



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

INSTITUTE OF ROAD STRUCTURES

MIKROSIMULAČNÍ MODEL DOPRAVNÍHO UZLU MALÁ AMERIKA

MICROSCOPIC SIMULATION OF THE JUNCTION MALÁ AMERIKA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michal Horák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARTIN VŠETEČKA, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav pozemních komunikací

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Michal Horák
Název	Mikrosimulační model dopravního uzlu Malá Amerika
Vedoucí práce	Ing. Martin Všetečka, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

* Územní studie a další projektové dokumentace k řešení lokalitě v souvislosti s projektem Železniční uzel Brno

* Manuály SW Aimsun

* Mapy

* ČSN 73 6110

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pomocí mikrosimulace dopravního proudu posuďte různé varianty blízkých křižovatek ulic Husovy, Nádražní, Uhelné, Úzké, Nové Sady a Hybešova navržené v různých studiích souvisejících s modernizací železničního uzlu Brno. Zohledněte automobilovou, veřejnou hromadnou, cyklistickou a pěší dopravu. Použijte SW Aimsun. Výstupem práce bude doporučení, jaké uspořádání uzlu Malá Amerika je vhodné k dalšímu sledování.

Požadované přílohy (příp. kapitoly textové části):

* Schémata organizace dopravy

* Signální plány jednotlivých křižovatek

* Zpráva o kalibraci a validaci modelu

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Martin Všetěčka, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá modelováním dopravního proudu ve více navržených variantách uspořádání dopravní sítě. Varianty jsou vymodelovány pomocí programu Aimsun. Data současného provozu byla získána pozorováním v terénu. Ve vytvořených modelech je simulován dopravní proud stávajících i výhledových intenzit dopravy. Na základě výstupů simulovaného provozu jsou varianty vyhodnoceny. Navržené varianty jsou porovnány a je z nich vybráno nejvhodnější uspořádání.

KLÍČOVÁ SLOVA

Mikrosimulace, Aimsun, modelování, Brno, kalibrace, validace, výsledek simulace

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the modeling of traffic flow in several variants of the transport network. Variants are modeled in Aimsun. Current status data was obtained by field observation. In the created models, the traffic flow of both current and future traffic intensities is simulated. Based on the outputs of the simulated operation, the variants are assessed. The proposed variants are compared and the most suitable arrangement chosen.

KEYWORDS

Microsimulation, Aimsun, modeling, Brno, calibration, validation, simulation result

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Michal Horák *Mikrosimulační model dopravního uzlu Malá Amerika*. Brno, 2019. 34 s., 9 s. příl.

Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací.

Vedoucí práce Ing. Martin Všetěčka, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Mikrosimulační model dopravního uzlu Malá Amerika* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24. 5. 2019

Michal Horák

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Mikrosimulační model dopravního uzlu Malá Amerika* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2019

Michal Horák

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu práce panu Ing. Martinu Všetečkovi, Ph.D. za poskytnuté materiály, přínosné rady a postřehy pro zpracování práce. Dále bych chtěl poděkovat také rodině a blízkým za podporu během celého studia.

OBSAH

ÚVOD	9
1. ŘEŠENÉ ÚZEMÍ	10
1.1 POPIS LOKALITY	10
1.2 NÁDRAŽNÍ.....	11
1.3 HUSOVA.....	12
1.4 HYBEŠOVA.....	12
1.5 NOVÉ SADY.....	12
1.6 ÚZKÁ	13
1.7 UHELNÁ.....	14
2. DOPRAVNÍ PRŮZKUM.....	15
2.1 INTENZITY DOPRAVY SOUČASNÉHO STAVU	15
2.2 LINKY MĚSTSKÉ HROMADNÉ DOPRAVY	16
2.3 SIGNÁLNÍ PLÁNY	17
3. MODEL SOUČASNÉHO STAVU	18
3.1 MODELOVÁNÍ DOPRAVNÍ SÍTĚ.....	18
3.2 SIMULACE DOPRAVNÍHO PROUDU.....	19
3.3 KALIBRACE	19
3.4 VALIDACE	21
4. NOVĚ NAVRHOVANÝ STAV	24
4.1 VÝHLEDOVÉ INTENZITY DOPRAVY	24
4.2 VARIANTA 1	25
4.3 VARIANTA 2.....	26
4.4 VARIANTA 3.....	27
5. ZHODNOCENÍ VARIANT	28
5.1 VARIANTA 1	29
5.2 VARIANTA 2.....	29
5.3 VARIANTA 3.....	29
ZÁVĚR.....	30
PŘÍLOHY	31
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	40
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	41
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	42
SEZNAM TABULEK	43

ÚVOD

Bakalářská práce je zaměřena na hledání vhodného dopravního uspořádání dopravní sítě kolem Malé Ameriky v centru města Brna. V nově navrhovaných variantách uspořádání je počítáno s přesunem železniční stanice Brno hlavní nádraží ze současné polohy do nynější polohy stanice Brno dolní nádraží. Tím je na navrhované varianty kladena podmínka propojit stávající tramvajovou síť s novou polohou hlavního nádraží.

Ze skutečného provozu v reálném prostředí by měly být zaznamenány poznatky o fungování dopravního systému, které budou následně importovány do modelového prostředí simulačního programu Aimsun. Dále zde budou vytvořeny a posouzeny různé alternativy geometrického uspořádání a řízení dopravní sítě.

Cílem práce je za pomoci simulace dopravního proudu posoudit navrhované varianty a vybrat nejvhodnější možnost uspořádání prostoru kolem Malé Ameriky, které by bylo vhodné dále věnovat pozornost při podrobnějším zkoumání.

1. ŘEŠENÉ ÚZEMÍ

Ve své práci se zabývám řešením dopravního uspořádání v oblasti kolem Malé Ameriky. Jedná se o část města Brna jižně od historického centra. V těsné blízkosti řešeného úseku se nachází hlavní vlakové nádraží. Výhledově je v této práci počítáno s přesunem hlavního vlakového nádraží do současné polohy stanice Brno dolní nádraží. S tím souvisí dostupnost přesunutého nádraží z centra města. Propojení stávajících tratí tramvajových linek s novou polohou nádraží je plánováno také v oblasti Malé Ameriky a bude s tím v nově navrhovaných variantách počítáno.



Obrázek 1.1: Situace širších vztahů [2]

1.1 Popis lokality

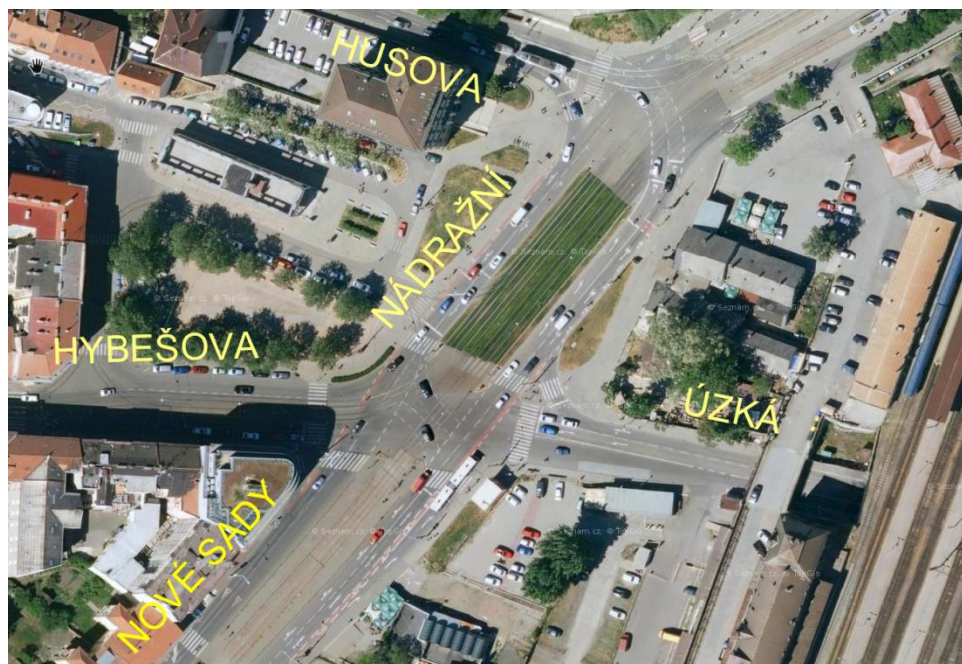
Do řešené oblasti spadají křižovatky ulic Nádražní, Husova, Hybešova, Nové Sady, Úzká a Uhelná. Na těchto ulicích se nacházejí tři úrovně křižení pozemních komunikací řízená světelným signalizačním zařízením. Ve zkoumaném území se nachází také zastávky městské hromadné dopravy. Jedná se o zastávky Soukenická v ulici Nové Sady a zastávka Nové sady v ulici Nádražní.

1.2 Nádražní

Řešená část ulice Nádražní se dá rozdělit na dvě sekce, které od sebe navzájem odděluje křížení s ulicí Husovou.

První část je od křížení s ulicí Husovou směrem k hlavnímu nádraží a nachází se na ní pozemní komunikace o dvou jízdních pásích s jedním pruhem v každém směru. Na vjezdech a výjezdech do křižovatky se nachází přechod pro chodce řízený světelnou signalizací. Přechod pro chodce je rozdělen na dvě části, jelikož se mezi jízdními pásy nachází vedení tramvajových tratí a celková vzdálenost vnějších hran jízdních pásů je 30 metrů. V prostoru před křižovatkou se nachází zastávky městské hromadné dopravy tramvajových linek 1, 2, 8, 10, 12 a P6, přechod je tedy pěšími hojně využíván. Zastávky mají nástupiště délky 65 metrů a na obou koncích se nachází přechod pro chodce. V následující části směrem k vlakové stanici v Nádražní ulici je kolejovým vozidlům umožněno přejíždět mezi jednotlivými tramvajovými pásy prostřednictvím výhybek a jízdní pásy pro vozidla se nacházejí na vnějších okrajích tramvajových pásů.

Zbylá část řešené Nádražní ulice je od křížení s ulicí Husovou směrem do ulice Nové Sady a je ukončena křížením s ulicemi Hybešova, Úzká a Nové Sady. V této části se nachází pozemní komunikace o jednom jízdním pásu se dvěma jízdními pruhy v každém směru pro silniční vozidla a jedním pruhem pro cyklisty v každém směru. Ve střední části pokračují koleje tramvajových tratí.



Obrázek 1.2: Řešená lokalita [2]

1.3 Husova

Komunikace z ulice Husovy končí v křížení s ulicí Nádražní a skládá se z částí vyhrazených pro kolejová vozidla, částí pro silniční vozidla a z částí se smíšeným provozem. Sestává z jednoho pásu o dvou jízdnicích pružích v každém směru. Vnější jízdnicí pruhy jsou vyhrazeny pro silniční vozidla. Vnitřní jízdnicí pruhy jsou v délce 115 metrů od hranice křižovatky s komunikací na ulici Nádražní určeny pro smíšený provoz kolejových a silničních vozidel. Dále jsou tramvajové pásy vyhrazeny výhradně pro kolejová vozidla. Na konci komunikace před křížením se nachází přechod pro chodce řízený pomocí SSZ. Vnější jízdnicí pruh pro silniční vozidla na výjezdu z ulice Husovy umožňuje vozidlům pouze odbočení vpravo a je zakřiven doprava, čímž rozděluje přechod pro chodce na dvě části o délkách 14 metrů a 5 metrů, mezi nimiž je ostrůvek pro chodce. Kolejová trať umožňuje jízdu pouze z ulice Husovy vlevo do ulice Nádražní směrem k hlavnímu vlakovému nádraží a zpět.

1.4 Hybešova

Na ulici Hybešova se nachází komunikace složená z jízdnicího pásu o jednom pruhu na obou stranách komunikace. Jízdnicí pásy jsou umístěny na vnějších stranách komunikace. Jízdnicí pás na výjezdu z ulice je navíc rozšířen o odbočovací pruh délky 70 metrů. Ve střední části ulice se dále nachází jeden tramvajový pás v každém směru. Tramvajová trať umožňuje vozidlům výjezd z ulice Hybešova vlevo do ulice Nádražní směrem k hlavnímu nádraží a zpět. Výjezd vozidel z ulice do křížení s komunikacemi Nové Sady, Nádražní a Úzká je řízen pomocí SSZ. Přes komunikaci se na konci ulice nachází přechod pro chodce rovněž řízený prostřednictvím SSZ. Na výjezdu z ulice se nachází také krátký odbočovací pruh pro odbočení vpravo, který je ošetřen pouze značkou přednosti v jízdě a není řízen semaforem. Přes tento jízdnicí pruh se nachází přechod pro chodce bez řízení signalizačním zařízením.

1.5 Nové Sady

Na ulici Nové Sady se nachází komunikace s jedním jízdnicím pásem o dvou pružích pro silniční vozidla a jedním pruhem pro cyklisty v obou směrech. Jízdnicí pás na výjezdu z ulice směrem do křížení s komunikacemi Hybešova, Úzká a Nádražní je v délce 50 metrů rozšířen o odbočovací pruh pro možnost odbočení vpravo do ulice Úzká. Ve střední části komunikace se dále nachází jeden jízdnicí pruh kolejové dráhy v obou směrech. Tramvajová trať umožňuje vozidlům pokračování pouze rovně ve směru do ulice Nádražní a z ní zpět. Před křižovatkou se dále nachází zastávka městské hromadné dopravy Soukenická s nástupištěm délky 60 metrů. Na

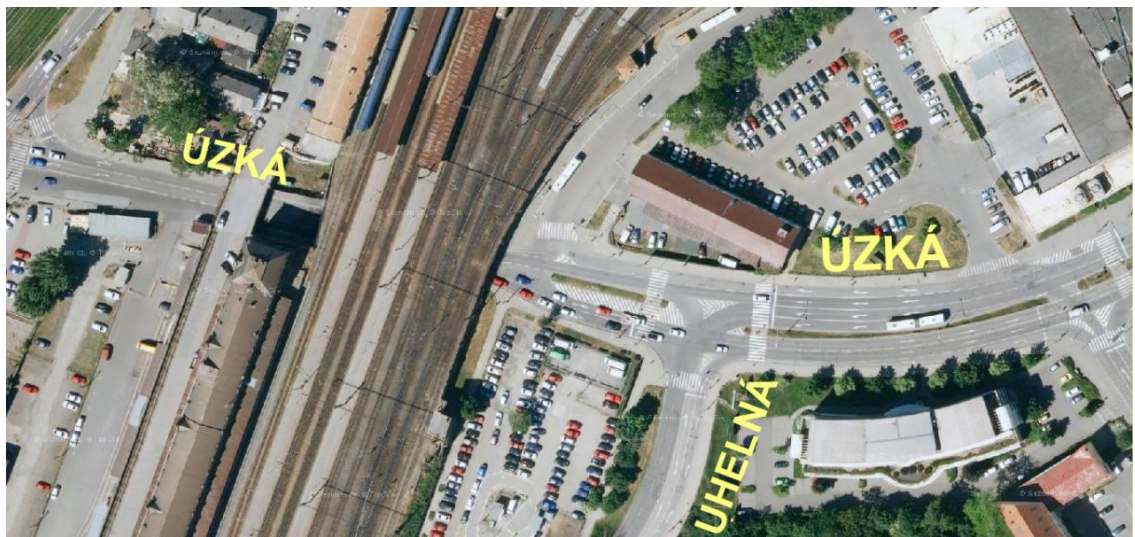
obou koncích nástupiště se nachází přechody pro chodce. Přechod pro chodce blíže ulici Nádražní je řízen pomocí signálního plánu SSZ.

1.6 Úzká

Ulici Úzkou můžeme ve zkoumaném území rozdělit na dva úseky. První úsek je od křížení s ulicemi Nádražní, Hybešova a Nové Sady po křížení s ulicí Uhelnou. Druhý úsek je od křížení s ulicí Uhelnou směrem k ulici Dornych a obchodnímu centru Vaňkovka.

V první části se nachází komunikace se dvěma jízdniemi pruhy ve směru od ulice Uhelné. Na výjezdu z ulice je také odbočovací jízdni pruh pro odbočení vpravo do ulice Nádražní. Komunikace vede ve stísněných poměrech pod stávající kolejovou tratí a k rozšíření jízdniho pásu ve směru k ulici Uhelná dochází až ve vzdálenosti 55 metrů od křížení komunikací. Toto křížení je řízeno prostřednictvím SSZ. Na obou koncích komunikace se nachází přechody pro chodce.

Ve druhé části se nachází v každém směru jeden jízdni pás o dvou jízdniích pruzích. Na vjezdu do křížení s ulicí Uhelnou je jízdni pás rozšířen o dva odbočovací pruhy. Jeden odbočovací pruh je přidán pro možnost odbočení pouze vpravo na přilehlé parkoviště u Obchodního domu Tesco. Druhý přidáný odbočovací pruh navíc umožňuje odbočení vlevo do ulice Uhelné. Jeden jízdni pruh je průběžný pro jízdu rovně ve směru Hybešova a celkem dva jízdni pruhy jsou pro odbočení vlevo do ulice Uhelná.



Obrázek 1.3: Ulice Uhelná a Úzká [2]

1.7 Uhelná

Komunikace na ulici Uhelná je z větší části tvořena jízdním pásem o jednom jízdním pruhu v každém směru. Ve sledovaném území blíž křížení s komunikací na ulici Úzká dochází k jejímu rozšíření na dva jízdni pruhy a komunikace je zakončena přechodem pro chodce.

2. DOPRAVNÍ PRŮZKUM

Dopravní průzkum byl proveden pozorováním přímo na místě. Z měření byl pořízen také hodinový videozáznam průběhu dopravy pro případ pozdějšího využití při kalibraci a validaci vytvořeného modelu.

2.1 Intenzity dopravy současného stavu

Intenzity dopravy byly sledovány a zaznamenávány u jednotlivých komunikací, aby mohly být použity jako vstupní data pro simulaci provozu v modelovaném prostředí dopravní sítě kolem Malé Ameriky. Za sledované období byl zvolen hodinový úsek od 7:30 do 8:30 v běžný pracovní den. Při pozorování plynulosti dopravy bylo usouzeno, že cyklistická doprava zásadním způsobem neovlivňuje dopravu automobilovou. Počty cyklistů projíždějících křižovatkou jsou také mnohem nižší, než počty projíždějících vozidel a nejsou zde speciální signály SSZ určené cyklistům. Cyklistické dopravě tedy není v práci vyhrazena speciální pozornost. Dalším sledovaným aspektem byl počet pěších využívajících jednotlivé přechody pro chodce. Průzkum byl zaměřen pouze na přechody pro chodce nacházející se v těsné blízkosti křižovatek řízených SSZ. Bylo zjištěno, že největší počet chodců využívá přechod pro chodce přes ulici Nádražní, jelikož se zde nachází zastávka městské hromadné dopravy Nové Sady, na které zastavuje šest tramvajových linek. Jelikož se jedná o rozsáhlejší dopravní síť, kterou se nepodařilo pokrýt v celém rozsahu ve stejný okamžik, muselo být měření rozděleno do dvou dnů. První den byla sledována oblast ulic Nádražní, Husova, Hybešova, Nové Sady a Úzká. Měření bylo opakováno druhý den ve stejném čase, kdy byly objektem průzkumu ulice Uhelná a Úzká. Počty vozidel jedoucích z ulice Úzké a Uhelné směrem do řešeného území se v různých dnech měření lišily o 8 vozidel. Počty vozidel vyjíždějících z ulice Úzké směrem do ulice Uhelné a směrem k obchodnímu centru Vaňkovka se lišily o 25 vozidel. Pro další práci s těmito intenzitami byly použity hodnoty průměrné.

Tabulka 2.1: Matice přepravních vztahů IAD

	Nádražní	Husova	Hybešova	Nové Sady	Úzká	Uhelná	Total
Nádražní	0	50	79	141	30	7	307
Husova	64	0	38	252	101	28	483
Hybešova	146	50	0	76	221	35	528
Nové Sady	242	266	53	0	99	11	671
Úzká	22	49	80	24	0	327	502
Uhelná	12	35	24	14	498	0	583
Total	486	450	274	507	949	408	3074

V příložené tabulce jsou zaznamenány počty vozidel vyjíždějících z jednotlivých ulic. Zaznamenané intenzity tvoří matici přepravních vztahů, která byla následně použita pro simulování dopravního proudu v programu Aimsun.

2.2 Linky městské hromadné dopravy

Podle zastávek v přilehlém okolí bylo určeno, které linky městské hromadné dopravy projíždějí řešeným územím. Jedná se o tramvajové linky 1, 2, P6, 8, 10, 12 a autobusy číslo 40, 61, 48, 50, 63 a 82. U linky P6 se jedná pouze o linku výlukovou, která by měla na stávající trase jezdit jen do konce prosince 2019, proto s ní dále nebude počítáno. Na internetových stránkách byly vyhledány intervaly odjezdů spojů ze zastávek a podle jízdního řádu určeno, kolik vozidel hromadné dopravy projede územím ve sledovaném období od 7:30 do 8:30. Pro potřeby správného převedení linkových spojů do modelovaného prostředí byl u počtu vozidel poznamenán také jejich typ a rozměry. Během průzkumu v terénu byly v ulici Nádražní zaznamenány kromě autobusů městské hromadné dopravy také průjezdy dálkových linkových autobusů. Byly poznamenány jejich trasy a počty. Následně byly přičteny k počtu autobusů městské hromadné dopravy o podobných rozměrech. Z určeného množství autobusů a jejich tras byly vytvořeny následující matice přepravních vztahů. [3] [5]

Tabulka 2.2: Matice přepravních vztahů, autobusy 17,6m

	Nádražní	Husova	Hybešova	Nové Sady	Úzká	Uhelná	Total
Nádražní	0	0	1	2	6	0	9
Husova	0	0	0	0	2	0	2
Hybešova	0	0	0	0	1	0	1
Nové Sady	1	0	1	0	1	0	3
Úzká	2	0	0	0	0	8	10
Uhelná	8	0	0	0	8	0	16
Total	11	0	2	2	18	8	41

Tabulka 2.3: Matice přepravních vztahů, autobusy 12m

	Nádražní	Nové Sady	Úzká	Total
Nádražní	0	11	8	19
Nové Sady	9	0	0	9
Úzká	10	0	0	10
Total	19	11	8	38

2.3 Signální plány

Signální plány pro řízení dopravy na křižovatkách se světelným signalizačním zařízením byly vytvořeny podle pozorování přímo na místě. Z pořízeného videozáznamu celkové situace nebylo možné přesně určit délku trvání jednotlivých signálů, jelikož je u řidičů vozidel předpokládána rozdílná reakční doba a také předpoklad, že ne všichni řidiči budou signály striktně respektovat. Proto byly pro kontrolu pořízeny u všech semaforů další videozáznamy signalizačních zařízení s délkou trvání jednotlivých signálů. Vytvořené signální plány křižovatek včetně schémat křížení se nachází v příloze dokumentu.



Obrázek 2.1: Snímek z dopravního průzkumu, křižovatky ulic Uhelná a Úzká

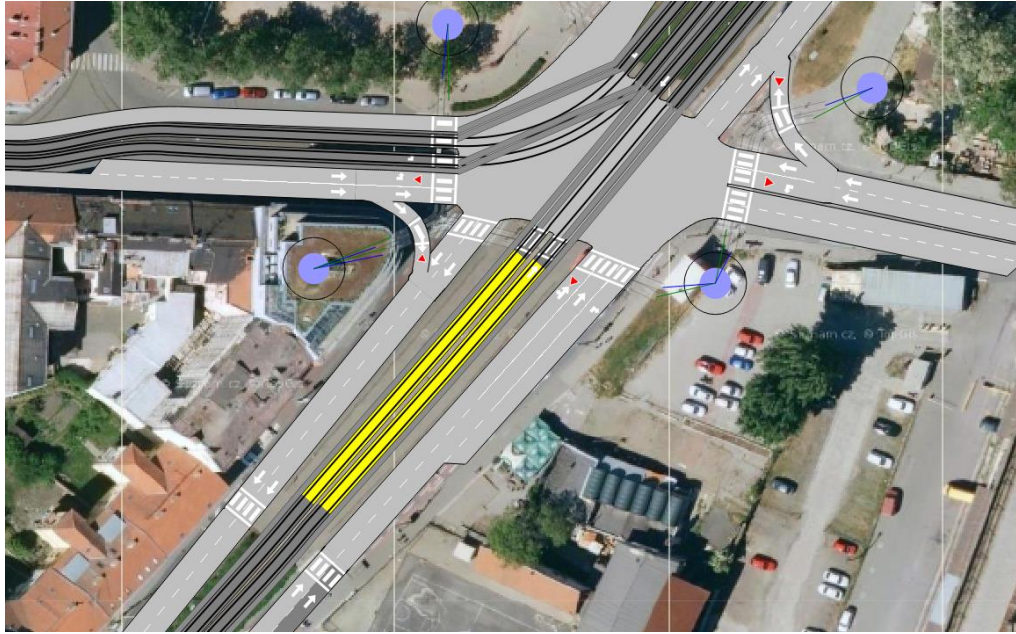
3. MODEL SOUČASNÉHO STAVU

V prostředí programu Aimsun byl vytvořen model současného dopravního uspořádání kolem Malé Ameriky se snahou věrohodného napodobení všech aspektů reálného stavu. Nejdříve došlo k vytvoření dopravní sítě se stejnou geometrií jako je ve skutečnosti. Poté byly nastaveny další parametry modelu. Bylo potřeba vytvořit signální plány pro křižovatky řízené pomocí SSZ, dále upravit přednosti v jízdě, chování řidičů a další parametry, aby bylo docíleno správného napodobení provozu jako v reálném prostředí.

3.1 Modelování dopravní sítě

Pro tvorbu modelu bylo využito možnosti vkládání obrázku ortofotomapy jako podkladu. Na internetu byl pořízen snímek řešeného území, který byl následně pomocí programu Auto CAD upraven do správného měřítka. Upravený snímek byl vložen do programu Aimsunu tak, aby měřítko mapy odpovídalo reálnému prostředí. [2]

Poté došlo k tvorbě dopravního uspořádání. Komunikace byly tvořeny prostřednictvím příkazu „section“, který vytvoří jízdní pás, dále se u něj může nastavit potřebný počet jízdních pruhů, upravit jejich šířku a druh převáděné dopravy. U tramvajových tratí bez smíšeného provozu byla nastavena možnost dopravy výhradně pro vozidla veřejné dopravy. Jízdní pruhy vyhrazené pro hromadnou dopravu jsou v modelu pro větší přehlednost zvýrazněny tmavší barvou, kdežto komunikace určené pro chodce jsou zase průhlednější, aby tolik nevyčnívaly a nerušily uživatele. Křížení komunikací bylo vytvořeno prostřednictvím příkazu „node“. Při označení komunikací a použití příkazu „node“ mezi nimi vznikne křižovatka s automaticky přednastavenými očekávanými možnostmi pro odbočování z jednotlivých komunikací, nejsou zde však vytvořeny všechny alternativy. Možnosti odbočování a přejíždění z komunikací do komunikací bylo tedy potřeba překontrolovat a doplnit o chybějící možnosti oproti reálné dopravní síti. Podle podkladu byly na určených místech vytvořeny také přechody pro chodce prostřednictvím příkazu „pedestrian crossing“, přes které vedou komunikace určené pro pohyb pěších.



Obrázek 3.1: Ukázka z programu Aimsun se zastávkou a centroidy

3.2 Simulace dopravního proudu

Aby mohly být do modelu zadány počty vozidel vjíždějících a vyjíždějících z jednotlivých komunikací, musí do modelu být vloženy centroidy. Tyto centroidy byly připojeny ke komunikacím, do kterých generují nebo z nich absorbují dopravní zatížení. Zadání dopravního proudu do vzniklého modelu je možné více způsoby. IAD byla do modelu vložena prostřednictvím matice přepravních vztahů mezi jednotlivými centroidy (Tabulka 3.1). Stejně bylo zadáno také množství chodců využívajících jednotlivé přechody pro chodce. Počet tramvajových souprav, které mají modelem jezdit, byl určen prostřednictvím nadefinování tramvajových linek s předurčeným jízdním řádem. Jízdní řády linek byly vytvořeny na základě stávajících jízdních řádů. K autobusům městské hromadné dopravy byly připočítány také dálkové autobusy a jejich množství bylo zadáno prostřednictvím matic přepravních vztahů, kdy se rozlišovalo mezi autobusy délky 12 metrů a autobusy delšími. [3]

Jelikož se mezi předdefinovanými typy vozidel nenachází tramvajové soupravy, ani delší autobusy městské hromadné dopravy, musely pro ně být vytvořeny nové kategorie. Rozměry vozidel byly převzaty ze stránek Dopravního podniku města Brna.[3]

3.3 Kalibrace

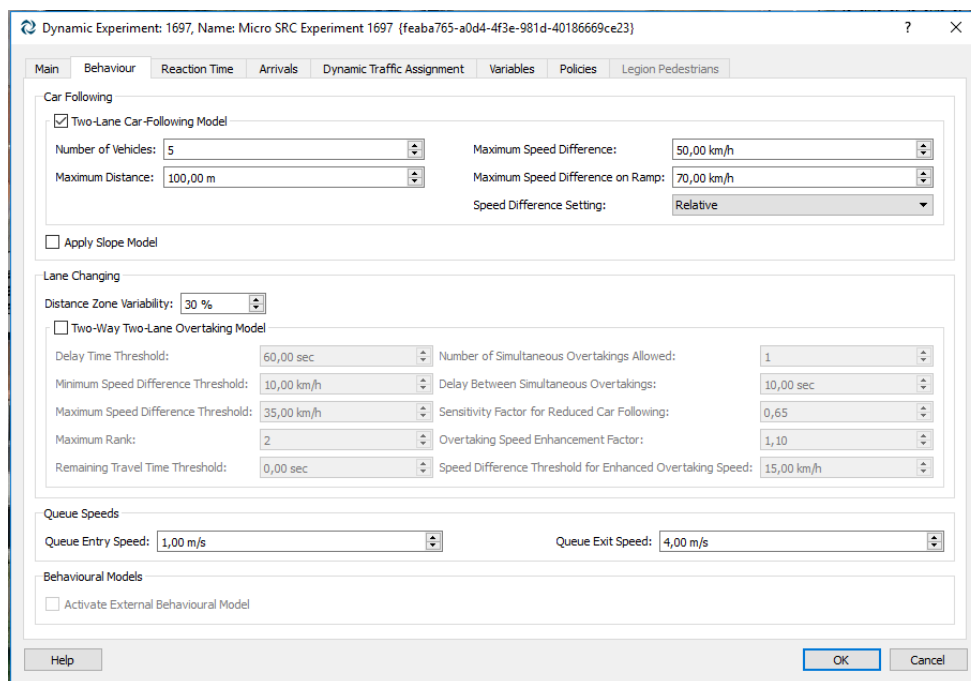
Vytvoření modelu je následováno laděním jeho fungování. Snažíme se docílit co největší podobnosti mezi simulovaným experimentem a reálným dopravním proudem. To se provádí prostřednictvím kalibrace. Jedná se o složitý a časově do jisté míry náročný proces, který je

ovšem nezbytný pro získání věrohodných výsledků z prováděných simulací. Při kalibraci je potřeba postupovat od nejobecnějších prvků, ovlivňujících model jako celek, až po kritéria ovlivňující jednotlivé prvky dopravní sítě. [1]

Ve vymodelovaném prostředí byla spuštěna simulace dopravy a bylo sledováno chování modelu. Po delším pozorování bylo usouzeno, že vozidla v simulovaném prostředí nejezdí stejně, jako v pořízeném videozáznamu. Bylo tedy potřeba přistoupit ke kalibraci modelu. Postupovalo se od obecnějších parametrů jako správnosti vytvořené dopravní sítě. Například bylo zpozorováno, že vozidla v modelu stojící v koloně před světelně řízenou křižovatkou mění jízdní pruh v těsné blízkosti křižovatky. Proto byly jízdní pruhy opraveny, aby se před křižovatkami mezi jízdními pruhy umístily plné čáry vodorovného dopravního značení, které vozidlům znemožňují přejíždět mezi jízdními pruhy těsně před křižovatkou a nutí je vybírat správný jízdní pruh dříve. Délky plných čar byly určeny z podkladové ortofotomapy. Dále se ověřovaly odpovídající počty jízdních pruhů a délky odbočovacích pruhů na jednotlivých komunikacích. Velká pozornost byla věnována signálním plánům. V řešené oblasti se nachází tři křižovatky řízené SSZ, které nebylo možné nahrát ve stejném okamžiku na jeden videozáznam. Proto bylo nutné věnovat čas kontrole správnosti vytvořených signálních plánů a jejich sladění přímo na místě. Po vytvoření a kontrole signálních plánů křižovatek se přistoupilo k úpravě dílčích částí modelu.

Postupně byly upravovány parametry modelu, aby simulace provozu přiblížila reálnému stavu. Mezera mezi vozidly byla změněna, aby se pohybovala od 0,3 metru do 1,2 metru s nejčastější hodnotou 0,6 metru. Reakční dobu řidiče byla nastavena na 1,2 sekundy pro případ světelně řízené křižovatky a byla ponechána se stejnou hodnotou pro všechny druhy vozidel.

Dalším upravovaným parametrem byl model chování řidičů. Největší shody ve sledovaném úseku bylo dosaženo při nastavení modelu car following na počet vozidel šest a rychlosti při vstupu do kolony 2m/s a 6m/s při opouštění kolony. Ovšem při tomto nastavení došlo k odchýlení simulace od reálného stavu ve více částech modelu. Za nejlépe odpovídající nastavení parametrů byl zvolen model chování car following s počtem vozidel pět a rychlostí na vstupu do kolony 1 m/s a na výstupu 4 m/s. Poté již chování vozidel v modelu odpovídalo pořízenému videozáznamu s větší přesností a od kalibrace se přistoupilo k validaci modelu.



Obrázek 3.2: Kalibrace modelu

3.4 Validace

Po provedení kalibrace je potřeba zjistit, zda provedené úpravy parametrů modelu a simulace neměly negativní vliv na fungování modelu a simulování dopravního proudu. Tato kontrola se provádí prostřednictvím validace, kdy dochází ke srovnání stávajícího reálného provozu s výstupy reálného provozu simulovaného v modelovém prostředí. Za první předmět validace byl zvolen počet vozidel stojících v koloně v jízdnicích pásech v ulici Nádražní směrem do ulice Nové Sady a směrem k hlavnímu vlakovému nádraží ve chvíli, kdy se na SSZ objeví signál volno.



Obrázek 3.3: Sledovaný úsek pro validaci modelu

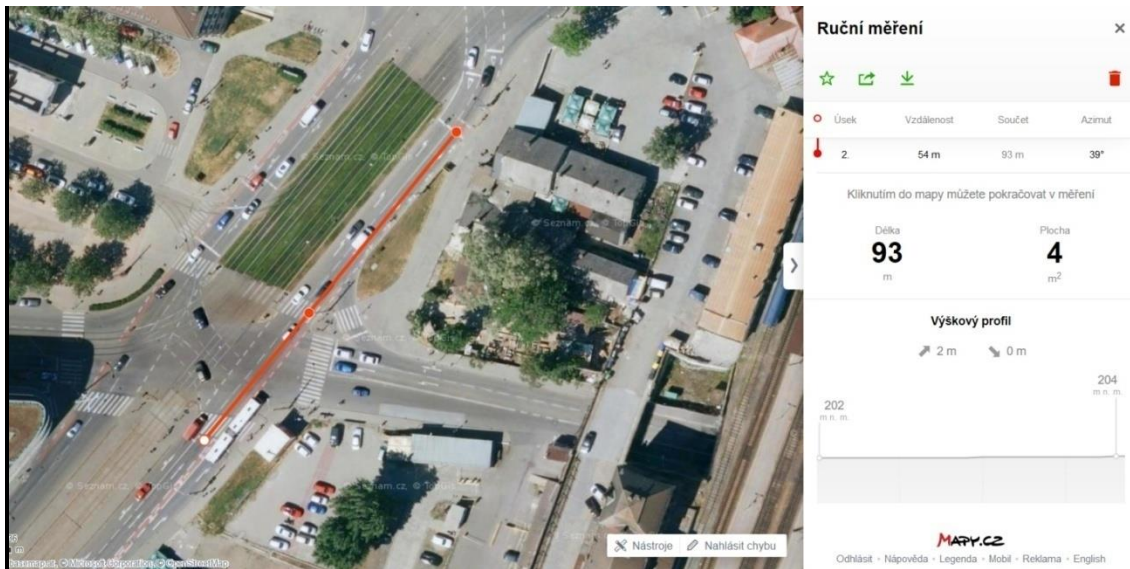
V následující tabulce je vidět srovnání počtu osobních vozidel určených z pořízeného videozáznamu reálného provozu ve srovnání se simulovaný dopravním proudem v modelovém prostředí. Díky danému nastavení modelu bylo dosaženo u sledovaného parametru shody 94,71% a 91,77%.

Tabulka 3.2: Počty osobních vozidel v koloně na začátku signálu volno

směr Nové Sady		směr Nádražní		
skutečnost	model	skutečnost	model	
11	5	2	3	
9	7	2	9	
4	11	13	11	
9	11	8	3	
9	9	8	3	
7	14	7	4	
7	4	13	12	
8	12	4	8	
7	8	6	6	
6	8	9	14	
6	5	12	1	
11	8	7	12	
9	2	7	7	
14	10	5	13	
15	9	11	9	
9	7	4	13	
12	12	5	12	
8	13	8	0	
12	7	10	5	
11	9	2	7	
5	8	2	6	
průměr	9,00	8,52	6,90	7,52
součet	189	179	145	158
spolehlivost	94,71%		91,77%	

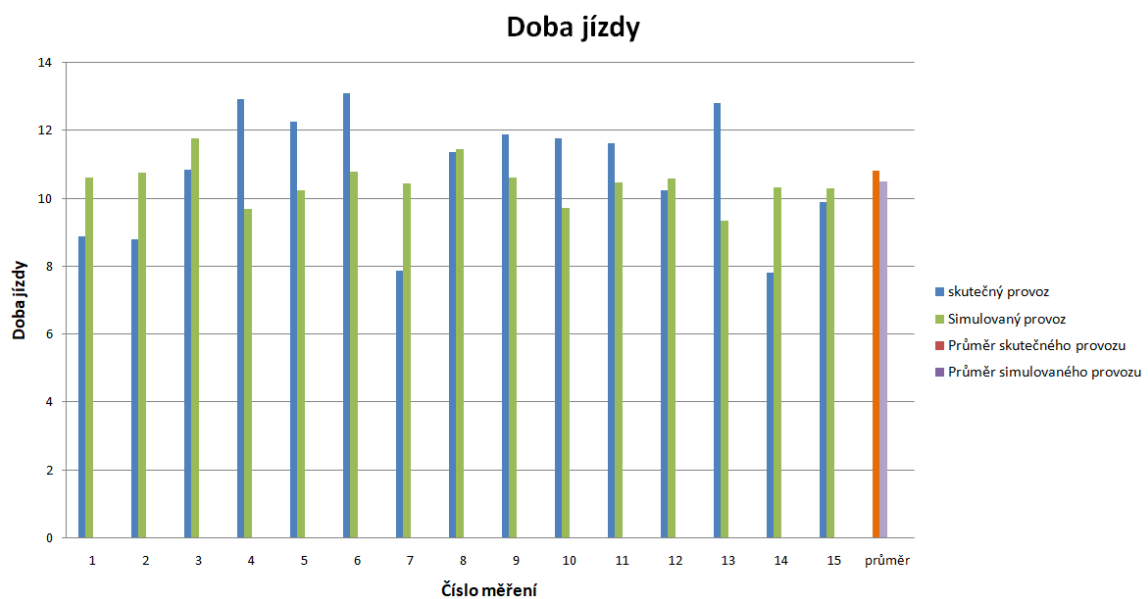
Za další validační hodnotu byla zvolena doba jízdy vozidel v křižovatce sledovaným úsekem. Sledovala se vozidla vyjíždějící z ulice Nové Sady směrem do ulice Nádražní. Doba jízdy byla měřena vždy u prvního vozidla vyjíždějícího do křižovatky na signál volno. Díky tomu bylo možné určit správně délku sledovaného úseku a také zajistit, že vozidlo bude do sledovaného úseku vjíždět z nulové počáteční rychlosti. Za konec sledovaného úseku byla zvolena příčná čára stop na vjezdu do křižovatek ulic Nádražní a Husova. Toto místo bylo vybráno, jelikož se občas v křižovatkovém prostoru hromadí vozidla, která musí dát přednost chodcům na přechodu pro chodce přes ulici Nádražní. Délka sledovaného úseku byla změřena jako 93 metrů prostřednictvím portálu mapy.cz a doba jízdy vozidel v reálu i v modelovém prostředí byla měřena pomocí stopek. Validace potvrdila podobnost provozu simulovaného v

modelovaném prostředí a sledovaného reálného provozu ve skutečnosti. Vytvořený simulační model tedy byl považován za dostatečně věrohodný.[2]



Obrázek 3.4: Úsek pro validaci [2]

Na obrázku 3.5 je vidět graf doby jízdy vozidel sledovaným úsekem. Je zřetelné, že mezi jednotlivými dobami jízdy měřenými v reálném provozu jsou značnější rozdíly. Doby nabývají hodnot od 7,9 sekund po 13,1 sekundy. Doby jízdy naměřené při pozorování simulovaného dopravního provozu jsou s menším rozptylem a nabývají hodnot od 9,7 sekund do 11,8 sekund. Průměrná hodnota měření reálného prostředí je rovna 10,8 sekund a od průměrné hodnoty doby jízdy vozidel v modelu 10,5 sekundy se liší jen o 3%. Obě provedená validační měření tedy potvrdila nastavení modelu za dostatečně odpovídající skutečnému provozu.



Obrázek 3.5: Graf doby jízdy sledovaným úsekem

4. NOVĚ NAVRHOVANÝ STAV

Hlavním požadavkem, který musí nově navrhované varianty splňovat je propojení centra města s přesunutou polohou hlavního železničního nádraží. Z toho důvodu je ve všech nově navrhovaných variantách počítáno ve směru na jih s novou tramvajovou tratí. Dalším očekávaným přínosem nových variant uspořádání by mělo být také zlepšení plynulosti dopravy, či zkrácení doby jízdy vozidel. V žádné variantě není zohledňováno parkoviště u obchodního domu Tesco v ulici Uhelné, protože je do budoucna počítáno s jiným využitím tohoto prostoru a vyloučením automobilové dopravy.

4.1 Výhledové intenzity dopravy

Počty vozidel pro simulování dopravního proudu byly odvozeny z pentlogramu intenzit IAD pro časový horizont 2035-plus. Jde o prognózu zpracovanou Brněnskými komunikacemi pro Kancelář architekta města Brna (výřez řešeného území přiložen v příloze), která mi byla Kanceláří architekta města Brna poskytnuta. Z denních intenzit uvedených v pentlogramu byly zjištěny špičkové hodinové intenzity v jednotlivých částech komunikací podle následujícího vzorce:

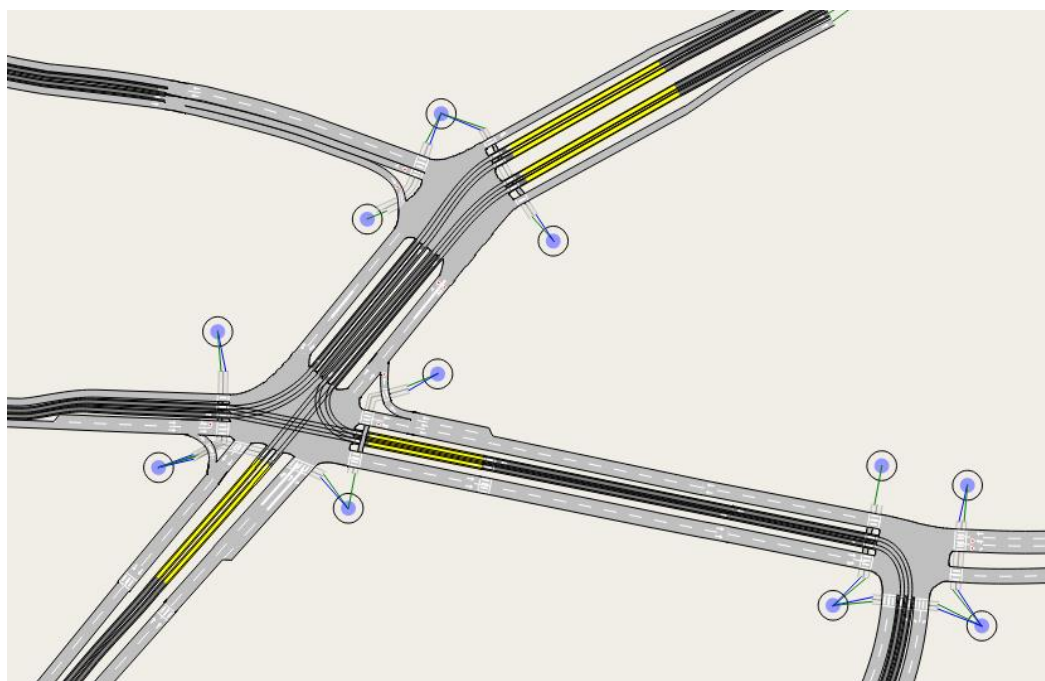
$$I_{sh} = RPDI \cdot k_{RPDI, sh},$$

kde za hodnotu RPDI jsou dosazeny počty vozidel na jednotlivých komunikacích. Člen $k_{RPDI, sh}$ je přepočtový koeficient denních intenzit na špičkové hodinové intenzity a pro místní komunikace nabývá hodnoty 0,1. [4]

S přihlédnutím k procentálnímu vyjádření odbočování vozidel do jednotlivých směrů ve stávajícím dopravním systému a vypočtených špičkových hodinových intenzit byla vytvořena matice přepravních vztahů pro navrhované varianty. Vytvořené matice přepravních vztahů s výhledovými intenzitami pro jednotlivé varianty jsou přiloženy v příloze dokumentu. Intenzity autobusové a tramvajové dopravy zůstávají na stejných hodnotách. Autobusové trasy zůstávají nezměněny oproti stávajícímu stavu. U tramvajových linek 1 a 12 dochází ke změně, kdy je plánováno, že budou zajíždět k nové poloze hlavního vlakového nádraží. Očekává se zde také navýšení počtu chodců, ovšem nepředpokládá se zásadní změna vlivu na plynulost dopravy, jelikož je většina přechodů pro chodce řízena prostřednictvím SSZ.

4.2 Varianta 1

První varianta se nejvíce podobá současnému uspořádání dopravní sítě. Zásadní změny doznala hlavně v přidání tramvajové trati od ulice Nádražní přes ulici Úzkou do ulice Uhelné. Vyžadovala by nejméně konstrukčních změn. K úpravám by docházelo zejména v ulici Úzké, kde je počítáno s rozšířením jízdních pásů na dva jízdní pruhy, které jsou od sebe navzájem odsunuty. Mezi nimi se nachází tramvajová trať s jedním jízdním pruhem v každém směru. Před křižovatkou s ulicemi Nové Sady, Hybešova a Nádražní je navíc navržena zastávka s přechodem pro chodce s délkou 45 metrů. Tramvajová trať z ulice Úzké pokračuje na jih do ulice Uhelné, dále by byla napojena na stávající trať v ulici Hybešova a Nádražní.



Obrázek 4.1: Uspořádání varianty 1

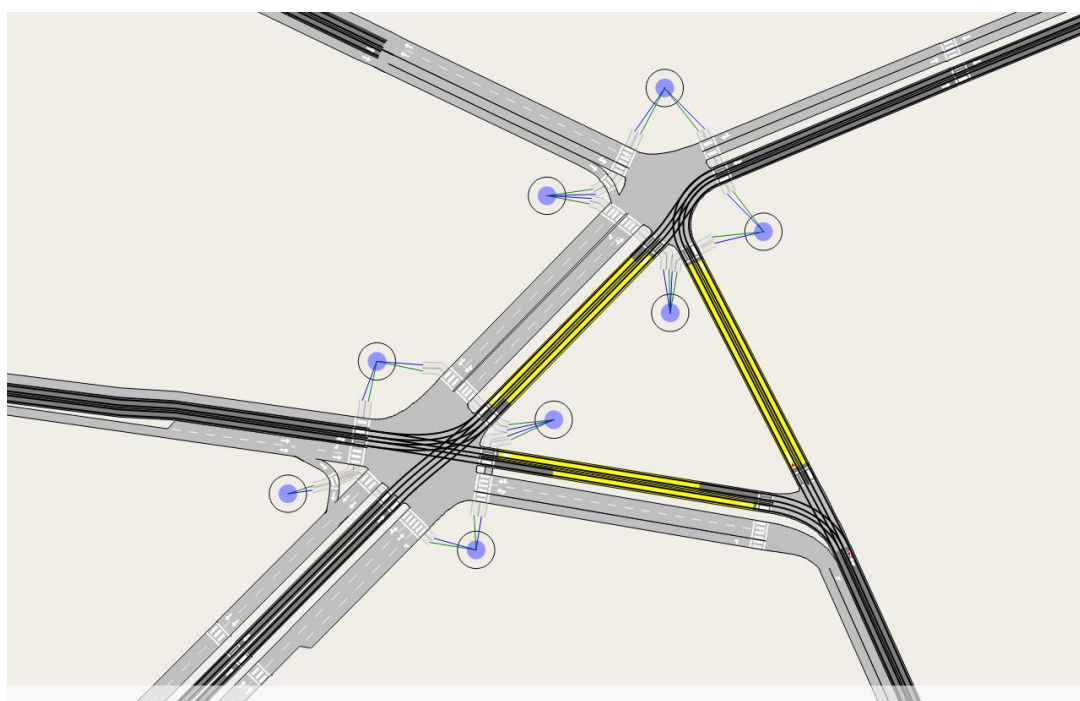
V tomto uspořádání je počítáno pouze s jednou tramvajovou linkou zajišťující k nové poloze vlakového nádraží. Jedná se o linku číslo 1, která jezdí s nejdelšími soupravami o délce 40 metrů. Celková kapacita této soupravy je 265 cestujících. U zbylých tramvajových linek je počítáno s četností a jízdním řádem jako ve stávajícím stavu.[3]

Další změnou, ke které došlo oproti stávajícímu uspořádání, je přidání odbočovacího pruhu při odbočování vpravo z ulice Úzké směrem do ulice Nádražní. Při použití matice přepravních vztahů s výhledovými špičkovými intenzitami totiž docházelo k blokování průběžného jízdního pruhu vozidly odbočujícími do ulice Nádražní. K dalším úpravám již byly prováděny prostřednictvím změn signálních plánů jednotlivých křižovatek.

Signální plány se nachází spolu se schématy v příloze na konci dokumentu.

4.3 Varianta 2

Ve druhé variantě jsou již více propracované tratě pro kolejová vozidla. Pro jízdu k nové poloze hlavního nádraží se u této varianty počítá se dvěma tramvajovými linkami. Konkrétně se jedná o linku číslo 1, která projíždí modelovaným územím ve dvou trasách. První trasa vede z ulice Hybešova, přes Úzkou jižně k hlavnímu vlakovému nádraží. Druhá trasa vede z ulice Nádražní, kde na křižovatce s ulicí Husovou odbočuje vlevo a pokračuje směrem do ulice Úzké směrem k novému hlavnímu nádraží. Další linkou směřující k hlavnímu nádraží je linka číslo 12, která jede z ulice Husovy rovně do ulice Úzké a dále k nádraží. Tramvajové tratě tak vytváří trojúhelník mezi ulicemi Úzká a Nádražní. Zbylé tramvajové linky jezdí jako doposud.



Obrázek 4.2: Uspořádání varianty 2

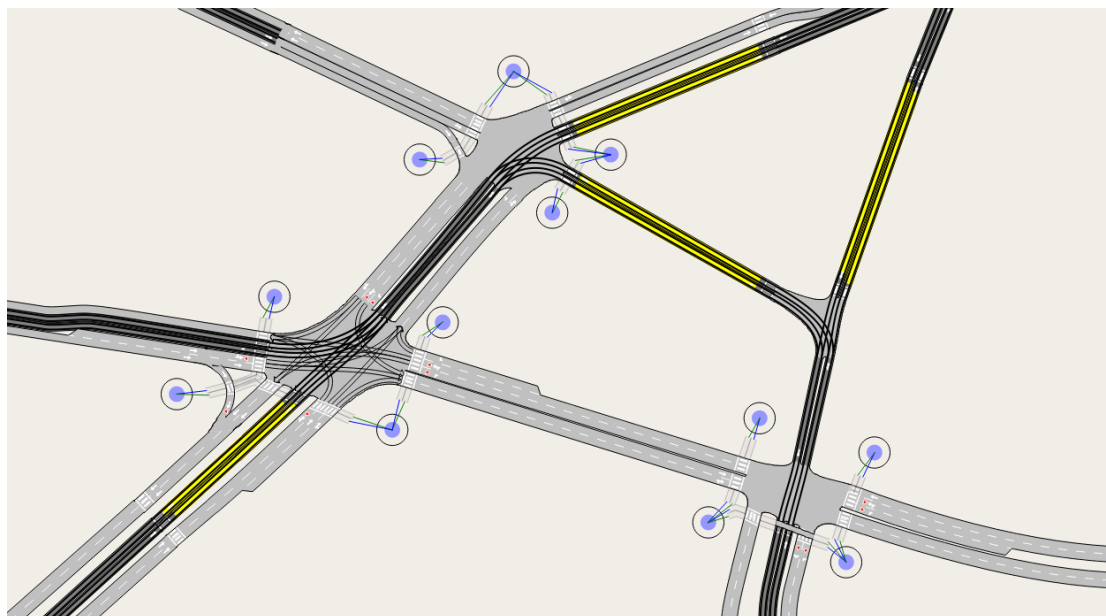
V ulici Nádražní se již nachází pouze dva tramvajové pásy místo čtyř, které jsou na místě v současné době. V nově vytvořeném trojúhelníku tramvajových tratí jsou umístěny zastávky hromadné dopravy, čímž je sem přesunut přestupní uzel ze současné zastávky Nové Sady.

Ulice Úzká a Uhelná jsou zde spojeny do jedné a vedou jižním směrem k hlavnímu nádraží, ke kterému tím vytváří novou spojnici. Komunikace na této ulici je navíc na výjezdu ve směru do ulice Hybešovy rozšířena na dva jízdní pruhy. Komunikace v ulici Nádražní byla přesunuta na stejnou stranu ulice, aby se mezi jízdními pásy nenacházela tramvajová trať a bylo cestujícím usnadněno přestupování mezi jednotlivými linkami.

Signální plány a schémata křižovatek se SSZ se nachází v příloze.

4.4 Varianta 3

Třetí varianta je do jisté míry sjednocením variant jedna a dva. V této variantě k nové poloze hlavního nádraží zajíždějí tramvajové linky 1 a 12 stejně jako ve variantě číslo dva. Dochází zde také k vytvoření trojúhelníkového přestupního uzlu mezi tramvajovými linkami. Ovšem oproti variantě číslo dva je tento trojúhelník přesunut blíže ke stávající poloze hlavního vlakového nádraží. V jižní části vedou tramvajové linky k odsunutému hlavnímu vlakovému nádraží ulicí Uhelnou, která zde tvoří bulvár. Komunikace na ulici Úzká je od křižovatky s ulicí Uhelnou směrem k ulici Hybešova rozšířena na dva jízdní pruhy v každém jízdním pásu. Před křižovatkou s ulicemi Nové Sady, Hybešova a Nádražní je navíc přidán odbočovací pruh pro odbočení vpravo do ulice Nádražní.



Obrázek 4.3: Uspořádání varianty 3

Komunikace v ulici Nádražní je od křižovatky s ulicí Husovou směrem k ulici Nové Sady rozšířena na tři jízdní pruhy, aby lépe zvládala výhledové intenzity dopravy. V části ulice Nádražní směrem k současné poloze hlavního nádraží byly oba jízdní pásy komunikace přesunuty na stejnou stranu ulice, aby umožňovaly snadnější pohyb cestujících v zastávkovém prostoru městské hromadné dopravy.

Signální plány a schémata křižovatek řízených pomocí SSZ se nachází v příloze.

5. HODNOCENÍ VARIANT

V nově navržených variantách byly spuštěny simulace provozu s maticemi přepravních vztahů výhledových intenzit dopravy. Jelikož vycházely počty vozidel u výhledových matic přepravních vztahů více než dvojnásobné oproti současnému stavu, byly pro srovnání simulace spouštěny také s intenzitami vozidel zjištěných průzkumem v reálném provozu. Dopravní proud s výhledovými intenzitami byl simulován také v modelu reálného prostředí, aby bylo zjištěno, jak by se dopravní proud o tak vysoké intenzitě choval v současné dopravní síti.

Tabulka 5.1: Výstupy simulace se stávajícím dopravním zatížením

Stávající dopravní zatížení						
Sledovaný parametr	Typ vozidla	Stávající stav	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Jednotky
Doba zdržení	auta	169,39	90,89	132,39	114,51	sec/km
	tramvaj 1	79,99	112,28	56,86	130,7	sec/km
	tramvaj	61,31	101,19	60,65	55,49	sec/km
Počet vozidel v koloně	auta	40,48	23,41	23,39	30,21	voz
	tramvaj 1	0,34	0,99	0,5	1,06	voz
	tramvaj	1,54	2,06	1,25	1,45	voz
Rychlost	auta	21,75	29,12	27,7	33,04	km/h
	tramvaj 1	20,77	21,11	22,1	15,75	km/h
	tramvaj	16,29	13,84	19,45	18,59	km/h
Doba stání	auta	135,29	72,95	102,75	87,16	sec/km
	tramvaj 1	64,1	99,4	36,12	118,14	sec/km
	tramvaj	44,63	85,82	39,99	40,52	sec/km
Doba jízdy	auta	223,91	153,27	174,45	153,81	sec/km
	tramvaj 1	191,94	214,91	183,04	257,11	sec/km
	tramvaj	240,82	284,57	208,75	206,13	sec/km

Tabulka 5.2: Výstupy simulace s výhledovým dopravním zatížením

Výhledové dopravní zatížení						
Sledovaný parametr	Typ vozidla	Stávající stav	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Jednotky
Doba zdržení	auta	325,88	225,16	327	336,46	sec/km
	tramvaj 1	84,94	112,29	56,3	144,35	sec/km
	tramvaj	61,48	105,66	60,64	59,77	sec/km
Počet vozidel v koloně	auta	137,39	122	107,19	178,98	voz
	tramvaj 1	0,17	0,99	0,5	1,1	voz
	tramvaj	1,62	2,08	1,25	1,44	voz
Rychlost	auta	15,51	15,7	12,29	13,32	km/h
	tramvaj 1	28,64	21,11	22,22	14,75	km/h
	tramvaj	27,69	13,59	19,35	18,82	km/h
Doba stání	auta	294,44	189,71	268,66	275,75	sec/km
	tramvaj 1	53,66	88,95	35,73	130,5	sec/km
	tramvaj	76,78	99,43	37,04	43,91	sec/km
Doba jízdy	auta	380,12	287,7	368,44	376,42	sec/km
	tramvaj 1	133,48	214,92	182,55	269,74	sec/km
	tramvaj	156,94	288,48	212,48	206,69	sec/km

Porovnávání navrhovaných variant bylo zaměřeno na dva typy dopravních prostředků. Prvním sledovaným přepravní prostředkem byly vozidla IAD. Druhým sledovaným typem byla tramvajová vozidla. Z těch jsou dále vyčleněny vozidla linky číslo 1, která jezdí s nejdelšími soupravami a má také nejvyšší kapacitu přepravovaných cestujících na soupravu. V příložených tabulkách 5.1 a 5.2 je vidět přehledné srovnání jednotlivých variant a pro názornost je zde uveden také simulovaný provoz se současným i výhledovým dopravním zatížením v modelu současného uspořádání dopravní sítě. Díky tomu je snáze zjištělné, zda nově navrhované varianty uspořádání přinášejí zlepšení a v jakém ohledu.

5.1 Varianta 1

U první varianty došlo k výraznému zlepšení plynulosti automobilové dopravy. Auta ve sledovaném úseku stráví mnohem méně času, než v reálném provozu za současného uspořádání dopravní sítě. Dochází také ke snížení průměrného počtu vozidel stojících v koloně. Ovšem úskalím této varianty je tramvajová doprava, u které dochází ke zhoršení v obou sledovaných skupinách. Kladně je u této varianty hodnoceno, že by vyžadovala větší stavební úpravy pouze v ulicích Úzká a Uhelná.

5.2 Varianta 2

Uspořádání druhé varianty je při současných intenzitách dopravy výhodnější, než současná dopravní síť řešeného území. Pokud se simuluje dopravní provoz s výhledovými intenzitami dopravy, není již uspořádání o tolik výhodnější pro automobily. Stále zde ale dochází k mírnému zlepšení oproti stávajícímu stavu. Lepších hodnot bylo dosaženo především u všech tramvajových linek. Kladně je u této varianty hodnoceno vytvoření přestupního uzlu všech tramvajových linek, které sledovaným úsekem projíždějí.

5.3 Varianta 3

Třetí varianta je se stávajícím dopravním zatížením pro auta výhodná a přeje plynulé dopravě. Se vzrůstající intenzitou automobilové dopravy se ovšem její přednosti začínají vytrácet a dostává se k podobným hodnotám jako současné uspořádání dopravní sítě. Velmi negativně je u této varianty hodnocena plynulost provozu tramvajové linky číslo 1, která funguje jako spojnice s novou polohou vlakového nádraží. Ostatní tramvajové linky již jezdí bez větší problémů a dokáží nadále zajišťovat přepravu cestujících po městě i při vyšších intenzitách IAD. Také zde došlo k vytvoření dopravního tramvajového uzlu, který umožňuje snadnější přestupy mezi tramvajovými linkami.

ZÁVĚR

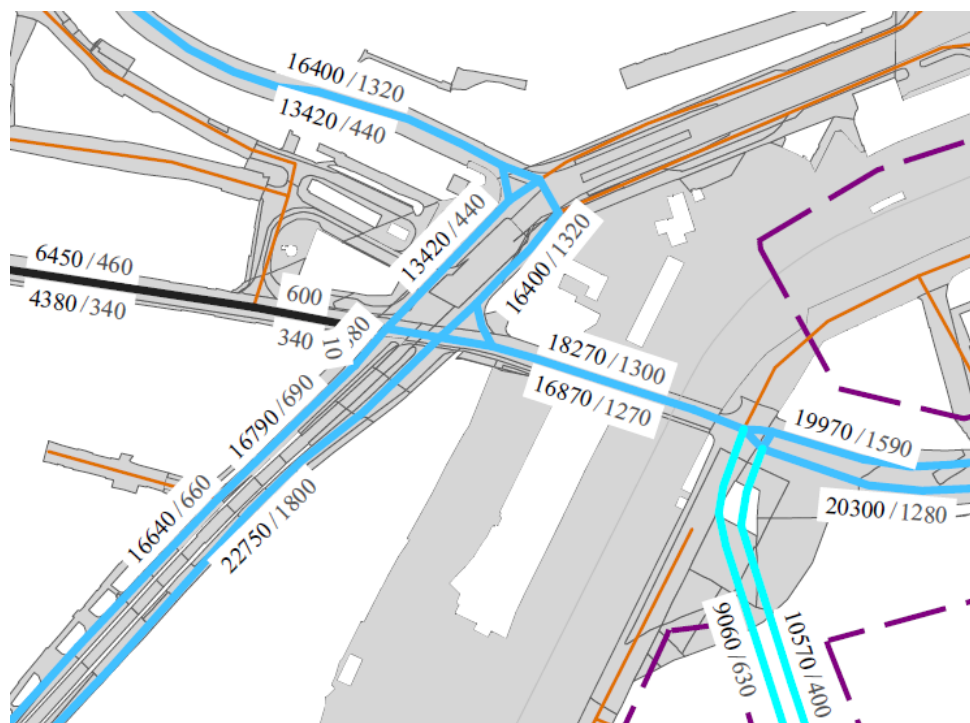
Práce je zaměřena na prověření nových variant uspořádání dopravního uzlu kolem Malé Ameriky v městě Brně. Přímo na místě byl proveden dopravní průzkum pro zjištění intenzit dopravy a chování reálného provozu v současném uspořádání. V programu Aimsun byl vymodelován současný stav a nově navrhované varianty. Ve všech modelech byl simulován provoz s reálným dopravním zatížením i s výhledovými intenzitami dopravy.

Po vyhodnocení výstupů simulovaného provozu v nově navrhovaných variantách uspořádání dopravní sítě ve sledovaném území je k dalšímu bližšímu zkoumání doporučena varianta číslo 2. Hlavním přínosem této varianty je větší plynulost provozu tramvajových linek, které zajišťují hromadnou dopravu ve městě. Došlo zde také k vytvoření uzlu tramvajových linek, který cestujícím usnadňuje přestup mezi jednotlivými tramvajovými linkami. Ke zlepšení u zmiňované varianty dochází také u IAD, což je také hodnoceno pozitivně.

V případě dalšího sledování variant 1 a 3 by bylo potřeba se zaměřit především na tramvajovou trať linky číslo 1, u které vychází velká doba zdržení v simulovaném provozu.

PŘÍLOHY

Výřez z pentlogramu intenzit IAD pro časový horizont 2035-plus



Obrázek..1: Výřez z pentlogramu intenzit IAD pro časový horizont 2035-plus

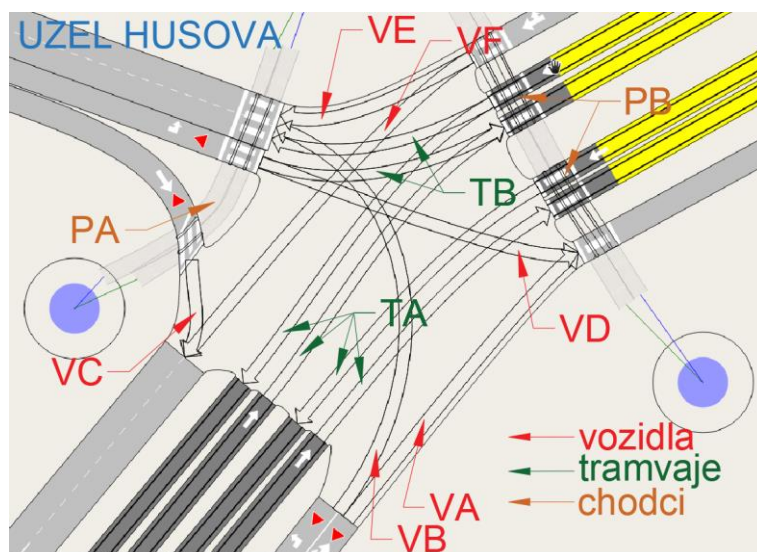
Tabulka 0.1: Matice přepravních vztahů výhledových intenzit pro varianty 1 a 3

	Nádražní	Husova	Hybešova	Nové Sady	Úzká	Uhelná	Total
Nádražní	0	39	61	109	23	5	237
Husova	94	0	106	703	321	118	1342
Hybešova	31	49	0	71	201	87	438
Nové Sady	159	976	282	0	406	452	2275
Úzká	100	195	529	638	0	535	1997
Uhelná	53	63	44	25	872	0	1057
Total	437	1322	1021	1547	1822	1197	7346

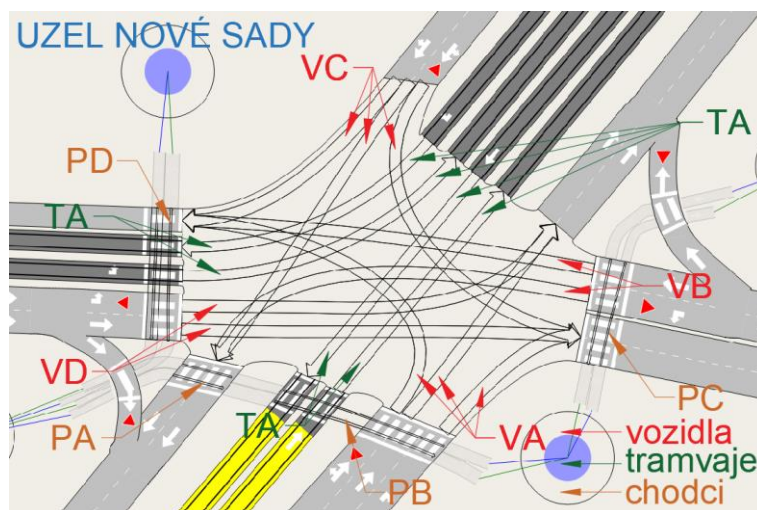
Tabulka 0.2: Matice přepravních vztahů výhledových intenzit pro variantu 2

	Nádražní	Husova	Hybešova	Nové Sady	Úzká	Total
Nádražní	0	39	61	109	29	237
Husova	94	0	106	703	439	1342
Hybešova	31	49	0	71	287	438
Nové Sady	159	976	282	0	857	2275
Úzká	153	258	572	664	0	1647
Total	437	1322	1021	1547	1612	5939

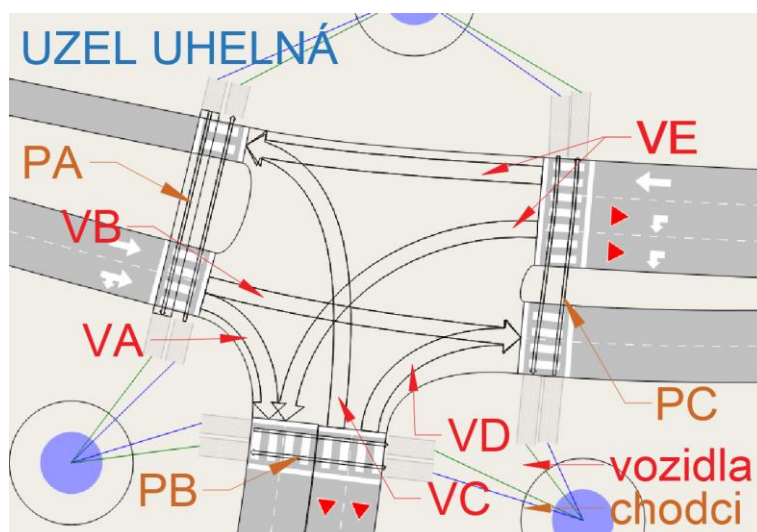
Schémata křižovek skutečného stavu



Obrázek..2: Schéma uzlu Husova, skutečný stav

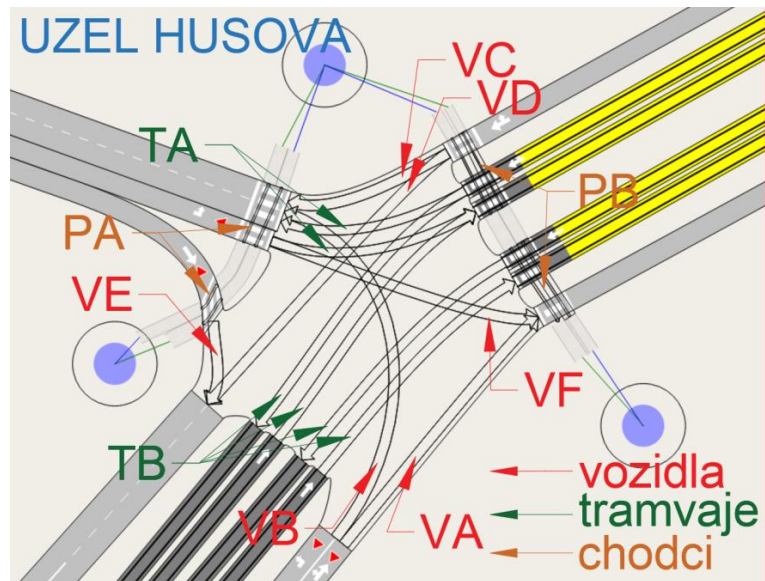


Obrázek..3: Schéma uzlu Nové Sady, skutečný stav

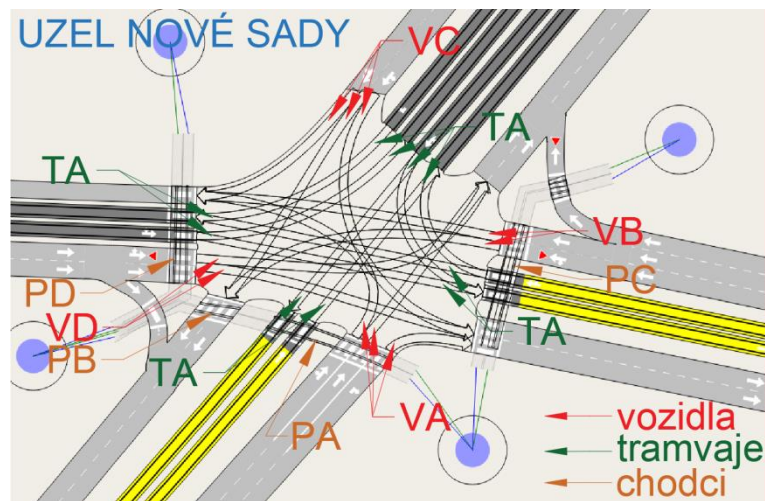


Obrázek..4: Schéma uzlu Uhelná, skutečný stav

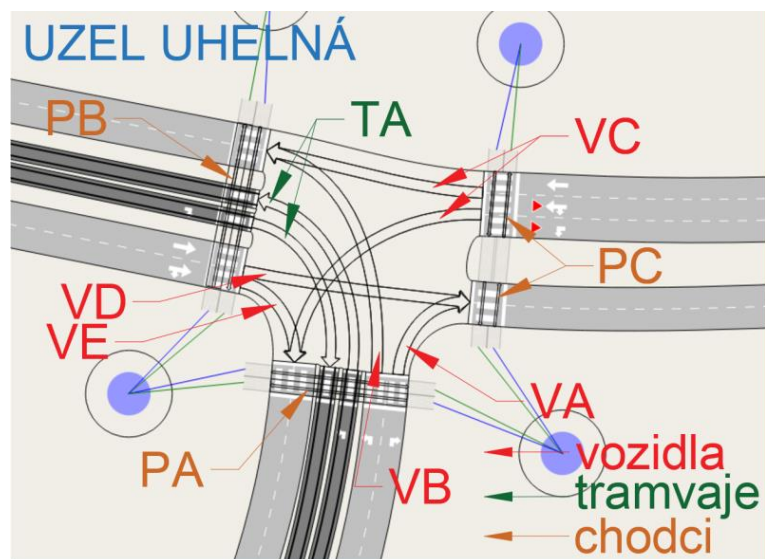
Schémata křižovatek varianty 1



Obrázek..5: Schéma uzlu Husova, varianta 1

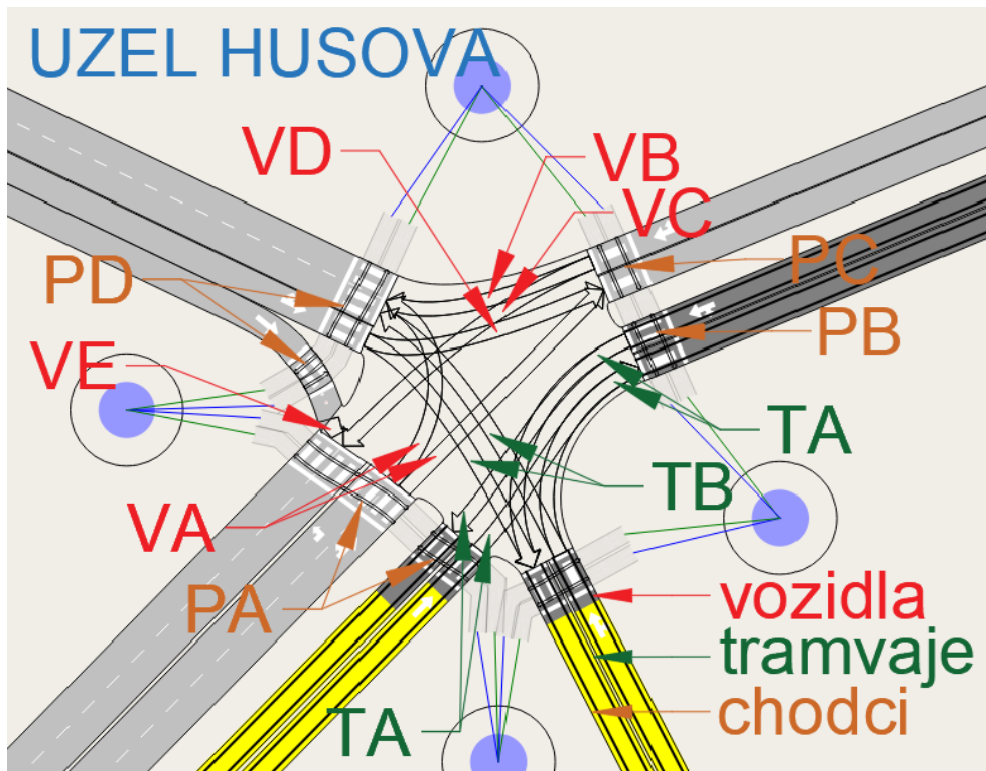


Obrázek..6: Schéma uzlu Nové Sady, varianta 1

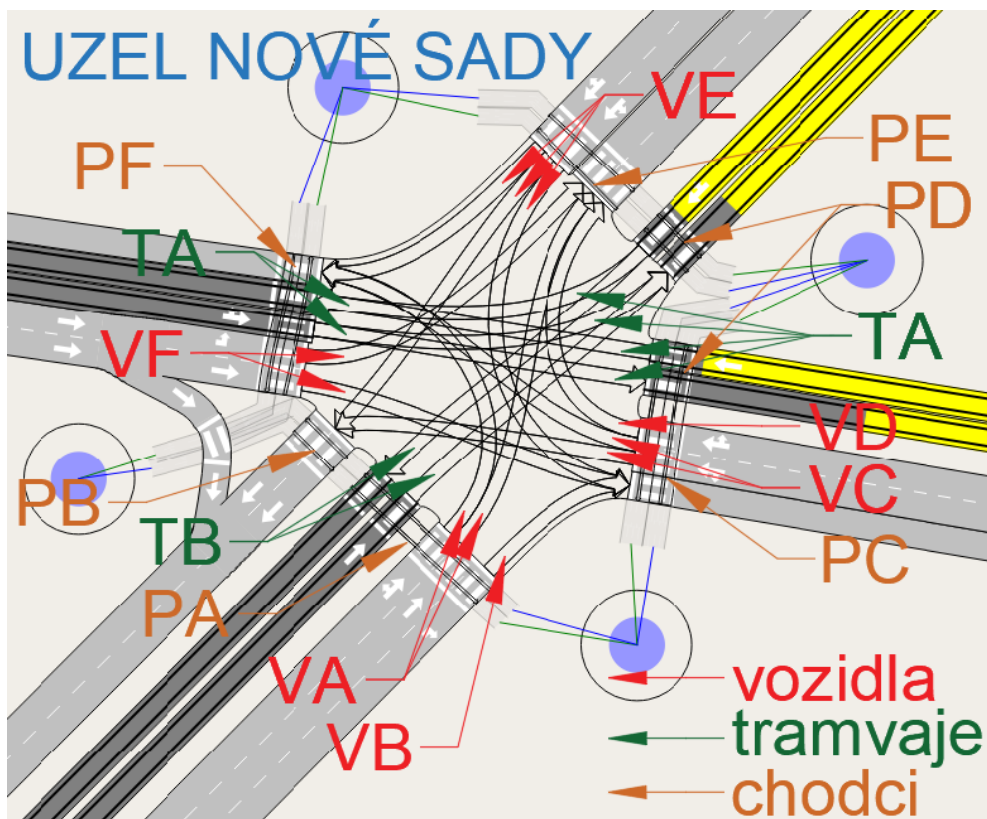


Obrázek..7: Schéma uzlu Uhelná, varianta 1

Schéματα křižovatek varianty 2

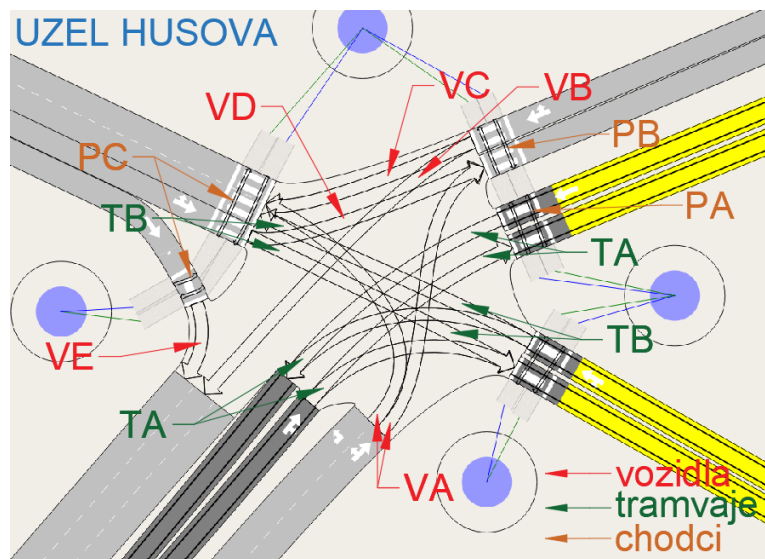


Obrázek..8: Schéma uzlu Husova, varianta 2

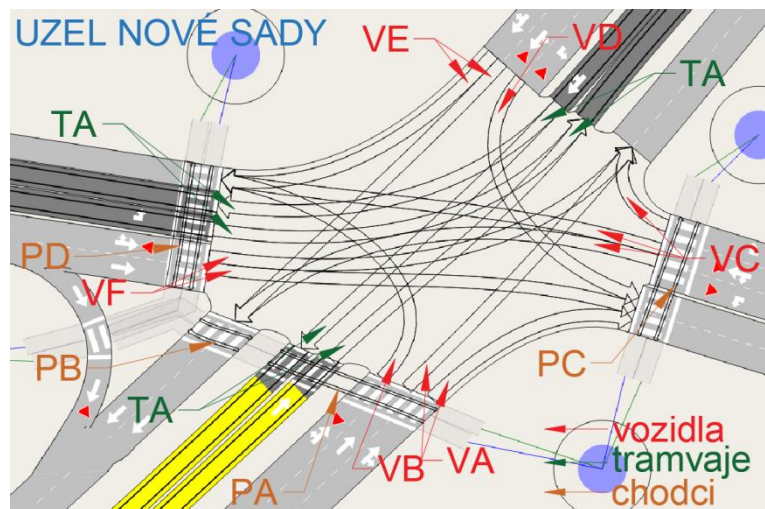


Obrázek..9: Schéma uzlu Nové Sady, varianta 2

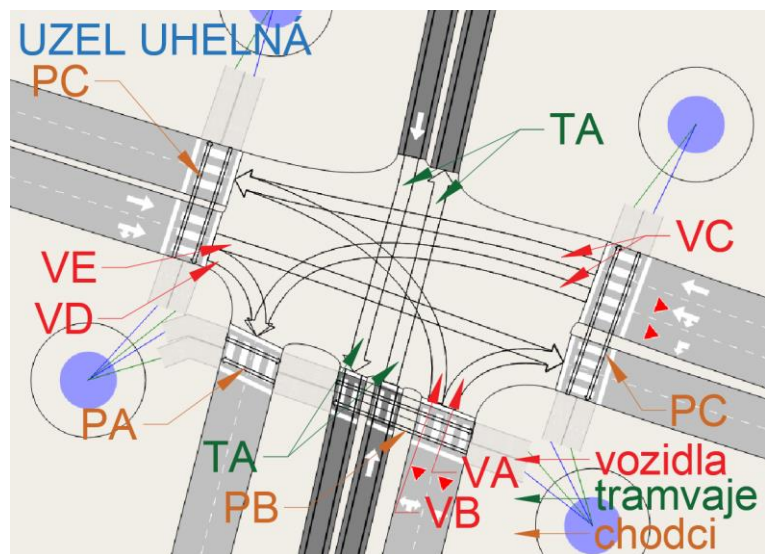
Schémata křižovatek varianty 3



Obrázek..10: Schéma uzlu Husova, varianta 3

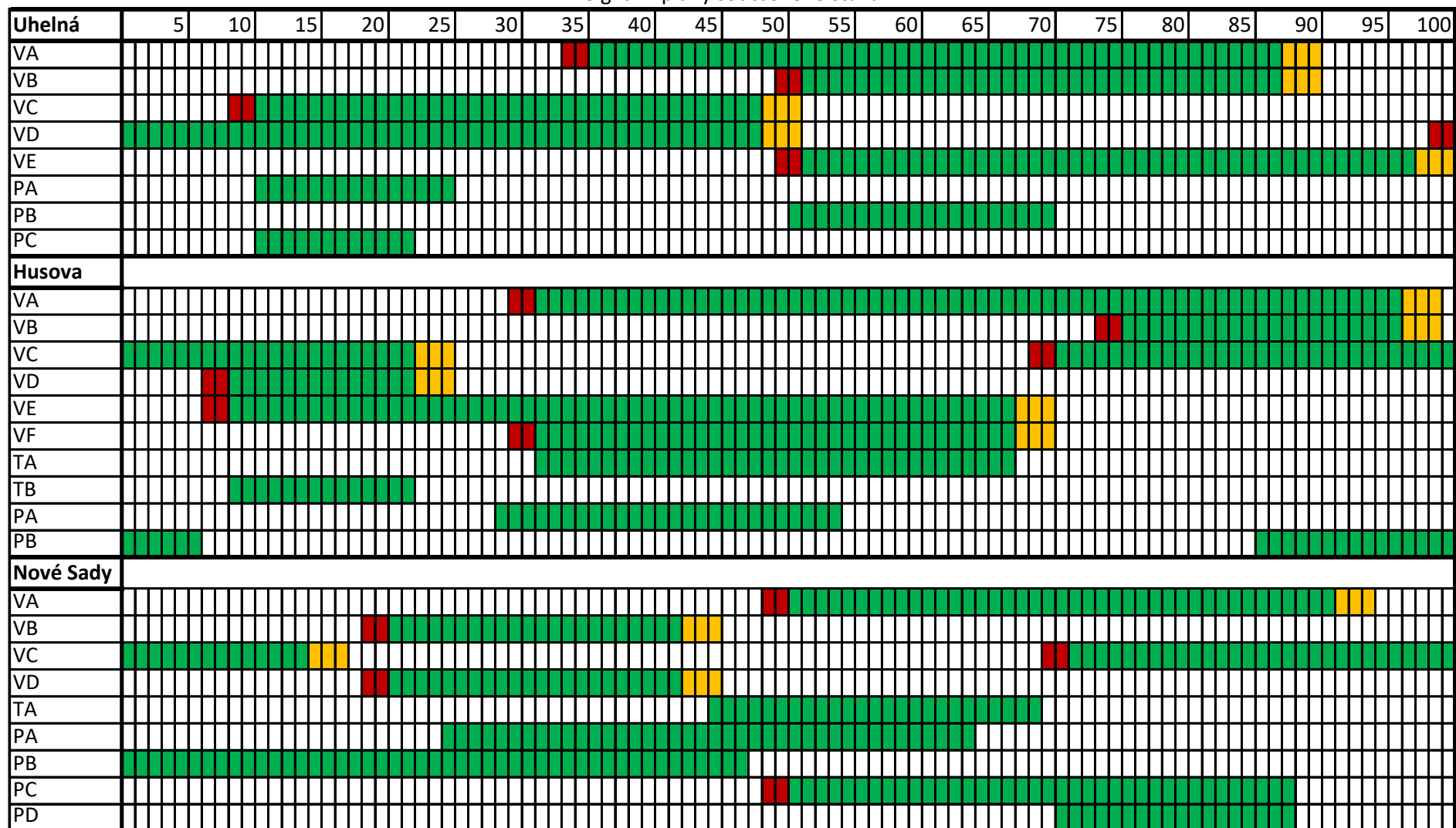


Obrázek..11: Schéma uzlu Nové Sady, varianta 3



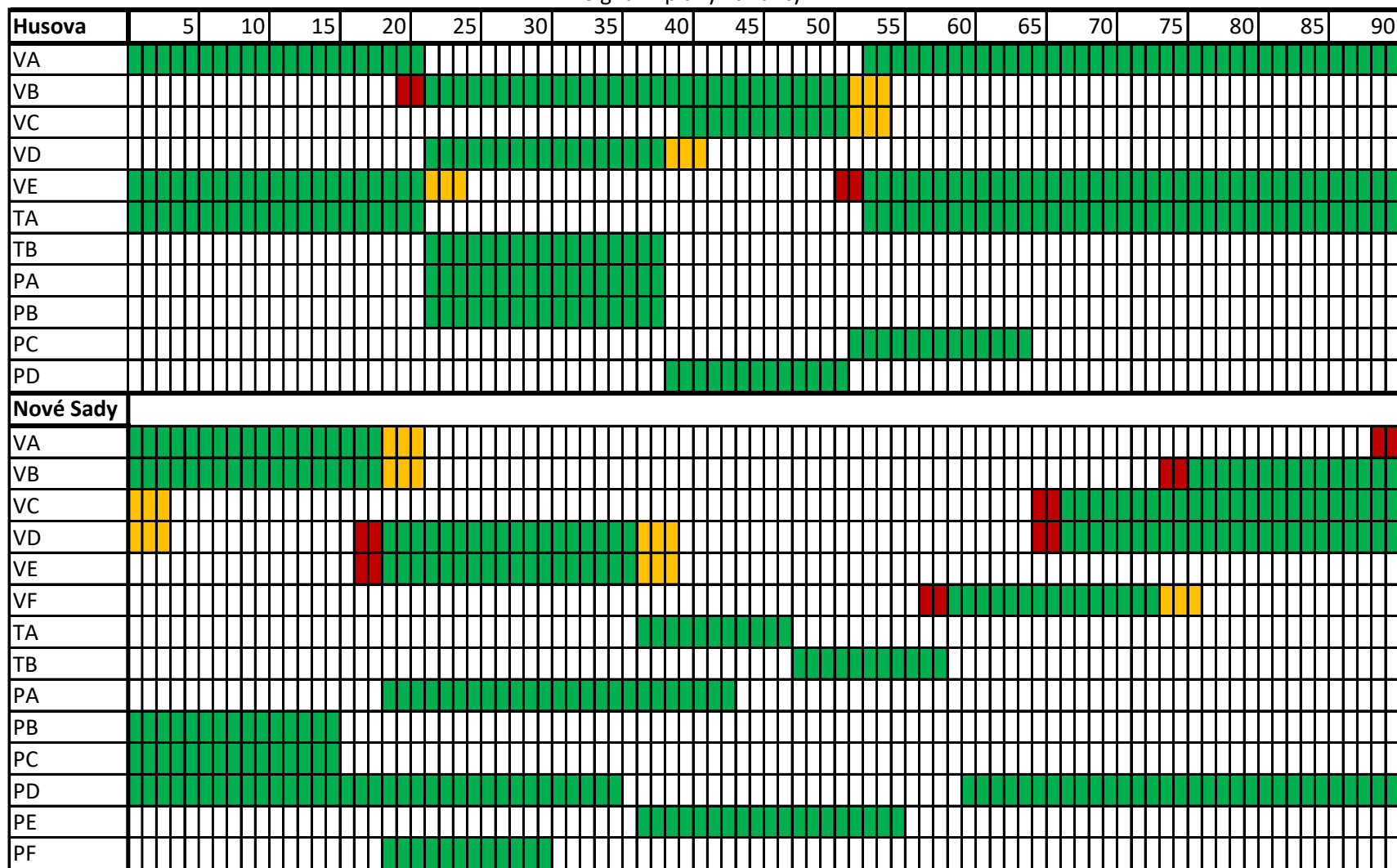
Obrázek..12: Schéma uzlu Uhelná, varianta 3

Signální plány současného stavu



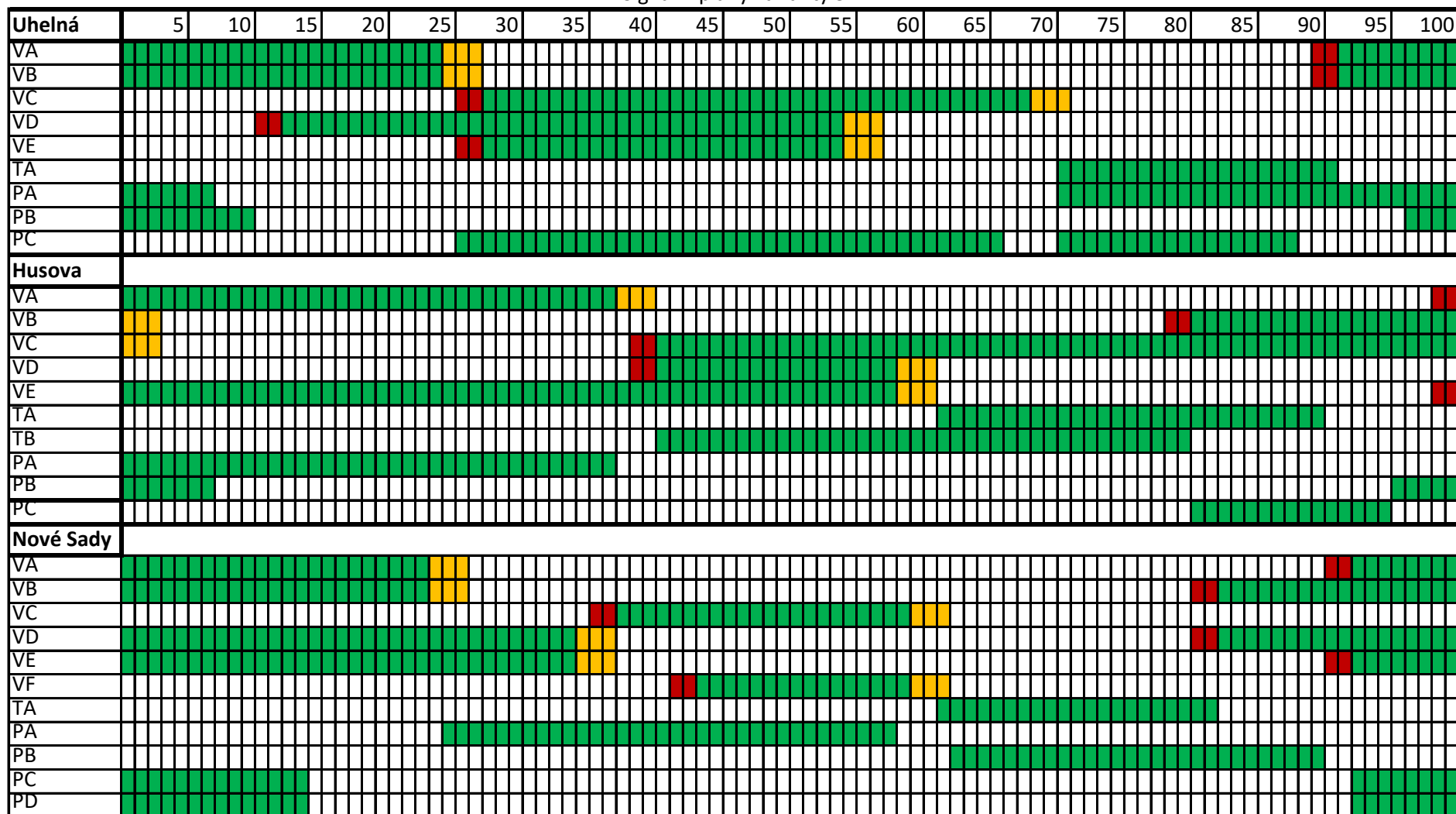
Legenda červená červená se žlutou žlutá zelená

Signální plány varianty 2



Legenda □ červená ■ červená se žlutou ■ žlutá ■ zelená

Signální plány varianty 3



Legenda červená červená se žlutou žlutá zelená

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] P. Súkeník a T. Apeltauer, Příručka pro tvorbu a hodnocení mikroskopických simulací dopravy, VUT, AF – City Plan, 2013
- [2] Mapy. *Mapy.cz* [online]. Praha [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://en.mapy.cz/zakladni?x=16.6499996&y=49.2332993&z=11>
- [3] Dopravní podnik města Brna. *Dopravní podnik města Brna* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.dpmb.cz/cs/novinky/all>
- [4] BARTOŠ, Luděk. *Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích: TP 189*. 2. vyd. Plzeň: EDIP, 2012. ISBN 978-80-87394-06-9.
- [5] Schéma vlakové výluky. *Integrovaný dopravní systém Jihomoravského kraje* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.idsjmk.cz/kestazeni/VVVB2018.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

SSZ	světelné signalizační zařízení
IAD	individuální automobilová doprava
RPDI	roční průměr intenzit dopravy

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1.1: Situace širších vztahů [2].....	10
Obrázek 1.2: Řešená lokalita [2]	11
Obrázek 1.3: Ulice Uhelná a Úzká [2]	13
Obrázek 2.1: Snímek z dopravního průzkumu, křižovatky ulic Uhelná a Úzká	17
Obrázek 3.1: Ukázka z programu Aimsun se zastávkou a centroidy	19
Obrázek 3.2: Kalibrace modelu	21
Obrázek 3.3: Sledovaný úsek pro validaci modelu	21
Obrázek 3.4: Úsek pro validaci [2].....	23
Obrázek 3.5: Graf doby jízdy sledovaným úsekem.....	23
Obrázek 4.1: Uspořádání varianty 1	25
Obrázek 4.2: Uspořádání varianty 2	26
Obrázek 4.3: Uspořádání varianty 3	27
Obrázek..1: Výřez z pentlogramu intenzit IAD pro časový horizont 2035-plus.....	31
Obrázek..2:Schéma uzlu Husova, skutečný stav	32
Obrázek..3: Schéma uzlu Nové Sady, skutečný stav.....	32
Obrázek..4: Schéma uzlu Uhelná, skutečný stav	32
Obrázek..5: Schéma uzlu Husova, varianta 1	33
Obrázek..6: Schéma uzlu Nové Sady, varianta 1	33
Obrázek..7: Schéma uzlu Uhelná, varianta 1	33
Obrázek..8: Schéma uzlu Husova, varianta 2	34
Obrázek..9: Schéma uzlu Nové Sady, varianta 2	34
Obrázek..10: Schéma uzlu Husova, varianta 3	35
Obrázek.11: Schéma uzlu Nové Sady, varianta 3	35
Obrázek..12: Schéma uzlu Uhelná, varianta 3	35

SEZNAM TABULEK

Tabulka 2.1: Matice přepravních vztahů IAD	15
Tabulka 2.2: Matice přepravních vztahů, autobusy 17,6m	16
Tabulka 2.3: Matice přepravních vztahů, autobusy 12m	16
Tabulka 3.1: Počty osobních vozidel v koloně na začátku signálu volno	22
Tabulka 5.1: Výstupy simulace se stávajícím dopravním zatížením	28
Tabulka 5.2: Výstupy simulace s výhledovým dopravním zatížením.....	28
Tabulka 6.1: Matice přepravních vztahů výhledových intenzit pro varianty 1 a 3	31
Tabulka 6.2: Matice přepravních vztahů výhledových intenzit pro variantu 2.....	31