 10 chodců za hodinu (vychází se z dopravních a přepravních charakteristik pořízeného videozáznamu).

Následující obrázek č. 23 znázorňuje stavebně-organizační uspořádání řešené křižovatky. Na obrázku jsou znázorněny hlavní trasy přestupu (včetně parciálních) mezi jednotlivými nástupišti včetně vzdáleností mezi nimi. Trasy přestupu mezi stanovišti zastávek MHD jsou stejné pro varianty C a D. Následující obrázek č. 23 zaznamenává situaci navrhované varianty C.



Obrázek č.22 Návrh tras přestupu cestujících mezi nástupišti a stavební uspořádání řešené křižovatky

Zdroj: Autorka

Dispoziční řešení varianty D se od varianty C liší v rozdílném umístění přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty na vedlejší komunikaci ulice Veslařské. Varianta C navrhuje neřízený přejezd pro cyklisty přimknutého k přechodu pro chodce a jeho umístění dále od hranice křižovatky směrem na Jundrov. Kdežto varianta D navrhuje zachování stávajícího přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty včetně jeho umístění co nejbližší u hranice křižovatky a řízení chodeckých (resp. cyklistických) proudů prostřednictvím SSZ.

Dispoziční řešení varianty D s ohledem na zachování stávajícího umístění přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty s sebou zajisté přináší jisté finanční úspory v porovnání s řešením varianty C. Jedná se o finanční náklady spojené nejen se zrušením stávající a zřízením nového přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty (resp. přejezdu pro cyklisty přimknutého k přechodu pro chodce), ale především s výstavbou nových ploch chodníků a cyklostezek plynule navazující na stávající plochy.

## 7 Modelování posuzovaných dispozičních variant řešení

Za účelem vytvoření modelů scénářů návrhových variant je uplatněn dopravní simulační software PTV Vissim, který je součástí dopravně-inženýrského balíku PTV Vision. Jedná se o plnou verzi 9.0, jehož součástí je i softwarový doplňkový modul VisVap pro tvorbu vývojových diagramů logiky pro řízení světelné signalizace řešené křižovatky. Modul VisVap je pro simulaci navrhovaných variant řešení nezbytný, jelikož umožňuje zohlednit a implementovat podmínky systému dynamického řízení do dopravního modelu křižovatky. Mikrosimulace pracuje s každým vozidlem jako s jeho samostatnou součástí, proto je model dopravního proudu diskretním, stochastickým a na časových úsecích založeným modelem.

PTV Vissim včetně jeho analytických nástrojů pro vyhodnocení dopravní situace vztažené k určitému časovému intervalu představuje účinný a při správném definování simulace realistický nástroj pro dopravní plánování a optimalizaci dopravy. Vzhledem k vysokému detailu zpracování podrobností (parametry vozidel a chování řidičů, parametry dopravní sítě, skladba dopravního proudu a mnoho dalších) je vhodným prostředkem pro simulaci městského provozu na řešené křižovatce Pisárecká-Veslařská včetně proudů nemotorové dopravy a jejich vzájemných interakcí.

Schopnost přidělení vozidel na dopravní síť je v případě modelování navrhovaných variant řešení určeno metodou, která předpokládá dopravu stochasticky distribuovanou na pevně dané trasy od počátečního do cílového bodu. Dopravní chování účastníků provozu v modelech je nastaveno jako Urban (motorized), které koresponduje s charakteristikami dopravního chování v intravilánu města podle Wiedemannova modelu stavu řízení v dopravním toku z roku 1974. Jeho charakteristiky umožňují zohlednit psychologické aspekty a fyziologická omezení vnímání uživatele vozidla. (35)

Kromě dopravního modelu scénářů navrhovaných variant řešení je PTV Vissim včetně modulu VisVap využit pro simulaci dopravních tendencí na řešené křižovatce varianty současného stavu. Její vytvoření je nezbytné i z hlediska kalibrace a validace modelu s dopravně-inženýrskými veličinami stanovenými na základě ručního sčítání a analýzou pořízeného videozáznamu. Ale především bude hlavním nástrojem pro určení efektivnosti porovnávaných navrhovaných variant řešení.

Vzhledem k omezenému množství dat, tj. charakteristické údaje popisující systém řízení přilehlých křižovatek v koordinačním tahu (logika řízení, počet a sled fází, tabulka mezičasů, intenzity na vjezdech, a další) je řešená křižovatka modelována v mikrosimulačním programovém prostředí PTV Vissim izolovaně. Přilehlé křižovatky nejsou implementovány

do modelu. Proto musí být nastavení kalibračních parametrů u jednotlivých variant provedeno několikrát tak, aby co nejpřesněji zobrazovalo charakteristiky dopravního proudu a dopravního chování na řešené křižovatce. Správné nastavení kalibračních parametrů je základním předpokladem pro následné vyhodnocování navrhovaných variant řešení.

Mikrosimulace dopravního proudu je provedena pro časové období, které je ekvivalentní s časovým intervalem provedení dopravního průzkumu na křižovatce Pisárecká-Veslařská. Dopravní charakteristická data analyzovaná v rámci dopravního průzkumu (ruční sčítání a pořízený videozáznam) jsou zároveň vstupními údaji pro reálné definování parametrů vstupujících do modelu.

## **7.1 Tvorba dopravní sítě se vstupními daty**

Modelované varianty řešení jsou charakteristické základními parametry skladby dopravního proudu. V rámci dopravního modelu jsou v rámci motorové dopravy zahrnuty pro zjednodušení osobní vozidla o celkové hmotnosti do 3,5 tun, těžkými nákladní vozidla o celkové hmotnosti vyšší než 3,5 tuny a autobusy délky 12 metrů. Nemotorový druh dopravy je reprezentován pouze proudem chodců. Vzhledem k nízkým intenzitám cyklistické dopravy není zahrnuta do simulace. Vstupní data a atributy dopravní sítě jsou u všech navrhovaných variant stejné, liší se pouze ve vedení části sítě a umístění objektů v prostoru. Tato podkapitola nezdůrazňuje rozdíly při tvorbě dopravní sítě u jednotlivých variant řešení, ale jednotně a uceleně provádí čtenáře tvorbou modelu řešené dopravní sítě v PTV Vissim.

Srdcem modelu Vissim je Wiedemannův model stochastické povahy provozu, který zachycuje implementaci parametrů založených na stochastické distribuci (35). Základní údaje pro simulaci dopravního chování zahrnují nastavení pro celou komunikační síť a pro všechny objekty pro modelování pohybu vozidel a chodců, příp. funkce a parametry jejich chování. Pro detailní zobrazení síťového modelu byl použit satelitní snímek jako grafický obrázek pozadí. Satelitní snímek pozadí pro mapování sítě je určen referenčními body, kterým se přiřadí odpovídající měřítko.

Modelování dopravní infrastruktury je založeno na simulaci skutečného toku dopravy při zachování reálných podmínek v odpovídajícím měřítku. To znamená, že síťové objekty (komunikace, konektory, signální hlavy, a další) lze umístit na požadované místo s přesností na milimetr. To zaručuje detailní zachycení stavebního uspořádání řešené křižovatky a jeho zobrazení v mikrosimulačním prostředí. Proto není nutné provádět ověření průjezdnosti směrových oblouků prostřednictvím vlečných křivek. Modelování pozemních komunikací stejně

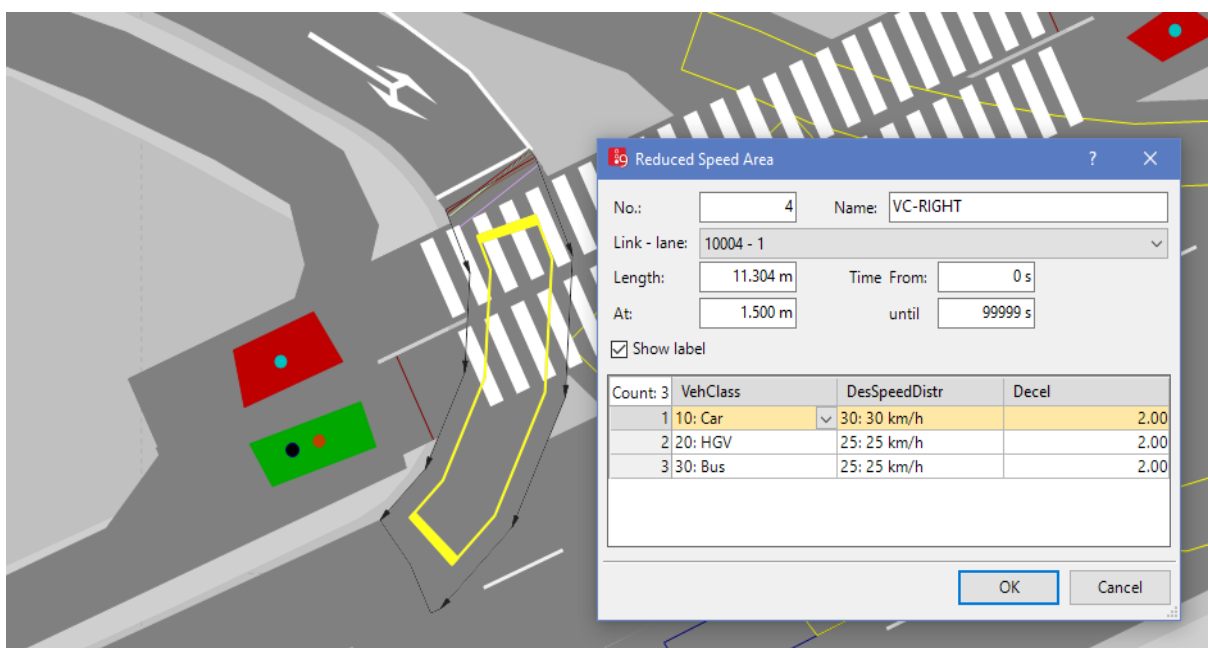
jako komunikací pro chodce (resp. cyklisty) je možné několika způsoby v sekci „Network Editor“ (editor sítě).

Jízdní pruhy lze duplikovat a vygenerovat pro opačný směr. Jednotlivé komunikace se spojují pomocí konektorů, přičemž je nutné věnovat pozornost jejich směrovému vedení. Zakřivení směrových oblouků a oblouků pro odbočení je vhodné modelovat pomocí přidáním mezilehlých bodů a ty následně aproximovat prostřednictvím příkazu „Spline“ vyšších stupňů, který danou křivku vyhladí a zakříví do požadovaného tvaru. Využitím principů numerických metod aproximace z prostředí aplikované matematiky je vykreslení linie křivky velice snadné.

Atributy komunikační sítě jsou definovány unikátním číslem identifikující danou komunikaci nebo její část, šířkou a délkou jízdních pruhů, počtem řadících pruhů na vjezdu do křižovatky. Dále je komunikace včetně konektorů vymezena maximální povolenou rychlostí, souborem parametrů jízdního chování a množinou druhů vozidel, jejichž jízda je danou částí komunikační sítě blokována nebo naopak je jejich průjezd umožněn. Každé individuální vozidlo (i chodec) si v simulaci vybírá vždy nejkratší a nejrychlejší cestu, proto jejich chování a správné určení atributů komunikační sítě je bezesporu důležité pro aproximování reálné situace na řešené křižovatce.

Mezi použité parametry jízdního chování patří nemožnost přejíždění v rámci řadících pruhů a udržování bezpečné vzdálenosti. Zamezení jízdy soukromých vozidel je implementováno v rámci zastávkových zálivů, které je aktivní pro všechny kategorie vozidel kromě vozidel MHD. U variant C a D je blokování jízdy stejných kategorií vozidel určeno navíc i pro nově vybudovanou komunikaci ve směru od Kohoutovic na MÚK Hlinky vyhrazenou pro vozidla MHD.

Pro komunikační síť lze zvolit podkladovou barvu tak, aby se opticky zdůraznilo, pro jaké druhy dopravy je určená. Komunikace určené pro motorovou dopravu jsou modelované v tmavě šedém barevném provedení, komunikace určené pro chodce mají světle šedý odstín. Komunikační síť je dále doplněna o vodorovná dopravní značení pro modelování přechodů pro chodce, stopčáry, směrových šipek pro vyznačení přípustných směrů pohybu a podélné čáry souvislé nebo přerušované.

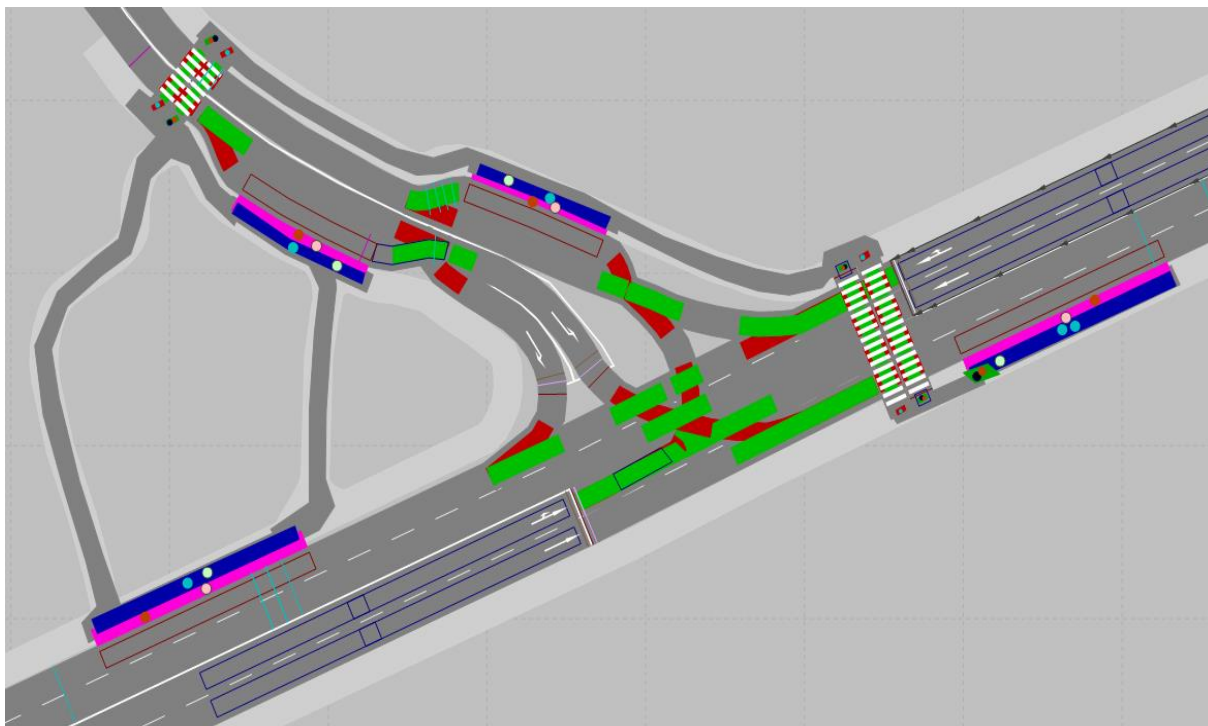


Obrázek č.23 Definování atributů příkazu "Reduced speed area"

Zdroj: Autorka

Křivky symbolizující část komunikace pro odbočení jsou charakteristické sníženou rychlostí, která je nadřazená stanovené maximální dovolené rychlosti ( $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ). Redukovaná rychlost (tzv. reduced speed area) je určena zvlášť pro dané kategorie vozidel. Vozidla se před vstupem do této oblasti automaticky zpomalují, projíždí jí stanovenou sníženou rychlostí a po jejím opuštění vozidlo automaticky zrychluje, dokud nedosáhne hranice maximální povolené rychlosti. Příklad Reduced speed area na konektoru směrového oblouku včetně definování snížených rychlostí pro jednotlivé kategorie vozidel je zobrazen na obrázku č.24.

Pomocí konfliktních oblastí (příkaz „Conflict Areas“), nebo také kolizních bodů, které se zobrazují automaticky, se modelují oblasti, kde se dochází ke křížení komunikací (jejich linií a konektorů). Přitom se nejedná pouze o křížné body, ale také přípojné a odbočné body. Konfliktní oblasti se stanovují i pro vzájemné interakce mezi přechody pro chodce a příčně vedenou linií komunikační sítě. Pro modelování pravidel jízdního chování lze oblast konfliktu určit jako aktivní nebo pasivní. Obrázek č. 25 znázorňuje vymezení konfliktních oblastí v prostoru řešené křižovatky, pro demonstraci oblastí konfliktu je zvolena varianta B.



Obrázek č.24 Oblasti konfliktu dopravního modelu křižovatky Pisárecká-Veslařská

Zdroj: Autorka

U aktivní oblasti se následně vymezi vztahy zainteresovaných částí komunikační sítě a volí se přednosti v jízdním chování. Pasivní oblast neřeší přednosti a preference v rámci průjezdu kolizními body (neexistence práva na cestu). V oblasti konfliktu uživatelé vozidel (resp. chodci) analyzují vzniklou situaci a plánují, jakým způsobem mají danou oblastí projet. V závislosti na definovaných parametrech modelu Wiedemann 74 účastník bez přednosti s každým časovým krokem vyhodnocuje, zdali je schopné připojit se do hlavního dopravního proudu a současně se přibližuje k oblasti konfliktu.

Následuje přiřazení vstupů vozidel (příkaz „Vehicle Inputs“), tedy intenzit dopravních proudů, na modelované komunikace při vjezdu do sítě (tzv. na vjezdových linkách dopravního modelu), kde jsou generovány a pouštěny do dopravní sítě. Intenzity dopravních proudů se zvláště určují pro jednotlivé kategorie vozidel individuální osobní a nákladní dopravy. Směrodatnou informací pro přiřazení množiny vozidel do sítě jsou hodnoty intenzit vozidel analyzované během dopravního průzkumu v rámci ručního sčítání vozidel.

Kromě stochastického definování doby vstupu vozidel do sítě lze definovat i časově závislé vstupy jednotlivých kategorií vozidel. Aplikací časově závislých vstupů dojde k tomu, že provoz na modelované křižovatce bude co nejvíce odpovídat skutečné situaci. Intenzity vozidel vstupující do komunikační sítě jsou v prostředí PTV Vissim znázorněny na obrázku č. 26.

| Coun | No | Name | Link       | Volume(0) | VehComp(0)  |
|------|----|------|------------|-----------|-------------|
| 1    | 1  |      | 4: PIS_P_1 | 602.0     | 1: Auto     |
| 2    | 2  |      | 6: VES_P_1 | 387.0     | 1: Auto     |
| 3    | 3  |      | 1: PIS_L_1 | 724.0     | 1: Auto     |
| 4    | 4  |      | 4: PIS_P_1 | 0.0       | 2: Bus      |
| 5    | 5  |      | 6: VES_P_1 | 0.0       | 2: Bus      |
| 6    | 6  |      | 1: PIS_L_1 | 0.0       | 2: Bus      |
| 7    | 7  |      | 4: PIS_P_1 | 11.0      | 3: Nákladní |
| 8    | 8  |      | 6: VES_P_1 | 13.0      | 3: Nákladní |
| 9    | 9  |      | 1: PIS_L_1 | 11.0      | 3: Nákladní |

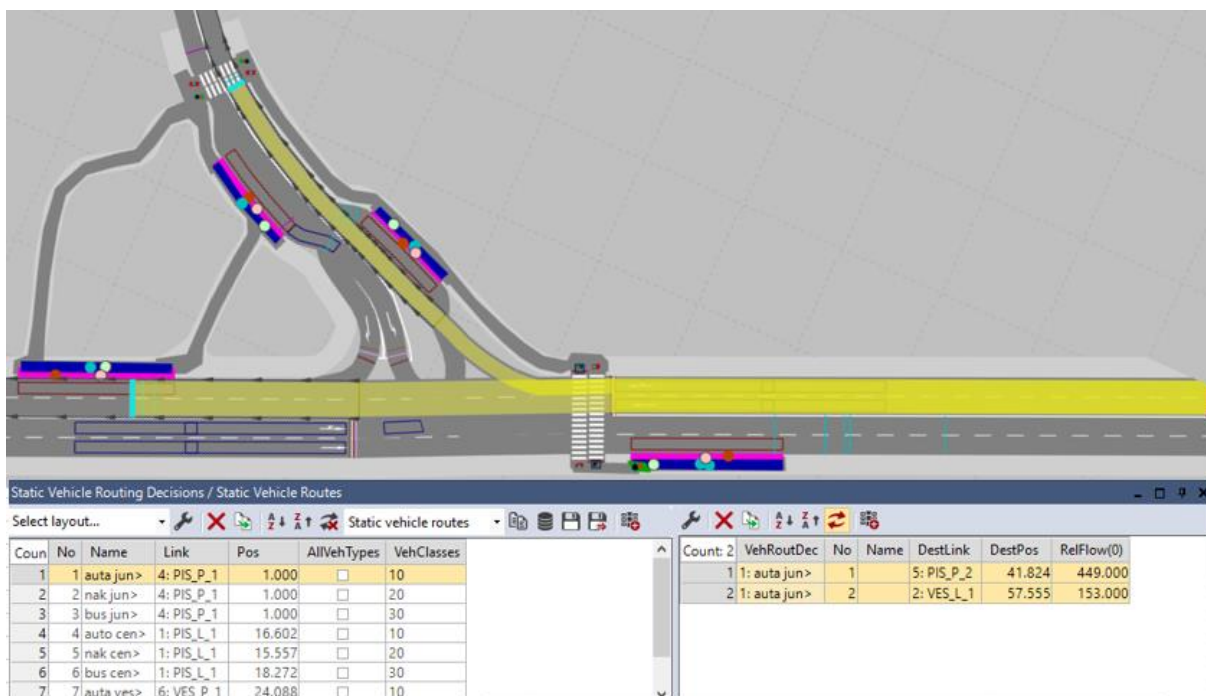
Obrázek č.25 Intenzity vozidel vstupující do komunikační sítě modelu

Zdroj: Autorka

Modelování směrování tras vozidel lze provést dvěma způsoby: statické trasování (příkaz „Static Vehicle Routes“) nebo dynamické vedení tras („Dynamic Assignment“). Způsob trasování „Dynamic Assignment“ je charakteristický existencí několika možných tras mezi zdrojem a cílem cest, mezi nimiž je dopravní poptávka realisticky rozdělena. Dynamické přiřazení vozidel na síť je určeno prostřednictvím origin-destination matrix (tzv. OD matice) bez nutnosti ručního vytváření tras a vstupů intenzit vozidel na síť. V případě modelování navrhovaných variant řešení je nutné vybrat statické přiřazení vozidel na síť, jenž se řídí cestami v komunikační síti, které se ručně definovaly. (35)

Každé rozhodnutí o směrování vozidel je určeno velikostí intenzity a skladbou tohoto dopravního proudu, dále počátečním a koncovým bodem na síti. Stejně jako vstupní intenzity, tak ani statické trasování se neaplikuje pro vozidla veřejné hromadné dopravy. Základním východiskem pro definování velikosti intenzity a skladby dopravního proudu v daných křižovatkových směrech jsou údaje z ručního sčítání vozidel provedeného během dopravního průzkumu. Obrázek č. 27 znázorňuje směrování vozidel IAD řešenou křižovatkou včetně jejich intenzit ze směru od MÚK Hlinky do směru na Jundrov a Nové Kohoutovice.



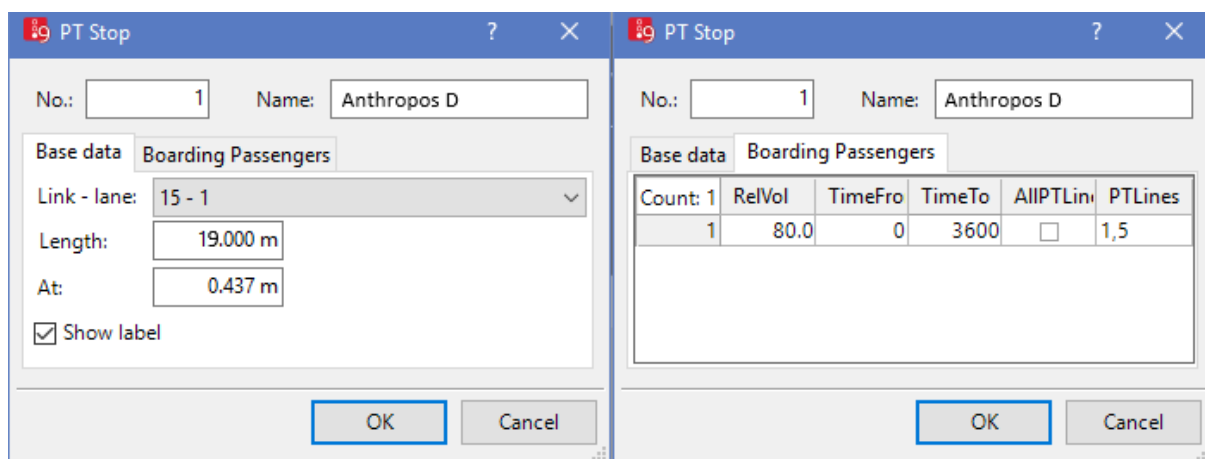


Obrázek č.26 Demontrace směrového vedení tras vozidel modelem řešené křižovatky

Zdroj: Autorka

Modelování zastávek veřejné hromadné dopravy programovým prvkem „Public Transport Stop“ je provedeno buď v krajním jízdním pruhu nebo vedle něj, čili v zálivu, podobně jako konfigurace umístění zastávek MHD u jednotlivých variant řešení (viz předešlá kapitola). Délka nástupní hrany u každé zastávky odpovídá stanoveným délkám specifikovaným v předešlé kapitole zvětšeným. Délky nástupních hran zastávek umístěných v jízdních pružích jsou navíc prodlouženy o jeden metr z důvodu rozestupů mezi vozidly při společném zastavení na zastávce. Pokud by se zde zanechaly stanovené délky nástupní hrany, zadní dveře druhého vozidla by nebyly umístěny na okraji nástupiště a zároveň by nebyly používány cestujícími.

Vložení síťového objektu „PT Stop“ se automaticky otevře dialogové okno, kde se vkládají hodnoty atributů pro daný síťový objekt. Kromě délky nástupní hrany se jedná o identifikační číslo a na jaké pozici se zastávka MHD nachází (název linky komunikace a umístění od jejího začátku). Významným atributem je nastavení nastupujících cestujících na platformu vozidla MHD. Jedná se především o specifikaci množství nastupujících cestujících za hodinový interval provázané s určitou „PT Line“ a časový údaj (od-do v simulačních sekundách), který je směrodatný pro nástup onoho množství cestujících na platformu vozidla. Cestující nastupující do vozidla jsou během daného časového intervalu úměrně rozděleni mezi jednotlivými spoji. Následující obrázek č. 28 zaznamenává definované atributy zastávky D u navrhované varianty řešení B.



Obrázek č.27 Definované atributy pro zastávku D

Zdroj: Autorka

Součástí modelování zastávek MHD je generování nástupní plošiny, tzv. „Platform Edge“. Síťový objekt „Platform Edge“ je určen pro nástup a výstup cestujících, nikoli pro jejich čekání na příjezd vozidla. Okraje plošiny jsou automaticky vytvořeny se šířkou 2 metry bezprostředně vedle síťového objektu „PT Stop“. Lze vybrat z možností umístění plošiny: napravo nebo nalevo od objektu „PT Stop“, pro účely této diplomové práce se použije vzhledem k umístěným dveřím a zastávek pravostranná konfigurace.

Dalším modelovaným objektem je oblast určená pro čekání cestujících, tzv. „Pedestrian Waiting Area“. Tato oblast musí být provázána s linkami „PT Line“, které na dané zastávce „PT Stop“ zastavují. Generování cestujících nejprve čekají v oblasti určené pro vyčkávání na příjezd vozidla MHD, po jeho příjezdu a otevření dveří vyčkají na nástupní plošině na výstup cestujících a následně nastoupí do vnitřního prostoru vozidla MHD.

Směrování vozidel veřejné hromadné dopravy se definuje pomocí programového prvku „PT Line“, které vedou stávajícími liniemi komunikací (a konektorů), nebo vyhrazenou komunikací pro vozidla MHD v případě varianty C a varianty D. Nastavované atributy jsou charakteristické typem hromadného vozidla a jeho maximální povolenou rychlostí na lince. Definováním časové kompenzace společně časového posunu (time offset, time distribution) se zajistí, aby vozidla MHD odjížděla z míst zastávek v plánovanou dobu dle jízdního řádu. Barevným rozlišením linek včetně vozidel na dané lince se opticky zdůrazní jejich vedení od ostatních kategorií vozidel v modelu řešené křižovatky.

Následně je definují na kartě s názvem časy odjezdů vozidel ze zastávky jednotlivé časové intervaly mezi spoji na dané lince. Kromě časů se vyplní u jednotlivých spojů i míra obsazenosti, a především počet vystupujících cestujících. Počet vystupujících cestujících koresponduje s údaji analyzovanými v rámci pořízeného videozáznamu. Pokud vozidla MHD jezdí v pravidelných intervalech, je možné automaticky vygenerovat časový rozvrh odjezdů

spojů zadáním hodnoty intervalu, časového ohodnocení prvního a posledního odjezdu spoje. Ukázka směrového vedení vozidel MHD včetně časů odjezdu ze zastávky je znázorněno na obrázku v příloze M.

V případě dosažení tohoto bodu při modelování dopravní situace na řešené křižovatce bude docházet k tomu, že vozidla MHD vztažená k dané „PT Line“ jedoucí podle časového harmonogramu zastavovat na pro ně vyhrazené zastávce stanicit nebudou. Dosažením Požadované zastavení vozidla dané linky je dosaženo propojením „PT Line“ s objektem „PT Stop“ a vybráním atributu, který aktivuje zastavování vozidel vybrané linky hromadné dopravy na určené zastávce. Zároveň se určí, kterými dveřmi a stranou vozidla bude umožněno cestujícím vystupovat a nastupovat. Pro účely modelování skutečného stavu na řešené křižovatce je cestujícím umožněno vystupovat i nastupovat oběma dveřmi umístěné na pravé straně vozidla.

Je nutné definovat vstupy chodců a cestujících pro jednotlivé plochy určené pro chodce, tzv. pedestrian areas, na kterých se vstupy musí nacházet. Jedná se především vstupy chodců náhodně generované programem pro přechody pro chodce a vstupy cestujících pro jejich nástup do vozidel MHD. Přitom jsou tyto vstupy charakteristické tím, že každý individuální subjekt z této množiny vstupů nechce využít přestupních vazeb v rámci přestupního bodu řešené křižovatky. Modelování chodců v síti je provedeno pomocí Wiedemanna modelového přístupu, přičemž modul VisWalk není nutné současně použít za podmínky, když se v síti bude pohybovat nanejvýš 30 chodců. (35)

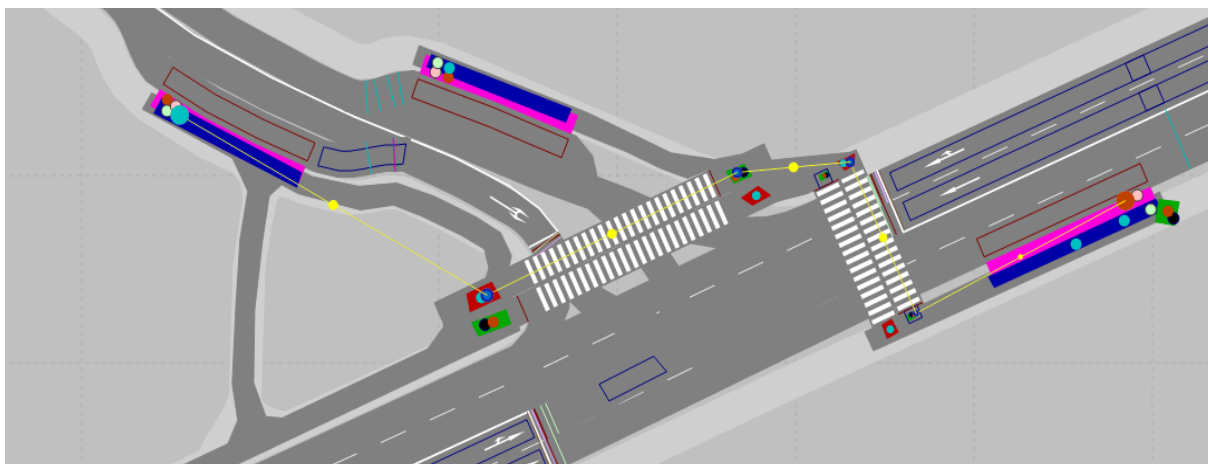
Modul VisWalk není součástí plné verze PTV Vissim zapůjčené Katedrou dopravního stavitelství Dopravní fakulty Jana Pernera. VisWalk se využívá pro modelování chodeckých proudů vysokých intenzit, umožňuje zobrazit až 100 000 chodců v jedné simulaci. I přes to, že se v dopravním modelu simulace navrhovaných variant řešení pohybuje více než 30 chodců, není nutné přídatný modul VisWalk použít. Po každém překročení vstupů chodeckých proudů v průběhu simulace se zobrazí dialogové okno s výzvou o pokračování simulace. Jejím následným pokračováním je do průběhu simulace umožněn vstup dalších 30 chodců. Během daného časového intervalu se dialogové okno s výzvou zobrazí několikrát, na chod simulčního procesu a jeho následné vyhodnocení však omezený vstup proudů chodců do modelované sítě nemá žádný vliv. To znamená, že i bez modulu VisWalk lze snadno a realisticky modelovat chodecké proudy v dopravní síti nezkreslující sledované ukazatele pro následné hodnocení.

Modelování přestupních vazeb je popsáno v následujícím odstavci. Vstupy pro chodce jsou definovány jejich objemem za určité časové období, tj. za hodinu. Směrování statických cest chodců je uskutečněno pomocí programového prvku „Pedestrian routes“, kdy je definováno

místo začátku a konce cesty, které opět musí ležet na ploše určené pro chodce (pedestrian areas). V případě směrování cestujících za nástupem do vozidla MHD je konec cesty umístěn na ploše pro čekání cestujících (waiting area). V případě přechodů pro chodce se začátek a konec cesty chodců nachází v jeho bezprostřední blízkosti, tj. před a za přechodem pro chodce.

Přestupní vazby mezi přestupními místy nástupišť jsou modelovány prostřednictvím cest určených pro dosažení místa nástupu na následný spoj. Začátek cesty se nachází na nástupní plošině a končí na ploše pro čekání cestujících. Objemy přestupujících cestujících (nastupujících a vystupujících) jsou zohledněny a definovány v rámci příkazů „PT Stop“ a „PT Line“, zároveň jsou vstupem pro množství cestujících se záměrem přestupu na následný spoj.

Jejich cesty vzhledem k situovanému řízenému přechodu pro chodce jsou vykresleny body, které určují, kterým místem na dopravní síti pro chodce mají projít. To je důležité především proto, aby chodci nepřecházeli samovolně přes řízený přechod pro chodce, ale aby vyčkali, než se pro ně uvolní cesta, tzn. na signál volno. Příklad modelování přestupní vazby mezi přestupními body nástupišť zastávek A a C je zaznamenáno na obrázku č. 29. Obrázek znázorňuje část dopravního modelu varianty stávajícího stavu řešené křižovatky.



Obrázek č.28 Modelování přestupních vazeb řešenou křižovatkou

Zdroj: Autorka

U některých variant řešení (tj. varianta A a varianta B) existují mezi zastávkou B a C dvě možné trasy přestupu. Přestupující chodci si vždy vybírají nejkratší a nejrychlejší cestu pro dosažení vytyčeného cíle. Alternativa trasy přestupu je vybrána v závislosti na místě zastavení vozidla MHD na zastávce B. V případě zastavení jednoho vozidla MHD vybírají cestu situovanou dále od hranice křižovatky, přičemž vozidlo MHD zastavuje na začátku nástupištní hrany. Při současném souběhu dvou vozidel vystupující cestující z prvního staničního vozidla volí tutéž cestu jako při zastavení jednoho vozidla, cestující z druhého vozidla vybírají cestu, která je situovaná blíže k hranici křižovatky. Modelování přestupních vazeb mezi přestupními body nástupišť umožňuje vyhodnocovat časovou náročnost jejich dosažení cestujícími.



Obrázek č.29 Ukázka ze simulace s 3D objekty

Zdroj: Autorka

V editoru sítě lze přidávat i 3D statické prvky jako jsou budovy, stromy, lavičky, zastávky a mnoho dalších. Statické objekty lze v prostoru otáčet podle os x, y, z a měnit jejich měřítko. Součástí statických objektů je 3D model návěstidel zobrazující světelné návěsti. Ty však při simulaci nejsou použity především proto, že třibarevná světelná soustava není doplněna signálem pro opuštění křižovatky, tj. vyklizovací šipkou, a doplňkovou zelenou šipkou. Navíc narušují kontinuitu průběhu simulace („zamrznutí“ simulace) z důvodu omezené hardwarové vybavenosti počítače, na němž byla prováděna vlastní simulace. Vytvořený dopravní model je možné zobrazit při simulaci ve 3D a natáčet jej v prostoru podle os x, y, z tak, jak je třeba.

Obrázek č. 30 ilustruje demonstrační snímek ze simulace na řešené křižovatce rozšířenou o 3D objekty. Stavební uspořádání komunikací křižovatky koresponduje s navrhovaným řešením varianty D. Umístěné 3D objekty (stromy, zastávkové přístřešky a označníky, budovy apod.) včetně komunikačních sítí realisticky zachycují skutečnou podobu dispozičního řešení křižovatky Pisárecká-Veslařská a jejího blízkého okolí.

## 7.2 Dopravní management a systém řízení dopravy

Systém řízení dopravy varianty současného stavu na řešené křižovatce je charakteristický dynamickým řízením dopravních proudů se současným zachováním pevné délky cyklu. Konstantní délka cyklu umožňuje zohlednit vstupy a výstupy dopravních proudů z přilehlých křižovatek, které ovlivňují intenzity vozidel na vjezdech křižovatky Pisárecká-

Veslařská. Koordinace křižovatek umístěných v linii, jejichž součástí je i řešená křižovatka situovaná v rámci koordinace uvnitř, je zabezpečena sladěním signálních plánů jejich řadičů SSZ.

Koordinace v zelené vlně má mimořádný význam na řízení provozu řešené křižovatky. Zabezpečuje plynulý průjezd vozidel v hlavních tazích, snižuje průměrnou délku doby zdržení a délku fronty vozidel na vjezdech hlavních směrů (tj. vjezdy umístěné na komunikacích ulice Pisárecké), a tím současně zvyšuje jejich úroveň kvality dopravy. Systém řízení dopravy na křižovatce Pisárecká-Veslařská dále charakteristický preferencí vozidel MHD. Vzhledem k jejich aktuálním nárokům na průjezd křižovatkou je ovlivňována světelná signalizace prostřednictvím prodlužování signálu volno. V rámci preferenčních nároků mají vyšší prioritu průjezdu vozidla MHD v hlavních dopravních směrech.

Stávající řízení dopravních proudů na řešené křižovatce zohledňuje zájmy chodeckých a cyklistických proudů. A to v místech situovaných přechodů pro chodce a přejezdů pro cyklisty, kde jsou respektovány existující příčné vztahy přecházení silniční sítě tímto urbanizovaným územím. Signál volno na přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty umístěné na hranici řešené křižovatky křižující Pisáreckou ulici je uskutečňován požadavkem výzvy (tj. tlačítkem pro chodce). Pokud není požadavek zaznamenán ze strany chodců (resp. cyklistů), signál volno není realizován.

Signál volno chodeckých a cyklistických proudů křižující na hranici řešené křižovatky ulici Veslařskou není ovládán na výzvu, je do signálního cyklu zařazen vždy se souběžně vedenými proudy vozidel (vjezd VA, VB, apod.). Vzhledem k dlouhému čekání chodců na přechodu a k nutnosti přestupu na následný spoj MHD však dochází k nebezpečným situacím, kdy chodci daného přechodu pro chodce nevyužijí a přechází volně přes komunikaci, což je v rozporu s dopravní legislativou.

Jednotlivé navrhované varianty řešení zakládají na zachování současného systému řízení dopravních proudů na řešené křižovatce. To znamená především zachování dynamického systému řízení křižovatky Pisárecká-Veslařská s preferencí hlavních dopravních tahů v rámci liniové koordinace. Způsob řízení chodeckých proudů se také nikterak nemění, to platí pro přechod pro chodce a přejezd pro cyklisty křižující komunikaci ulice Pisárecké. Navíc je jeho umístění v rámci všech navrhovaných variant řešení stejné jako u současného stavu.

Stávající přechod pro chodce a přejezd pro cyklisty situovaný na hranici řešené křižovatky komunikace ulice Veslařské je v případě 3 variant (A, B, C) přemístěn dále od její hranice a není řízen pomocí světelných signálů. Varianta D předpokládá stávající

umístění tohoto přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty za jeho současného řízení pomocí SSZ podobně jako u varianty stávajícího stavu.

Systém řízení dopravních proudů na křižovatce Pisárecká-Veslařská dále u jednotlivých variant řešení předpokládá s preferencí vozidel MHD. Některé stávající charakteristiky systému řízení jsou upraveny tak, aby poskytovaly lepší podmínky pro dopravní proudy na vjezdu z komunikace ulice Veslařské. Jedná se především o průměrnou dobu zdržení vozidel na vjezdu VC a distribuci signálu volno. Přitom se usiluje o zachování stejných, stávajících dopravně-inženýrských charakteristik vjezdů umístěných na komunikaci v hlavních tazích koordinovaných směrů.

Mezi měněné veličiny patří zejména počet fází a délka fázových přechodů. S menším počtem fází dojde k úpravě sledu fází. Dále se přepočítá tabulka mezičasů vzhledem k umístění stopčáry na vjezdu VC k hranici křižovatky. V logice řízení se upraví časové rozpětí maximálního možného prodloužení fáze a s ohledem na vysoké intenzity provozu v hlavních tazích se zkrátí časové kritérium časové mezery mezi vozidly.

Veškeré navrhované varianty řešení jsou popsány tentýž systémem řízení dopravních proudů na řešené křižovatce. Proto jsou touto podkapitolou současně analyzovány, jelikož se od sebe liší pouze v určitých charakteristikách. Jednotlivé charakteristické veličiny popisující řízení dopravních proudů navrhovaných variant řešení jsou odlišné v závislosti na stavebním uspořádání řešené křižovatky a způsobem usměrnění jejich dopravních proudů.

Cílem modelování systému řízení i bylo jeho částečné zjednodušení. Zjednodušení se týká výhradně způsobu uskutečnění preference vozidel MHD. V případech dopravních modelů navrhovaných variant a současně i varianty stávajícího stavu jsou vozidla MHD detekována pomocí dopravních detektorů. Podrobnější informace o definování systému řízení a modelování jejich prvků v mikrosimulačním prostředí programu PTV Vissim jsou chronologicky zahrnuty v následujících odstavcích této podkapitoly.

Vzhledem k provedeným úpravám stavebně-organizačního charakteru u navrhovaných variant řešení dojde ke změně struktury signálního plánu, především co do počtu a sledu fází, tabulky mezičasů a fázových přechodů. Varianty A, B a C jsou charakteristické absencí fáze 1, tedy fáze umožňující současné volno pro signální skupiny VA, VB a CC. Fáze 1 není uskutečňována v rámci cyklu signálního plánu z důvodu neexistence signální skupiny CC. Přechod pro chodce a přejezd pro cyklisty prezentovaný signální skupinou CC (na Veslařské ulici) se u těchto navrhovaných variant přemístil a provoz chodeckých a cyklistických proudů na něm je neřízený.

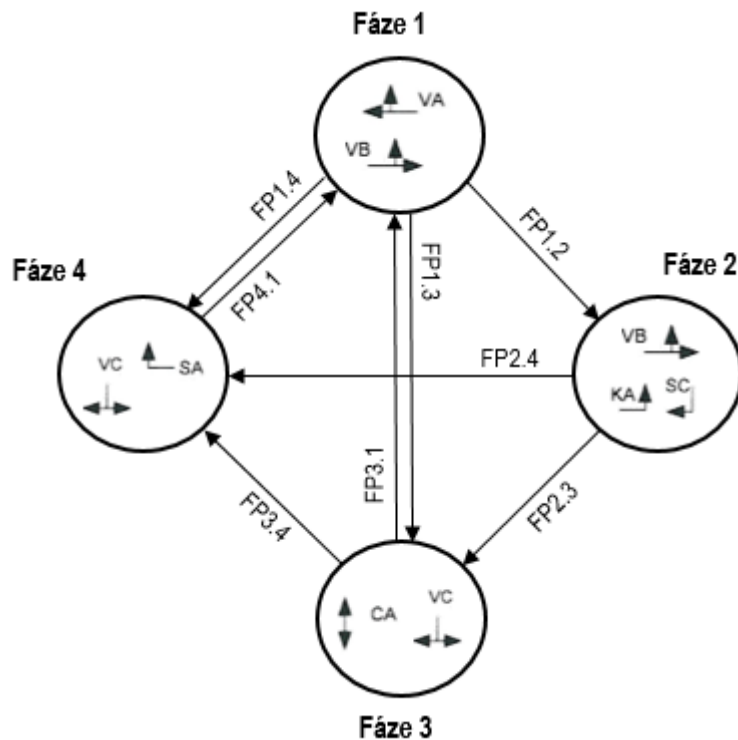
To znamená, že struktura signálního plánu u variant řešení A, B, C je charakteristická 4 fázemi. Fáze 1 pouští dopravní směry z hlavních tahů (tj. signální skupiny VA a VB). Odbočující vozidla z hlavních směrů dotčených signálních skupin nejsou omezeny podmínkou dát přednost současně přecházejícím proudům chodců a cyklistů, tím se zkrátí doba potřebná na průjezd plochy řešené křižovatky. Fáze 1 nastává v rámci jednoho cyklu vždy. Fáze 2 umožňující současné volno signálních skupin VB, KA a SC nastává pouze tehdy, když je nutné poskytnout bezkolizní průjezd dopravnímu proudu signální skupiny KA, který je v během právě probíhající první fáze ovlivněn protisměrem.

Fáze 3 následuje buď po fázi 1 nebo po fázi 2 podle podmínek určených v definici řídicí logiky na řešené křižovatce. Fáze 3 nastává pouze tehdy, pokud je realizován požadavek výzvy chodeckých proudů signální skupiny CA. Pokud požadavek ze strany chodců a cyklistů signální skupiny CA není realizován, fáze 1 nebo fáze 2 plynule přechází do fáze 4. Fáze 4 je prezentována signální skupinou VC a signální skupinou SA s využitím signálu doplňkové zelené šipky.

Počet fází včetně struktury signálních skupin zainteresovaných do jednotlivých fází se u navrhované varianty D s porovnáním se stávajícím řešením na řešené křižovatce nemění. To znamená, že rozčlenění dopravních pohybů na řešené křižovatce odpovídá jejich stávajícímu rozdělení, které je popsáno 8 signálními skupinami rozdělených mezi 5 fází. Varianta D současně zachovává i pořadí a sled jednotlivých fází. Na druhou stranu je vzhledem k stavebně-organizačním úpravám nutné přepočítat tabulku mezcíčasů a upravit fázové přechody. Dané fáze na sebe logicky a plynule navazují.

Obrázek č. 31 zaznamenává navržené fázové schéma navrhovaných variant řešení A, B a C, ve kterém je graficky znázorněno značení jednotlivých dopravních proudů, resp. signálních skupin. V daném fázovém schématu jsou vyznačeny všechny možné uskutečnitelné fázové přechody mezi jednotlivými fázemi.

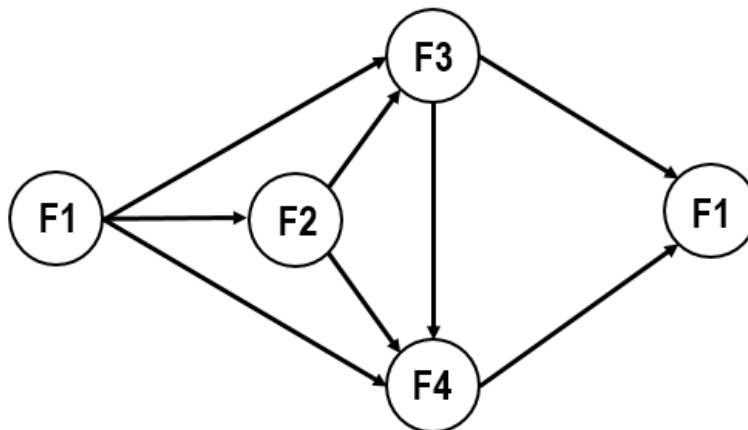




Obrázek č.30 Fázové schéma navrhovaných variant A, B a C

Zdroj: Autorka

Pořadí fází je navrženo podobně jako u varianty současného stavu. Sled fází se především určuje s ohledem na koordinaci řízení sousedních přilehlých křižovatek a preferenci vozidel MHD. Pořadí fází také zohledňuje proudy chodců a cyklistů křižující hlavní komunikaci ulice Pisárecké, tj fázi 3. Fáze 3 je fází na výzvu, která je v rámci cyklu vsunuta do sledu fází na základě poptávky chodců, resp. cyklistů. Zároveň se signálem volno pro chodce je vždy pouštěn prostřednictvím zeleného signálního obrazu na návěstidle dopravní proud signální skupiny VC. Sled fází pro varianty A, B a C je znázorněn prostřednictvím síťového grafu na obrázku č. 32, přičemž hlavní sled fází v rámci jednoho cyklu se mění v závislosti na aktuálních dopravních podmínkách na řešené křižovatce.



Obrázek č.31 Síťový graf sledu fází pro navrhované varianty řešení A, B a C

Zdroj: Autorka

V příloze N je graficky zobrazena podoba fázového schématu navrhované varianty D včetně grafického vyznačení jednotlivých dopravních proudů. Součástí uvedené přílohy jsou i tabulky zaznamenávající přiřazení jednotlivých signálních skupin k fázím a posloupnost daných fází v rámci cyklu. Posledním elementem přílohy N je grafické znázornění sledu fází prostřednictvím síťového grafu.

Vzhledem k úpravě umístění stopčár, rozšířením kapacity vjezdu prostřednictvím zřízení řadícího pruhu a dalších je nutné přepočítat hodnoty mezičasů pro všechny směry jízdy všech kolizních signálních skupin. Hodnoty mezičasů jsou pro jednotlivé varianty řešení vypočítány podle vztahu č. 1:

$$t_m = t_b + t_v - t_n \quad (1)$$

kde:

$t_m$  je hodnota mezičasu, tj. časový interval mezi koncem a začátkem signálů volno dvou kolizních signálních skupin [s],

$t_b$  je tzv. bezpečnostní doba, která zohledňuje po skončení signálu volno projíždění na následující signál pozor [s],

$t_v$  je tzv. vyklizovací doba, čili doba potřebná k projetí vyklizujícího vozidla od místa situované stopčáry na vjezdu do křižovatky do kolizního bodu na konci kolizní plochy [s],

$t_n$  je tzv. najížděcí doba, tedy doba potřebná k projetí najíždějícího vozidla od místa situované stopčáry na vjezdu do křižovatky do kolizního bodu na začátku kolizní plochy [s]. (28)

Pro výpočet mezičasů nebyly použity standardní hodnoty vyklizovacích a najížděcích rychlostí uvedené v tabulce standardních hodnot pro výpočet mezičasů přílohy J TP 81 Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích (28). Průměrné vyklizovací a najížděcí rychlosti byly stanovené prostřednictvím pořízeného videozáznamu, hodnoty průměrných rychlostí (najížděcích i vyklizovacích) jsou o něco vyšší než hodnoty uvedené v daném technickém předpisu. Jednotlivé mezičasy byly počítány s přesností na desetiny sekundy, výsledné mezičasy se stanovily prostřednictvím asymetrického zaokrouhlení s přesností na celé sekundy.

|           |    | NAJÍZDÍ |    |    |    |    |    |    |
|-----------|----|---------|----|----|----|----|----|----|
|           |    | VA      | VB | VC | KA | SA | SC | CA |
| VYKLIZUJE | VA |         |    | 9  | 11 |    | 9  | 5  |
|           | VB |         |    | 5  |    |    |    | 11 |
|           | VC | 5       | 6  |    |    |    |    |    |
|           | KA | 6       |    |    |    | 6  |    |    |
|           | SA |         |    |    | 6  |    |    | 5  |
|           | SC | 5       |    |    |    |    |    |    |
|           | CA | 10      | 8  |    |    |    | 10 |    |

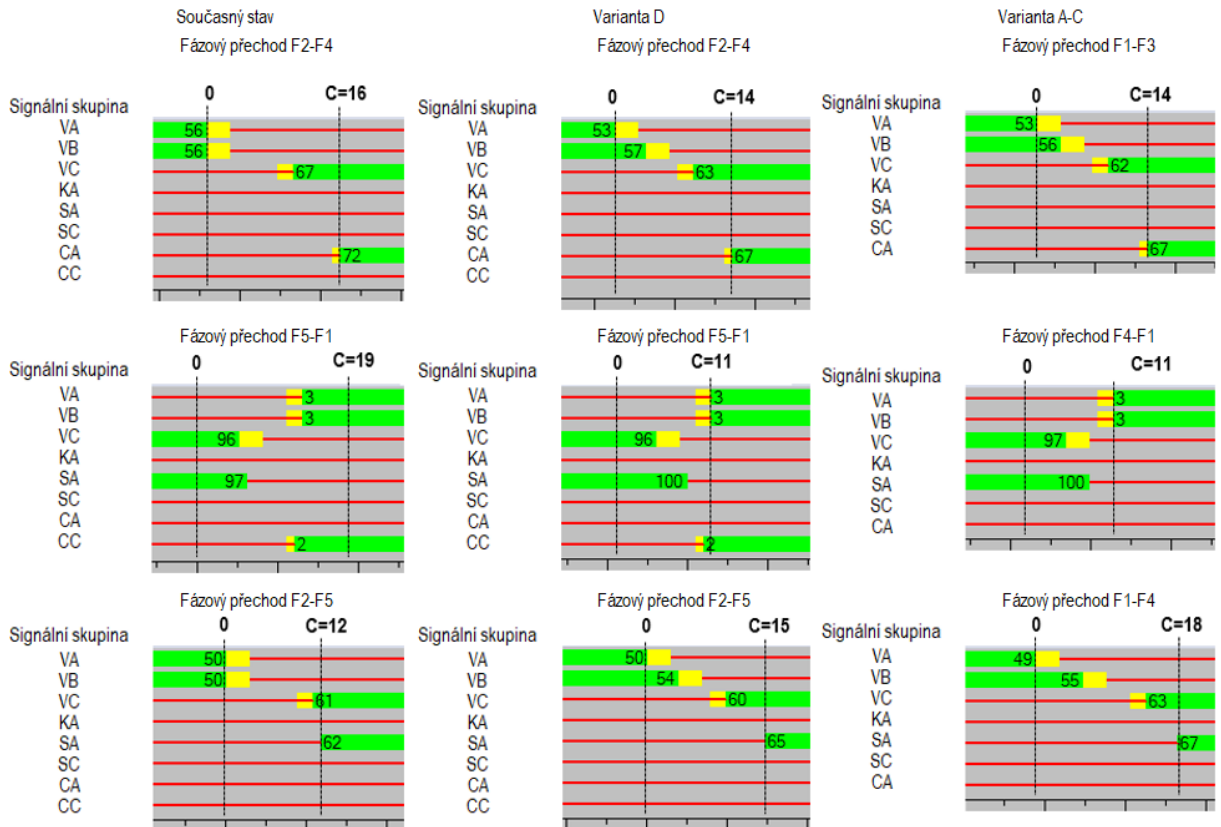
Tabulka mezičasů je sestavena na základě jednotlivých vypočtených hodnot mezičasů dopravních proudů, přičemž jako rozhodující mezičas dvou kolizních proudů (signálních skupin) se považuje největší z mezičasů jednotlivých dopravních pohybů. V tabulce č. 15 je uvedena přepočítaná tabulka mezičasů pro navrhovanou variantu řešení A. Tabulky mezičasů pro ostatní varianty řešení včetně tabulky mezičasů stávajícího řešení křižovatky jsou uvedené v příloze O.

Vzhledem ke stanovení nových hodnot mezičasů pro jednotlivé navrhované varianty řešení a změnu vztahující se k počtu fází a určení jejich sledu je nutné upravit pevné fázové přechody. Fázové přechody musí splnit podmínku minimálního časového úseku mezi signály volno signálních skupin končící fáze a následující začínající fáze, který nesmí být kratší než hodnotě mezičasů kolizních směrů v daných fázích. Úprava fázových přechodů se především vztahuje k přechodu mezi fázemi F2-F4, F5-F1 a F2-F5 varianty řešení D, resp. mezi fázemi F1- F3, F4-F1 a F1-F4 navrhovaných variant A, B a C.

Následující sada obrázků, resp. obrázek č. 33, znázorňuje modifikaci v předchozím odstavci vytyčených fázových přechodů. Každá sada obrázků obsahuje kromě modifikace fázových přechodů pro navrhované varianty také grafické znázornění tentýž fázového přechodu pro variantu stávající. U jednotlivých fázových přechodů je zaznamenán jeho začátek a konec včetně délky trvání. Přitom jsou zachovány minimální hodnoty mezičasů kolizních dopravních proudů.

První trojice obrázků (řádkové zobrazení) zaznamenává fázový přechod mezi fází 2 a fází 4 korespondující s označením fází pro variantu současného stavu a navrhovanou variantu D. Pro varianty A až C se počet a sled fází změnil, jedná se o fázový přechod mezi fázemi 1 a 3,

do kterých jsou však zařazené stejné signální skupiny jako v případě varianty D a varianty současného stavu. Časový interval, kdy je fázový přechod aktivní závisí na hodnotách mezičasů kolizních proudů. V případě modifikace fázového přechodu pro variantu D, resp. varianty A až C lze tento časový interval zkrátit o 2 sekundy.



Obrázek č.32 Modifikace fázových přechodů navrhovaných variant řešení

Zdroj: Autorka

V případě fázového přechodu mezi fází 5 a fází 1, resp. fází 4 a fází 1 u varianty A, B a C, došlo k redukci doby trvání fázového přechodu o 8 sekund. Tento fázový přechod končí aktivací zeleného signálu volno signální skupiny VA. U varianty současného stavu uvedený fázový přechod zahrnuje časový úhrn daleko vyšší hodnoty, než jsou hodnoty mezičasů kolizních proudů.

Poslední trojice obrázků zaznamenává fázový přechod F2-F5, resp. F1-F4 pro navrhované varianty A, B a C. V případě varianty D se délka uvedeného fázového přechodu rovná hodnotě 15 sekund, což je v porovnání s variantou současného stavu o 3 sekundy delší. V případě zbývajících navrhovaných variant časový interval tohoto fázového přechodu je roven 18 sekundám, zde tedy došlo k 6sekundovému nárůstu doby trvání fázového přechodu F1-F4. Délka fázového přechodu se v těchto případech odvíjí od hodnot mezičasů mezi danými

kolizními proudy. Všechny fázové přechody umožňují plynulou návaznost mezi jednotlivými fázemi a jejich signálními skupinami.

Pro modelování systému řízení prostřednictvím PTV Vissim je zapotřebí ručně nadefinovat specifické dopravně-inženýrské charakteristiky řešené křižovatky do textového souboru s příponou \*.pua a vytvořit algoritmus řízení za použití nástroje VisVap pro vygenerování potřebného souboru s příponou \*.vap. Tyto dva nezbytné vstupní soubory jsou následně vloženy do aplikace Vissim a spuštěny během samotné simulace dopravního modelu modelující dynamické řízení systému.

Pro jednotlivé varianty řešení jsou specifické dopravně-inženýrské charakteristické údaje nadefinovány do textového souboru. Soubor \*.pua je rozdělen do několika sekcí a je editován manuálně, ale pro případy jednodušších signálních programů jej lze exportovat z jiných zdrojů (např. přidružená aplikace Vissig – součást PTV Vissim pro tvorbu signálních plánů). Jejich obsahem jsou pevné údaje jako počet fází, přiřazení jednotlivých signálních skupin k fázím, tabulka mezičasů a fázové přechody. Dalším definovaným prvkem je fáze, která v rámci jednoho cyklu začíná jako první. Kromě těchto definic se musí zadat, které signální skupiny jsou aktivní nebo pasivní v rámci jednotlivých fází.

To znamená, že veškeré definice popsané v předchozích odstavcích jsou nadefinovány do textového souboru. Tyto definice musí být napsány do souboru ve správném pořadí a jazykem, který Vissim dokáže přečíst. Zdrojový soubor \*.pua nutný pro spuštění dynamicky řízené světelné signalizace v dopravním modelu je zaznamenán na obrázku č. 34. Uvedený soubor na obrázku odpovídá definicím dopravně-inženýrských charakteristik navrhované varianty řešení D. Pro ostatní navrhované varianty včetně varianty stávajícího stavu je možné vidět v jednotlivých souborech korespondující s názvy variant řešení na kompaktním disku v příloze P.

```

$SIGNAL_GROUPS|
$
VA      1
VB      2
VC      3
KA      4
SA      5
SC      6
CA      7
CC      8

$IGM
$
      VA  VB  VC  KA  SA  SC  CA  CC
VA  -127 -127 10  11 -127 10  5 -127
VB  -127 -127 6  -127 -127 -127 11 -127
VC      6   7 -127 -127 -127 -127 -127 5
KA      6 -127 -127 -127 6 -127 -127 8
SA  -127 -127 -127 6 -127 -127 5 -127
SC      5 -127 -127 -127 -127 -127 5
CA     10  8 -127 -127 10 -127 -127 -127
CC  -127 -127 8  9 -127 8 -127 -127

$STAGES
$
stage_1 VA VB CC
red      VC KA SA SC CA
stage_2 VA VB
red      VC KA SA SC CA CC
stage_3 VB KA SC
red      VA VC SA CA CC
stage_4 VC CA
red      VA VB KA SA SC CC
stage_5 VC SA
red      VA VB KA SC CA CC

$STARTING_STAGE
$
stage_1

$INTERSTAGE
INTERSTAGE_number : 1
length [s]         : 2
from stage         : 1
to stage           : 2
$
VA      -127      127
VB      -127      127
CC      -127       0

$INTERSTAGE
INTERSTAGE_number : 2
length [s]         : 12
from stage         : 2
to stage           : 3
$
VA      -127       0
KA       11       127
SC       10       127

$INTERSTAGE
INTERSTAGE_number : 3
length [s]         : 14
from stage         : 2
to stage           : 4
$
VA      -127       0
VB      -127       4
VC       8         127
CA      14         127

```

Obrázek č.33 Definované dopravně-inženýrské definice do textového souboru

Zdroj: Autorka

Na obrázku č. 34 lze vidět způsob definování jednotlivých signálních skupin, které jsou označeny specifickými čísly. Následuje tabulka mezičasů: pokud daný dopravní směr není definován jako kolizní, tzn., hodnota mezičasu není stanovena, je takový dopravní směr zohledněn hodnotou rovnou -127. U jednotlivých fází jsou dále identifikovány signální skupiny, které jsou v rámci fáze aktivní a pasivní, následujícím definovaným prvkem je začínající fáze v rámci cyklu.

Poslední významnou součástí souboru je formulování fázových přechodů, které jsou specifikovány především délkou jeho trvání v sekundách, jeho identifikování (z jaké fáze – do jaké fáze) a pro jednotlivé zainteresované signální skupiny začátek nebo jejich konec v rámci časového intervalu doby trvání daného přechodu. Přičemž první sloupec zaznamenává časový údaj začátku signální skupiny, druhý sloupec znázorňuje čas konce během doby aktivního fázového přechodu.

Tvorba řídicího algoritmu pro jednotlivé varianty řešení je vytvořena v doplňkovém programovém modulu VisVap. VisVap je nepostradatelnou součástí pro interpretaci veškeré logiky řízení a vstupních parametrů pro dynamické řízení dopravních pohybů na řešené křižovatce. Soubor vygenerovaný z prostředí programu VisVap s příponou \*.vap zaznamenává tvorbu logiky řízení a časových podmínek určitého mikrosimulačního dopravního modelu.

Logika řízení má podobu vývojového diagramu, jehož součástí jsou řídicí logické příkazy a funkce pro světelné řízení v síti Vissim. Současně jsou ze simulace získávány údaje z detektorů, v nichž se odráží aktuální dopravní situaci, a dále jsou zpracovány a vyhodnocovány samotnou logikou řízení. Architektura prostředí VisVapu je rozdělena do 5 sekcí, mezi které patří okno pro tvorbu vývojového diagramu logiky řízení, sekce pro definování parametrů (resp. konstant), pole pro interpretaci rozsáhlých příkazů, deklaraci podprogramů signálního plánu a pole proměnných (jedno nebo dvourozměrné). V rámci logických příkazů se používají systémové konstanty, čísla identifikující fáze nebo skupinu signálů. Uživatelsky definované konstanty jsou uvedené v sekci CONST („constants“) a pomocí nich jsou identifikovány například časové údaje začátku fázového přechodu, maximální možné prodlužování fází a další.

Detektory a signální skupiny jsou dopravní síti programu Vissim identifikována celočíselnými kódy. V programu VisVap jsou tyto detektory a signální skupiny označovány těmito přidruženými celočíselnými kódy jako argumenty ve funkčních krocích, které musí pro jednotlivé detektory a signální skupiny odpovídat kódování ve Vissim. Vývojový diagram je charakteristický systémem podmínkových a příkazových buněk. Systém šipek jako součást vývojového diagramu zaznamenává vedení logického toku průběhu řízení těmito buňkami. (36)

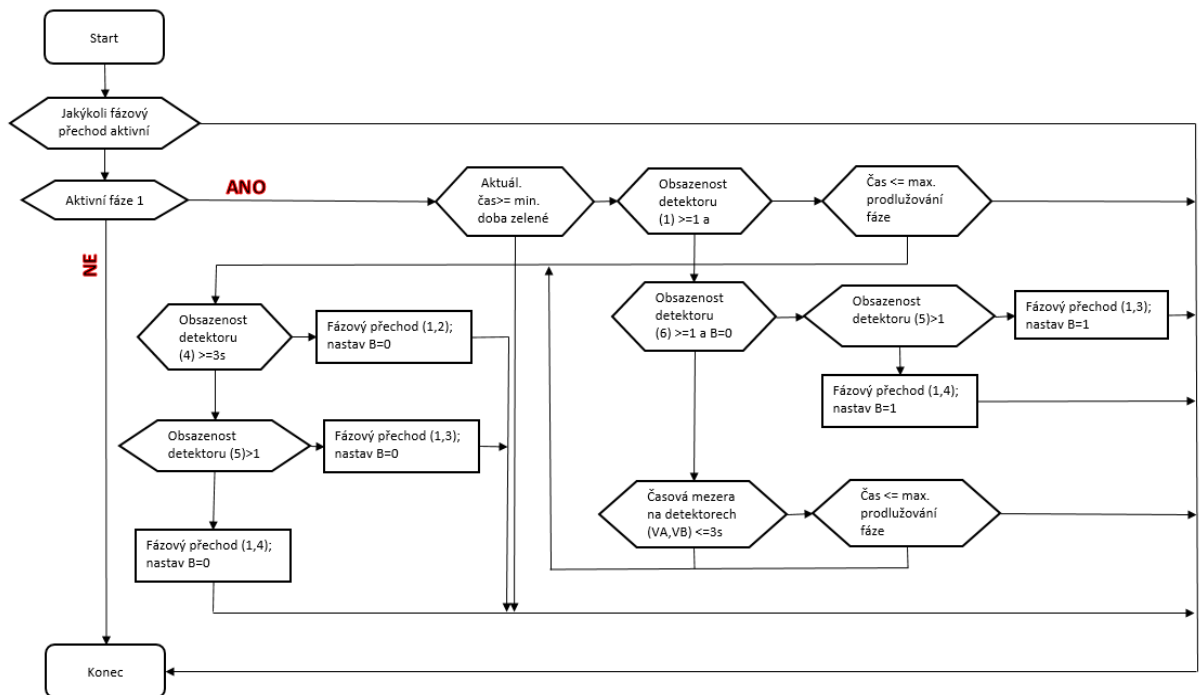
Z podmínkových buněk vždy vyúsťují dva ukazatelé směru označující nastolení dvou možných stavů. Horizontální vedení linie znamená, že určitá podmínka uvedená v buňce je splněna, vertikální vedení šipky identifikuje nesplnění podmínky daného podmínkového pole. V případě příkazových buněk je následující tok řídicího mechanismu charakterizován pouze jedním možným směrovým vedením, tj. horizontálním, jelikož příkaz jasně určuje, co má logika řízení v následujícím časovém kroku spustit. Časovým krokem v řídicí logice VisVap je desetina sekundy.

Funkce řízení určují, jak se má řízení v jednotlivých okamžicích chovat. Mezi základní funkce použité u jednotlivých variant řešení tvorby řídicího algoritmu v programovém vybavení VisVap především patří:

- 1) „Any interstage active“ pro identifikaci fázového přechodu, který je v daném okamžiku aktivní,
- 2) „Stage active“ sleduje v každém okamžiku právě probíhající identifikovanou fázi,
- 3) „Cycle second“ – funkce zkoumající určitý časový okamžik v rámci doby zelené určité fáze (např. minimální a maximální doba zelené, maximální dobu zelené při jejím prodlužování, apod.),
- 4) „Occupancy“ sleduje, jestli je vozidlo detekováno prostřednictvím příslušného detektoru,

- 5) „Headway“ zjišťuje a vyhodnocuje hodnotu časové mezery na příslušném detektoru v určitém časovém okamžiku,
- 6) „Interstage“ spustí specifikovaný fázový přechod při splnění určitých podmínek.

Vzhledem k tomu, že je kompletní vývojový diagram sledu fází a podmínek řízení logiky poněkud nepřehledný a prostorný, se převedl do uživatelsky jednodušší interpretace pro jeho demonstraci v rámci textové části diplomové práce. Následující obrázek č. 35 tedy zaznamenává výňatek z vývojového diagramu přetvořeného do formátu zaručující jeho snadné čtení.



Obrázek č.34 Ukázka části vývojového diagram

Zdroj: Autorka

Uvedený výňatek vývojového diagramu se vztahuje k logice řízení vytvořenou pro navrhovanou variantu A. Zaznamenává logický tok vně právě aktivní fáze 1 a podmínky, které jsou vyhodnocovány v každém okamžiku simulačního procesu. Jednoznačné označení detektorů je zapsáno pomocí celých čísel, podobně jako v prostředí Vissim, která jsou v polích uvedena v kulatých závorkách.

Součástí logických podmínek je i priorita preference vozidel MHD. Priorita je vztažena k jejich směrování, vyšší prioritu mají vozidla MHD na vjezdech umístěných na hlavní komunikaci ulice Pisárecké. V rámci vývojového diagramu je prioritní označení směrování vozidel uvedeno jako symbol písmene B. Pokud je B rovno 1, preference je přidělena vozidlům MHD přijíždějící ke křižovatce v jednom z hlavních tahů.

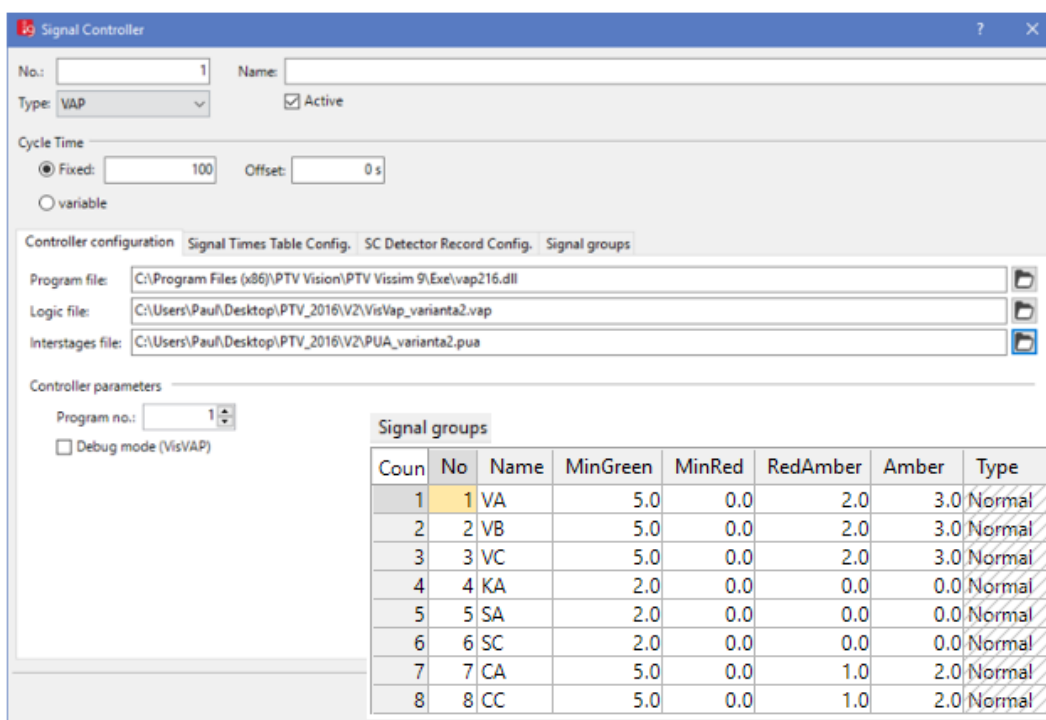
Jako ukázka části schématu vývojového diagramu vytvořeného v programu VisVap slouží příloha R. V příloze P lze v jednotlivých záložkách pro každou variantu řešení nalézt



soubory s příponou \*.vap a \*.vv, kde je logika řízení s časovými podmínkami zaznamenána. Soubor \*.vv lze otevřít v textovém editoru, kde je veškerá logika přepsána do syntaxe určenou pro program Vissim.

Na liště s názvem „Signal Controller“ v programu PTV Vissim se definuje délka cyklu signálního plánu, která je pro všechny případy variant pevná a její délka je rovna 100 sekundám. Dalším krokem je vložení souboru obsahující logickou část a souboru s definicemi dopravně- inženýrských veličin, tj. soubory \*.vap a \*.pua. Na této liště se musí vyplnit tabulka minimálních dob signálů pro jednotlivé signální skupiny, a to signálu zeleného, žlutého a červenožlutého. Pro možnost ověřování správnosti zapsání vývojového diagramu se souběžně spuštěnou simulací slouží prvek sladění módů, tzv. „Debug mode (VisVap)“. Při současném zobrazení signálního plánu lze sledovat a ověřovat správnost systému řízení na řešené křižovatce.

Na obrázku č. 36 je zobrazeno dialogové okno lišty „Signal Controller“. Na něm lze vidět, jednotlivé definované charakteristiky řízení a zdrojové soubory pro modelování dynamického řízení na řešené křižovatce. Součástí obrázku č. 36 je také tabulka zaznamenávající dané signální skupiny s minimálními dobami jednotlivých světelných návěstí.



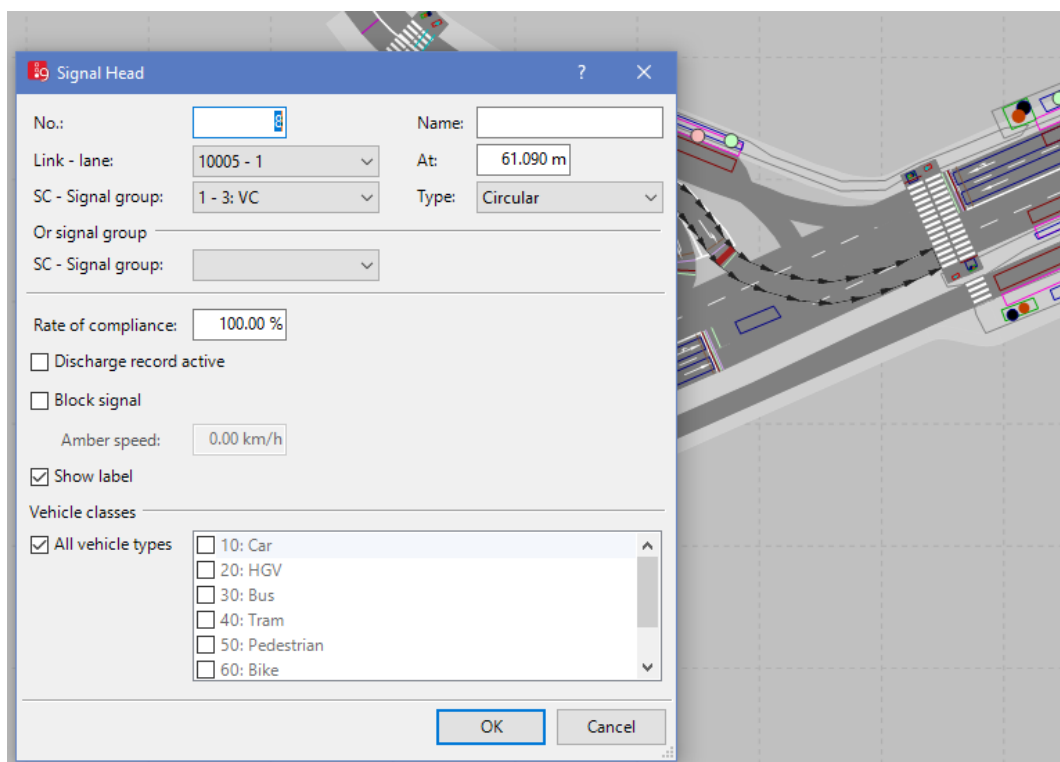
Obrázek č.35 Definování atributů na liště "Signal Controller"

Zdroj: Autorka

Následuje modelování prvků řízení dopravních proudů a vyhodnocování aktuální dopravní zátěže přímo do modelované dopravní sítě. K modelování návěstidel SSZ je k dispozici funkce „Signal Heads“, tzv. signální hlavy, k nimž se přiřazují signální skupiny. Signální

skupinu lze přiřadit k několika hlavám, které ale vždy zobrazují stejný obraz. Síťové objekty signálních hlav jsou umístěny na příslušná ramena křižovatky zhruba metr za stopčárou (tj. blíže k hranici křižovatky) kvůli bezpečnostnímu odstupu vozidel od daného síťového objektu.

V dialogovém okně editoru signální hlavy se identifikuje daná hlava kódovým označením, které musí odpovídat označení ve zdrojových souborech pro simulaci dynamického řízení provozu (tj. soubor \*.pua a \*.vap). Dále se vybere signální skupina či skupiny, které jsou k signální hlavě přiřazeny, a kategorie vozidel, jejichž proudy jsou danou signální hlavou řízeny. Signální hlavy jsou zvláště modelovány pro signální skupiny charakteristické signálem doplňkové zelené šipky a vyklizovací šipky (tj. signální skupiny SC, KA, SA). Signální hlavy se přidělují také řízeným přechodům pro chodce, které jsou modelovány jako dvě jednosměrné části, tzn., že jednomu řízenému přechodu pro chodce se přidělí dvě signální hlavy.



Obrázek č.36 Dialogové okno s atributy pro signální hlavu

Zdroj: Autorka

Definované atributy pro signální hlavu v síti Vissim jsou zobrazeny na obrázku č. 37. Síťový objekt signální hlavy je v dopravní síti vyznačen úsečkou červené barvy. Uvedený obrázek se vztahuje k navrhované variantě řešení C. K signální hlavě v modelu je přiřazena signální skupina VC, signální hlava je definována plnými kruhovými signály (circular) a jsou jí zároveň řízen dopravní proud všech kategorií vozidel.

Detektory umístěné v jízdních pružích komunikační sítě modelu a na ploše před přechodem pro chodce slouží k zaznamenávání vozidel a chodců pro ovládací prvky definované logiky řízení. V modelu PTV Vissim se detektory modelují jako síťové objekty, pro které se zadá příslušná délka. Detektory zaznamenávají impulzy obsazení, které jsou interpretovány logikou řízení a přeměněny na vhodné spínací signály pro řízení dopravních toků na křižovatce.

Každý dopravní detektor je charakteristický svojí délkou, jednoznačným identifikačním kódem, typem (standardní, pulsní, apod.) a pozicí na lince modelované komunikační sítě. U každého detektoru je nutné specifikovat, pro které kategorie vozidel je daný detektor aktivní, případně pro které z definovaných „PT Line“ je detektor relevantní. Předlohou pro modelování detektorů a jejich pozic na komunikační síti modelované v programovém prostředí PTV Vissim je situační výkres se schématem řešené křižovatky.

Detekce vozidel MHD je v mikrosimulačním prostředí modelována rozdílně od stávajícího řešení. Pro detekování vozidel veřejné hromadné dopravy v hlavních směrech slouží standardní detektory, které jsou charakteristické délkou činící 50 metrů. Uvedená délka je dostatečná pro možnost detekování vozidla na konci detektoru, kdy za současného prodlužování signálu volna do maximálního možného časového okamžiku pro jeho směr jízdy stihne projet plochou křižovatky bez zdržení.

### **7.3 Kalibrace a validace modelů navrhovaných variant řešení**

Dopravní model s modelovanou komunikační sítí a systémem řízení dopravy v tomto bodě ještě nelze vyhodnocovat, jedná se o tzv. funkční model, u nějž se musí zkontrolovat, zda odpovídá reálné situaci na řešené křižovatce. U funkčních dopravních modelů jednotlivých variant řešení je nutné provést proces jejich kalibrace a validace. Pro procesy validace a kalibrace modelů jsou použity výstupy z dopravního průzkumu na řešené křižovatce. Přičemž prvotně je přistoupeno k ladění modelu odstraňováním chyb v definici a struktuře modelu, ověřováním funkčnosti interakce mezi chodci a vozidly a pravidel předností v jízdě prostřednictvím vizuálního zrevidování simulace.

Každý z vytvořených modelů nejprve projde vizuálním zhodnocením simulačního procesu. Zpravidla se v simulační síti objeví nedostatky v definování konfliktních oblastí, které nereflektují skutečnou situaci, jak se mají vozidla a chodci v daném místě chovat. Těmito nedostatky se především myslí nedání přednosti v jízdě nebo v chůzi přes přechod pro chodce, vozidla dodržují přehnaně velkou bezpečnostní vzdálenost a tím omezují plynulost dopravního proudu, a podobně. Případné nesrovnalosti při zkoumání dopravních proudů

a jejich chování se tedy musí identifikovat přizpůsobit podmínkám reálného provozu na křižovatce.

U dopravních proudů vozidel vstupujících do modelované sítě dochází během simulačního procesu k chybovému hlášení o nedokončení generování vstupujícího proudu do simulace. Přitom cílem simulace je dokončení všech vstupů tak aby odpovídaly výsledkům dopravního průzkumu. Tato nesrovnalost lze snadno odstranit pouhým protažením linie modelované komunikace.

Podrobné zkoumání nedostatků se přirozeně zaměřuje i na kontrolu správnosti nastavení dynamického řízení, tj. logických a časových podmínek stanovených v rámci vývojového diagramu včetně definovaných parametrů, a formulaci dopravně-inženýrských charakteristik systému řízení zapsanou v textovém editoru. Vyladění nedostatků systému řízení je především spojeno s četným pozorováním běhu simulace a upravováním parametrů řízení tak, aby odpovídalo skutečné situaci. V průběhu simulačního procesu je velice efektivní provázat samotnou simulaci s logikou řízení pomocí funkce „Debug mode“, která umožňuje kontrolovat a vyhodnocovat tvorbu signálního plánu s průběhem toku řízení v každém časovém kroku (desetiny sekundy).

Kalibrace a validace dopravních modelů je provedena jak pro modely navrhovaných variant řešení, tak pro modelovanou variantu současného stavu. Pochopitelně je přístupováno podobným způsobem pro modely znázorňující dopravní situaci na řešené křižovatce nejen pro rok 2016, ale také pro prognózovaný rok 2026. Kalibrační proces dopravního modelu varianty současného stavu je podrobnější, podle něj se následně kalibrovaly některé eventuelní nedostatky modelovaných navrhovaných variant řešení.

Po proběhnutí fáze ladění modelu prostřednictvím pozorování je přistoupeno k jeho samotné kalibraci. Jako kalibrační veličina je vybráno průměrné časové zdržení stáním vozidel na vjezdech do řešené křižovatky. Hodnoty kalibrační veličiny jsou sledovány v rámci provedení 10 simulačních procesů. Simulační proces je charakteristický časovým intervalem, během něž simulační proces probíhá. Délka cyklu simulačního procesu je ve spouštěcích parametrech simulace nastavena na hodnotu 4200 sekund.

Kromě 3600 sekund, tedy časového intervalu, v rámci něhož probíhal dopravní průzkum, obsahuje dalších 600 sekund. Tento čas navíc je tzv. náběhový čas, během něž se modelovaná dopravní síť zaplňuje a z tohoto důvodu není podle kalibračních či validačních veličin statisticky vyhodnocován. Následně je přistoupeno k iteračnímu procesu upravování parametrů modelu tak, aby se simulované hodnoty co nejvíce přibližovaly hodnotám měřeným. Upravovanými parametry především jsou pozice profilů pro měření časového zdržení.

Pozice profilů totiž musí odpovídat způsobu pro určení hodnot zdržení z videozáznamu pořízeného v době dopravního průzkumu.

Tabulka č.16 Hodnoty průměrného časového zdržení vozidel na vjezdu do řešené křižovatky

Zdroj: Autorka

| UKAZATELÉ HODNOCENÍ                | VJEZD DO ŘEŠENÉ KŘIŽOVATKY |      |        |      |      |
|------------------------------------|----------------------------|------|--------|------|------|
|                                    | VB, KA                     | VB   | VA, SA | VA   | VC   |
| Po vizuálním ladění modelu [s]     | 25.4                       | 16.5 | 20.2   | 16.1 | 49.5 |
| Po kalibraci modelu [s]            | 20.2                       | 15.5 | 17.6   | 13.9 | 47.3 |
| Dle měření [s]                     | 21.0                       | 15.8 | 18.1   | 14.6 | 46.8 |
| Rozdíl mezi simulací a měřením [s] | 0.8                        | 0.3  | 0.5    | 0.7  | 0.5  |

Posléze je dosaženo vyhovujícího stavu, vzhledem k tomu, že rozdíl mezi hodnotami měřené a simulované veličiny nepřekročil hranici 1 sekundy na žádném z vjezdů do řešené křižovatky. Tabulka č. 16 udává charakteristické hodnoty průměrného časového zdržení stáním vozidel na vjezdech v jednotlivých fázích kalibračního procesu pro stávající variantu řešení křižovatky. Přičemž první fázi se rozumí ladění modelů prostřednictvím vizuálních schopností. Druhá fáze je charakteristická několika proběhlými iteračními procesy upravování parametrů modelu s cílem přiblížení hodnot kalibrační veličiny naměřeným hodnotám. Zároveň jsou v tabulce č. 16 uvedeny hodnoty naměřené za účelem srovnání se simulovanými hodnotami pro variantu stávajícího stavu.

Pro stejnou veličinu jako v případě kalibrace, tj. pro časové zdržení vozidel na vjezdu do křižovatky, je následně po kalibraci modelu přistoupeno k ověření počtu simulačních procesů. Určení minimálního počtu simulačních procesů je důležité pro následné vyhodnocování daného modelu, jehož výstupní hodnoty jsou nadále charakteristické určitou mírou spolehlivosti a maximální přípustnou chybou odhadu. Ověření počtu simulačních procesů je provedeno i pro jednotlivé navrhované varianty řešení.

Veličina průměrného časového zdržení stáním vozidel na vjezdu je aproximována intervalem, v němž se daná veličina (parametr) s předem určenou pravděpodobností nachází. Tato pravděpodobnost se nazývá spolehlivost odhadu. To znamená, že se použije jedna ze statistických technik, resp. přesnější intervalový odhad (než je odhad bodový). Daný předvýběrový soubor provedených simulačních procesů je charakteristický spojitým Studentovým rozdělením pravděpodobnosti.

Studentovo rozdělení dává přesné výsledky i pro relativně malé vzorky, tj. do 30 hodnot, a je specifikován jediným parametrem, jímž je počet stupňů volnosti  $\nu$ . Stupeň volnosti  $\nu$  je definován rozsahem vybraných hodnot zmenšený o jednu (tj. počet provedených simulačních procesů - 1). Pokud by byla velikost výběrového souboru vyšší než 30 provedených simulací, lze Studentovo rozdělení aproximovat rozdělením normálním normovaným, jelikož s rostoucím parametrem  $\nu$  se hustota Studentova rozdělení přibližuje hustotě normálního rozdělení pravděpodobnosti. (37)

Tabulka č.17 Střední doba zdržení simulačních procesů a výběrová směrodatná odchylka

Zdroj: Autorka

| VJEZD           | VB,KA     |     | VB        |     | VA,SA     |     | VA        |     | VC        |     |
|-----------------|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|
| Proces simulace | $t_w$ [s] | VSO | $t_w$ [s] | VSO | $t_w$ [s] | VSO | $t_w$ [s] | VSO | $t_w$ [s] | VSO |
| <b>1</b>        | 16.3      | 2.8 | 13.0      | 1.7 | 17.3      | 1.7 | 14.6      | 1.2 | 45.9      | 2.1 |
| <b>2</b>        | 19.2      |     | 15.3      |     | 16.4      |     | 14.1      |     | 48.8      |     |
| <b>3</b>        | 20.2      |     | 15.8      |     | 18.4      |     | 14.1      |     | 49.5      |     |
| <b>4</b>        | 20.4      |     | 14.1      |     | 16.5      |     | 16.2      |     | 46.4      |     |
| <b>5</b>        | 21.0      |     | 15.4      |     | 18.7      |     | 12.3      |     | 48.6      |     |
| <b>6</b>        | 16.5      |     | 14.5      |     | 17.9      |     | 13.0      |     | 44.2      |     |
| <b>7</b>        | 21.9      |     | 15.2      |     | 20.5      |     | 13.8      |     | 46.9      |     |
| <b>8</b>        | 19.0      |     | 16.0      |     | 14.5      |     | 13.0      |     | 47.1      |     |
| <b>9</b>        | 25.9      |     | 19.5      |     | 19.1      |     | 15.2      |     | 44.8      |     |
| <b>10</b>       | 22.0      |     | 16.1      |     | 17.0      |     | 13.0      |     | 50.6      |     |

Určení minimálního počtu simulačních procesů je provedeno na předvýběrovém souboru, tj. předvýběr o 10 simulačních procesech, vždy se stejným dopravním zatížením. Pro každý simulační proces se nastaví jiný generátor náhodných čísel, tzv. random seed number. Úroveň spolehlivosti, neboli spolehlivost odhadu, je zvolena 95 %, dále 97 % a 99 % s hladinou významnosti postupně 0,05 (pro 95% interval spolehlivosti), 0,03 a 0,01. Danou hladinou významnosti se připouští pravděpodobnost chyby (např. připouští se 5% chyba odhadu, zároveň průměrná hodnota vzorku se na 95 % nachází v určitém intervalu). Pro průměrné hodnoty časového zdržení vozidel v rámci 10 simulačních procesů se určí výběrová směrodatná odchylka, pomocí níž se vypočítá požadovaný rozsah výběru, tj. počet simulačních procesů. Minimální počet simulačních procesů se určí podle vztahu č. 2:

$$n \geq \left( \frac{s_1 \cdot t_{1-\frac{\alpha}{2}; n_1-1}}{\Delta_{MAX}} \right)^2 \quad (2)$$

kde:

$n$  charakterizuje rozsah výběru, tj. minimální počet simulačních procesů [-],

$s_1$  je výběrová směrodatná odchylka předvýběru [s],

$t$  vyjadřuje kvantil studentova rozdělení pravděpodobnosti s  $\nu$  stupni volnosti [-],

$\alpha$  je hladina významnosti [-],

$n_1$  charakterizuje rozsah předvýběru [-],

$\Delta_{MAX}$  určuje maximální přípustnou chybu odhadu [s]. (37)

Tabulka č. 17 uvádí průměrné časové zdržení stáním vozidel na jednotlivých vjezdech do řešené křižovatky varianty současného stavu. Součástí tabulky jsou i vypočtené výběrové směrodatné odchylky charakteristické pro daný vjezd a uvedený počet simulačních procesů. Ze směrodatných odchylek se vybere odchylka s nejvyšší hodnotou, pro níž se následně vyjadřuje minimální rozsah (tj. počet) simulačních procesů. Vzhledem k malému počtu měření v předvýběru a odhadu výběrové směrodatné odchylky je odhad požadovaného počtu simulací aproximován prostřednictvím Studentova rozdělení pravděpodobnosti.

Volí se maximální přípustná chyba odhadu, čili stanovení průměrného časového zdržení vozidel s určitou přesností. Maximální chyba odhadu je charakterizována intervalem  $\langle 3; 1 \rangle$  s velikostí kroku rovnající se 0,5 sekundy. Chyba odhadu je funkcí rozsahu výběru  $n$  a hladiny významnosti  $\alpha$ , dále závisí na výběrové směrodatné odchylce  $s$ . Pro předvýběr o 10 simulačních procesech (tj.  $n_1$ ) se určí výběrová směrodatná odchylka  $s_1$ , která vyjadřuje odhad výběrové směrodatné odchylky  $s$  daného požadovaného počtu simulačních procesů. Minimální rozsah výběru (tj. počtu simulací) se určí podle vztahu č. 2.

Ke stanovení střední hodnoty zdržení na vjezdech do křižovatky varianty současného stavu s přesností  $\pm 3$  sekundy (celková chyba odhadu činí 6 sekund) při 95% spolehlivosti odhadu je zapotřebí provést minimálně 5 simulací. Pro maximální chybu odhadu činící 1 sekundu (odchylka směrem dolů a nahoru, tj. celková chyba odhadu 2 sekundy) při totožném intervalu spolehlivosti je žádoucí provedení minimálně 41 simulací. Pokud je definována chyba odhadu rovnající se 1 sekunda s hladinou významnosti 0,01 (tj. 99% interval spolehlivosti) je zapotřebí proběhnoutí nejméně 83 simulačních procesů, pokud se připouští větší chyba odhadu činící 3 sekundy, minimální počet simulací musí být větší nebo roven 10. To znamená,

že minimální počet simulačních procesů pro danou hladinu významnosti roste při zužování přístupné chyby odhadu.

Stanovení minimálního počtu simulačních procesů je provedeno podobně i pro navrhované varianty řešení. Pro zjednodušení práce vyhodnocovacího procesu jsou zvoleny pro všechny varianty totožné hodnoty kritérií hladiny významnosti  $\alpha$  a maximální přípustné chyby odhadu  $\Delta_{MAX}$ . V příloze P je pro jednotlivé navrhované varianty uveden proces ověření počtu simulačních procesů v závislosti na definované hladině významnosti (resp. intervalu spolehlivosti) a hodnotách kroků přípustné chyby odhadu. Pro účely vyhodnocení variant postačí spolehlivost odhadu 95 % s hodnotou maximální přípustné chyby činící  $\pm 2$  sekundy. To znamená, že průměrné hodnoty časového zdržení stáním vozidel na vjezdech do řešené křižovatky jsou simulací generovány s celkovou přesností na 4 sekundy ( $\pm 2$  sekundy od průměru). Vzhledem k těmto definovaným parametrům je u každé varianty pro účely jejich vyhodnocení provedeno 10 simulačních procesů.

Tabulka č.18 Stanovení minimálního počtu simulací v závislosti na maximální přípustné chybě odhadu a úrovni spolehlivosti

Zdroj: Autorka

| CHYBA ODHADU [s] | ÚROVEŇ SPOLEHLIVOSTI [%] | MINIMÁLNÍ POČET SIMULACÍ [-] |
|------------------|--------------------------|------------------------------|
| 3.0              | 95                       | 5                            |
| 3.0              | 97                       | 7                            |
| 3.0              | 99                       | 10                           |
| 2.5              | 95                       | 7                            |
| 2.5              | 97                       | 10                           |
| 2.5              | 99                       | 14                           |
| 2.0              | 95                       | 10                           |
| 2.0              | 97                       | 16                           |
| 2.0              | 99                       | 21                           |
| 1.5              | 95                       | 18                           |
| 1.5              | 97                       | 28                           |
| 1.5              | 99                       | 37                           |
| 1.0              | 95                       | 41                           |
| 1.0              | 97                       | 62                           |
| 1.0              | 99                       | 83                           |



Předcházející tabulka č. 18 zaznamenává minimální počet simulačních procesů pro variantu současného stavu v závislosti na definované hladině významnosti (resp. úrovni spolehlivosti) a volené hodnotě maximální přípustné chyby odhadu. Čím vyšší je počet provedených simulací, tím vyšší bude přesnost výsledků modelu s naměřenými hodnotami. Pro účely hodnocení navrhovaných variant však úroveň spolehlivosti činící 97 % nebo 99 % není účelná, jelikož čím vyšší úroveň spolehlivosti je dána, tím vyšší časové nároky s sebou přináší. Navíc s vyšší úrovní spolehlivosti se pravděpodobnost selhání lidského faktoru (tj. chybování) při vyhodnocování výstupů z modelu zvyšuje.

Validační proces, někdy pod názvem verifikace, je proveden za účelem ověření výstupních údajů ze simulovaného modelu s reálnými daty získanými dopravním průzkumem. Je zřejmé, že výběr validační veličiny je jiný, než podle níž proběhla kalibrace. Jako validační veličina je zvolena intenzita vozidel na jednotlivých vjezdech do řešené křižovatky. Validační proces je proveden u všech modelů navrhovaných variant řešení včetně modelu varianty stávajícího stavu na řešené křižovatce. V příloze P je uveden validační proces pro jednotlivé varianty řešení včetně validace výhledových intenzit směrodatných pro rok 2026.

Validační proces jednotlivých dopravních modelů variant řešení je charakteristický provedením testu shody. Jde především o systém statistického hodnocení výstupních údajů z modelů a jejich srovnání s naměřenými reálnými daty. Dobrá shoda mezi průměrnými simulovanými hodnotami a hodnotami naměřenými nastává v případě, kdy rozdíl mezi simulovanými a naměřenými údaji není větší než 5 vozidel za hodinový interval na jednotlivých vjezdech do křižovatky.

Tabulka č.19 Validační proces podle intenzit vozidel na vjezdech do křižovatky

Zdroj: Autorka

| PROCES SIMULACE | INTENZITA NA VJEZDU [voz·hod <sup>-1</sup> ] |     |        |     |          |         | SUMA  |
|-----------------|--|-----|--------|-----|----------|---------|-------|
|                 | VB, KA                                       | VB  | VA, SA | VA  | VC right | VC left |       |
| 1               | 375  | 442 | 325    | 284 | 258      | 152     | 1 836 |
| 2               | 344  | 406 | 355    | 310 | 246      | 156     | 1 817 |
| 3               | 351  | 421 | 351    | 323 | 243      | 141     | 1 830 |
| 4               | 357  | 431 | 359    | 282 | 254      | 167     | 1 850 |
| 5               | 325  | 407 | 342    | 316 | 232      | 160     | 1 782 |
| 6               | 369  | 414 | 335    | 309 | 277      | 140     | 1 844 |
| 7               | 353  | 454 | 364    | 292 | 243      | 148     | 1 854 |
| 8               | 328  | 436 | 344    | 304 | 258      | 152     | 1 822 |

| INTENZITA NA VJEZDU [voz·hod <sup>-1</sup> ] |        |     |        |     |          |         |       |
|--|--------|-----|--------|-----|----------|---------|-------|
| PROCES SIMULACE                              | VB, KA | VB  | VA, SA | VA  | VC right | VC left | SUMA  |
| <b>9</b>                                     | 325    | 374 | 370    | 290 | 269      | 155     | 1 783 |
| <b>10</b>                                    | 378    | 450 | 358    | 296 | 270      | 156     | 1 908 |
| <b>Max</b>                                   | 378    | 454 | 370    | 323 | 277      | 167     | 1 908 |
| <b>Min</b>                                   | 325    | 374 | 325    | 282 | 232      | 140     | 1 782 |
| <b>Sm.odchylka</b>                           | 19     | 23  | 13     | 13  | 13       | 8       | 35    |
| <b>Medián</b>                                | 352    | 426 | 353    | 300 | 256      | 153.5   | 1 833 |
| <b>Průměr</b>                                | 351    | 424 | 350    | 301 | 255      | 153     | 1 833 |
| <b>Dle měření</b>                            | 353    | 421 | 350    | 303 | 255      | 154     | 1 836 |
| <b>Rozdíl simulace a měření</b>              | -2     | 3   | 0      | -2  | 0        | -1      | -3    |

Validační proces ověření výstupních hodnot z modelu podle intenzit vozidel na vjezdu do řešené křižovatky je demonstrován pro navrhovanou variantu A v tabulce č. 19. Je patrné, že mezi měřenými hodnotami a průměrnými hodnotami jakožto výstupní veličiny ze simulace panuje velmi dobrá shoda. Rozdíl mezi hodnot ze simulace a hodnot naměřených v době dopravního průzkumu nepřevyšuje hranici 3 vozidel v rámci jednoho vjezdu. To znamená, že rozdíly jsou minimální-v řádu jednotek, a dopravní modely jednotlivých variant řešení jsou zcela připraveny k procesu vyhodnocování vybraných charakteristických veličin.

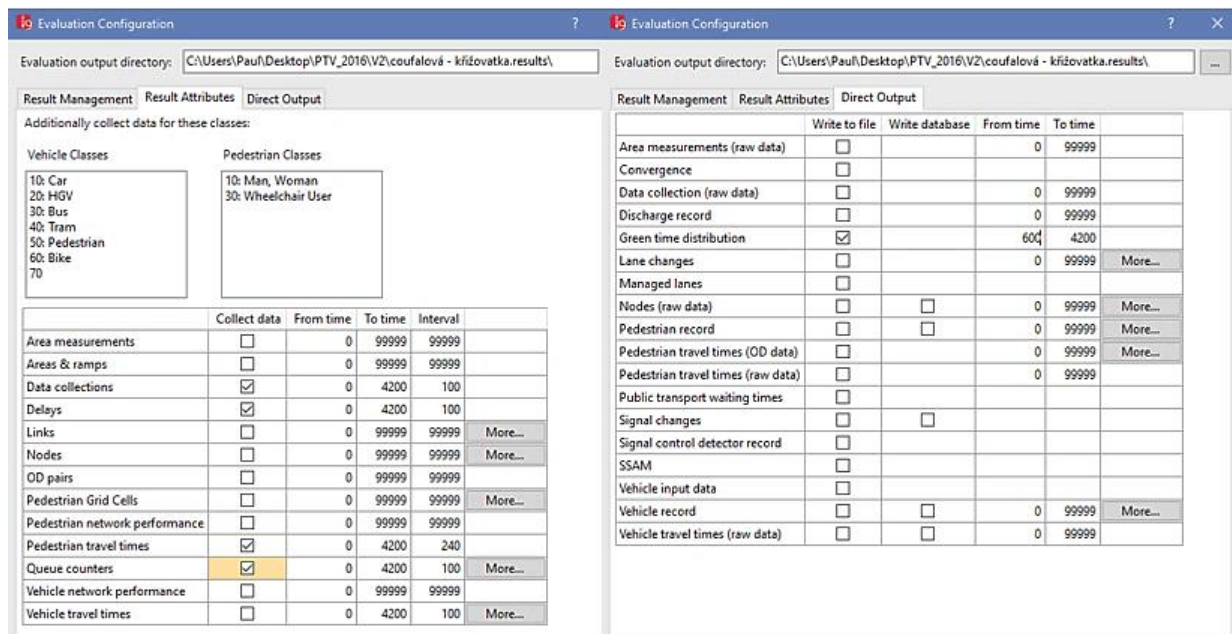
## 8 Vyhodnocení navrhovaných dispozičních variant řešení

Software PTV Vissim poskytuje širokou nabídku možností vyhodnocení dopravně-inženýrských veličin s vysokou mírou spolehlivosti generovaných dat. Prvotním výstupem programu PTV Vissim je samotná simulace nadefinovaného dopravního modelu, jenž znázorňuje reálnou situaci dopravního chování v dopravní síti. V závislosti na typu dat a jeho dalším požadovaném využití lze data pro hodnocení zobrazovat v seznamech, resp. oknech, přímo v prostředí Vissim a dále je ukládat do textových, anebo databázových souborů.

Kromě časových veličin typu časové zdržení na vjezdu do křižovatky, doba průjezdu mezi dvěma body na síti, distribuce světelných signálů, a dalších je možné vyhodnocovat také údaje o intenzitě vozidel a jejich průměrné rychlosti, délce kolony, jízdních vlastnostech (akcelerace, decelerace, maximální rychlost) a podobně. Statistické výstupy lze zaznamenávat minimálně v sekundových intervalech, pro účely vyhodnocování dat této diplomové práce jsou generovaná data sledována v časových krocích rovnající se 100 sekundám. Pouze pro sledování časové náročnosti dosažení místa přestupu na následný spoj MHD je vzhledem k nižším intenzitám chodců použit 240sekundový, tj. 4minutový, interval.

Doba proběhnutí jednoho simulačního procesu je definována časovým intervalem  $\langle 0; 4200 \rangle$  sekund, jenž je o 600 sekund delší než časový interval, během něž proběhl dopravní průzkum. Přičemž se uvažuje, že prvních 600 sekund není určeno pro účely statistického vyhodnocování z důvodu překonání počátečního stavu nulového nasycení. Jedná se tedy o tzv. náběhový čas, kdy se modelovaná dopravní síť zaplňuje definovanými účastníky provozu a začíná odpovídat reálnému stavu dopravní situace. Zahrnutím intervalu nasycování sítě do statistického vyhodnocování by byly vstupní intenzity a další dopravně-inženýrské veličiny tímto intervalem poníženy a jejich jmenovitá hodnota by nebyla relevantní pro účely hodnocení.

Pro účely vyhodnocování dat ze simulace dopravního modelu je nejprve zapotřebí do modelované sítě umístit síťové objekty pro sledování a měření daného úseku nebo místa relevantního pro vyhodnocování. Umístění síťových objektů definující místa sběru dat je však nastíněno v rámci jednotlivých podkapitol této kapitoly. Jednotlivé parametry vyhodnocování se nadefinují v uživatelském rozhraní konfiguračního okna podobně, jako je uvedeno na obrázku č. 38. Jednotlivé výstupní veličiny lze sledovat i pro jednotlivé kategorie vozidel, příp. chodců. Kromě požadovaných výstupů ze simulace s definovanými časovými atributy generování jejich dat je nutné určit jejich místo uložení.



Obrázek č.37 Definované parametry výstupních dat v programu PTV Vissim

Zdroj: Autorka

Mezi požadovaná hodnotící kritéria patří časové zdržení vozidel na vjezdu do modelované křižovatky, časová náročnost přestupu cestujících mezi nástupišti přestupního bodu, délka kolony vozidel na vjezdu a distribuce času signálu volno. Vyhodnocení požadovaných kritérií je provedeno na základě proběhnutí 10 simulačních procesů, pro něž je vždy nastavena jiná hodnota tzv. random seed number, neboli hodnota časového přidělení vozidel na dopravní síť. Tímto krokem se předejde situacím, kdy jsou vozidla generována na modelovanou síť v tentýž okamžik a shodném pořadí jako v případě předchozím simulačním procesem.

Po konfiguraci bodů měření v dopravní síti a definování požadovaných hodnotících veličin, je možné spustit sadu simulačních procesů. Vzhledem k již vykonanému procesu kalibrace a validace modelu je efektivní vzhledem k vysokým časovým úsporám běhu simulace použití zrychleného módu, tzv. „quick mode“. Při této variabilní funkci nelze sledovat aktuální dynamické objekty (vozidla, chodci, světelné návěsti, apod.), je vhodná pouze pro generování výstupních veličin. „Quick mode“ umožňuje maximální rychlost běhu simulace, přičemž doba trvání zrychlené simulace je více než 15krát kratší, než umožňuje její standardní rychlost. Výsledná hodnota sledovaného kritéria je určena jako průměr z veškerých 10 simulačních procesů prostřednictvím statistického hodnocení především v sešitu tabulkového softwaru Microsoft Excel.

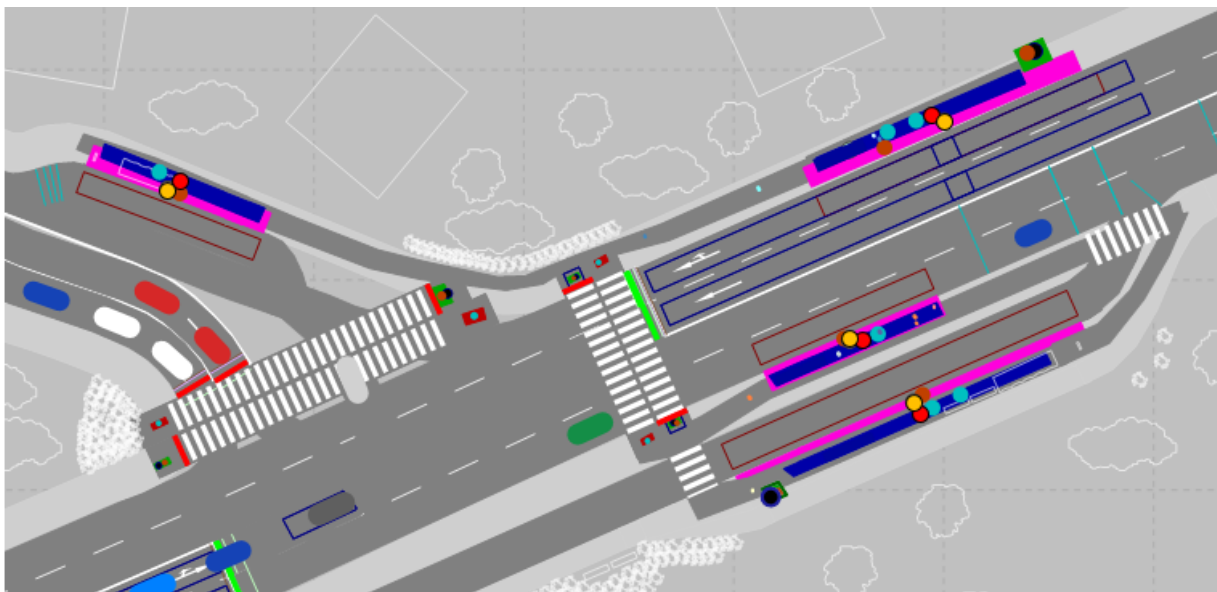
## 8.1 Průměrná doba potřebná na přestup cestujících

Časové nároky jsou charakteristické překonáním vzdálenosti mezi dvěma body a přizpůsobením se požadavkům systému řízení dopravních proudů. Vzdáleností mezi dvěma body se v tomto případě rozumí vzdálenost mezi dvěma nástupními plochami zastávek MHD, kterou přestupující cestující musí překonat za účelem dosažení následného spoje. V PTV Vissim se vkládají měřicí body určující začátek a konec cesty chodců přímo do modelované sítě prostřednictvím nástroje pro vyhodnocování s názvem „Pedestrian travel time“.

Nástroj „Pedestrian travel time“ umožňuje vyhodnocovat průměrný čas, za který jsou generovaní chodci v modelu během časového intervalu schopni dostat se z bodu A do bodu B. Dále poskytuje informaci o tom, kolik chodců v daném intervalu danou vzdálenost překonalo. Časový krok měření je stanoven na 240 sekund, tj 4 minuty, přičemž data jsou generována pro 10 simulačních procesů o časovém rozpětí  $\langle 0; 4200 \rangle$  sekund. Procesem statistického vyhodnocení jsou podstoupeny výstupní hodnoty z modelu v časovém intervalu  $\langle 480; 4080 \rangle$  symbolizující hodinový interval analyzovaný v rámci dopravního průzkumu.

V dopravním modelu jednotlivých variant řešení jsou umístěné měřicí body, jenž sledují a vyhodnocují požadované kritérium doby potřebné pro přestup na návazný spoj MHD. Přičemž první měřicí bod v rámci jedné přestupní trasy (resp. pro jeden směr cesty) je situován v oblasti určené pro nástup a výstup cestujících, tedy na ploše nástupní plochy („Platform Edge“). Druhý měřicí bod je umístěn na ploše definované pro čekání cestujících na příjezd vozidla MHD („Waiting Area“).

To znamená, že každá ze zastávek MHD obsahuje jeden měřicí bod v oblasti „Platform Edge“ definující začátek cesty, a jeden měřicí bod nacházející se na ploše „Waiting area“ značící konec cesty přestupu. Každá ze situovaných zastávek je totiž charakteristická začátkem i koncem přestupního procesu. Na obrázku č. 39 je znázorněno rozmístění měřících bodů v rámci zastávkových ploch na modelu dopravní sítě navrhované varianty D. Z uvedeného obrázku č. 39 je patrné, že každá oblast „Platform Edge“ je opatřena jedním začátečním měřícím bodem (žlutá barva), podobně i pro jednotlivé oblasti „Waiting Area“ jsou definovány cílová místa měření (červeně označené body).



Obrázek č.38 Umístění měřících bodů nástroje "Pedestrian travel time"

Zdroj: Autorka

Jak lze vidět, měřící body jsou umístěny přibližně v polovině dotčeného síťového objektu oblasti, jejich situování koresponduje se způsobem měření přestupních vzdáleností mezi dvěma nástupišti přestupního bodu (viz. kapitola 7). V případě navrhované varianty D nejsou trasy přestupu trasovány přes řízené přechody pro chodce, to znamená že řízení provozu na křižovatce neovlivňuje čas potřebný pro přestupceující. Chodci jsou v dopravní síti modelováni jako malé body různých barevných provedení. V oblasti „Waiting Area“ zastávky D si lze všimnout skupinky čekajících chodců na příjezd vozidla MHD.

Výstupní data z modelu jsou z Vissimu exportována do tabulkového editoru Microsoft Excel, kde jsou podstoupena statistickým vyhodnocením. Pro definované přestupní trasy jsou vyhodnoceny průměrné časové nároky plynoucí z překonání dané vzdálenosti při respektování systému řízení na řešené křižovatce (tzn. čekání na signál volno na řízených přechodech pro chodce). Časové ohodnocení trasy v závislosti na jeho směřování v rámci 2 zastávek MHD je zanedbáno, uvažuje se s hodnotou ležící mezi dvěma průměrnými časovými údaji charakterizující směřování trasy přestupu, podobně jako v případě měření časových nároků přestupu z videozáznamu pořízeného v době dopravního průzkumu.

Tabulka č. 20 zaznamenává průměrnou dobu v sekundách potřebnou pro dosažení cílového bodu měření z místa situovaném ve zdrojové oblasti, tj. mezi bodem v oblasti pro čekání na následný spoj MHD a místem na nástupištní ploše při opouštění vozidla vystupujícími cestujícími. Současně jsou hodnoty průměrných časových nároků na přestup zaznamenané pro varianty modelované pro rok 2026, kde intenzity dopravních proudů nabývají vyšších hodnot.

Pro získání dodatečných informací o průměrné rychlosti přestupujících jsou do tabulky integrovány vzdálenosti jednotlivých tras pro dané varianty řešení. Varianta s názvem „Varianta 0 měření“ odpovídá analyzované současné situaci na křižovatce v době provedení dopravního průzkumu, „Varianta 0“ koresponduje s dopravním modelem stávajícího stavu řešené křižovatky vytvořeného prostřednictvím programu PTV Vissim. Výstupní hodnoty ze simulace mají vysokou spolehlivost (úroveň spolehlivosti 95 %) s chybou odhadu činící 1 sekundu.

Tabulka č.20 Průměrné časové nároky pro přestup cestujících na následný spoj MHD

Zdroj: Autorka

| VARIANTA/TRASA PŘESTUPU  | VZDÁLENOST MĚŘÍCÍCH BODŮ [m] |           | PRŮMĚRNÁ ČASOVÁ NÁROČNOST PŘESTUPU [s] |           |           |           |
|--------------------------|------------------------------|-----------|--|-----------|-----------|-----------|
|                          | Trasa B-C                    | Trasa A-D | Rok 2016                               |           | Rok 2026  |           |
|                          |                              |           | Trasa B-C                              | Trasa A-D | Trasa B-C | Trasa A-D |
| <b>Varianta 0 měření</b> | 105                          | 108       | 133                                    | 194       |           |           |
| <b>Varianta 0</b>        | 105                          | 108       | 132                                    | 194       | 134       | 198       |
| <b>Varianta A</b>        | 119                          | 138       | 110                                    | 178       | 110       | 180       |
| <b>Varianta B</b>        | 119                          | 138       | 109                                    | 179       | 109       | 180       |
| <b>Varianta C</b>        | 73                           | 68        | 62                                     | 45        | 62        | 45        |
| <b>Varianta D</b>        | 73                           | 68        | 63                                     | 46        | 63        | 46        |

Z tabulky č. 20 je patrný vývoj průměrné doby přestupu mezi dvěma nástupními plochami zastávek v rámci uvedených přestupních tendencí. Je patrné, že průměrná doba přestupu závisí nejen na konfiguraci umístění zastávek MHD a přechodu pro chodce křižující komunikaci ulice Veslařské, ale také na respektování světelných signálů řídící dopravní pohyby na řešené křižovatce. Uvedená data jsou zaokrouhlena na celé sekundy. Minimální odchylky měření jsou jednak způsobené zaokrouhlováním a přesností umístění měřících bodů napříč jednotlivými variantami.

Je patrné, že nárůst intenzit vozidel ve výhledovém období v jednotlivých křižovatkových směrech nebude mít zásadní vliv na časové nároky pro dosažení nástupiště preferovaného spoje MHD. Největší odchylkou od hodnoty doby potřebného pro přestup směrodatný pro modely roku 2016 se vyznačuje právě varianta stávajícího stavu na řešené křižovatce, u které lze předpokládat s jeho navýšením o přibližně 4 sekundy (v případě trasy A- D). U ostatních výstupních hodnot modelovaných variant se předpokládá s maximálním přírůstkem průměrného času pro přestup o maximálně 2 sekundy.

Redukce průměrných časových nároků i při zvýšení vzdálenosti mezi přestupními body nástupišť je patrná pro navrhované varianty A a B. Důvodem redukce je především změna situování přechodu pro chodce na komunikaci ulice Veslařské spolu s neřízeným provozem pěších proudů. Neřízený provoz na přechodu pro chodce umožňuje jejich rychlý a plynulý pohyb při jejich cestě k dosažení nástupiště následného spoje MHD bez jakéhokoli zdržení čekáním na signál volno. V případě trasy přestupu B-C dojde k nárůstu průměrné rychlosti o téměř  $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (tj.  $1,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), v případě trasy přestupu A-D se průměrná rychlost chůze přestupujících zvýší o  $0,22 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (tj.  $0,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ).

Navrhovaná varianta C a varianta D předpokládají s novou konfigurací umístění zastávek MHD v rámci řešené křižovatky tak, aby přestupní vazby mezi nástupišti zastávek byly co nejkratší a poskytovaly značnou srozumitelnost a jednoduchost, a pohyb přestupujících byl co nejvíce plynulý. Vzdálenosti přestupních tras jsou zkráceny v porovnání s jejich stávajícím vedením o 32 a 40 metrů (postupně trasa B-C, trasa A-D). V trasách přestupních tendencí jsou odstraněny všechny překážky ovlivňující plynulost pohybu chodců, tzn. absence nutnosti přecházení pozemní komunikace přes přechod pro chodce.

Časové nároky plynoucí z překonání vzdálenosti přestupu jsou u variant C a D nejpříznivější. Jejich hodnoty v případě trasy A-D nepřesahují hranici 46 sekund, pro překonání trasy B-C je zapotřebí alespoň jedné minuty. Vzhledem k přestupním tendencím stávajícího stavu na řešené křižovatce se zvýší průměrná rychlost přestupujících cestujících o více než  $4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . V porovnání s ostatními navrhovanými variantami působí jako nejpříznivější dispoziční řešení co do zkrácení doby potřebného pro přestup cestujících jak varianta C, tak varianta D, jenž předpokládají s totožnou konfigurací umístění zastávek.

## 8.2 Distribuce času zeleného signálu volno

Křižovatka Pisárecká-Veslařská je charakteristická dynamickým řízením dopravních křižovatkových proudů za současného respektování podmínky konstantní délky cyklu, která umožňuje synchronizaci signálních plánů s přílehlými křižovatkami. Řízení proudů vozidel je specifické rozsahem dopravně závislých změn a poměrem dob volna pro jednotlivé fáze. K popisu dopravních situací a jako kritérium pro volbu fází aktivních v rámci jednoho cyklu se používají dopravně-inženýrské veličiny jako je stupeň obsazení detektoru, hodnota časové mezery, prioritní průjezd vozidel MHD v hlavním tahu a další.

Rozložení zelených a červených signálů systému řízení zpravidla závisí na logických a časových podmínkách vyjádřených vývojovým diagramem a množinou parametrů, a na dopravně-inženýrských charakteristikách řízení zaznamenaných v souboru textového



editoru s příponou \*.pua. Distribuce světelných signálů u jednotlivých signálních skupin se v rámci každého cyklu mění, protože je průběh provozu ovlivňován a optimalizován vyhodnocováním určitých parametrů. Pro vyhodnocování proměnné distribuce světelných signálů je v prostředí PTV Vissim využita funkce „Green Time Distribution“.

Prostřednictvím programová funkce „Green Time Distribution“ lze vyhodnotit absolutní frekvence výskytu doby trvání zeleného a červeného signálu pro každou signální skupinu, jenž jsou definovány a modelovány v dopravní síti Vissim. Hodnocení mimo jiné zahrnuje určení průměrných hodnot světelných signálů daných signálních skupin. PTV Vissim zaznamenává kumulativní počet časů zelených a červených signálů, stejně jako střední a průměrnou délku doby trvání těchto signálů pro jednotlivé signální skupiny.

Tyto informace jsou velice užitečné při hodnocení ovládnání signálních prvků určené naprogramovaným řadičem SSZ dle vyhodnocených parametrů. Na základě časového intervalu definovaného v parametrech hodnocení simulace lze začátek záznamu protokolu posunout, a tím dobu záznamu snížit. Pro případy vyhodnocování distribuci zeleného signálu pro jednotlivé varianty řešení je záznam protokolu distribuce specifikován časovým intervalem (600; 4200) sekund.

Vzhledem k definovanému časovému intervalu je programem vyhodnocována doba korespondující s délkou časového intervalu, během níž proběhl dopravní průzkum na řešené křižovatce. Začátek záznamu distribuce zeleného a červeného signálu je nastaven na hodnotu 600 sekund tak, aby frekvence výskytu doby trvání zeleného a červeného signálu nebyla ovlivněna a ponížena tímto nasycovacím intervalem. To znamená, že z důvodu překonání počátečního stavu nulového nasycení je začátek generování výstupních hodnot distribuce světelných signálů posunut na úroveň hodnoty 600sekund.

Výstupem z programového prostředí PTV Vissim je textový soubor formátu \*.lzv, který lze také exportovat do tabulkového softwaru Microsoft Excel. Výstupní hodnoty jsou v textovém souboru zaznamenány v datových blocích. První blok charakterizuje průměrnou dobu signálu volno pro jednotlivé specifikované signální skupiny. Následují dva datové bloky, jeden pro distribuci zeleného signálu a druhý reprezentující charakteristické údaje o signálu „stůj“.

Oba tabelární datové bloky jsou určeny počtem sloupců ekvivalentních množině signálních skupin a množinou řádků označující délku trvání příslušného signálu („stůj“, „volno“). Tento časový interval, během něž je příslušný signál aktivní v rámci jednotlivých signálních skupin, je vymezen maximální přípustnou dobou trvání signálu, tj. 120 sekund. To znamená, že řádky bloku obsahují hodnoty intervalu (0; 120) sekund při hodnotě kroku

činící 1 sekundu. Každá položka tabulky udává, jaká je frekvence přidělení signálu „volno“ a signálu „stůj“ dané signální skupině, a jejich délku doby, během níž je signál aktivní.

Time: 600 - 4200

```
SC 1, Average Green Times:
Signal group;      t;
1;                 47.0;
2;                 53.2;
3;                 33.5;
4;                 1.0;
5;                 20.0;
6;                 2.2;
7;                 7.3;
8;                 19.0;
```

SC 1, Green times:

```
t|SG;  1;  2;  3;  4;  5;  6;  7;  8;
0;     0;  0;  0;  0; 16;  7; 16; 13;  0;
1;     0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;
2;     0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;
3;     0;  0;  0;  2;  0;  0;  0;  0;
↓
117;   0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;
118;   0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;
119;   0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;
120;   0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;
```

SC 1, Red Times:

```
t|SG;  1;  2;  3;  4;  5;  6;  7;  8;
0;     0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;
1;     1;  1;  1;  0;  0;  0;  0;  1;
2;     0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;
3;     0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;
↓
117;   0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;
118;   0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;
119;   0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;
120;   0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;  0;
```

SC 1, Signal group 1, Green times: (Avg value: 47.0)

```
45 9 *****
46 1 *
47 5 *****
50 6 *****
```

SC 1, Signal group 1, Red Times: (Avg value: 45.9)

```
1 1 *
45 6 *****
48 5 *****
49 1 *
50 9 *****
```

Obrázek č.39 Tabelární datové bloky distribuce zeleného a červeného signálu v textovém souboru

Zdroj: Autorka

Pod tabelárními datovými bloky jsou pro jednotlivé signální skupiny zaznamenány graficky frekvence výskytu světelného signálu s časovou hodnotou délky jejich trvání. Zároveň je pro každou signální skupinu vypočten průměr doby trvání jak aktivního zeleného, tak červeného signálu. Na obrázku č. 40 je znázorněn výňatek z textového souboru s výstupními hodnotami funkce „Green Time Distribution“. Struktura záznamu datových bloků koresponduje s jeho textovým představením uvedeným v předchozích odstavcích. Podrobnější informace o distribuci zeleného a červeného světelného signálu jednotlivých signálních skupin pro individuální simulační procesy v rámci daných variant řešení je možné nalézt v příloze P.

Tabulka č.21 Distribuce zeleného signálu jednotlivých signálních skupin

Zdroj: Autorka

| SIGNÁLNÍ SKUPINA | GREEN TIME DISTRIBUTION 2016 [s] |            |            |            |            |
|------------------|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|
|                  | Varianta 0                       | Varianta A | Varianta B | Varianta C | Varianta D |
| VA               | 50.0                             | 47.7       | 47.1       | 47.6       | 47.5       |
| VB               | 53.0                             | 52.8       | 52.7       | 53.9       | 53.6       |
| VC               | 28.7                             | 34.8       | 34.7       | 34.5       | 34.7       |
| CA               | 12.6                             | 16.5       | 14.4       | 7.0        | 6.3        |

| GREEN TIME DISTRIBUTION 2016 [s] |            |            |            |            |            |
|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| SIGNÁLNÍ SKUPINA                 | Varianta 0 | Varianta A | Varianta B | Varianta C | Varianta D |
| CC                               | 19.0       |            |            |            | 19.0       |
| KA                               | 1.5        | 1.3        | 1.8        | 2.4        | 1.6        |
| SA                               | 8.9        | 9.7        | 10.1       | 18.8       | 20.5       |
| SC                               | 1.9        | 2.1        | 2.7        | 4.2        | 4.0        |

V tabulce č. 21 lze vidět průměrné hodnoty časové rozložení distribuce signálu „volno“ pro jednotlivé signální skupiny na řešené křižovatce. Uvedené hodnoty odpovídají výstupům ze simulace individuálních modelů variant řešení pro základní období roku 2016. Distribuce signálů je ovlivněna také hodnotami tabulky mezcasů, uzpůsobením fázových přechodů a požadavky ze strany uživatelů komunikační sítě. Průměrná doba aktivního zeleného signálu vjezdu VA pro model stávajícího stavu dosahuje 50 sekund. Vzhledem k úpravě fázových přechodů tak, aby signální skupina VC mohla nastat dříve, došlo u navrhovaných variant k jeho zkrácení o maximálně 3 sekundy.

Přitom průměrné trvání doby zeleného signálu vjezdu VB si v případě varianty A a varianty B se udržuje téměř na stejné hranici jako v případě varianty současného stavu. U variant C a D došlo k jeho nárůstu v průměru přibližně o 0,8 sekundy, což je především dáno upřednostnění stojících vozidel na detektoru signální skupiny KA. Vyhodnocením doby stání na detektoru řídicí logika nastaví fázový přechod a spustí fázi 2, resp. fázi 3 pro variantu D, jejíž součástí jsou signální skupiny VB, KA a SC.

Z hodnot distribuce signálu „volno“ je patrné že pro případy variant C a D se zkrátí zhruba na polovinu průměrné doby trvání zeleného signálu pro signální skupinu CA. To je především dáno rozdílnou konfigurací umístění zastávek tak, že přestupující cestující nevyužívají plochu přechodu pro chodce pro dosažení následného spoje MHD. Přechod pro chodce je využíván individuálními chodci za jiným cílem, než je využití dopravní obslužnosti území. Vzhledem k faktu, že intenzity těchto individuálních jedinců jsou nízké, fáze 3 (resp. fáze 4) nenastává v rámci každého cyklu.

Logika řízení více upřednostňuje vzhledem k aktuálnímu provozu fázi 4 (resp. fázi 5), a poskytuje tím plynulý průjezd vozidel křižovatkou signální skupiny VC a SA. Doba zelené aktivní signální skupiny CA v aktuálním signálním plánu nenabývá nižší hodnoty, než je 9 sekund, naopak její délka závisí na délce signální skupiny VC, s níž je ve fázi 3

(resp. fázi 4). Proto lze vidět, že průměrná hodnota délky signálu „volno“ signální skupiny CA v případě variant A a B vzrostla.

Průměrná délka doby trvání aktivního zeleného signálu signální skupiny VC v případě všech navrhovaných variant vzrostla o přibližně 6 sekund. Důvodem toho je především úprava hodnot mezičasů vztahující se k stavebně-inženýrským modifikacím vedlejší komunikace, optimalizace fázových přechodů a změnou v podmínce délky časové mezery mezi vozidly na hlavních tazích. V případě navrhované varianty D je přechod pro chodce situován na stávající pozici a jeho pěší proudy jsou řízeny pomocí SSZ. Je patrné, že signální skupina CC je aktivní v rámci každého cyklu, vzhledem k překonávané délce je délka signálu nastavena na hodnotu 19 sekund.

Tabulka č.22 Distribuce průměrné doby aktivního signálu volno modelů variant roku 2026

Zdroj: Autorka

| GREEN TIME DISTRIBUTION 2026 [s] |            |            |            |            |            |
|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| SIGNÁLNÍ SKUPINA                 | Varianta 0 | Varianta A | Varianta B | Varianta C | Varianta D |
| VA                               | 50.3       | 48.7       | 48.2       | 48.3       | 48.2       |
| VB                               | 55.2       | 54.8       | 54.4       | 54.8       | 54.6       |
| VC                               | 27.2       | 33.5       | 33.3       | 33.4       | 33.4       |
| CA                               | 11.7       | 13.0       | 14.2       | 7.1        | 6.5        |
| CC                               | 19.0       |            |            |            | 19.0       |
| KA                               | 2.2        | 1.9        | 2.7        | 2.1        | 1.9        |
| SA                               | 8.0        | 10.9       | 10.5       | 19.4       | 20.8       |
| SC                               | 3.0        | 3.2        | 3.9        | 3.5        | 3.5        |

Tabulka č. 22 udává hodnoty průměrných časových nároků jednotlivých signálních skupin pro výhledové období roku 2026, kdy především intenzity IAD budou nabývat vyšších hodnot. Je patrné, že distribucí zeleného signálu jsou preferovány zejména směry hlavních tahů, tj. signální skupiny VA a VB. Lze předpokládat s redukcí průměrné délky doby trvání zeleného signálu signální skupiny VC, a to více než o 1 sekundu. To ovlivňuje mimo jiné (např. aktuální okamžik generování chodců do sítě) i délku časového intervalu signální skupiny CA, s níž zaujímá pozici ve fázi 3 (resp. fázi 4 u varianty D).

V případě varianty A a varianty B lze očekávat mírný nárůst průměrného času doby trvání signálu „volno“ signálních skupin SC a SA. Tyto signální skupiny nastávají v rámci hodinového intervalu častěji, než tomu je v simulačních modelech zachycující situaci základního období roku 2016. Distribuce zeleného signálu vykazuje vyšších průměrných hodnot u signální

skupiny SA v případě navrhovaných variant C a D na úkor signálních skupin KA a SC, které jsou součástí fáze 2 (resp. fáze 3). Lze tedy předpokládat, že fáze 4 (resp. fáze 5) během sledovaného hodinového intervalu nastane častěji než v roce 2016, naopak četnost výskytu fáze 2 (resp. fáze 3) je nižší v rámci vyhodnocovaného časového intervalu.

### **8.3 Průměrná doba zdržení stáním vozidel na vjezdu**

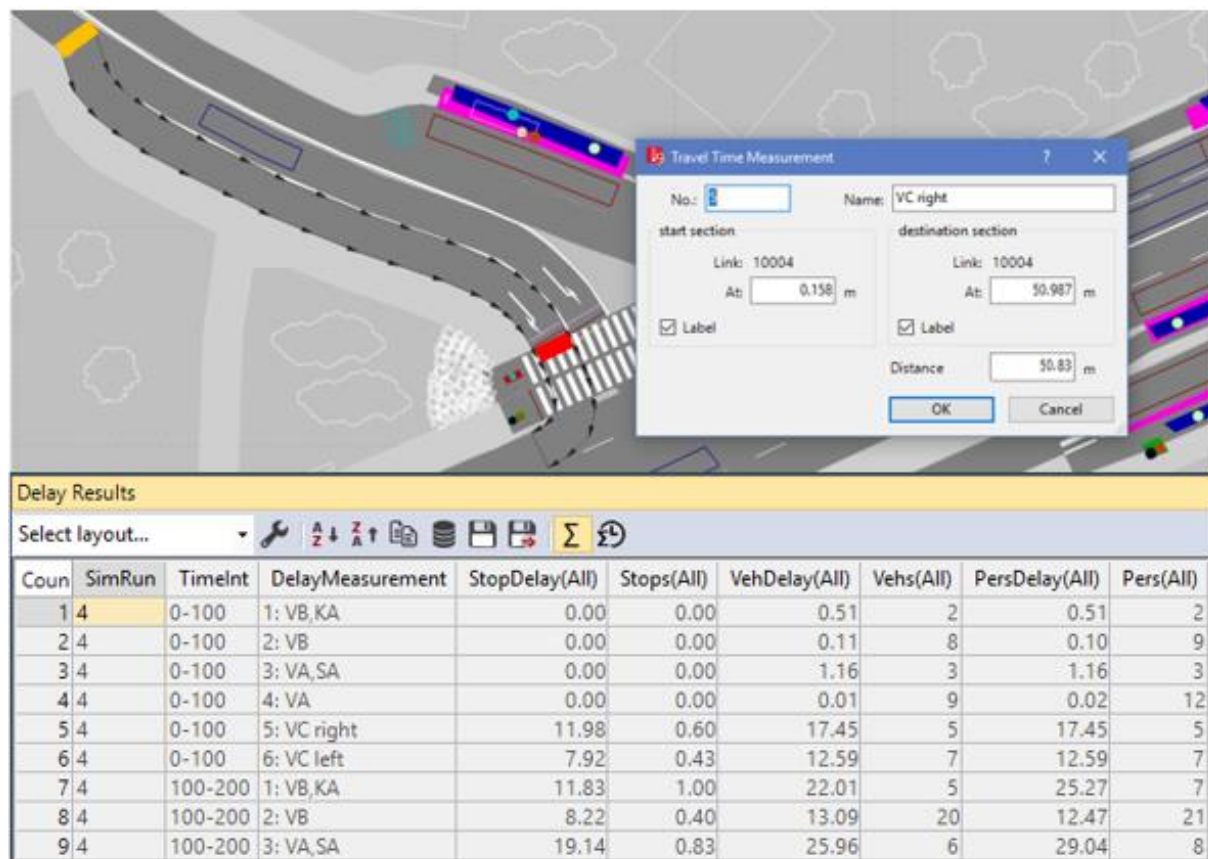
Hlavním výstupem simulace je střední doba zdržení vozidel na jednotlivých vjezdech do řešené světelně řízené křižovatky. Hodnoty ztrátového času vyjádřené střední dobou zdržení na vjezdech jsou zároveň kritériem pro posouzení úrovně kvality dopravy, tudíž jsou směrodatné pro posouzení kapacitních možností křižovatky Pisárecká-Veslařská řízené prostřednictvím SSZ. Pro možnosti vyhodnocení doby zdržení je v dopravním modelu uplatněn hodnotící nástroj „Travel Time Measurement“, přičemž jeho síťové prvky jsou umístěny na začátek a konec úsekového měření.

Umístění síťových prvků symbolizující počáteční a konečný měřicí bod odpovídá způsobu měření v rámci proběhlého dopravního průzkumu. To znamená, že počáteční měřicí bod se zpravidla nachází 35-75 metrů za hranicí stopčáry. Situování počátečního měřicího bodu nástroje „Travel Time Measurement“ je závislé na délce kolony vozidel, resp. kam až maximálně dosahují. Konečný bod měření je situován bezprostředně za stopčárou na daném vjezdu do řešené křižovatky.

U dopravních modelů simulující situaci výhledového roku 2026 je počáteční měřicí bod umístěn ve větší vzdálenosti od stopčáry než u modelovaných variant základního období roku 2016. Příčinou je především nárůst intenzity dopravních proudů a tím související zvyšování hranice dosahu maximální kolony. Nástroj „Travel Time Measurement“ slouží především pro sledování a vyhodnocování průměrné cestovní doby vozidel mezi dvěma body na modelované síti. Avšak poskytuje i informace o zdržení vozidel prostřednictvím nastavení parametru „Delay“.

Zkoumaný parametr „Delay“, neboli zdržení, je charakterizován nejen počátečním a koncovým měřicím bodem, ale také časovým intervalem, během něžž je uvedený parametr programem Vissim vyhodnocován v definovaných časových krocích. V případě vyhodnocování variant řešení modelovaných v prostředí PTV Vissim je, taktéž jako v případě vyhodnocování předchozích parametrů, časový interval běhu jednoho simulačního procesu omezen horní hranicí činící 4200 sekund, tzn. vyhodnocování je definováno intervalem  $\langle 0,4200 \rangle$  sekund. Prvních 600 sekund není určeno pro účely statistického hodnocení, jedná se o tzv. náběhový čas překonání počátečního stavu nulového nasycení. Výstupní hodnoty simulace jsou zaznamenávány po

100sekundových intervalech, jenž jsou ekvivalentní pevné délce cyklu signálního plánu řešené křižovatky.



Obrázek č.40 Hodnotící nástroj "Travel Time Measurement" a generované hodnoty parametru "Delay" Zdroj: Autorka

Po proběhnutí 10 simulačních procesů je přístupeno ke statistickému vyhodnocení generovaných dat programem Vissim. Relevantní funkcí pro statistické hodnocení doby zdržení na vjezdu je aritmetický průměr, tj. střední hodnota řady naměřených hodnot průměrného časového zdržení během stanovených časových kroků statistického souboru. Na obrázku č. 41 je zaznamenána konfigurace měřících bodů na vjezdu VC pro pravý řadící pruh navrhované varianty D.

Počáteční měřící bod je opticky znázorněn červenou barvou, koncový bod má žlutý odstín. Podobně jsou situovány a definovány ostatní měřící body na jednotlivých vjezdech do řešené křižovatky. Součástí uvedeného obrázku č. 41 je výňatek ze záznamu generovaných výstupních hodnot parametru „Delay“ během simulačního běhu. Kromě průměrného časového zdržení ve specifikovaném kroku časového intervalu lze také sledovat počet vozidel v koloně, počet chodců v síti a jejich zdržení, průměrný počet zastavení jednoho vozidla a další ukazatele.

| STŘEDNÍ DOBA ZDRŽENÍ NA VJEZDU [s] |        |      |        |      |          |         |
|------------------------------------|--------|------|--------|------|----------|---------|
| VARIANTA                           | VB, KA | VB   | VA, SA | VA   | VC right | VC left |
| Dopravní průzkum                   | 21.0   | 15.8 | 18.1   | 14.6 | 46.8     |         |
| Varianta 0                         | 20.2   | 15.5 | 17.6   | 13.9 | 47.3     |         |
| Varianta A                         | 18.3   | 15.3 | 16.8   | 15.1 | 39.4     |         |
| Varianta B                         | 18.2   | 15.1 | 17.0   | 15.5 | 36.3     | 35.7    |
| Varianta C                         | 17.8   | 15.2 | 16.4   | 15.4 | 33.2     | 32.7    |
| Varianta D                         | 18.7   | 15.3 | 16.6   | 15.3 | 33.0     | 32.4    |

Tabulka č. 23 zachycuje výstup ze statistického vyhodnocení výsledků časového zdržení vozidel stáním na vjezdu do řešené křižovatky generovaných prostřednictvím programu PTV Vissim. Hodnoty střední doby zdržení na jednotlivých vjezdech jsou relevantní pro dopravní modely variant řešení simulující situaci na modifikované křižovatce v základním období roku 2016. Za účelem celistvosti poskytnutých dat uvedeného parametru jsou do tabulky zahrnuty hodnoty střední doby zdržení naměřené z videozáznamu zaznamenávající situaci na řešené křižovatce během dopravního průzkumu.

Hodnoty střední doby zdržení jsou přímo závislé na použitém systému řízení ovlivňované aktuálním provozem a stavebním uspořádání křižovatky usměrňující dopravní proudy. Charakteristické dopravně-inženýrské veličiny jsou vyhodnocovány kontinuálně logikou řízení, která světelné řízení přizpůsobuje aktuálnímu provozu poptávajícímu po plynulém průjezdu plochou křižovatky. Z hlediska stavebního uspořádání se jedná především o počet řadících pruhů, vzdálenost umístění stopčáry od hranice křižovatky, přechodu pro chodce a podobně.

Z tabulky č. 23 je patrné, že hodnoty střední doby zdržení na vjezdu VB do křižovatky v případě všech navrhovaných variant včetně varianty současného stavu jsou relativně stejné. U žádné z navrhovaných variant není dosaženo výrazné redukce či nárůstu průměrné doby zdržení, odchylka od hodnot modelu stávajícího stavu nepřekračuje hranici jedné sekundy. Na druhou stranu k očividnější redukci průměrného časového zdržení dochází na vjezdu VB, KA. Střední doba zdržení je redukována přibližně o 2 sekundy. To je dáno především úpravou fázových přechodů tak, aby zelený signál signální skupiny VA skončil v předstihu

oproti signální skupině VB. Tím je vozidlům v dopravním proudu ovlivněném protisměrem (tedy skupinou VA) umožněn ke konci vlastní fáze jejich plynulý průjezd plochou křižovatkou.

K mírnému nárůstu střední doby zdržení navrhovaných variant vzhledem k modelu stávajícího stavu lze očekávat v případě signální skupiny VA. Hodnota odchylky však nepřekračuje hranici 2 sekundy. Vzhledem k eliminaci zdržení vyplývající z nutnosti umožnění překonání komunikace souběžně vedenému proudu chodců a modifikaci fázových přechodů je průměrné zdržení vozidel signální skupiny VA, SA jen nepatrně nižší. Lze však předpokládat, že ani umístění zastávky MHD v jízdním pruhu před hranicí řešené křižovatkou nebude mít mimořádný vliv na průměrné zdržení stáním vozidel v dopravním proudu na vjezdu VA, SA.

Nejvíce patrných změn lze zpozorovat v případě střední doby zdržení na vjezdu VC. V posledních třech navrhovaných variantách je prostřednictvím modifikace stavebního uspořádání vedlejší komunikace umožněno samostatné řazení vozidel do vjezdu VC right a vjezdu VC left. Oproti hodnotám vypovídajícím o střední hodnotě zdržení vozidel stávajícímu stavu je dosaženo redukce u navrhovaných variant (tj. variant B, C a D) o více než 10 sekund. Varianta A vykazuje nižší redukci střední doby zdržení vozidel než v případě výše uvedených variantách. Střední doba zdržení vjezdu VC varianty A činí 39,4 sekundy, což je téměř o 8 sekund méně, než vykazuje současný stav téhož vjezdu do křižovatkou.

Vjezdy VC (left i right) v případě varianty B jsou charakteristické krátkými řadicími pruhy, jež nejsou dostačující pro dané intenzity dopravních proudů. Proto se hodnoty zdržení přibližují hodnotě zdržení charakterizující vjezd VC varianty B. Načež nejlepší výsledky, co do střední doby zdržení na vjezdech VC, vykazují varianty C a D. Důvodem je především dostatečná délka řadicích pruhů schopná pojmout dané intenzity provozu při současném systému řízení dopravy. Úroveň kvality dopravy se pohybuje na stupni C nebo B dle mezní hodnoty střední doby zdržení na vjezdu.

Tabulka č.24 Střední doba zdržení vozidel na vjezdu do řešené křižovatkou pro dopravní modely výhledového období roku 2026

Zdroj: Autorka

| VARIANTA          | STŘEDNÍ DOBA ZDRŽENÍ NA VJEZDU [s] |      |        |      |          |         |
|-------------------|------------------------------------|------|--------|------|----------|---------|
|                   | VB, KA                             | VB   | VA, SA | VA   | VC right | VC left |
| <b>Varianta 0</b> | 22.8                               | 19.9 | 19.6   | 16.1 | 58.3     |         |
| <b>Varianta A</b> | 21.5                               | 20.1 | 18.8   | 17.2 | 48.2     |         |
| <b>Varianta B</b> | 21.8                               | 20.3 | 19.2   | 17.6 | 44.6     | 42.9    |



| STŘEDNÍ DOBA ZDRŽENÍ NA VJEZDU [s] |        |      |        |      |          |         |
|------------------------------------|--------|------|--------|------|----------|---------|
| VARIANTA                           | VB, KA | VB   | VA, SA | VA   | VC right | VC left |
| Varianta C                         | 21.2   | 20.0 | 18.1   | 17.3 | 39.8     | 37.6    |
| Varianta D                         | 21.6   | 20.2 | 18.3   | 17.4 | 39.7     | 37.4    |

V tabulce č. 24 jsou zaznamenány hodnoty střední doby zdržení směrodatné pro časové období korespondující intervalem provedení dopravního průzkumu s očekávanými intenzitami dopravních proudů pro výhledový rok 2026. Lze očekávat, že úroveň kvality dopravy signální skupiny VB a signální skupiny VB, KA se udrží na stupni B, přičemž mezní hodnoty zdržení na těchto vjezdech nabývají hodnot z intervalu (20,1; 35) sekund. Pouze vjezd VB u varianty C vykazuje hodnotu mezní hranice velmi dobré úrovně kvality dopravy, tj. stupeň A.

I přesto, že došlo u průměrného zdržení vozidel na vjezdu VA i VA, SA k jeho nárůstu oproti hodnotám parametru v základním období (tj. rok 2016), je úroveň kvality dopravy taktéž na stupni A. Hodnoty střední doby zdržení u všech navrhovaných variant řešení nepřekračují mezní hranici 20sekund. V případě odpoledních špičkových hodin lze však očekávat opačný stav, tedy že vjezdy VA a VA, SA budou vykazovat vyšší hodnoty průměrného zdržení na stupni B úrovně kvality dopravy, a naopak průměrné zdržení vozidel na vjezdech VB a VB, KA se zredukuje a bude se pohybovat na stupni A. To je dáno především směrovým charakterem provozu v této oblasti daným cestami do práce, škol a podobně v ranních dopoledních hodinách a cestami z práce domů v odpoledních hodinách.

Střední doba zdržení na vjezdu VC (resp. VC left a VC right) vzroste v porovnání s hodnotami vykazované v základním období u jednotlivých variant o přibližně 5 až 12 sekund. Úroveň kvality dopravy se přitom pohybuje na stupni C. Avšak oproti variantě stávajícího stavu (varianta 0) vykazují hodnoty střední doby zdržení redukcí vyšší než 10 sekund. Varianty C a D jsou charakteristické nejnižšími hodnotami průměrné doby zdržení na vjezdu VC left a VC right v rámci množiny hodnot různých variant totožných vjezdů. Důvodem je především fakt, že řadičí pruhy jsou dostatečně dlouhé a odpovídají maximální délce fronty vozidel. Zároveň plynulý průjezd vozidel je v minimální míře narušován souběžně přecházejícím proudem chodců (resp. jejich redukcí) především z důvodu přemostěním tras přestupujících cestujících a efektivnější konfigurací umístění zastávek MHD.

Je nutné podotknout, že jak v případě varianty A, tak i u varianty B, ve většině situací dochází k zablokování vozidla MHD ve frontě vozidel na vjezdu VC. Vzhledem k délce fronty stojících vozidel činící více než 40 metrů je více než 70 % vozidel zablokováno v koloně

ještě před zastávkou D. Důsledkem toho a v závislosti na situování vozidla MHD v rámci fronty vozidel na vjezdu VC jsou nucena čekat na ploše zastávky nebo za vodorovným značením stopčáry na následující signál volno. V případě varianty C a D je tato zastávka situována za hranicí řešené křižovatky v jízdním pruhu, což umožňuje plynulé bezkolizní překonání plochy křižovatky a rychlou výměnu cestujících.

#### **8.4 Finanční a časové ohodnocení stavebních úprav**

Finanční ohodnocení investičních záměrů plynoucí ze stavebního řešení jednotlivých variant řešení je nedílnou součástí hodnocení dispozičních variant řešení. Investiční rozpočet je závislý především na potenciálních stavebně-inženýrských úpravách křižovatky specifikovaných v kapitole 7. Pro účely jejich finančního a časového ocenění se vychází z rámcových cen dílčích položek stavebního díla poskytnutých brněnskou společností s ručením omezeným SUDOP. Ceny jsou dle charakteru stavebních úprav určeny jako cena za m<sup>2</sup>, především v případě stavby nové komunikace včetně frézování, diagnostiky, sanace ploch a položení asfaltové vrstvy, nebo jako cena za kus v případě pořízení svislých dopravních značek, autobusových přístřešků a dalších.

Do ocenění chodníkových ploch a ploch přechodů pro chodce jsou zahrnuty náklady na integraci prvků poskytující bezpečný a plynulý pohyb OOSPO. Rámcové ceny pro kalkulaci investičních nákladů stavebních prací poskytnuté společností SUDOP, s.r.o. jsou očištěny od daně z přidané hodnoty a od vedlejších rozpočtových nákladů. Vedlejšími rozpočtovými náklady se rozumí určité procento z celkové očištěné ceny stavby symbolizující náklady na zařízení staveniště, plynoucí z provozních vlivů, dopravu zaměstnanců a podobně. Vedlejší rozpočtové náklady tvoří 2 % z celkové směrné ceny stavebního díla, daň z přidané hodnoty tvoří 21 %.

Časové ocenění náročnosti celkových stavebních úprav na řešené křižovatce se především odvíjí od velikosti plochy budování nových komunikací, a to jak stezek pro cyklisty a ploch chodníku, tak i ploch komunikační sítě (tj. řadící pruh, vyhrazená komunikace pro vozidla MHD). Časové ohodnocení lze považovat za orientační, závisí na rozsahu stavebních prací, použité technologii a vnějších podmínkách. V tabulce č. 25 je zaznamenán propočet nákladů na stavební dílo navrhované varianty A.

| INVESTIČNÍ ROZPOČET VARIANTY A  |                |                   |     |          |             |
|---|----------------|-------------------|-----|----------|-------------|
| POLOŽKA   | m <sup>2</sup> | Kč/m <sup>2</sup> | ks  | Kč       | CENA [Kč]   |
| Vymazání přechodu/přejezdu  | 228.0          | 150.0             |     |          | 34 200.0    |
| Nástřík přechodu/přejezdu   | 102.0          | 200.0             |     |          | 20 400.0    |
| Vymazání stopčáry+další VDZ   | 6.0            | 150.0             |     |          | 900.0       |
| Nástřík VDZ Zastávka autobusu, trolejbusu   | 105.0          | 200.0             | 2.0 |          | 42 000.0    |
| Nástřík stopčáry+další VDZ  | 15.0           | 200.0             |     |          | 3 000.0     |
| Demontáž SSZ  |                |                   | 3.0 | 500.0    | 1 500.0     |
| Přesun SDZ  | 5.0            | 200.0             | 4.0 |          | 4 000.0     |
| Nástupní hrana (bourání vč. osazení)  | 5.0            | 3 100.0           | 2.0 |          | 31 000.0    |
| SDZ nové  |                |                   | 5.0 | 5 000.0  | 25 000.0    |
| Cyklostezka   | 180.0          | 2 500.0           |     |          | 450 000.0   |
| Chodník   | 95.0           | 2 500.0           |     |          | 237 500.0   |
| Dopravní ostrůvek   | 2.5            | 2 500.0           |     |          | 6 250.0     |
| Zahrazovací sloupky s patníky set   |                |                   | 2.0 | 7 200.0  | 14 400.0    |
| Hrana obrubníku   | 12.0           | 2 500.0           |     |          | 30 000.0    |
| Protismyková úprava vozovky (reflexní nástřík)  | 150.0          | 500.0             |     |          | 75 000.0    |
| Zastávkový přístřešek vč. montáž  |                |                   | 2.0 | 80 000.0 | 160 000.0   |
| Suma základní (očistěná) [Kč]   |                |                   |     |          | 1 135 150.0 |
| Vedlejší rozpočtové náklady (tj. provozní vlivy, náklady na zařízení staveniště, a jiné) [Kč] |                |                   |     | 0.02     | 22 703.0    |
| DPH [Kč]  |                |                   |     | 0.21     | 238 381.5   |
| Celková cena vč. DPH [Kč]   |                |                   |     |          | 1 396 234.5 |
| Celková cena vč. DPH zaokrouhleno [Kč]  |                |                   |     |          | 1 396 235.0 |

Podrobné investiční náklady stavebních úprav zbylých navrhovaných variant řešení jsou zaznamenány v tabulkách v příloze S. Jak z hlediska finanční, tak časové náročnosti díla je varianta A v porovnání s ostatními navrhovanými variantami nejméně náročná, stavební úpravy v nejnižším měřítku zasahují do stávajícího stavu na křižovatce. Její celkové finanční náklady činí necelých 1,4 miliónů Kč, přičemž mezi nejnákladnější položky patří budování cyklistické stezky a plochy chodníku.

Celková finanční náročnost stavebního řešení varianty B je vyčíslena na téměř 1,7 miliónů Kč, přičemž čtvrtina celkových investičních nákladů je vynaložena na výstavbu

samostatného řadícího pruhu na vjezdu z vedlejší komunikace ulice Veslařské. Orientační časové ohodnocení výstavby a souvisejících opatření činí v případě varianty A 10 týdnů, v případě varianty B je časová náročnost výstavby ohodnocena 14týdny. Přičemž výstavba nových ploch pro chodce a cyklisty se provede zároveň s pracemi souvisejícími s prodloužením nástupní hrany zastávek včetně jejich osazení označníkem a zastávkovým přístřeškem trvající přibližně 8 týdnů.

Následně se předpokládá s výstavbou řadícího pruhu společně s vymazáním stávajícího vodorovného značení přechodu pro chodce a přejezdu pro cyklisty a jeho nástřik na definovaném místě včetně usazení příslušných svislých dopravních značek. Zároveň se upraví snížená plocha dopravního ostrůvku tak, aby jeho hrana byla v celé ploše dosahovala specifikované výšky. Na závěr dojde k úpravě vodorovného značení řadícího pruhu včetně stopčáry vedlejší komunikace společně s přemístěním SSZ a svislého dopravního značení.

Varianty C a D jsou specifické zejména výstavbou vyhrazené komunikace pro vozidla MHD a jejím následným osazením nosnými stožáry a trolejovým vedením včetně napojení na stávající trolejovou síť. Kalkulace investičních nákladů plynoucí z opatření komunikace trolejovým vedením trolejbusu byla provedena specialistou na trakční vedení různých systémů působící v brněnské společnosti s ručením omezeným SUDOP. Vyčíslení nákladů očištěných od položek daně z přidané hodnoty a vedlejších rozpočtových nákladů je zaznamenáno na obrázku č. 42. Detailní kalkulace nákladů výstavby trakčního vedení je umístěno na kompaktním disku přílohy P v souboru s názvem Vyhodnocení variant.

## SO – TROLEJOVÉ VEDENÍ TROLEJBUSU

| P.č.  | Číslo položky | Zkrácený popis  | M.j. | Počet | Jedn.cena | Montáž (Kč)      | Materiál (Kč)    |
|---|---------------|---|------|-------|-----------|------------------|------------------|
| <b>STOŽÁRY</b>  |               |   |      |       |           |                  |                  |
| 1   | NC            | Stožár ocelový trubkový vč. metalizace a čísla, dl. 11m - montáž+materiál         | ks   | 6,0   | 75 000,0  | 450 000,0        |                  |
|   |               |   |      |       |           | <b>SOUČET</b>    | <b>450 000</b>   |
| <b>ZÁKLADY</b>  |               |   |      |       |           |                  |                  |
| 1   |               | Malý základ B135 včetně výkopu, výztužné a prov.dutiny, vytýčení + sondy - montáž | m3   | 38,0  | 3 000,0   | 114 000,0        |                  |
| 2   | NC            | Beton - m3 malého základu   | m3   | 38,0  | 3 800,0   |                  | 144 400,0        |
|   |               |   |      |       |           | <b>SOUČET</b>    | <b>114 000,0</b> |
| <b>VODIČE S PŘÍSLUŠENSTVÍM</b>                              |               |   |      |       |           |                  |                  |
| 1   |               | Výložníky na stožáru ( montáž vč.materiálu), dl. do 7m                            | ks   | 6     |           |                  |                  |
| 2   | NC            | Tyč sklolaminátová dutá prům. 55 mm vč.zátky                                      | ks   | 6     | 5 650,0   | 33 900,0         |                  |
| 3   | NC            | Objímka na stožár vč.kardanového kloubu   | ks   | 6     | 595,0     | 3 570,0          |                  |
| 4   | NC            | Objímka na stožár vč.kardanového kloubu pro oko s vidlicí                         | ks   | 6     | 620,0     | 3 720,0          |                  |
| 5   | NC            | Posuvné kloubové oko na pr.55 mm příčné   | ks   | 12    | 830,0     | 9 960,0          |                  |
| 6   | NC            | Izolátor  | ks   | 12    | 250,0     | 3 000,0          |                  |
| 7   | NC            | Svorka kotevní s vidlicí  | ks   | 18    | 515,0     | 9 270,0          |                  |
| 8   |               |   |      |       |           |                  |                  |
| 9   | NC            | Tažení troleje 100 mm2 Cu, vč. materiálu  | m    | 300,0 | 355,0     | 106 500,0        |                  |
| 10  | NC            | Závěs trol.drátu TB, vč.materiálu   | ks   | 6,0   | 3 150,0   | 18 900,0         |                  |
| 11  | NC            | Výhybka TB - elektrická (vč. vyvážení)  | ks   | 1,0   | 185 000,0 | 185 000,0        |                  |
| 12  | NC            | Výhybka TB - sjezdová (vč. vyvážení)  | ks   | 1,0   | 140 000,0 | 140 000,0        |                  |
| 13  | NC            | mont_Výšková regulace troleje   | m    | 300,0 | 15,0      | 4 500,0          |                  |
| 14  | NC            | mont_Zkouška mechanických vlastností TV   | km   | 0,5   | 1 320,0   | 660,0            |                  |
| 15  | NC            | mont_Zkouška elektrických vlastností TV   | km   | 0,5   | 1 950,0   | 975,0            |                  |
|   |               |   |      |       |           | <b>SOUČET</b>    | <b>519 955</b>   |
|   |               |   |      |       |           |                  | <b>0</b>         |
| Revize, revizní zpráva                                      |               |   | hod  | 16    | 850,0     | 13 600           |                  |
| Geodetické zaměření skutečného provedení :                  |               |   |      |       |           |                  |                  |
| Zaměření skutečného provedení trolejového vedení trolejbusu |               |   | km   | 0,5   | 25 000,00 | 12 500           |                  |
| <b>MEZISOUČET</b>   |               |   |      |       |           | <b>1 110 055</b> | <b>144 400</b>   |
| <b>SOUČET montáž a materiál</b>                             |               |   |      |       |           | <b>1 254 455</b> |                  |
| Dovozné (8%)  |               |   |      |       |           | <b>100 356</b>   |                  |
| Skladné (5%)  |               |   |      |       |           | <b>62 723</b>    |                  |
| <b>CELKEM</b>   |               |   |      |       |           | <b>1 417 534</b> |                  |

Obrázek č.41 Vyčíslení trakčního vedení brněnskou společností SUDOP, s.r.o.

Zdroj: (38)

Trakční vedení je charakteristické stejnosměrnou proudovou soustavou 600 V určenou pro trolejbusovou dopravu MHD. Základní konstrukci tvoří 6 ocelových trubkových stožárů zasazených do výkopu a vodiče s příslušenstvím. Ocelové stožáry jsou opatřeny výložníky dlouhými 6 metrů zajišťující uchycení trolejových drátů a jeho vedení. Součástí konstrukce soustavy trakčního vedení jsou dvě výhybky, sjezdová a dálkově řízená rozbočovací výhybka ovládaná automaticky z palubního počítače vozidla trolejbusu.

Náklady na výstavbu soustavy trakčního vedení pro trolejbusy zaujímají v rámci celkové ceny variant řešení více než 25% podíl. Přičemž finanční náklady položky výstavby vyhrazené komunikace včetně trolejového vedení činí přes 50 % celkových nákladů rekonstrukce křižovatky v rámci jednotlivých navrhovaných variant, tj. varianta C a varianta D. Dle investičního rozpočtu se předpokládá s celkovou sumou pro realizaci varianty C dosahující téměř 7 miliónů Kč. V případě varianty D jsou investiční náklady nižší, činí necelých 6 miliónů Kč.

Tabulka č. 26 udává přehled očekávaných investičních nákladů pro realizaci jednotlivých navrhovaných variant řešení a tím vhodně doplňuje textovou část této podkapitoly. Zároveň pro jednotlivé dispoziční řešení variant je finanční ocenění záměru díla doprovázeno orientační hodnotou časové náročnosti eventuálních stavebních činností.

|                   | <b>CELKOVÉ INVESTIČNÍ NÁKLADY<br/>[Kč]</b> | <b>ČASOVÁ NÁROČNOST<br/>[týden]</b> |
|-------------------|--|-------------------------------------|
| <b>Varianta A</b> | 1 396 235                                  | 10                                  |
| <b>Varianta B</b> | 1 652 567                                  | 14                                  |
| <b>Varianta C</b> | 6 987 242                                  | 16                                  |
| <b>Varianta D</b> | 5 913 144                                  | 13                                  |

Předpokládá se, že časová náročnost rekonstrukce křižovatky Pisárecká-Veslařská nepřesáhne horní mez 4 měsíců v případě varianty C, která mezi navrhovanými variantami zaujímá první pozici co do časových a finančních nároků. Orientační časové ohodnocení stavebních prací varianty D činí přibližně 13 týdnů. V případě varianty C a varianty D není do ohodnocení časových nároků stavebních prací započítán zkušební provoz a kolaudace pro zprovoznění vedení.

Délka trvání zkušebního provozu není stavebním zákonem časově omezená, je však na základě žádosti stanovena příslušným stavebním úřadem. Zkušebním provozem se ověřují vlastnost a funkčnost provedené stavby podle projektové dokumentace. Na základě výsledků zkušebního provozu se podá žádost o vydání kolaudačního souhlasu, přičemž kolaudační rozhodnutí je vydáno nejpozději do 75 dnů od doručení žádosti. (39)

Z výše uvedené tabulky je patrné, že jak z finanční stránky, tak časového hlediska jsou velice přívětivé varianty A a B. Skok, zejména finanční, mezi variantou A (příp. B) a variantou C činí více než 5 miliónů Kč. Rozdíl finančních nákladů mezi variantami A, C a variantou D představuje sumu o hodnotě překračující hranici 4 miliónů Kč.

## 9 Vícekriteriální rozhodování jako nástroj výběru optimální alternativy řešení

Vyhodnocení dle množiny uvedených parametrů v předchozí kapitole je dále využito pro účely rozhodovacího procesu při výběru optimální varianty z množiny dostupných navrhovaných variant. Vzhledem k faktu, že množina vyhodnocených parametrů poskytuje rovnou několik účelových funkcí, se v rámci rozhodovacího problému využije jednu z disciplín operačního výzkumu, tedy vícekriteriální hodnocení navrhovaných variant. Model vícekriteriální analýzy variant je charakteristický množinou přípustných variant, která je konečná. Zároveň je každá z variant hodnocena podle několika relevantních kritérií.

V první řadě je nutné zvolit množinu kritérií reprezentovanou směrodatnými parametry uvedenými v předchozí kapitole. Jednotlivým kritériím se následně přiřadí ordinální a kardinální informace, tzn. přiřazení důležitosti a relativního podílu z celkové důležitosti každého kritéria. Kardinální informace poskytuje informaci o vahách daného kritéria, jenž číselně vyjadřuje jeho význam hodnotitelem. Definovaná množina kritérií je formovaná z následujících dílčích parametrů:

1. K1 průměrná doba přestupu cestujících mezi nástupišti zastávek B a C vykazovaná ve výhledovém období roku 2026 [s],
2. K2 průměrná doba přestupu cestujících mezi nástupišti zastávek A a D směrodatná pro výhledové období roku 2026 [s],
3. K3 střední doba zdržení stáním vozidel na vjezdu VC do řešené křižovatky v prognózovaném roce 2026 [s],
4. K4 distribuce zeleného signálu pro signální skupinu VA předpokládaná ve výhledovém roce 2026 [s],
5. K5 distribuce zeleného signálu charakterizující průměrnou délku signálu volno signální skupiny VB v prognózovaném období roku 2026 [s],
6. K6 předpokládané finanční náklady vynaložené pro účely rekonstrukce řešené křižovatky do podoby reprezentující jednotlivé navrhované varianty [Kč],
7. K7 průměrné časové zdržení v rámci celého systému křižovatky připadající na jedno vozidlo bez ohledu na to, jakým směrem projíždí řešenou křižovatku [s].

Vzhledem k tomu, že jednotlivá, výše uvedená kritéria, podávají různé kvalitativní informace, je nutné na základě toho zvolit správnou metodu na podporu rozhodnutí. Pro účely stanovení vah jednotlivých kritérií není přistoupeno k metodě „natvrdo“ jeho subjektivním

přirazením hodnotitelem, ale prostřednictvím kvantitativního párového srovnání, tzv. Saatyho metodou (40). Tato metoda poskytuje za pomoci porovnání páru kritérií zjednodušit a zrychlit proces rozhodování za složitých rozhodovacích situací, přičemž prvky matice se stanoví na základě ordinální informace. Přitom bere v úvahu veškeré prvky ovlivňující výsledek stanovení vah, vazby mezi nimi a intenzitu významnosti, s kterou na sebe vzájemně působí.

To znamená, že preferenční vztahy dvojic kritérií uspořádaných v matici jsou určovány nejen směrem této preference v rámci dvojice kritérií, ale také její velikostí. Velikost (intenzita) preference se vyjadřuje přiřazením určitého počtu bodů, jenž jsou prvky zvolené škály, tj.  $s_{ij} = \{1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9\}$ . V tabulce č. 27 jsou definovány deskriptivní informace pro jednotlivé počty bodů, přičemž hodnoty mezistupňů, tj. 2, 4, 6 a 8, jsou využity pro účely jemnějšího rozlišení intenzity preferencí dvojice kritérií. Symbol  $i$  je charakterizován příslušným řádkovým kritériem,  $j$  naopak značí porovnávané kritérium ve sloupci.

Tabulka č.27 Preferenční bodová stupnice

Zdroj: (40)

| POČET BODŮ | DESKRIPCE VÝZNAMU                       |
|------------|---|
| 1          | $i$ a $j$ rovnocenná                    |
| 3          | $i$ je slabě preferováno před $j$       |
| 5          | $i$ je silně preferováno před $j$       |
| 7          | $i$ je velmi silně preferováno před $j$ |
| 9          | $i$ je absolutně preferováno před $j$   |

Vzniklá Saatyho matice  $S$  je čtvercová a reciproční. To znamená, že je nutné vyplnit pouze horní polovinu matice nad diagonálou, jelikož prvky  $s_{ij}$  dolní části matice jsou jejich převrácenými hodnotami. Jednotlivé prvky matice tedy vyjadřují buď preferování kritéria  $i$  nad kritériem  $j$  zapsáním příslušného počtu bodů, nebo preferováním sloupcového kritéria  $j$  nad řádkovým kritériem  $i$  přiřazením převrácené hodnoty zvoleného počtu bodů. Zároveň prvky na diagonále jsou vždy popsány počtem bodů odpovídající 1 vzhledem k párovému porovnávání stejného kritéria. (40)

Po určení preferencí mezi kritérii v Saatyho matici se následně stanoví hodnoty vah jednotlivých kritérií. Normalizované váhy souboru kritérií se určí prostřednictvím znormování geometrických průměrů řádků Saatyho matice. Saatyho matici včetně přiřazení preferenčních hodnot jejím prvkům je zobrazeno v tabulce č. 28. Součástí uvedené tabulky č. 28 jsou váhy jednotlivých kritérií včetně jejich pořadí v rámci dané množiny kritériálních elementů.



|          |    | KRITÉRIA |     |     |     |     |     |      | GEOMET.<br>PRŮMĚR | NORM.<br>VÁHY | %     | POŘADÍ |
|----------|----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------------------|---------------|-------|--------|
|          |    | K1       | K2  | K3  | K4  | K5  | K6  | K7   |                   |               |       |        |
| KRITÉRIA | K1 | 1        | 1   | 1   | 5   | 5   | 1/3 | 6    | 1.42              | 0.166         | 16.60 | 3.     |
|          | K2 | 1        | 1   | 1   | 5   | 5   | 1/3 | 6    | 1.42              | 0.166         | 16.60 | 3.     |
|          | K3 | 1        | 1   | 1   | 6   | 6   | 1/3 | 6    | 1.51              | 0.176         | 17.60 | 2.     |
|          | K4 | 1/5      | 1/5 | 1/6 | 1   | 1   | 1/7 | 7    | 0.31              | 0.036         | 3.60  | 4.     |
|          | K5 | 1/5      | 1/5 | 1/6 | 1   | 1   | 1/7 | 7    | 0.31              | 0.036         | 3.60  | 4.     |
|          | K6 | 3        | 3   | 3   | 7   | 7   | 1   | 1/7  | 3.31              | 0.385         | 38.50 | 1.     |
|          | K7 | 1/6      | 1/6 | 1/6 | 1/7 | 1/7 | 7   | 1    | 0.30              | 0.034         | 3.40  | 5.     |
| Σ        |    |          |     |     |     |     |     | 8.60 | 1.000             | 100.00        |       |        |

Tabulka č. 28 jednoznačně přiřazuje dle intenzity preferenčních charakteristik normované váhy k jednotlivým kritériím určených prostřednictvím metody kvantitativního párového srovnávání. Je patrné, že nejvyšší důležitost je z množiny vybraných kritérií přidělena kritériu číslo 6, tedy předpokládaným finančním nárokům vynaloženým na rekonstrukci řešené křižovatky. Jeho váha je ohodnocena hodnotou čínicí téměř 0,4, což v procentuálním ohodnocení odpovídá necelých 40 %. Mezi nejvíce preferované kritérium, druhé v pořadí za finančními nároky navrhovaných variant, patří kritérium střední doby zdržení stáním vozidel na vjezdu VC do řešené křižovatky pro výhledové období roku 2026 (K3). Intenzity preferenčních směrů přiřazují váhu tohoto kritéria čínicí více než 17 %.

Dále, v pořadí třetím, jsou současně umístěny kritéria K1 a K2 vztahující se k průměrným časovým nárokům přestupujících cestujících za účelem dosažení návazných spojů MHD. Jejich váhové ohodnocení je o jednu jednotku (procento) nižší než kritérium K3. Na čtvrtém místě jsou zařazené společně kritérium K4 i K5, obě symbolizují distribuci zeleného signálu pro prognózovaný rok 2026, K4 pro signální skupinu VA, K5 pro signální skupinu VB. Jejich váhy nabývají stejných hodnot čínicí 0,036, tj. 3,6 %. Tyto kritéria jsou v rámci celé množiny kritérií jediná, jejichž účelová funkce je maximalizační. Ostatní definovaná kritéria jsou charakteristická minimalizační účelovou funkcí.

Na posledním místě je umístěno kritérium K7 vyjadřující průměrné časové zdržení v rámci celé křižovatky připadající na jedno vozidlo vykazující systém křižovatky v roce 2026. Váha kritéria K7 je stanovena na hodnotu čínicí téměř 0,035 (3,5 %). Přičemž stanovení průměrného času stráveného v systému křižovatky se jednoduše určí na základě známých údajů střední doby zdržení na jednotlivých vjezdech a intenzitami dopravních proudů v jednotlivých

směrech. Výpočet průměrné doby stráveného čekáním jakéhokoli vozidla v systému je uveden v příloze P na kompaktním disku v rámci souboru s názvem Vyhodnocení variant.

Na základě definovaných vah jednotlivých kritérií je následně přistoupeno k nalezení optimálního rozhodnutí o výběru varianty z množiny dostupných variant vyhovující všem zadaným kritériím. Pro účel výběru optimální navrhované varianty řešení je vybrána metoda váženého součtu (WSA – Weight Sum Approach). Metoda váženého součtu vychází z principu maximalizace užitku, přičemž předpokládá pouze jeho lineární funkci (40). Vyžaduje kardinální informaci, kritériální matici  $Z$  a vektor vah kritérií  $\vec{v}$ . Tato metoda hodnocení variant rekonstrukčních opatření na řešené křižovatce, jež jsou ohodnocena na základě kvantitativních kritérií, je vhodnou a relativně jednoduchou metodou.

Před vlastním řešením metody váženého součtu je nutné výchozí kritériální matici  $Z$  upravit tak, aby všechna kritéria byla určena stejnou účelovou funkcí a posléze vyloučit dominované varianty. To znamená, že ta kritéria určená minimalizační funkcí jsou převedena na maximalizační. Po vyloučení dominovaných variant z výchozí kritériální matice, k nimž existuje v množině dostupných variant  $V$  jiná varianta, jež je jeho hodnota lepší alespoň podle jednoho kritéria a zároveň není hůře ohodnocena podle ostatních kritérií, v matici zůstanou pouze paretoovsky optimální varianty (tj. nedominované varianty).

Tabulka č.29 Výchozí kritériální matice s výchozími a převedenými účelovými funkcemi

Zdroj: Autorka

|                     |   | VÝCHOZÍ KRITERIÁLNÍ MATICE |      |      |      |      |           |      |
|---------------------|---|----------------------------|------|------|------|------|-----------|------|
|                     |   | KRITÉRIA                   |      |      |      |      |           |      |
|                     |   | K1                         | K2   | K3   | K4   | K5   | K6        | K7   |
| VARIANTA            | A | 110                        | 180  | 49.8 | 48.7 | 54.8 | 1 372 373 | 26.0 |
|                     | B | 109                        | 180  | 45.6 | 48.2 | 54.4 | 1 595 495 | 25.3 |
|                     | C | 62                         | 45   | 42.3 | 48.3 | 54.8 | 6 916 394 | 23.7 |
|                     | D | 63                         | 46   | 42.2 | 48.2 | 54.6 | 5 842 296 | 23.9 |
| ÚČELOVÁ FUNKCE      |   | MIN                        | MIN  | MIN  | MAX  | MAX  | MIN       | MIN  |
| VEKTOR VAH KRITÉRIÍ |   | 0.17                       | 0.17 | 0.18 | 0.04 | 0.04 | 0.39      | 0.03 |

|                     |   | KRITERIÁLNÍ MATICE PO PŘEVEDENÍ ÚČELOVÝCH FUNKCÍ KRITÉRIÍ NA MAXIMALIZAČNÍ |      |      |      |      |           |      |
|---------------------|---|--|------|------|------|------|-----------|------|
|                     |   | KRITÉRIA   |      |      |      |      |           |      |
|                     |   | K1   | K2   | K3   | K4   | K5   | K6        | K7   |
| VARIANTA            | A | 0  | 0    | 0.0  | 48.7 | 54.8 | 5 544 021 | 0.0  |
|                     | B | 1  | 0    | 4.2  | 48.2 | 54.4 | 5 320 899 | 0.7  |
|                     | C | 48   | 135  | 7.5  | 48.3 | 54.8 | 0         | 2.3  |
|                     | D | 47   | 134  | 7.6  | 48.2 | 54.6 | 1 074 098 | 2.1  |
| ÚČELOVÁ FUNKCE      |   | MAX  | MAX  | MAX  | MAX  | MAX  | MAX       | MAX  |
| VEKTOR VAH KRITÉRIÍ |   | 0.17   | 0.17 | 0.18 | 0.04 | 0.04 | 0.39      | 0.03 |

Tabulka č. 29 zaznamenává podobu výchozí kritériální matice, jenž je charakteristická množinou kritérií obsahující 7 elementů a množinou variant řešení zahrnující 4 jednotlivé navrhované varianty. Kritéria výchozí matice jsou popsána účelovými funkcemi, přičemž pouze kritéria K4 a K5 jsou maximalizační, tudíž se hodnoty těchto kritérií nepřepočítávají a zůstávají nezměněny. Jelikož jsou ostatní kritéria minimalizační funkce, jsou transformovány na funkce maximalizační. To znamená, že maximální hodnota (nejhorší) z původní matice při maximalizační transformaci nabývá nulové hodnoty, ostatní nižší hodnoty dosahují hodnoty rovnou rozdílu mezi maximální a danou nižší hodnotou ve sloupci (tj. pro dané kritérium). Přičemž nová hodnota udává, o kolik jsou varianty lepší než nejhorší z množiny variant.

Je patrné, že v kritériální matici nejsou zastoupeny žádné dominované varianty. Každá z variant je podle jednoho či více kritérií hodnocena lépe a zároveň hůře podle ostatních kritérií než varianta jiná z množiny variant. Vzhledem k naplnění kroků algoritmu transformace účelových funkcí kritérií a eliminace dominovaných variant lze následně přistoupit k identifikaci bazální a ideální varianty. Bazální varianta je reálně existující varianta, jejíž hodnoty dosahují ve všech kritériích hodnotu nejhorší (tj. za maximalizačních funkcí hodnoty nejnižší). Ideální varianta je potom v kontradikčním vztahu s variantou bazální, tzn., její hodnoty dosahují ve všech kritériích nejlepších hodnot (tj. nejvyšších).

|                    | KRITÉRIA |     |     |      |      |         |     |
|--------------------|----------|-----|-----|------|------|---------|-----|
|                    | K1       | K2  | K3  | K4   | K5   | K6      | K7  |
| IDEÁLNÍ VARIANTA H | 48       | 135 | 7.6 | 48.7 | 54.8 | 5544021 | 2.3 |
| BAZÁLNÍ VARIANTA D | 0        | 0   | 0.0 | 48.2 | 54.4 | 0       | 0.0 |

V tabulce č. 30 jsou zaznamenány hodnoty bazální a optimální (ideální) varianty, jež dané kritérium nabývá. Nejmenší rozdíl (skok) mezi hodnotami bazálními a ideálními lze nalézt u kritérií K4 a K5. Jejich rozdíl nepřekračuje hodnotu půl jedné sekundy. Dalším krokem algoritmu je transformace kritériální matice do podoby normalizované matice. Jednotlivé prvky normalizované matice se určí prostřednictvím transformačního vztahu č. 3:

$$m_{ij} = \frac{z_{ij} - D_j}{H_j - D_j} \quad (3),$$

kde:

$m_{ij}$  určující prvek normalizované kritériální matice [-],

$z_{ij}$  charakterizující prvek kritériální matice popsanou maximalizačními účelovými funkcemi a nedominovanými variantami [-],

$D_j$  určující bazální hodnotu kritéria v příslušném sloupci [-],

$H_j$  vyjadřující ideální hodnotu kritéria v příslušném sloupci [-]. (40)

Tabulka č.31 Normalizovaná kritériální matice

|          |   | KRITÉRIA |          |          |     |     |          |          |
|----------|---|----------|----------|----------|-----|-----|----------|----------|
|          |   | K1       | K2       | K3       | K4  | K5  | K6       | K7       |
| VARIANTA | A | 0        | 0        | 0        | 1   | 1   | 1        | 0        |
|          | B | 0.020833 | 0        | 0.552632 | 0   | 0   | 0.959754 | 0.311582 |
|          | C | 1        | 1        | 0.986842 | 0.2 | 1   | 0        | 1        |
|          | D | 0.979167 | 0.992593 | 1        | 0   | 0.5 | 0.19374  | 0.93535  |

Tabulka č. 31 představuje transformovanou kritériální matici podle vztahu č. 3 na normalizovanou matici. Normalizovaná matice již představuje soustavu hodnot užítku  $i$ -té varianty podle  $j$ -tého kritéria. Je patrné, že kritériální hodnoty  $z_{ij}$  jsou transformovány lineárně tak, že hodnoty  $m_{ij}$  normalizované matice nabývají hodnot v intervalu  $\langle 0; 1 \rangle$ .

Přičemž normalizované bazální hodnoty nabývají hodnoty 0, naopak normalizovaným ideálním hodnotám je přiřazena hodnota rovnající se 1.

V následujícím kroku algoritmu je určen vážený součet hodnot dílčích funkcí užítku, jenž vyjadřuje celkový užitek dané varianty. Užitek z jednotlivých variant se určí jako skalární součin vektoru vah kritérií a příslušného řádku normalizované matice připadající k dané variantě. Lineární funkce užítku nabývá hodnot v intervalu  $\langle 0; 1 \rangle$ , přičemž užitek nejlepších variant se blíží nebo je roven 1, na druhou stranu užitek vykazujícím hodnotu blízkou 0 jsou charakteristické neadekvátní varianty. Metoda váženého součtu maximalizuje vážený součet každé varianty v množině variant, jako optimální varianta je upřednostněna a vybrána ta, jejíž užitek dosahuje nejvyšší hodnoty.

Tabulka č.32 Užitek z jednotlivých navrhovaných variant

Zdroj: Autorka

|          |   | UŽITEK | POŘADÍ |
|----------|---|--------|--------|
| VARIANTA | A | 0.46   | 4.     |
|          | B | 0.48   | 3.     |
|          | C | 0.58   | 2.     |
|          | D | 0.63   | 1.     |

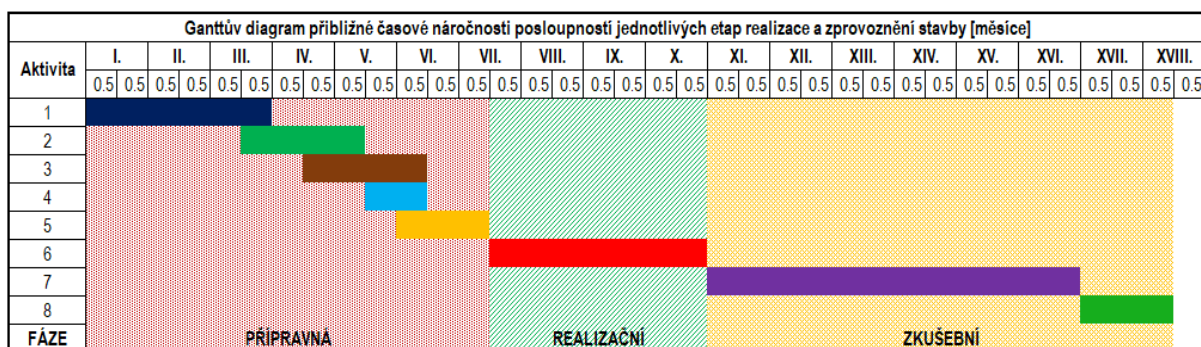
Užitek plynoucí z jednotlivých navrhovaných variant, na jejímž základě je následně určeno pořadí v rámci množiny variant, je zaznamenán v tabulce č. 32. Jako varianta s nejvyšší hodnotou užítku je určena varianta D s hodnotou užítku činící více než 0,6. Užitek z varianty C se však velice blíží hodnotě užítku varianty D, rozdíl mezi užitekem obou variant vykazuje pouze 5 setin. S odstupem necelých dvou desetín od hodnoty užítku varianty D následují v pořadí postupně třetím a čtvrtém varianta B a varianta A. Jako optimální variantu je tudíž vybrána varianta D.

Prostřednictvím programového prostředí PTV Vissim byly dopravní modely a jejich výstupy jednotlivých navrhovaných variant řešené podstoupeny fází verifikace vůči reálnému systému stávající varianty. Základem verifikace modelů je ověření správnosti jejich sestavení a posouzení reálnosti získaných údajů. Ověření správnosti sestavení dopravních modelů variant řešení včetně posouzení reálnosti (přesnosti) získaných výstupů bylo provedeno v rámci kalibrace a validace modelů. V rámci vyhodnocovacího procesu podle vybraných parametrů byly interpretovány jejich výsledky a porovnány s variantou stávajícího stavu a ostatními navrhovanými variantami. Verifikace je z dopravně-inženýrského hlediska jednou

ze základních prvků následné implementace optimální navrhované varianty řešení do reálného systému.

Implementační fáze optimální varianty vybrané dle vytyčené množiny kritérií a jejich vektoru vah prostřednictvím disciplíny vícekritériálního rozhodování do územní integrace reálného systému na křižovatce je samotnou, časově náročnou, kapitolou sestávající z řady kroků. Základním předpokladem pro implementaci optimální varianty D do stávajícího systému je důkladné zpracování záměru projektu včetně jeho projednání a schválení Radou města Brna. Jako předpoklad a součást investičního záměru by mohla sloužit tato diplomová práce, resp. její část vztahující se k navrhované variantě D.

Dalším krokem je zpracování projektové dokumentace pro územní rozhodnutí autorizovanou osobou, jeho projednání a schválení stavebním úřadem. Následuje zpracování projektové dokumentace pro stavební povolení včetně jeho vydání příslušným stavebním úřadem a majetkoprávní příprava stavby, případně podání žádosti o financování projektu z veřejných zdrojů. Tyto náležitosti tvoří nejdůležitější fáze provedení přípravy dopravních staveb a rekonstrukcí.



Vysvětlivky

- 1 zpracování záměru projektu včetně jeho projednání a schválení
- 2 zpracování projektové dokumentace pro územní rozhodnutí včetně vydání územního rozhodnutí
- 3 zpracování projektové dokumentace pro stavební povolení včetně vydání stavebního povolení
- 4 majetkoprávní příprava stavebního díla
- 5 výběrové řízení na zhotovitele stavebního díla
- 6 realizace stavebního díla
- 7 zkušební provoz
- 8 kolaudační řízení

Obrázek č.42 Ganttův diagram implementace varianty D do stávajícího stavu

Zdroj: Autorka

Samotné realizaci stavebních prací na řešené křižovatce předchází výběrové řízení na zhotovitele stavby, jenž provede požadovanou stavbu v požadované kvalitě, v odpovídajícím časovém horizontu a stanovené finanční náklady. Zadavatelem uveřejnění výběrového řízení na zhotovitele stavby je akciová společnost Brněnské komunikace. Brněnské komunikace a.s., jsou navíc autorizovaným subjektem zajišťující dokumentaci staveb pro územní a stavební řízení. Zároveň umožňují zpracování a kontrolu rozpočtů pro naplnění realizace stavby.

Následuje fáze realizace stavebního díla, jenž se odhaduje v délce trvání činící přibližně 13 týdnů (tj. více než 3 měsíce). Součástí časového ohodnocení zhotovení stavebního díla do podoby navrhované varianty D není zahrnutá doba potřebná na zkušební provoz stavby a vydání kolaudačního souhlasu stanovené příslušným stavebním úřadem. Akciová společnost Brněnské komunikace v rámci realizační a provozní fáze zajistí stavební dozor a koordinátora bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, zabezpečí předložení žádosti o provedení zkušební provozu stavby stavebnímu úřadu a vyhotovení podkladů pro kolaudaci stavby. Závěrem uvedení stavebního díla do provozu je vyúčtování projektu.

Obrázek č. 43 znázorňuje předpokládané časové náklady jednotlivých aktivit a jejich posloupnost. Ganttův diagram předpokládá základní aktivity, jež jsou chronologicky uspořádány. Lze předpokládat, že celý průběh investičního záměru od jeho zahájení zpracováním záměru projektu po uvedení stavebního díla do provozu bude činit více než 1,5 roku. Přičemž délka trvání zkušební provozu není nijak časově omezená a je stanovená až na základě žádosti o povolení zkušební provozu stavby příslušným stavebním úřadem, je pro účely zpracování Ganttova diagramu ohodnocená ve spolupráci se SUDOP s.r.o. časovým intervalem činící 6 měsíců. Avšak je možné, že bude délka zkušební provozu stavebním úřadem vyhodnocena delším časovým intervalem (např. 1 rok).

Přípravná fáze realizace investičního záměru dosahuje více než 6měsíců délky doby trvání vzhledem k uvedeným aktivitám. Je však patrné, že samotná realizační fáze stavebního díla zaujímá v rámci jednotlivých etap (fází) nejnižší časové náklady. V rámci přípravné a zkušební etapy plynou v závislosti na provedení aktivit (především provedením projektových dokumentů a jejich schválením příslušnými úřady) další finanční výdaje. Určení jejich výše však již není předmětem této diplomové práce. Přitom akciová společnost Brněnské komunikace by v rámci celkového procesu realizace stavby ztvárňovala roli investora.

Optimální varianta D především minimalizuje vzdálenost a časové nároky mezi přestupními nástupišti zastávek a minimalizuje střední dobu zdržení vozidel na vjezdu VC, přitom nezhoršuje podmínky průjezdu plochou řešené křižovatky na vjezdech situovaných na hlavních tazích. Lze očekávat, že implementace varianty D do reálného systému řešené křižovatky včetně přidružených procesů, na jejichž základě je samotná realizace umožněna, se bude pohybovat kolem 1,5 roku. Očekávané finanční náklady plynoucí z provedení stavebního díla činí 5 miliónů Kč.

## ZÁVĚR

Analytická část diplomové práce s názvem Dopravně-inženýrské posouzení a návrh opatření na křižovatce Pisárecká-Veslařská v Brně je koncipována do 4 hlavních kapitol. Kapitola 5 se zabývá vyhodnocením analytické části a zároveň slouží jako výchozí zdroj pro návrh variant řešení. Analýzou současného stavu na křižovatce ulic Pisárecká a Veslařská jsou zhodnoceny veškeré dopady na bezpečnost a plynulost provozu na řešené křižovatce. Práce zahrnuje posouzení územních vztahů ovlivňující dopravu na řešené křižovatce, stavebně-technických poměrů, způsobu jejího řízení. Součástí analytické části diplomové práce je také posouzení nehodovosti na křižovatce Pisárecká-Veslařská v porovnání se stavem, kdy nebyla křižovatka řízená SSZ.

Druhá kapitola analytické části je věnována provedenému dopravnímu průzkumu a jeho posouzení především z hlediska intenzit dopravních proudů a podílu druhů dopravy na celkovém proudu. Tato kapitola zároveň poskytuje informace o trasách využívaných pro přestup cestujících v rámci přestupního uzlu a množství přestupujících využívající daných vazeb dopravní obslužnosti v území. Součástí druhé kapitoly je také prognóza intenzit dopravních proudů včetně posouzení kapacity křižovatky v prognózovaném období roku 2026 dle standardizovaných výpočtů uvedených v příslušných technických podmínkách. Přičemž bylo zjištěno, že kapacita na vjezdu VC do řešené křižovatky v roce 2026 bude překročena a úroveň kvality dopravy se zde bude pohybovat na stupni F.

Závěr analytické části završuje kapitola hodnotící vnitřní slabé a silné stránky, vnější příležitosti a hrozby vztahující se k řešené křižovatce. Výstupy SWOT analýzy byly následně uplatněny jako vstupní informace pro určení vhodné strategie a návrhů variant řešení identifikací nejdůležitějších faktorů v každém z kvadrantů SWOT matice. Následně navrhuje vhodnou strategii pro výběr scénářů navrhovaných variant řešení na základě uplatnění metody Plus-mínus matice. V závěru kapitoly jsou jednotlivé navrhované varianty řešení stručně charakterizovány.

Návrhová část diplomové práce je koncipována do 4 hlavních kapitol, přičemž první kapitola identifikuje navrhovaná opatření v rámci každé varianty a zároveň čtenáři nabízí grafický model podoby dané navrhované varianty řešení. Dílčí úpravy na řešené křižovatce jsou navrženy za účelem dosažení bezpečnějšího, přehlednějšího a plynulejšího pohybu motorových a nemotorových druhů vozidel v rámci dopravního uzlu. Vzhledem k provedeným úpravám definuje trasy přestupu cestujících pro dosažení návazných spojů MHD přemostěním stávajících tras.



Následující kapitola se zabývá modelováním dispozičních variant řešení včetně varianty současného stavu v mikrosimulačním softwarovém prostředí PTV Vissim. Kromě představení programových prvků umožňující modelování dopravní sítě a jejích definic je v této kapitole představen systém řízení na řešené křižovatce v rámci navrhovaných variant. Systém řízení je jednak popsán dopravně-inženýrskými charakteristikami v podobě tabulky mezičasů, definicí fázových přechodů a dalšími, a časovou a logickou posloupností fází prostřednictvím logiky řízení koncipované do vývojového diagramu v prostředí VisVap. Závěrem této kapitoly je validace a kalibrace modelů podle určených parametrů, zároveň bylo nutné určit minimální počet simulačních procesů pro danou úroveň spolehlivosti výstupních údajů.

Předposlední kapitola návrhové části diplomové části se zabývá vyhodnocením časových veličin a očekávaných finančních a časových nákladů připadající na realizační fázi provedení stavebního díla. Modely byly prostřednictvím hodnotících nástrojů softwaru PTV Vissim hodnoceny dle průměrných časových nároků přestupujících cestujících za účelem dosažení návazného spoje MHD, distribuce zeleného signálu jednotlivých signálních skupin a střední doby zdržení vozidel na vjezdech do řešené křižovatky.

Ve všech hodnotících parametrech (v případě posledních dvou časových hodnotících veličin především signální skupina VC) bylo dosaženo lepších výsledků, než prokazovaly výstupy z modelu současného stavu. V případě signálních skupin situovaných v hlavních tazích naopak došlo pouze k minimálnímu nárůstu časového zdržení dopravního proudu tak, aby nebyla narušena konzistentnost systému koordinovaného řízení. Podobného hodnocení bylo docíleno i v modelech variant charakteristické intenzitami dopravních proudů výhledového období roku 2026.

Prostřednictvím finančního a časového vyhodnocení bylo identifikováno, že nejnáročnější variantou z hlediska finančních, a zároveň i časových nároků, je varianta C. Ta kromě poměrně rozsáhlého budování systému pěších a cyklistických ploch je především charakteristická novou vyhrazenou komunikací pro vozidla MHD včetně výstavby trakčního trolejového vedení na ní.

Poslední kapitola návrhové části diplomové práce hodnotí dané navrhované varianty na základě množiny vytyčených kritérií a vektorů jejich vah, jež byly stanoveny na základě Saatyho metody. Závěrem diplomové práce je výběr optimální varianty z množiny dostupných navrhovaných variant řešení. Metodou váženého součtu, jakožto součástí disciplíny operačního výzkumu – vícekritériálního rozhodování, byla na základě dosaženého užítku vybrána optimální varianta. Touto optimální variantou je varianta D. Pro účel celistvosti diplomové práce

je nastíněn eventuální proces implementace varianty D do stávajícího systému a je opticky znázorněn Ganttovým diagramem.

Lze konstatovat, že cíl diplomové práce byl naplněn. To znamená, že na základě poznatků z analytické části práce byly navrženy varianty řešení, které by redukovaly vytyčené slabé stránky řešené křížovatky za využití příležitostí, a přitom by respektovaly a podporovaly její silné stránky.

## SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- (1) Obecně závazná vyhláška statutárního města Brna č. 2/2004 o závazných částech Územního plánu města Brna, *Územní plán města Brna*. In: . Brno, 1994, Magistrát města Brna, 2016. Dostupné také z: [http://gis.brno.cz/public/upmb/upmb\\_vyhlaska\\_od\\_2015-01-24.pdf](http://gis.brno.cz/public/upmb/upmb_vyhlaska_od_2015-01-24.pdf)
- (2) *Urbanistická studie: Komínské louky - Káčata*. Brno: Magistrát města Brna, 2006. Dostupné také z: [https://www.brno.cz/fileadmin/user\\_upload/sprava\\_mesta/magistrat\\_mesta\\_brna/OUPR/UPP/US\\_Komin\\_louky\\_Kacata/Text\\_zprava\\_prilohy.pdf](https://www.brno.cz/fileadmin/user_upload/sprava_mesta/magistrat_mesta_brna/OUPR/UPP/US_Komin_louky_Kacata/Text_zprava_prilohy.pdf)
- (3) *Územní studie: Sportovně rekreační oblast Pisárky za Anthroposem* [online]. In: . Brno: Magistrát města Brna, 2016 [cit. 2016-10-31]. Dostupné z: [https://www.brno.cz/fileadmin/user\\_upload/sprava\\_mesta/magistrat\\_mesta\\_brna/OUPR/UPP/US\\_Anthropos/\\_Textova\\_cast.pdf](https://www.brno.cz/fileadmin/user_upload/sprava_mesta/magistrat_mesta_brna/OUPR/UPP/US_Anthropos/_Textova_cast.pdf)
- (4) Obecně závazná vyhláška statutárního města Brna č. 2/2004 o závazných částech Územního plánu města Brna. Návrh urbanistické koncepce: Plochy stavebního rozvoje a restrukturalizace území. In: *Územní plán města Brna* [online]. Brno: Magistrát města Brna, 2016 [cit. 2016-10-31]. Dostupné z: <http://gis.brno.cz/ags/upmb/>
- (5) Dopravní urbanismus: Dopravní vazby v urbanizovaném území. In: Zvýšení vědeckovýzkumného potenciálu pracovníků a studentů technických vysokých škol v oblasti dopravy a nových dopravních technologií [online]. Ostrava, 2009 [cit. 2016-10-31]. Dostupné z: <http://projekt150.ha-vel.cz/node/88>
- (6) Sčítání lidu, domů a bytů: Brno z pohledu výsledků SLDB 2011 - ekonomická aktivita. *Český statistický úřad* [online]. Brno: Krajská správa ČSÚ v Brně, 2014 [cit. 2016-10-31]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/xb/brno\\_z\\_pohledu\\_vysledku\\_slbd\\_2011\\_ekonomicka\\_aktivita](https://www.czso.cz/csu/xb/brno_z_pohledu_vysledku_slbd_2011_ekonomicka_aktivita)
- (7) BARTOŠ, Luděk. *Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích: TP 189*. 2. vyd. Plzeň: EDIP, 2012. ISBN 978-80-87394-06-9. Dostupné z: <http://www.pjpk.cz/TP189.pdf>
- (8) ČESKÁ REPUBLIKA. *Úplné znění zákona č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích a změnách některých zákonů*. In: . Praha: Parlament České republiky, 1997, ročník 2017, 3/1997. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-13>
- (9) Česká technická norma. ČSN 73 6110: *Projektování místních komunikací*. 2. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2006, 128 s. Dostupné také z: <http://www.unmz.cz/files/normalizace/%C4%8CSN%2073%206110/74506.pdf>

- (10) Katastrální mapa. In: Nahlížení do katastru nemovitostí: Mapa [online]. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, 2016 [cit. 2016-10-31]. Dostupné z: <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=610208&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>
- (11) Česká technická norma. ČSN 73 6102: Projektování křižovatek na pozemních komunikacích. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- (12) Topological Information About Places On The Earth: An example with Google map. *Topocoding* [online]. Šumperk: Topocoding.com, 2016 [cit. 2016-12-29]. Dostupné z: <http://www.topocoding.com/>
- (13) Brněnské komunikace a.s. Výpočet kapacity SSZ křižovatky Veslařská-Pisárecká a logika řízení SSZ. Brno, leden 2016.
- (14) Oznámení veřejnou vyhláškou opatření obecné povahy stanovení místní úpravy provozu: Ulice Pisárecká-Veslařská, zřízení světelného signalizačního zařízení v křižovatce a související změna místní úpravy provozu na pozemních komunikacích. Brno: Magistrát města Brna, 2015, (MMB/0104376/2015-1).
- (15) *Ročenka dopravy Brno 2016* [online]. Brno: Brněnské komunikace, 2016 [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: [https://www.bkom.cz/uploads/informacni\\_centrum/130/rocenka\\_dopravy\\_2016.pdf](https://www.bkom.cz/uploads/informacni_centrum/130/rocenka_dopravy_2016.pdf)
- (16) Mapová data: Google maps. *Google* [online]. Mountain View, USA: Google, 2017 [cit. 2017-01-09]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/@49.1930703,16.5678805,17z>
- (17) LISA+ na navrhování a řízení světelné signalizace. *Edip: Software* [online]. Plzeň: EDIP, 2016 [cit. 2017-01-09]. Dostupné z: <http://www.edip.cz/cs/software/lisa/>
- (18) SCHIMMER, Zdeněk. Optimalizace provozu na řízené křižovatce: Preference MHD na řízené křižovatce. Brno: Dopravní podnik města Brna, 2007.
- (19) Časový týdenní rozpis signálních plánů: 1.07 Veslařská-Pisárecká a 1.08 Pisárecká-Antonína Procházky. Brno: Dopravní podnik města Brna, a.s., CTD a Útvar dopravního inženýrství, 2016.
- (20) LEDVINOVÁ, Michaela. Dopravní inženýrství: studijní opora. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013.
- (21) Statistické zobrazení nehodovosti v silničním provozu ve vybraném území: Statistické zobrazení nehodovosti v katastrálním území Pisárky. *Jednotná dopravní vektorová mapa: Statistické vyhodnocení nehod v mapě* [online]. Praha: Policie ČR, Centrum dopravního

- výzkumu, 2007 [cit. 2017-01-09]. Dostupné z: <http://maps.jdvm.cz/cdv2/apps/nehodyvmapa/Search.aspx>
- (22) Dopravní situace na ulici Pisárecké z důvodu zřízení dočasné zastávky. Brno: Brněnské komunikace, 2013.
- (23) *Územní plán města Brna: Koncept - Varianty I,II,III* [web]. In: Arch.Design, s.r.o. Brno, 2010, s. 1315 [cit. 2017-09-03]. DOI: UPmB\_KONCEPT\_text.pdf. Dostupné z: [http://www.brno.cz/fileadmin/user\\_upload/sprava\\_mesta/magistrat\\_mesta\\_brna/OUPR/Pripravovany\\_uzemni\\_plan/KONCEPT/Textova\\_cast/UPmB\\_KONCEPT\\_text.pdf](http://www.brno.cz/fileadmin/user_upload/sprava_mesta/magistrat_mesta_brna/OUPR/Pripravovany_uzemni_plan/KONCEPT/Textova_cast/UPmB_KONCEPT_text.pdf)
- (24) Úplné znění zákona č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a změnách některých zákonů (Zákon o silničním provozu). Vydání: sedmnácté. Praha: Armex Publishing, 2016. Edice kapesních zákonů. ISBN 978-80-87451-44-1.
- (25) CACH, Tomáš. Navrhování komunikací pro cyklisty: TP 179. *Politika jakosti pozemních komunikací* [online]. Praha: Ministerstvo dopravy, 2017 [cit. 2017-09-05]. Dostupné z: [http://www.pjpk.cz/data/USR\\_001\\_2\\_8\\_TP/TP\\_179\\_2017.pdf](http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_179_2017.pdf)
- (26) Materiál pro 41. schůzi RMČ: Stanovisko k podnětu na řešení dopravní situace na křižovatce Antonína Procházky-Pisárecká. In: *Městská část Brno-Kohoutovice* [online]. Brno: Statutární město Brno, 2016 [cit. 2017-09-05]. Dostupné z: [http://kohoutovice.brno.cz/assets/File.ashx?id\\_org=80911&id\\_dokumenty=5820](http://kohoutovice.brno.cz/assets/File.ashx?id_org=80911&id_dokumenty=5820)
- (27) Brněnské komunikace a.s. Švanda, Ing. Michal. *Dopravní průzkum "Pisárky11/2015"*. Brno, prosinec 2015.
- (28) MARTOLOS, Jan. Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích: TP 81. 3. vyd. Praha: Ministerstvo dopravy, 2015. ISBN 80-86502-30-9.
- (29) Informace o kvalitě ovzduší v ČR: Podrobný přehled imisních hodnot pro měřicí program. *Český hydrometeorologický ústav: Historická data: ovzduší* [online]. Brno: ČHMÚ, 2016 [cit. 2017-09-11]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab\\_roc/2016\\_enh/pollution\\_overview/mp\\_BBMVA\\_PM10\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2016_enh/pollution_overview/mp_BBMVA_PM10_CZ.html)
- (30) HOMOLA, Mgr. Karel. *Odbor řízení provozu: Výpis z technické dokumentace*. Dopravní podnik města Brna, a. s., 2017.
- (31) VAŠTÍKOVÁ, Miroslava. *Marketing služeb: efektivně a moderně*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2014. Manažer. ISBN 978-80-247-5037-8.
- (32) MARTOLOS, Jan, Aleš RICHTR, Luděk BARTOŠ a Martin HÁLA. *Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek*: TP 235. Liberec: EDIP, 2011. ISBN 978-80-87394-03-8.

- (33) BARTOŠ, Luděk, Aleš RICHTR, Jan MARTOLOS a Martin HÁLA. *Prognóza intenzit automobilové dopravy: TP 225*. 2. vyd. Plzeň: EDIP, 2012. ISBN 978-80-87394-07-6.
- (34) Česká technická norma. ČSN 73 6425-1: Autobusové, trolejbusové a tramvajové zastávky, přestupní uzly a stanoviště. Část 1, Navrhování zastávek. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- (35) PTV AG. PTV VISSIM 9: User manual. Karlsruhe, Germany, 2017.
- (36) PTV AG. VAP 2.16: User manual. Karlsruhe, Germany, 2014.
- (37) LITSCHMANNOVÁ, Martina. *Úvod do statistiky: Úvod do teorie odhadu* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská, 2011 [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: [http://mi21.vsb.cz/sites/mi21.vsb.cz/files/unit/uvod\\_do\\_statistiky.pdf](http://mi21.vsb.cz/sites/mi21.vsb.cz/files/unit/uvod_do_statistiky.pdf)
- (38) KAMARÁD, Miloš. Investiční náklady položek stavebních prací a jejich časová náročnost. SUDOP BRNO, spol. s.r.o. Brno, 2017.
- (39) Zákon č. 225/2017 Sb., kterým se mění zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, a další související předpisy: platné pracovní znění stavebního zákona s vyznačením změn. Brno: Ústav územního rozvoje, 2017. ISBN 978-80-87318-61-4.
- (40) BULÍČEK, Josef a Michaela LEDVINOVÁ. Řešené příklady z teorie a řízení dopravy: studijní opora. Univerzita Pardubice, 2013, 237 s. ISBN 978-80-7395-642-4.

## SEZNAM PŘÍLOH

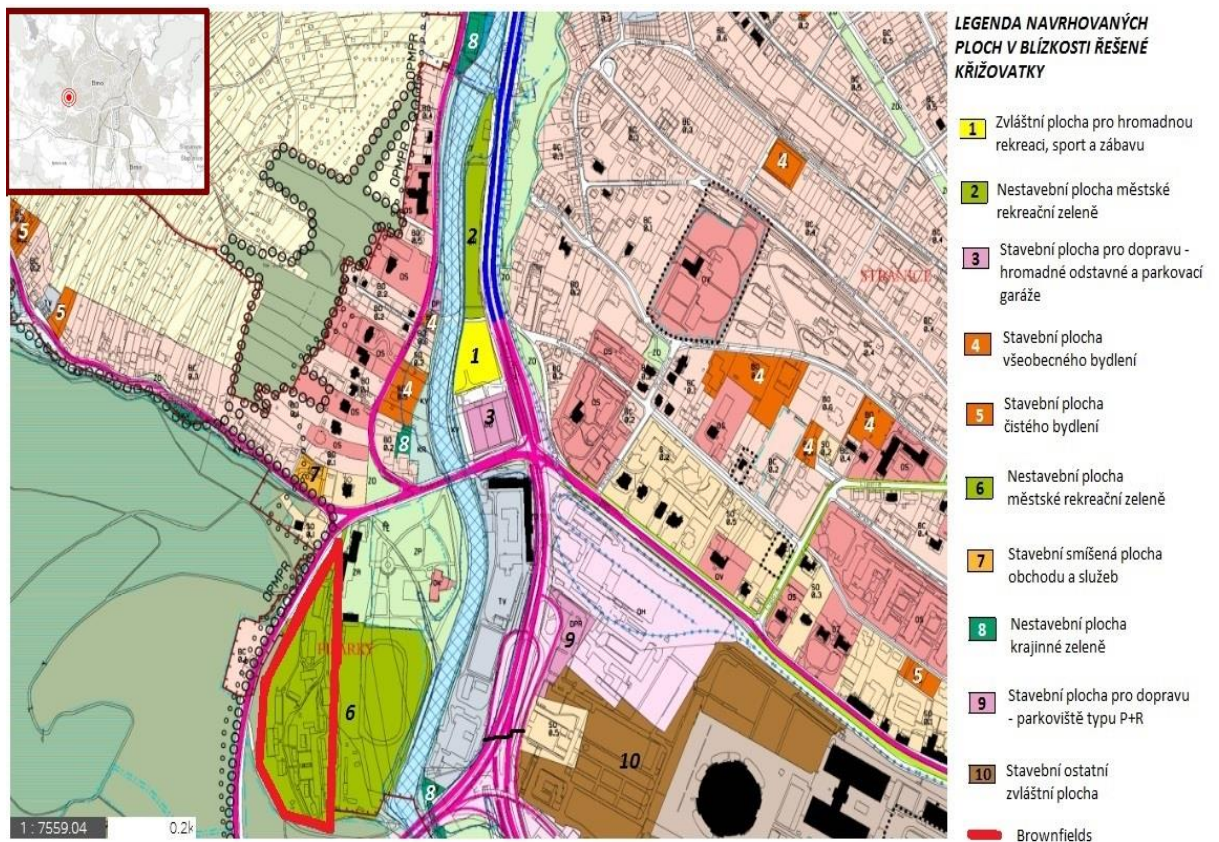
|           |   |
|-----------|---|
| PŘÍLOHA A | Návrh územní koncepce v úzké blízkosti řešené křižovatky  |
| PŘÍLOHA B | Rozmístění cílů dopravy   |
| PŘÍLOHA C | Přepravní vztahy řešeného území   |
| PŘÍLOHA D | Situační výkres řešené křižovatky   |
| PŘÍLOHA E | Schéma fází signálního programu   |
| PŘÍLOHA F | Schéma uspořádání křižovatky Pisárecká-Antonína Procházky   |
| PŘÍLOHA G | Schéma uspořádání MÚK Hlinky  |
| PŘÍLOHA H | Návrhové intenzity dopravy a výpočet saturovaného toku řadících pruhů   |
| PŘÍLOHA I | Grafické znázornění vývoje koeficientů prognózy intenzit dopravy a protokol pro výpočet výhledové intenzity dopravy pro rok 2026 na řešené křižovatce |
| PŘÍLOHA J | Posouzení kapacity křižovatky Pisárecká-Veslařská pro rok 2026  |
| PŘÍLOHA K | Výsledky Plus-mínus matice metody párového srovnávání   |
| PŘÍLOHA L | Vedení tras nemotorových druhů dopravy a stavební uspořádání řešené křižovatky navrhovaného řešení varianty D   |
| PŘÍLOHA M | Směrování vozidel MHD v prostředí Vissim a časový harmonogram jejich odjezdů ze zastávky C  |
| PŘÍLOHA N | Fázové schéma a síťový graf sledu fází pro variantu D   |
| PŘÍLOHA O | Tabulky mezičasů pro variantu současného stavu a navrhovaných variant řešení B, C a D   |
| PŘÍLOHA P | Soubory z PTV Vissim  |
| PŘÍLOHA R | Výňatek z vývojového diagramu tvořeného v prostředí VisVap  |
| PŘÍLOHA S | Investiční náklady realizační fáze navrhovaných variant řešení  |

## **PŘÍLOHY**



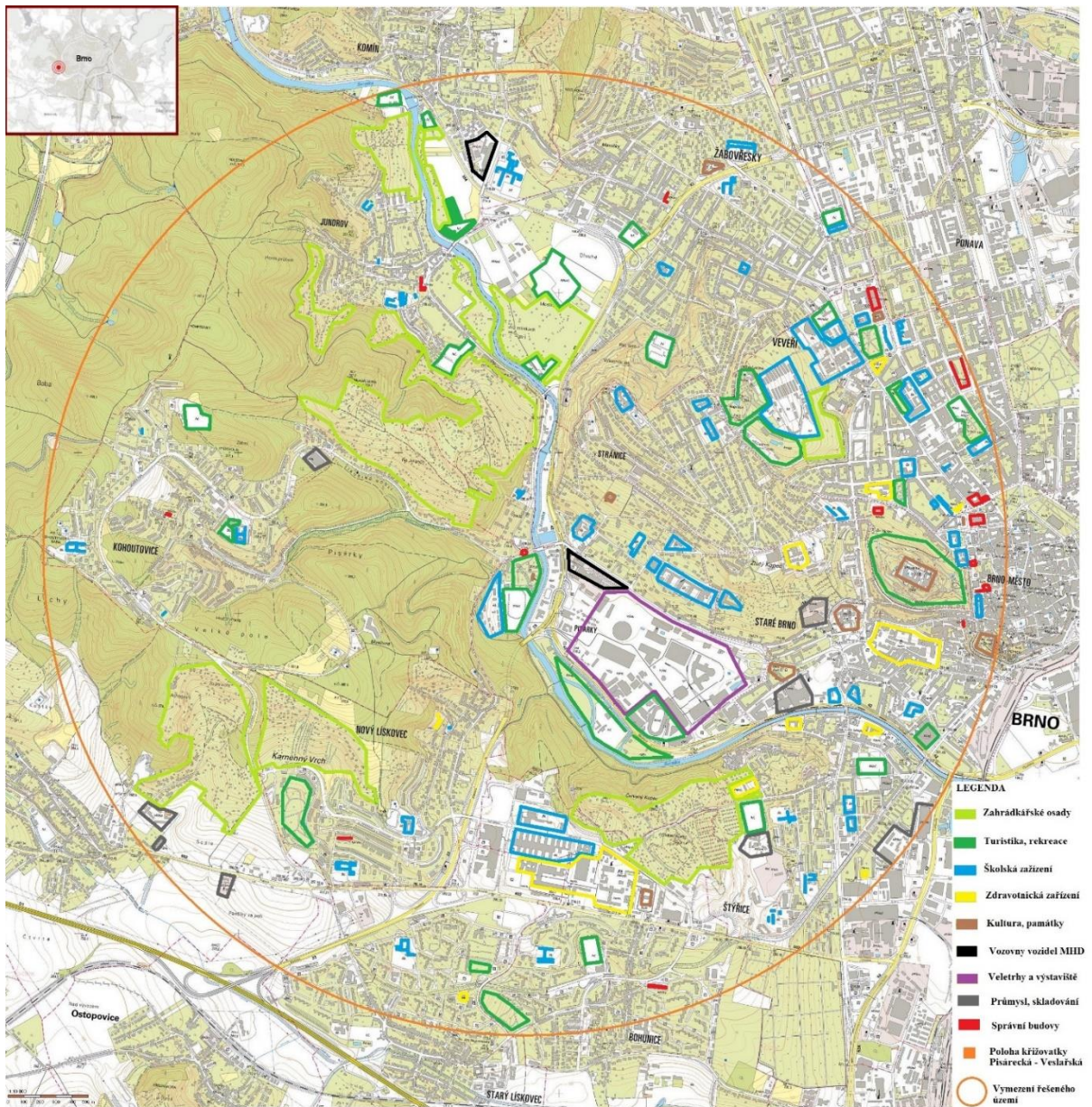
## Příloha A Návrh územní koncepce v úzké blízkosti řešené křižovatky

Zdroj: (4), upraveno autorkou



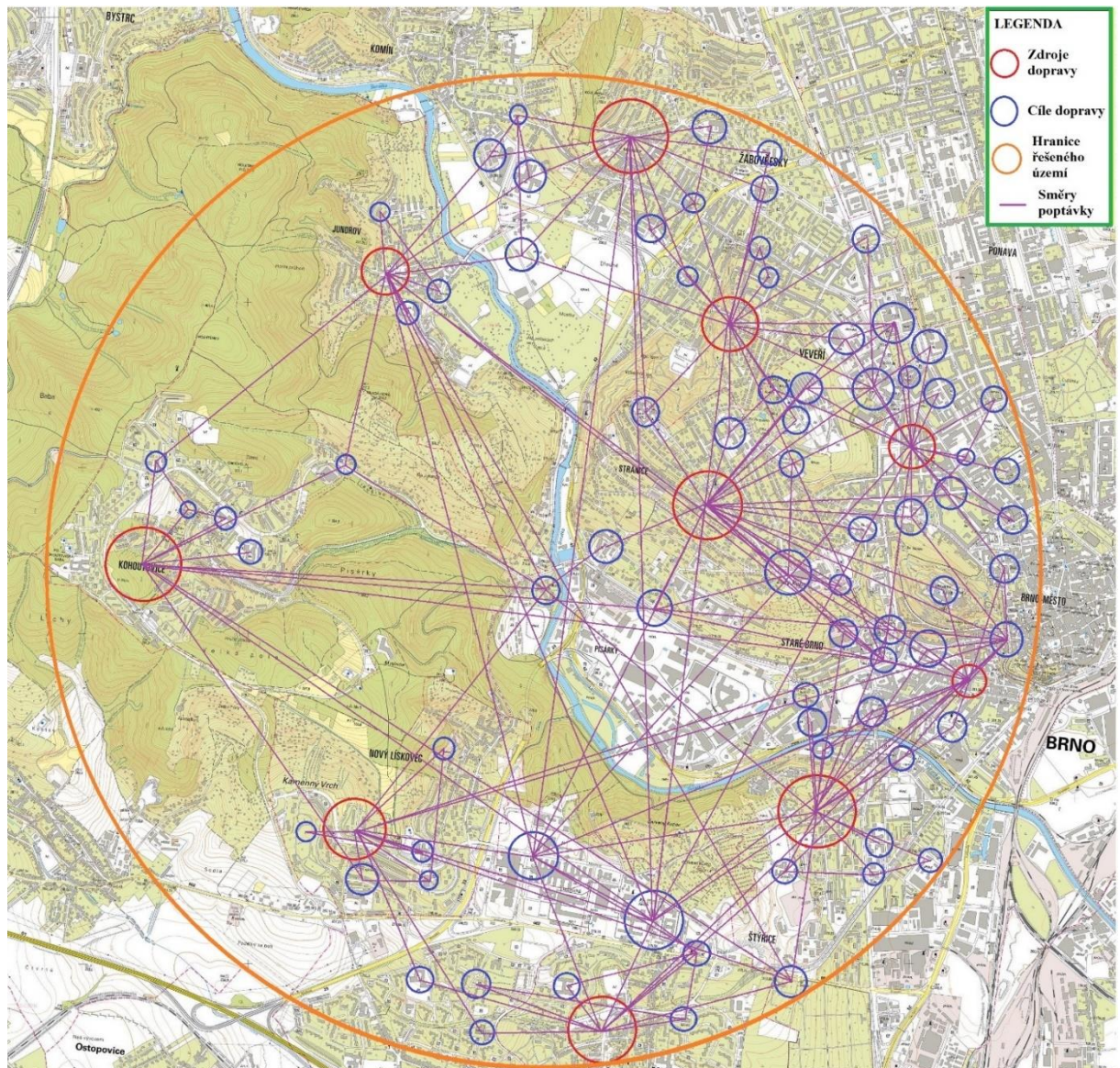
## Příloha B Rozmístění cílů dopravy

Zdroj: (10), upraveno autorkou



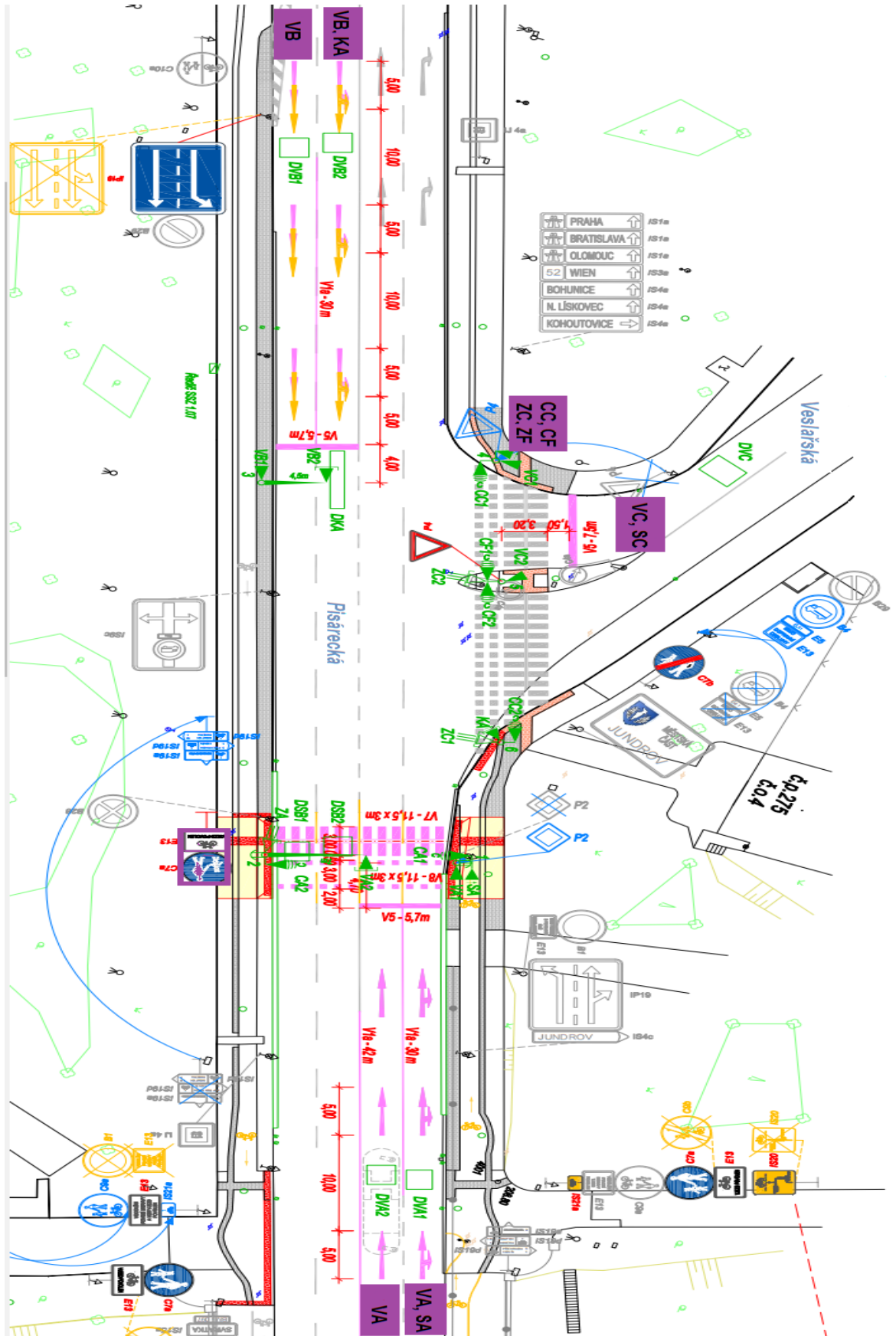
## Příloha C Převážní vztahy řešeného území

Zdroj: (10), upraveno autorkou



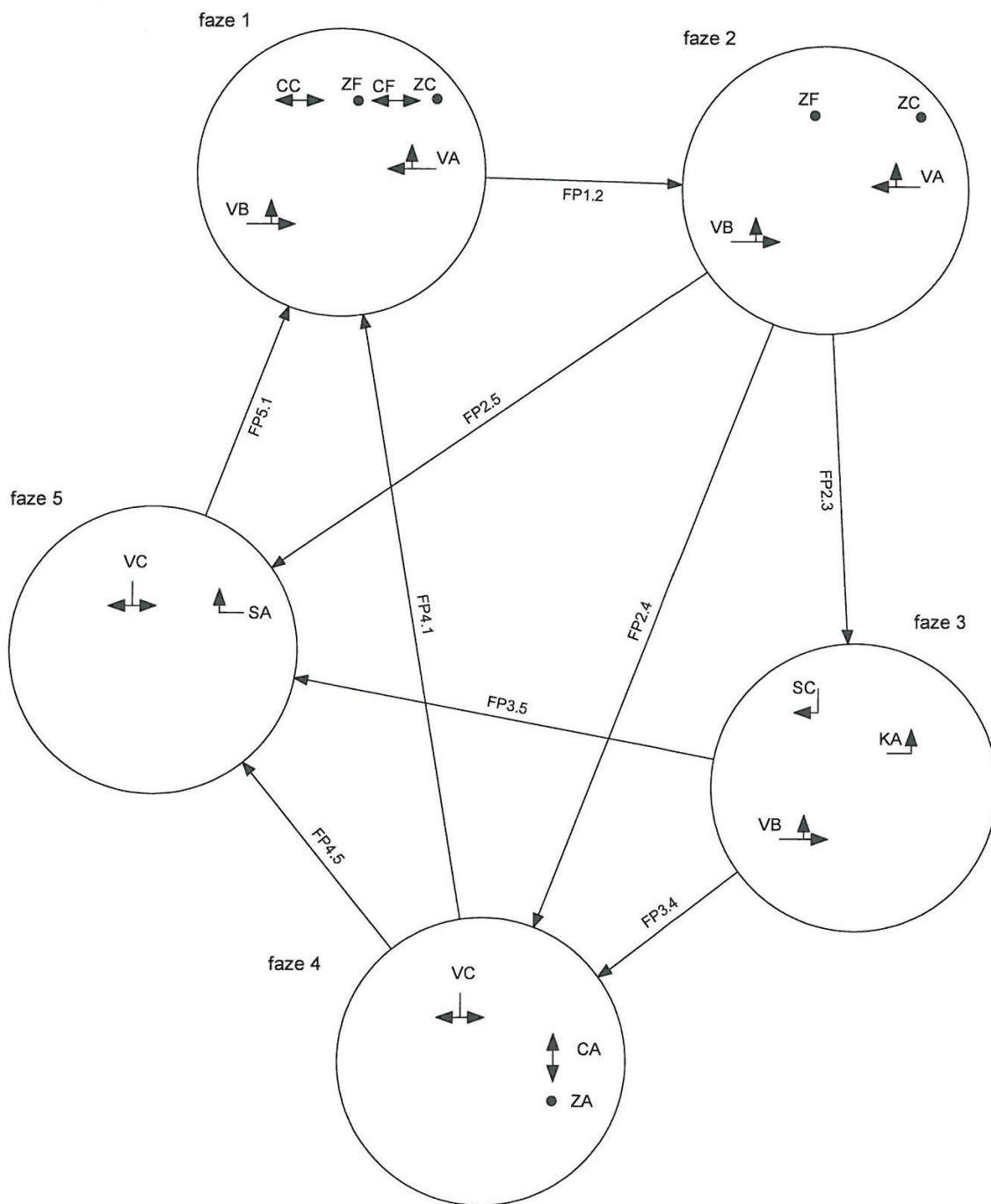
**Příloha D Situační výkres řešené křižovatky**

Zdroj: (14), upraveno autorkou



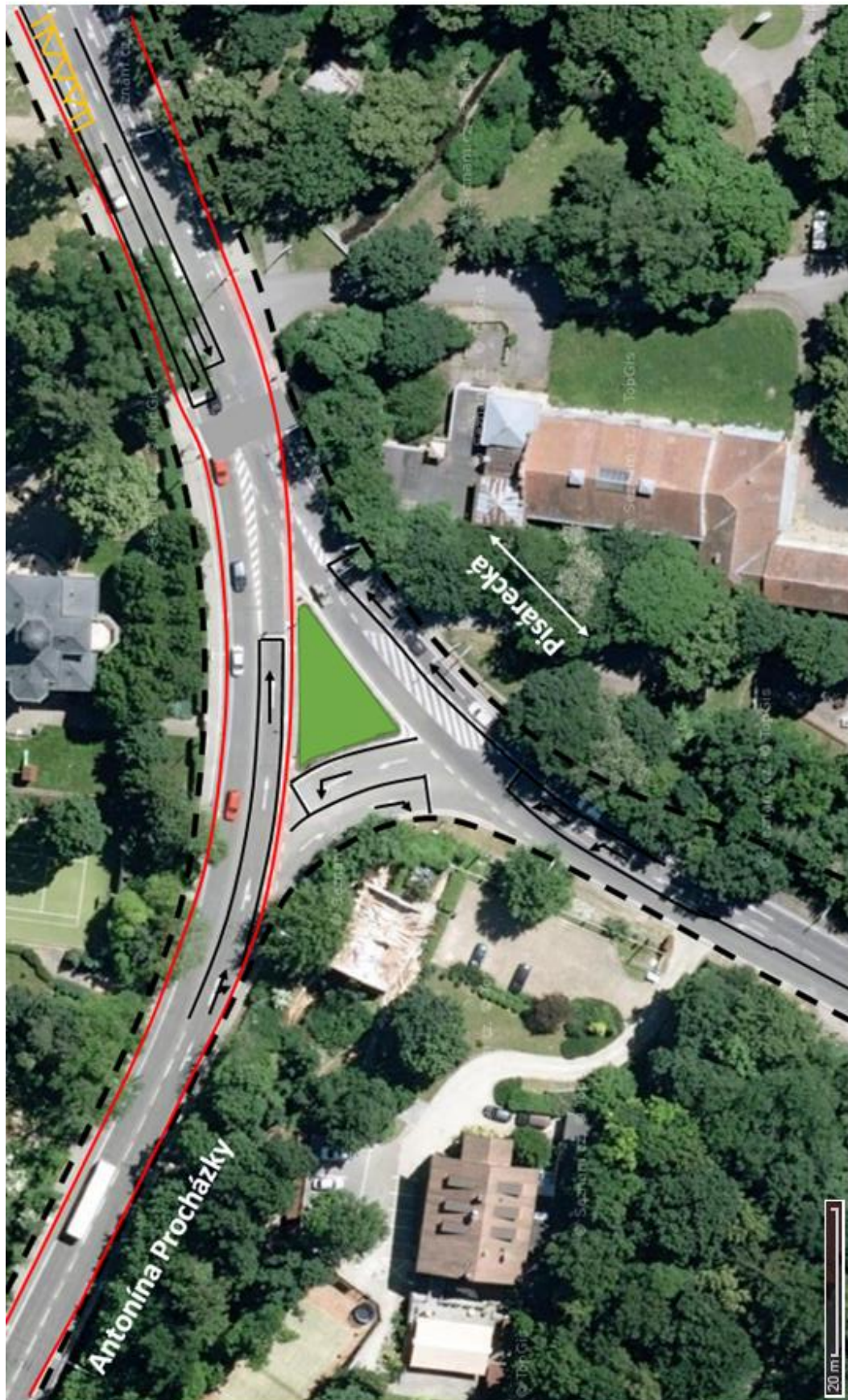
# Příloha E Schéma fází signálního programu

Zdroj: (13)



**Příloha F Schéma uspořádání křižovatky Pisárecká-Antonína Procházky**

*Zdroj: (16), upraveno autorkou*



**Příloha G Schéma uspořádání MÚK Hlinky**

*Zdroj: (16), upraveno autorkou*



**Příloha H Návrhové intenzity dopravy a výpočet saturovaného toku řadících pruhů**

Zdroj: (13)

| <b>Návrhové intenzity dopravy (TP 235)</b> |                       |                                    |             |           |                |                  |                   |                    |          |
|--|-----------------------|------------------------------------|-------------|-----------|----------------|------------------|-------------------|--------------------|----------|
| Název křižovatky:                          |                       | KP - SSZ 107 Veslařská - Pisárecká |             |           |                |                  |                   |                    |          |
| Posuzovaná varianta:                       |                       | Rok 2015 - stávající stav          |             |           |                |                  |                   |                    |          |
| Papřsek                                    | Název komunikace      | Směr jízdy                         | Jízdní kola | Motocykly | Osobní vozidla | Nákladní vozidla | Nákladní soupravy | Zohledněná skladba |          |
|  |                       |                                    | [voz/h]     | [voz/h]   | [voz/h]        | [voz/h]          | [voz/h]           | [voz/h]            | [pvoz/h] |
| A  | Pisárecká (z centra)  | rovně                              |             |           | 495            | 1                |                   |                    | 497      |
|  |                       | rovně-vpravo                       | rovně       |           | 212            | 1                | 39                |                    | 311      |
|  |                       |                                    | vpravo      |           | 273            | 5                | 8                 |                    | 302      |
| C  | Pisárecká (do centra) | vlevo-rovně                        | vlevo       |           | 246            | 0                |                   |                    | 246      |
|  |                       |                                    | rovně       |           | 0              | 0                |                   | 0                  |          |
|  |                       | rovně                              |             | 526       | 8              | 32               |                   | 620                |          |
| D  | Veslařská             | vlevo - vpravo                     | vlevo       |           | 127            | 2                | 7                 |                    | 148      |
|  |                       |                                    | vpravo      |           | 289            | 2                | 4                 |                    | 302      |

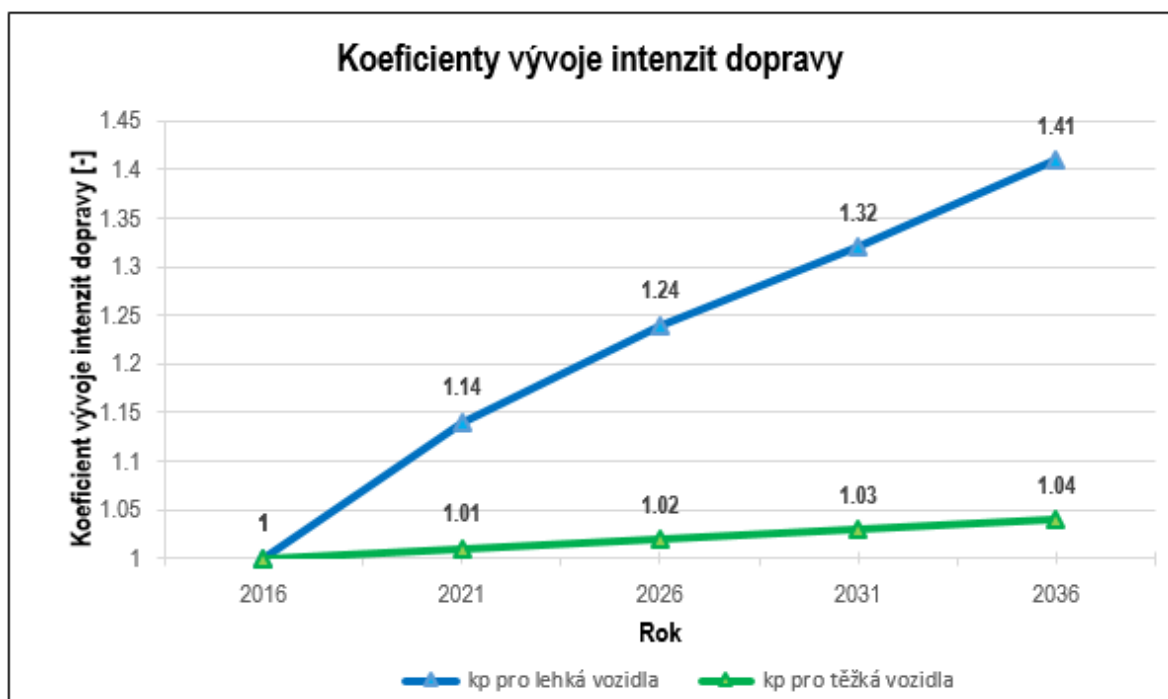
  

| <b>Saturovaný tok řadících pruhů</b> |                      |                                    |        |     |     |           |           |          |      |
|--------------------------------------|----------------------|------------------------------------|--------|-----|-----|-----------|-----------|----------|------|
| Název křižovatky:                    |                      | KP - SSZ 107 Veslařská - Pisárecká |        |     |     |           |           |          |      |
| Posuzovaná varianta:                 |                      | Rok 2015 - stávající stav          |        |     |     |           |           |          |      |
| Papřsek                              | Počet jízdních pruhů | Směr jízdy                         | $a$    | $R$ | $f$ | $k_{skl}$ | $k_{obl}$ | $S_I$    |      |
|                                      |                      |                                    | [%]    | [m] | [-] | [-]       | [-]       | [pvoz/h] |      |
| A                                    | 1                    | rovně                              | 0      | -   | -   | 1         | 1,00      |          | 2000 |
|                                      | 1                    | rovně-vpravo                       | rovně  | 0   | -   | 0,49      | 1         | 0,96     | 1912 |
|                                      |                      |                                    | vpravo |     | 16  |           |           |          |      |
| C                                    | 1                    | vlevo-rovně                        | vlevo  | 0   | 15  | 1,00      | 1         | 0,91     | 1818 |
|                                      |                      |                                    | rovně  |     | -   |           |           |          |      |
|                                      | 1                    | rovně                              | 0      | -   | -   | 1         | 1,00      |          | 2000 |
| D                                    | 1                    | vlevo - vpravo                     | vlevo  | 0   | 15  | 0,33      |           | 0,97     | 1845 |
|                                      |                      |                                    | vpravo |     | 12  | 0,67      | 1         | 0,92     |      |



**Příloha I Grafické znázornění vývoje koeficientů prognózy intenzit dopravy a protokol pro výpočet výhledové intenzity dopravy pro rok 2026 na řešené křižovatce**

*Zdroj: Autorka*



| PROTOKOL PRO VÝPOČET VÝHLEDOVÉ INTENZITY DOPRAVY         |                                |               |               |
|--|--------------------------------|---------------|---------------|
| Typ komunikace: II+III                                   | Křižovatka Pisárecká-Veslařská |               |               |
| Výchozí rok: 2016  | Brno                           |               |               |
| Výhledový rok: 2026                                      |                                |               |               |
|  |                                | Lehká vozidla | Těžká vozidla |
| Koeficient vývoje intenzit dopravy pro výchozí rok       | $k_0$ [-]                      | 1.11          | 1.01          |
| Koeficient vývoje intenzit dopravy pro výhledový rok     | $k_v$ [-]                      | 1.38          | 1.03          |
| Koeficient prognózy intenzit dopravy                     | $k_p$ [-]                      | 1.24          | 1.02          |
| VÝHLEDOVÁ INTENZITA DOPRAVY $I_v$ [voz·h <sup>-1</sup> ] |                                |               |               |
| Lehká vozidla  |                                | Těžká vozidla |               |
| 370  |                                | 5             |               |
| 187  |                                | 35            |               |
| 190  |                                | 12            |               |
| 218  |                                | 12            |               |
| 203  |                                | 1             |               |
| 476  |                                | 38            |               |

| <b>VÝHLEDOVÁ INTENZITA DOPRAVY <math>I_v</math> [voz·h<sup>-1</sup>]</b> |                      |
|--|----------------------|
| <b>Lehká vozidla</b>   | <b>Těžká vozidla</b> |
| 171  | 16                   |
| 309  | 6                    |
| <b>SUMA VÝHLEDOVÝCH INTENZIT [voz·h<sup>-1</sup>]</b>                    |                      |
| <b>Lehká vozidla</b>   | <b>Těžká vozidla</b> |
| 2 124  | 125                  |

**Příloha J Posouzení kapacity křižovatky Pisárecká-Veslařská pro rok 2026**

*Zdroj: Autorka*

| PROTOKOL PRO KAPACITNÍ POSOUZENÍ SVĚTELNĚ ŘÍZENÉ KŘÍŽOVATKY PODLE TP 235 - ROK 2026 |                  |              |        |  |  |   |  |
|---|------------------|--------------|--------|--|--|---|--|
| NÁVRHOVÉ INTENZITY DOPRAVY  |                  |              |        |  |  |   |  |
| Paprsek   | Název komunikace | Směr jízdy   |        | Osobní vozidla<br>[voz·h <sup>-1</sup> ] | Nákladní vozidla<br>[voz·h <sup>-1</sup> ] | Nákladní soupravy<br>[voz·h <sup>-1</sup> ] | Zohledněná skladba<br>[voz·h <sup>-1</sup> ] |
| A   | Z centra         | rovně        |        | 370                                      | 5  | 0   | 378  |
|   |                  | rovně-vpravo | rovně  | 187                                      | 1  | 34  | 273  |
|   |                  |              | vpravo | 190                                      | 4  | 8   | 217  |
| C   | Do centra        | rovně-vlevo  | vlevo  | 218                                      | 6  | 6   | 244  |
|   |                  |              | rovně  | 203                                      | 1  | 0   | 205  |
|   |                  | rovně        |        | 476                                      | 4  | 34  | 567  |
| D   | Veslařská        | vlevo-vpravo | vlevo  | 171                                      | 7  | 9   | 206  |
|   |                  |              | vpravo | 309                                      | 6  | 0   | 319  |

### SATUROVANÝ TOK ŘADÍCÍCH PRUHŮ

| Paprsek | Počet jízdních pruhů | Směr jízdy   |        | a [%] | R [m] | f [-] | k <sub>skl</sub> [-] | k <sub>obl</sub> [-] | S <sub>i</sub> [pvoz·h <sup>-1</sup> ] |
|---------|----------------------|--------------|--------|-------|-------|-------|----------------------|----------------------|--|
| A       | 1                    | rovně        |        | 0     | -     | -     | 1                    | 1.00                 | 2 000                                  |
|         | 1                    | rovně-vpravo | rovně  | 0     | -     | 0.44  | 1                    | 0.96                 | 1 920                                  |
|         |                      |              | vpravo |       | 16    |       |                      |                      |  |
| C       | 1                    | rovně-vlevo  | vlevo  | 0     | 15    | 0.54  | 1                    | 0.95                 | 1 897                                  |
|         |                      |              | rovně  |       | -     |       |                      |                      |  |
|         | 1                    | rovně        |        | 0     | -     | -     | 1                    | 1.00                 | 2 000                                  |
| D       | 1                    | vlevo-vpravo | vlevo  | 0     | 15    | 0.39  | 1                    | 0.96                 | 1 859                                  |
|         |                      |              | vpravo |       | 12    | 0.61  |                      | 0.93                 |  |

### KAPACITA LEVÉHO ODBOČENÍ OVLIVNĚNÉHO PROTISMĚREM

| Vjezd        | I <sub>p</sub> [pvoz·h <sup>-1</sup> ] | S <sub>p</sub> [pvoz·h <sup>-1</sup> ] | Z <sub>p</sub> [s] | C <sub>L1</sub> [pvoz·h <sup>-1</sup> ] | NA [pvoz] | C <sub>L2</sub> [pvoz·h <sup>-1</sup> ] | S <sub>L</sub> [pvoz·h <sup>-1</sup> ] | z <sub>o</sub> [s] | C <sub>L3</sub> [pvoz·h <sup>-1</sup> ] | C <sub>L</sub> [pvoz·h <sup>-1</sup> ] |
|--------------|--|--|--------------------|---|-----------|---|--|--------------------|---|--|
| L/C - VB, KA | 868                                    | 3 920                                  | 47                 | 114                                     | 3         | 108                                     | 1 897                                  | 8                  | 152                                     | 374                                    |

### POSOUZENÍ KAPACITY VJEZDŮ, ÚROVEŇ KVALITY DOPRAVY

| Vjezd        | I <sub>v</sub> [pvoz·h <sup>-1</sup> ] | z [s] | S <sub>v</sub> [pvoz·h <sup>-1</sup> ] | C <sub>v</sub> [pvoz·h <sup>-1</sup> ] | Rez [%] | L <sub>f1</sub> [m] | L <sub>f2</sub> [m] | t <sub>w</sub> [s] | ÚKD dosažená |
|--------------|--|-------|--|--|---------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------|
| R - VA       | 378                                    | 43    | 2 000                                  | 860                                    | 56      | 36                  | -                   | 20                 | A            |
| R,P - VA     | 490                                    | 43    | 1 920                                  | 826                                    | 41      | 47                  | -                   | 22                 | B            |
| L/C - VB, KA | 449                                    | 60    | 1 897                                  | 1 138                                  | 61      | 30                  | -                   | 10                 | A            |
| R - VB       | 567                                    | 60    | 2 000                                  | 1 200                                  | 53      | 38                  | -                   | 11                 | A            |
| L, P - VC    | 525                                    | 27    | 1 859                                  | 502                                    | -5      | -                   | 205                 | -                  | F            |

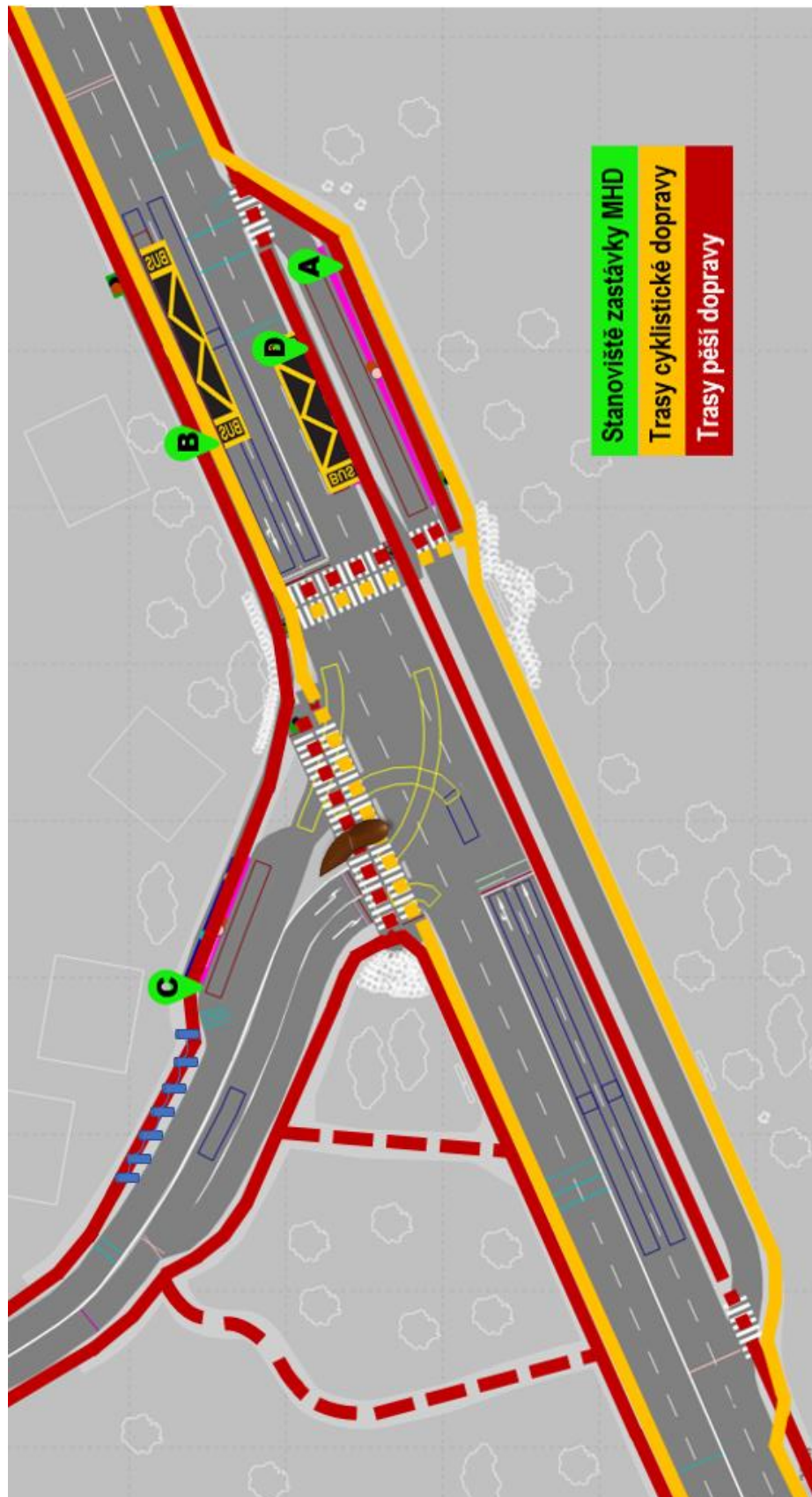
**Příloha K Výsledky Plus-mínus matice metody párového srovnávání**

*Zdroj: Autorka*

|                     |               | SILNÉ STRÁNKY |    |    |    |    |   |    |    |   |    |    |    | SLABÉ STRÁNKY |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |    |      |        |
|---------------------|---------------|---------------|----|----|----|----|---|----|----|---|----|----|----|---------------|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|------|--------|
|                     |               | 1             | 2  | 3  | 4  | 5  | 6 | 7  | 8  | 9 | 10 | 11 | 12 | 13            | A  | B   | C  | D  | E  | F  | G  | H  | I  | J | K  | L  | SUMA | POŘADÍ |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> | <b>P1</b>     | +             | 0  | 0  | +  | 0  | 0 | 0  | +  | 0 | 0  | +  | +  | 0             | 0  | ++  | +  | 0  | +  | 0  | 0  | +  | +  | 0 | 0  | ++ | 13   |        |
|                     | <b>P2</b>     | 0             | 0  | +  | ++ | 0  | 0 | 0  | +  | 0 | +  | +  | 0  | 0             | 0  | ++  | ++ | 0  | ++ | 0  | 0  | ++ | ++ | 0 | 0  | ++ | 18   |        |
|                     | <b>P3</b>     | +             | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0 | +  | 0  | ++ | 0             | 0  | 0   | +  | 0  | 0  | 0  | 0  | +  | ++ | + | 0  | +  | 10   |        |
|                     | <b>P4</b>     | +             | ++ | ++ | -  | ++ | 0 | ++ | 0  | + | ++ | +  | +  | 0             | -- | 0   | ++ | 0  | 0  | -- | +  | 0  | 0  | 0 | 0  | ++ | 19   |        |
|                     | <b>P5</b>     | 0             | +  | ++ | +  | +  | 0 | 0  | +  | 0 | +  | +  | +  | 0             | ++ | ++  | +  | +  | ++ | +  | 0  | +  | +  | + | ++ | +  | 24   | 1.     |
|                     | <b>P6</b>     | ++            | ++ | +  | +  | ++ | 0 | 0  | +  | 0 | +  | +  | +  | +             | -  | -   | 0  | +  | +  | 0  | 0  | -  | ++ | 0 | 0  | +  | 18   |        |
|                     | <b>P7</b>     | ++            | +  | ++ | ++ | ++ | + | 0  | +  | + | ++ | ++ | +  | 0             | 0  | +   | +  | +  | 0  | -- | 0  | 0  | 0  | 0 | +  | ++ | 23   | 2.     |
| <b>HROZBY</b>       | <b>H1</b>     | -             | 0  | 0  | -  | 0  | 0 | 0  | -  | 0 | 0  | -- | 0  | 0             | 0  | -   | -  | 0  | -  | 0  | 0  | -  | -  | 0 | 0  | -  | -11  |        |
|                     | <b>H2</b>     | -             | 0  | -  | 0  | +  | - | 0  | -  | 0 | +  | -- | -  | 0             | 0  | -   | -- | -  | -  | -- | -  | -  | -  | 0 | -  | -- | -19  | 2.     |
|                     | <b>H3</b>     | 0             | 0  | 0  | 0  | -  | 0 | 0  | -  | 0 | -  | -  | 0  | -             | 0  | -   | -  | 0  | -- | -  | -  | -  | -  | 0 | 0  | -  | -13  |        |
|                     | <b>H4</b>     | 0             | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0             | 0  | -   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  | -1   |        |
|                     | <b>H5</b>     | 0             | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0  | -  | 0 | 0  | 0  | -  | -             | 0  | -   | -  | 0  | -  | 0  | +  | 0  | 0  | 0 | +  | +  | -6   |        |
|                     | <b>H6</b>     | 0             | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0  | -  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0             | 0  | -   | -  | 0  | -- | 0  | 0  | -  | 0  | 0 | 0  | -  | -7   |        |
|                     | <b>H7</b>     | -             | 0  | -  | -- | -  | 0 | 0  | -- | 0 | 0  | -  | -  | 0             | 0  | --  | -  | 0  | -- | -  | 0  | -- | -  | 0 | 0  | -- | -20  | 1.     |
| <b>SUMA</b>         | <b>POŘADÍ</b> | 8             | 6  | 8  | 7  | 7  | 1 | 2  | 5  | 2 | 9  | 7  | 7  | 1             | -2 | -10 | -7 | -1 | -9 | -8 | -3 | -8 | -4 | 0 | -1 | -7 |      |        |
|                     |               | 2.            |    | 3. |    |    |   |    |    |   | 1. |    |    |               | 1. |     |    |    | 2. | 3. |    |    |    |   |    |    |      |        |

**Příloha L Vedení tras nemotorových druhů dopravy a stavební uspořádání řešené křižovatky navrhovaného řešení varianty D**

*Zdroj: Autorka*



**Příloha M Směrování vozidel MHD v prostředí Vissim a časový harmonogram jejich odjezdů ze zastávky C**

*Zdroj: Autorka*

**Public Transport Line Stops Configuration Window:**

| Coun | Dep    | TeleCour | Occup |
|------|--------|----------|-------|
| 1    | 60.0   | 0        | 3     |
| 2    | 300.0  | 0        | 3     |
| 3    | 840.0  | 0        | 3     |
| 4    | 1320.0 | 0        | 2     |
| 5    | 1920.0 | 0        | 2     |
| 6    | 2220.0 | 0        | 3     |
| 7    | 2520.0 | 0        | 3     |
| 8    | 3240.0 | 0        | 3     |

**Public Transport Lines / Public Transport Line Stops Table:**

| Coun | No | Name       | EntryLink  | DestLink | DestPos | EntImOffset | VehType             | Color |
|------|----|------------|------------|----------|---------|-------------|---------------------|-------|
| 1    | 1  | 6: VES_P_1 | 10006      | 5.432    | 0.0     | 300: Bus    | (255, 34, 221, 216) |       |
| 2    | 2  | 1: PIS_L_1 | 3: PIS_L_2 | 62.068   | 0.0     | 300: Bus    | (255, 0, 18, 255)   |       |
| 3    | 3  | 1: PIS_L_1 | 10008      | 6.324    | 0.0     | 300: Bus    | (255, 224, 224, 0)  |       |
| 4    | 4  | 4: PIS_P_1 | 10008      | 5.097    | 0.0     | 300: Bus    | (255, 244, 14, 11)  |       |

Příloha N Fázové schéma a síťový graf sledu fází pro variantu D

Zdroj: Autorka

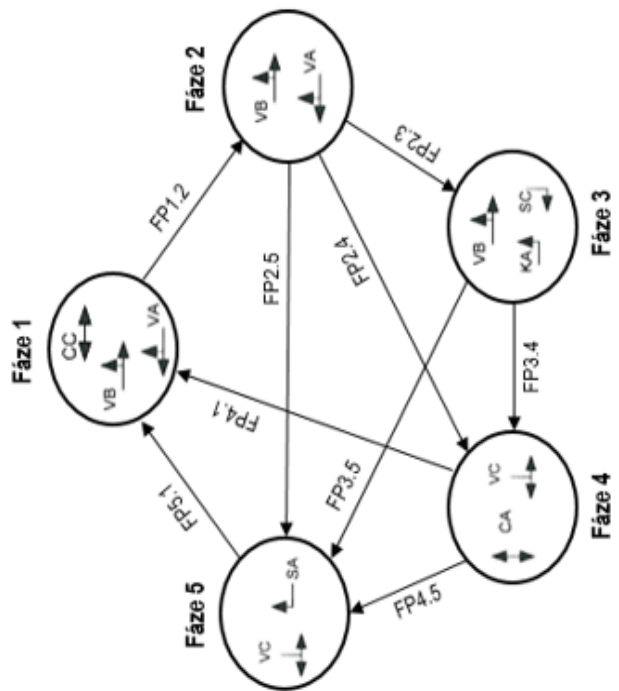
Přřazení signálních skupin k fázím

| Skupina signálů | Fáze   |        |        |        |        |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                 | Fáze 1 | Fáze 2 | Fáze 3 | Fáze 4 | Fáze 5 |
| VA              | 1      | 1      |        |        |        |
| VB              | 1      | 1      | 1      |        |        |
| VC              |        |        | 1      | 1      | 1      |
| KA              |        |        | 1      |        |        |
| SA              |        |        | 1      |        |        |
| SC              |        |        | 1      |        |        |
| CA              |        |        |        | 1      |        |
| CC              | 1      |        |        |        |        |

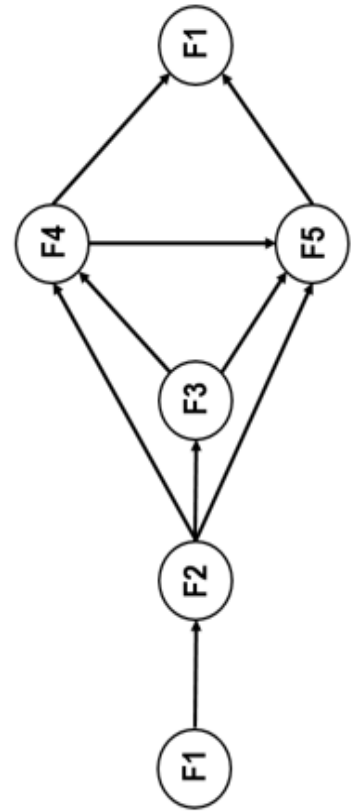
Posloupnost fází

|        | Následující fáze |        |        |        |        |
|--------|------------------|--------|--------|--------|--------|
|        | Fáze 1           | Fáze 2 | Fáze 3 | Fáze 4 | Fáze 5 |
| Fáze 1 |                  | 1      |        |        |        |
| Fáze 2 |                  |        | 1      |        |        |
| Fáze 3 |                  |        |        | 1      |        |
| Fáze 4 |                  |        |        |        | 1      |
| Fáze 5 | 1                |        |        |        |        |

Fázové schéma



Síťový graf sledu fází





**Příloha O Tabulky mezičasů pro variantu současného stavu a navrhovaných variant řešení B, C a D**

*Zdroj: Autorka*

Tabulka mezičasů stávající varianty řešení

|           |    | NAJÍŽDÍ |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------|----|---------|----|----|----|----|----|----|----|
|           |    | VA      | VB | VC | KA | SA | SC | CA | CC |
| VYKLIZUJE | VA |         |    | 11 | 11 |    | 11 | 5  |    |
|           | VB |         |    | 6  |    |    |    | 11 |    |
|           | VC | 5       | 7  |    |    |    |    |    | 5  |
|           | KA | 6       |    |    |    | 6  |    |    | 8  |
|           | SA |         |    |    | 6  |    |    | 5  |    |
|           | SC | 5       |    |    |    |    |    |    | 5  |
|           | CA | 10      | 8  |    |    | 10 |    |    |    |
|           | CC |         |    | 8  | 9  |    | 8  |    |    |

Tabulka mezičasů varianty B

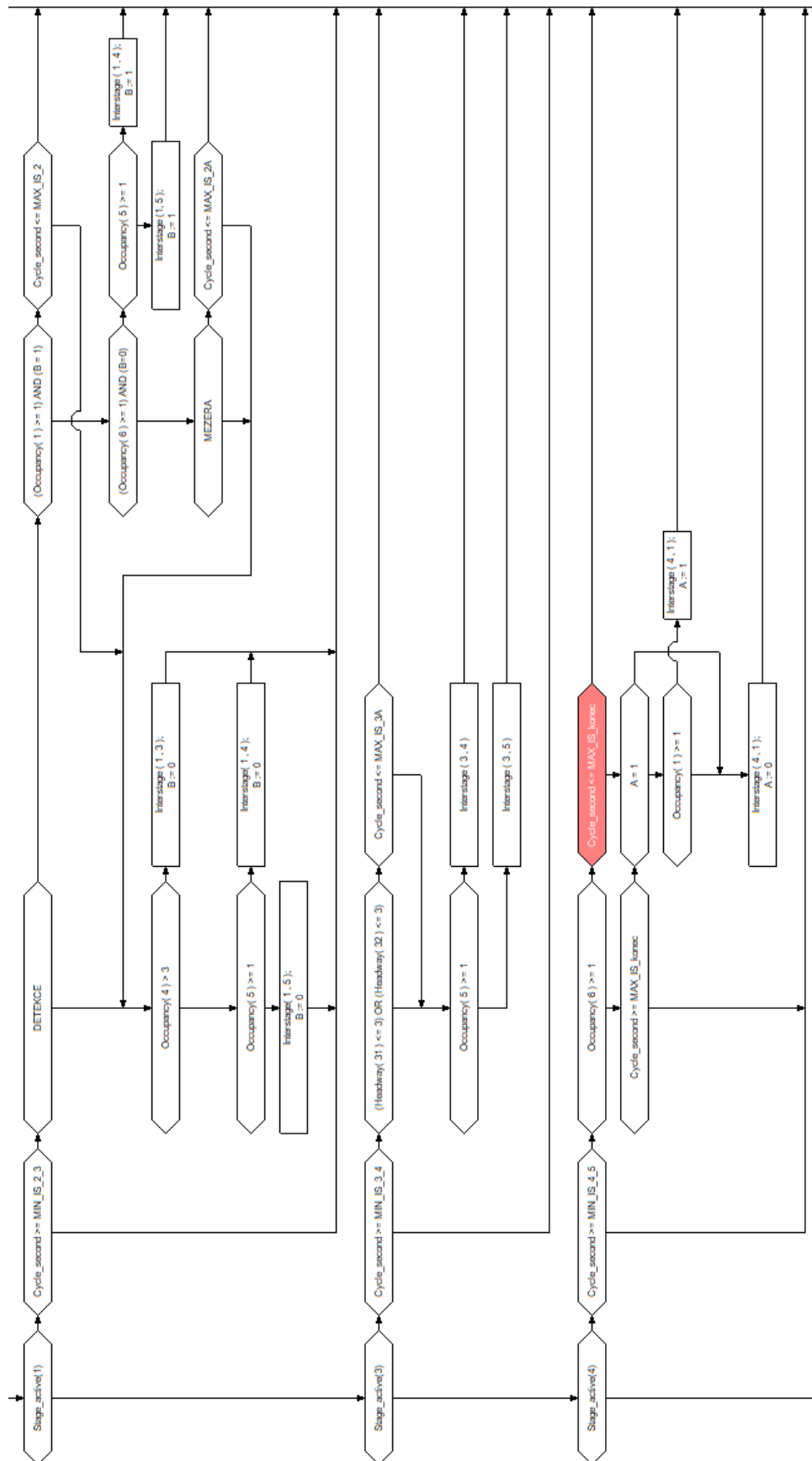
|           |    | NAJÍŽDÍ |    |    |    |    |    |    |
|-----------|----|---------|----|----|----|----|----|----|
|           |    | VA      | VB | VC | KA | SA | SC | CA |
| VYKLIZUJE | VA |         |    | 9  | 11 |    | 9  | 5  |
|           | VB |         |    | 5  |    |    |    | 11 |
|           | VC | 5       | 6  |    |    |    |    |    |
|           | KA | 6       |    |    |    | 6  |    |    |
|           | SA |         |    |    | 6  |    |    | 5  |
|           | SC | 5       |    |    |    |    |    |    |
|           | CA | 10      | 8  |    |    | 10 |    |    |

Tabulka mezičasů varianty C

|           |    | NAJÍŽDÍ |    |    |    |    |    |    |
|-----------|----|---------|----|----|----|----|----|----|
|           |    | VA      | VB | VC | KA | SA | SC | CA |
| VYKLIZUJE | VA |         |    | 9  | 11 |    | 9  | 5  |
|           | VB |         |    | 5  |    |    |    | 11 |
|           | VC | 5       | 6  |    |    |    |    |    |
|           | KA | 6       |    |    |    | 6  |    |    |
|           | SA |         |    |    | 6  |    |    | 5  |
|           | SC | 5       |    |    |    |    |    |    |
|           | CA | 10      | 8  |    |    | 10 |    |    |

Tabulka mezičasů varianty D

|           |    | NAJÍŽDÍ |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------|----|---------|----|----|----|----|----|----|----|
|           |    | VA      | VB | VC | KA | SA | SC | CA | CC |
| VYKLIZUJE | VA |         |    | 10 | 11 |    | 10 | 5  |    |
|           | VB |         |    | 6  |    |    |    | 11 |    |
|           | VC | 6       | 7  |    |    |    |    |    | 5  |
|           | KA | 6       |    |    |    | 6  |    |    | 8  |
|           | SA |         |    |    | 6  |    |    | 5  |    |
|           | SC | 5       |    |    |    |    |    |    | 5  |
|           | CA | 10      | 8  |    |    | 10 |    |    |    |
|           | CC |         |    | 8  | 9  |    | 8  |    |    |



**Příloha S Investiční náklady realizační fáze navrhovaných variant řešení**

*Zdroj: (38), upraveno autorkou*

| <b>INVESTIČNÍ ROZPOČET VARIANTA B</b>                 |                      |                         |           |           |                  |
|---|----------------------|-------------------------|-----------|-----------|------------------|
| <b>POLOŽKA</b>  | <b>m<sup>2</sup></b> | <b>Kč/m<sup>2</sup></b> | <b>ks</b> | <b>Kč</b> | <b>CENA [Kč]</b> |
| <b>Vymazání přechodu/přejezdu</b>                     | 228.00               | 150.00                  |           |           | 34 200.00        |
| <b>Nástřík přechodu/přejezdu</b>                      | 102.00               | 200.00                  |           |           | 20 400.00        |
| <b>Vymazání stopčáry</b>                              | 6.00                 | 150.00                  |           |           | 900.00           |
| <b>Nástřík VDZ Zastávka autobusu, trolejbusu</b>      | 105.00               | 200.00                  | 2.00      |           | 42 000.00        |
| <b>Nástřík stopčáry+další VDZ</b>                     | 22.00                | 200.00                  |           |           | 4 400.00         |
| <b>Demontáž SSZ</b>                                   |                      |                         | 3.00      | 500.00    | 1 500.00         |
| <b>Přesun SDZ</b>                                     | 5.00                 | 200.00                  | 4.00      |           | 4 000.00         |
| <b>Nástupní hrana (bourání vč. osazení)</b>           | 5.00                 | 3 100.00                | 2.00      |           | 31 000.00        |
| <b>SDZ nové</b>                                       |                      |                         | 5.00      | 5 000.00  | 25 000.00        |
| <b>Cyklostezka</b>                                    | 180.00               | 2 500.00                |           |           | 450 000.00       |
| <b>Chodník</b>  | 95.00                | 2 500.00                |           |           | 237 500.00       |
| <b>Doprvení ostrůvek</b>                              | 2.50                 | 2 500.00                |           |           | 6 250.00         |
| <b>Zahrazovací sloupky s patníky set</b>              |                      |                         | 2.00      | 7 200.00  | 14 400.00        |
| <b>Hrana obrubníku</b>                                | 12.00                | 2 500.00                |           |           | 30 000.00        |
| <b>Protismyková úprava vozovky (reflexní nástřík)</b> | 150.00               | 500.00                  |           |           | 75 000.00        |
| <b>Zastávkový přístřešek vč. montáže</b>              |                      |                         | 2.00      | 80 000.00 | 160 000.00       |
| <b>Budování nové komunikace (řadícího pruhu)</b>      | 69.00                | 3 000.00                |           |           | 207 000.00       |
| <b>Suma základní (očištěná)</b>                       |                      |                         |           |           |                  |
|   |                      |                         |           |           | 1 343 550.00     |
| <b>Vedlejší rozpočtové náklady</b>                    |                      |                         |           |           |                  |
|   |                      |                         |           | 0.02      | 26 871.00        |
| <b>DPH</b>  |                      |                         |           |           |                  |
|   |                      |                         |           | 0.21      | 282 145.50       |
| <b>Celková cena vč. DPH</b>                           |                      |                         |           |           |                  |
|   |                      |                         |           |           | 1 652 566.50     |
| <b>Celková cena vč. DPH zaokrouhleno</b>              |                      |                         |           |           |                  |
|   |                      |                         |           |           | 1 652 567.00     |

## INVESTIČNÍ ROZPOČET VARIANTA D

| POLOŽKA                                   | m <sup>2</sup> | Kč/m <sup>2</sup> | ks   | Kč        | CENA [Kč]                |
|---|----------------|-------------------|------|-----------|--------------------------|
| Vymazání přechodu/přejezdu                | 72.00          | 150.00            |      |           | 10 800.00                |
| Nástřík přechodu/přejezdu                 | 72.00          | 200.00            |      |           | 14 400.00                |
| Vymazání stopčáry+další VDZ               | 4.00           | 150.00            |      |           | 600.00                   |
| Nástřík VDZ Zastávka autobusu, trolejbusu | 195.00         | 200.00            |      |           | 39 000.00                |
| Nástřík stopčáry+další VDZ                | 18.00          | 200.00            |      |           | 3 600.00                 |
| Přesun SDZ                                | 3.00           | 200.00            | 5.00 |           | 3 000.00                 |
| Nástupní hrana (bourání vč. osazení)      | 62.00          | 3 100.00          | 2.00 |           | 384 400.00               |
| SDZ nové                                  |                |                   | 8.00 | 5 000.00  | 40 000.00                |
| Cyklostezka                               | 180.00         | 2 500.00          |      |           | 450 000.00               |
| Chodník                                   | 75.00          | 2 500.00          |      |           | 187 500.00               |
| Zahrazovací sloupky s patníky set         |                |                   | 2.00 | 7 200.00  | 14 400.00                |
| Zastávkový přístřešek vč. montáže         |                |                   | 2.00 | 80 000.00 | 160 000.00               |
| Budování řadícího pruhu ul.Veslařské      | 135.00         | 3 000.00          |      |           | 405 000.00               |
| Zrušení zastávky B, D vč. osazení         | 74.00          | 2 800.00          |      |           | 207 200.00               |
| Nová komunikace pro vozidla MHD           | 490.00         | 3 000.00          |      |           | 1 470 000.00             |
| Trolejové vedení vč. sloupů               |                |                   |      |           | 1 417 534.00             |
| <b>Suma základní (očistěná)</b>           |                |                   |      |           | <b>4 807 434.00</b>      |
| <b>Vedlejší rozpočtové náklady</b>        |                |                   |      |           | <b>0.02 96 148.68</b>    |
| <b>DPH</b>                                |                |                   |      |           | <b>0.21 1 009 561.14</b> |
| <b>Celková cena vč. DPH</b>               |                |                   |      |           | <b>5 913 143.82</b>      |
| <b>Celková cena vč. DPH zaokrouhleno</b>  |                |                   |      |           | <b>5 913 144.00</b>      |

| INVESTIČNÍ ROZPOČET VARIANTA C                 |                |                   |       |             |                     |
|--|----------------|-------------------|-------|-------------|---------------------|
| POLOŽKA  | m <sup>2</sup> | Kč/m <sup>2</sup> | ks    | Kč          | CENA [Kč]           |
| Vymazání přechodu/přejezdu                     | 228.00         | 150.00            |       |             | 34 200.00           |
| Nástřík přechodu/přejezdu                      | 134.00         | 200.00            |       |             | 26 800.00           |
| Vymazání stopčáry+další VDZ                    | 6.00           | 150.00            |       |             | 900.00              |
| Nástřík VDZ Zastávka autobusu, trolejbusu      | 195.00         | 200.00            |       |             | 39 000.00           |
| Nástřík stopčáry+další VDZ                     | 30.00          | 200.00            |       |             | 6 000.00            |
| Demontáž SSZ                                   |                |                   | 3.00  | 500.00      | 1 500.00            |
| Přesun SDZ                                     | 5.00           | 200.00            | 5.00  |             | 5 000.00            |
| Nástupní hrana (bourání vč. osazení)           | 62.00          | 3 100.00          | 2.00  |             | 384 400.00          |
| SDZ nové                                       |                |                   | 12.00 | 5 000.00    | 60 000.00           |
| Cyklostezka                                    | 365.00         | 2 500.00          |       |             | 912 500.00          |
| Chodník  | 170.00         | 2 500.00          |       |             | 425 000.00          |
| Dopravní ostrůvek                              | 2.50           | 2 500.00          |       |             | 6 250.00            |
| Zahrazovací sloupky s patníky set              |                |                   | 2.00  | 7 200.00    | 14 400.00           |
| Hrana obrubníku                                | 12.00          | 2 500.00          |       |             | 30 000.00           |
| Protismyková úprava vozovky (reflexní nástřík) | 150.00         | 500.00            |       |             | 75 000.00           |
| Zastávkový přístřešek vč. montáž               |                |                   | 2.00  | 80 000.00   | 160 000.00          |
| Budování řadícího pruhu ul.Veslařské           | 135.00         | 3 000.00          |       |             | 405 000.00          |
| Zrušení zastávky B, D vč. osazení              | 74.00          | 2 800.00          |       |             | 207 200.00          |
| Nová komunikace pro vozidla MHD                | 490.00         | 3 000.00          |       |             | 1 470 000.00        |
| Trolejové vedení vč. sloupů                    |                |                   |       |             | 1 417 534.00        |
| <b>Suma základní (očištěná)</b>                |                |                   |       |             | <b>5 680 684.00</b> |
| <b>Vedlejší rozpočtové náklady</b>             |                |                   |       | <b>0.02</b> | <b>113 613.68</b>   |
| <b>DPH</b>                                     |                |                   |       | <b>0.21</b> | <b>1 192 943.64</b> |
| <b>Celková cena vč. DPH</b>                    |                |                   |       |             | <b>6 987 241.32</b> |
| <b>Celková cena vč. DPH zaokrouhleno</b>       |                |                   |       |             | <b>6 987 242.00</b> |