



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Jan Vacek

**NÁVRH SSZ NA VÝCHODNÍM VÝJEZDU Z KARLOVA
NÁMĚSTÍ V TŘEBÍČI**

Bakalářská práce

2016



K620..... Ústav dopravní telematiky

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Jan Vacek

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – DOS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Návrh SSZ na východním výjezdu z Karlova náměstí
v Třebíči**

Název tématu (anglicky): Proposal of Traffic Lights at the Eastern Exit of Karlovo
Square in Třebíč

Zásady pro vypracování

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

- Analýza současného stavu
- Zjištění hodnot DI dat po posouzení dopravy
- Kapacitní posouzení stávajícího stavu i návrhu SSZ
- Ověření návrhů v simulačním prostředí VISSIM nebo AIMSUN
- Návrh a prověření uplatnění preference autobusů MHD

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího BP

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Jirava P., Slabý P.: Pozemní komunikace 10 - Dopravní inženýrství, skripta ČVUT, 1997.
VISSIM - PTV user manual
Technické podmínky - Návrh SSZ pro řízení porovozu na pozemních komunikacích - TP81 - 11/2015

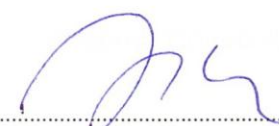
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **20. října 2015**

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **25. srpna 2016**

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

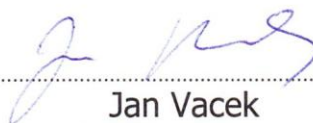


doc. Ing. Pavel Hruby, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravní telematiky



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.



Jan Vacek
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 20. října 2015

Poděkování

Chtěl bych zde poděkovat Bc. Aleši Kratinovi, vedoucímu odboru dopravy MěÚ Třebíč, za poskytnutí vhodného tématu ke zpracování bakalářské práce a poskytnutí výkresu křížovky v elektronické podobě a doc. Ing. Tomáši Tichému, Ph.D. za vedení této práce.

Významná poděkování pak patří také Ing. Bc. Petru Kumpoštovi, Ph.D. za rady k provedení dopravního průzkumu, Ing. Petru Šatrovi za konzultaci návrhů geometrického uspořádání křížovky a Ing. Jiřímu Růžičkovi za poradou ohledně procesních záležitostí týkajících se této práce.

Poslední, avšak stejně významné díky pak patří celé mé rodině, která mi umožnila studovat vysokou školu dle mé vlastní volby a po celou dobu studia a zejména pak v době psaní této práce mě v mých aktivitách podporovala.

Prohlášení

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

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

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

V Praze dne 25. srpna 2016

.....
podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Návrh SSZ na východním výjezdu z Karlova náměstí v Třebíči

bakalářská práce

srpen 2016

Jan Vacek

Klíčová slova

dopravní průzkum, průzkum parkování, kapacitní posouzení, pevný signální plán, dopravní simulace, preference MHD

Keywords

traffic count, parking research, capacity calculation, fixed signal timing plan, traffic simulation, public transport preference

ABSTRAKT

Práce nejprve zpracovává dopravní průzkum na zadané křižovatce ve městě Třebíč. Na základě naměřených dat je pak situace hodnocena z pohledu možnosti zřízení světelného signalizačního zařízení na křižovatce. Navrhován je pevný signální plán v souladu s TP 81. Vyhodnocení návrhů je provedeno jak dle TP 235, tak v simulačním prostředí.

ABSTRACT

At first, thesis carries out a traffic count and analysis on assigned intersection in the town of Třebíč. Based on the collected data the situation is subsequently assessed from the perspective of the possibilities of the establishment of traffic lights at this intersection. A fixed signal plan is proposed in compliance with TP 81 (Czech technical conditions). An evaluation of the proposals is carried out both according to TP 235 and using a simulation environment.

Obsah

Obsah.....	4
1 Seznam použitých zkratk.....	6
2 Úvod	7
3 Popis řešené lokality	9
3.1 Město Třebíč	9
3.2 Silniční síť v okolí města	9
3.3 Silniční síť na území města	10
3.4 Křižovatka	11
4 Dopravní průzkum.....	15
4.1 Průzkum intenzit dopravy	16
4.2 Průzkum zdržení autobusů.....	19
4.3 Průzkum intenzit chodců	21
4.4 Průzkum parkování na ulici Smila Osovského	24
4.5 Průzkum krátkodobých zastavení.....	27
4.6 Ojedinelé jevy během průzkumu	30
5 Statistika dopravních nehod	32
6 Návrhy na úpravy geometrického uspořádání křižovatky.....	33
6.1 Snížení počtu řadicích pruhů.....	33
6.2 Ochranné ostrůvky	34
6.3 Vysazené chodníkové plochy.....	34
6.4 Posuny přechodů pro chodce.....	35
6.5 Parkovací pruhy	35
7 Kapacitní posouzení neřízené křižovatky	36
8 Posouzení účelnosti návrhu SSZ.....	38
8.1 Kritérium bezpečnosti.....	38
8.2 Kritérium intenzity z hlediska vozidel	39
8.3 Kritérium intenzity z hlediska chodců.....	39
8.4 Kritérium plynulosti jízdy vozidel MHD.....	39
8.5 Kritérium zvláštního zřetele	39
8.6 Kritérium chodců z hlediska ČSN 73 6110 ^[6]	40
9 Návrh řízení světelným signalizačním zařízením.....	40
9.1 Úpravy uspořádání křižovatky	40

9.2	Popis použité světelné signalizace	41
9.3	Použitá signalizace na vjezdech.....	42
9.4	Označení signálních skupin.....	42
9.5	Sestavení fází	43
9.6	Tabulka mezičasů	44
9.7	Signální plán	45
10	Kapacitní posouzení řízené křižovatky	47
11	Ověření návrhů v simulačním prostředí VISSIM.....	48
11.1	Příprava simulace	48
11.2	Vyhodnocení simulace	49
12	Prověření možnosti zavedení preference vozidel MHD	52
12.1	Dopravně závislé řízení.....	52
12.2	Zahrnutí požadavků vozidel MHD	52
13	Situační plán křižovatky.....	53
14	Závěr.....	54
15	Seznam použité literatury	58
16	Seznam příloh	59

1 Seznam použitých zkratek

LNA	lehký nákladní automobil
MHD	městská hromadná doprava
TP	technické podmínky
RPDI	roční průměr denních intenzit
SSZ	světelné signalizační zařízení
ÚKD	úroveň kvality dopravy
VDZ	vodorovné dopravní značení

2 Úvod

V této bakalářské práci bych se chtěl zabývat návrhem a posouzením světelného signalizačního zařízení na křižovatce v centru města Třebíče, která je mým rodným městem.

V období studia na gymnáziu jsem se často pohyboval v centru, mimo jiné také na křižovatce na východním výjezdu z Karlova náměstí.

Často jsem využíval přechod v ulici Jejkovská brána. Tehdy mi pohyb po přechodu připadal nepříjemný a nebezpečný, z důvodu špatných rozhledových poměrů. Při jízdě automobilem na místě spolujezdce jsem zase viděl, že řidič může těžko odhadovat, který z chodců procházejících po úzkém chodníku vstoupí v následujícím okamžiku na přechod.

Na jízdě autobusem MHD řešenou křižovatkou mám také vzpomínky. Ponejvíce si pamatuji, jak jsem v lince č. 6 čekával, až budeme moci vyjet Jejkovskou branou z Karlova náměstí na hlavní. Několikrát jsem pak tuto okružní linku projel celou a zapisoval jsem si časy příjezdů a odjezdů na jednotlivých zastávkách. Zjistil jsem tehdy, že právě na výjezdu z náměstí nabírá autobus několik minut zpoždění. To pak stahoval celý zbytek cesty.

Ve stejné době jsem měl možnost navštívit dispečink MHD v Brně. Povídání o preferenci vozidel MHD na křižovatkách mě tehdy nadchlo a říkal jsem si, že by stálo za to zavést ji také u nás v Třebíči. Zvláště na západním výjezdu z náměstí, kterým jsem jako pasažér MHD také jezdil a kde již v té době SSZ fungovalo. Fronta u tohoto výjezdu Jihlavskou branou měla tehdy často ve špičce i 120 m.

Na projektu Řízení a modelování silniční dopravy jsem se tedy nevyskytnul zcela náhodou. Na gymnáziu jsem kromě sledování cestovní doby autobusů také o přestávkách často z okna pozoroval světelnou signalizaci na Masarykově náměstí a podíval se, jak je možné, že doba zelené je v každém cyklu jiná.

Zkráceně lze říci, že mě v dopravě zajímalo hlavně to, co lze sledovat, nastavovat či zaznamenávat s přesností na vteřiny.

O mnoho let později, jako student ČVUT FD, jsem se přišel ucházet o zadání práce z této problematiky na Odbor dopravy a komunálních služeb Městského úřadu Třebíč. K mé radosti mi bylo nabídnuto zpracovat návrh světelné signalizace na mně dobře známé křižovatce s tím, že úřad v této lokalitě nemá zpracován ani dopravní průzkum, takže se bude hodit, pokud zpracuji i ten.

Rozhodl jsem se tedy, že se na křižovatku podívám komplexně a zmapuji vše, co se v křižovatce a jejím okolí děje. Nespokojím se s pouhým spočítáním intenzit a navržením

příhodného signálního plánu. Už z důvodu, že se křižovatka nachází v místech značného množství cílů cest a že se na jednom jejím rohu nalézají hlavní třebíčská pošta. Křižovatka tak uspokojuje rozličné dopravní potřeby různých účastníků silničního provozu.

Mnohé z těchto potřeb může křižovatka v současné době uspokojit jenom díky tomu, jak je divoká a neuspořádaná. Jde hlavně o potřeby občanů a firem, kteří sem přijíždějí osobním automobilem či dodávkou.

Na tento divoký stav částečně doplácí chodci. Za svobodu pohybu, v rámci přechodů pro chodce, platí svým nepohodlím při přecházení a rizikem nehody s vozidlem, které si jich nevšimne, nebo oni jeho.

Jsa si vědom, že zlepšení či zhoršení jsou často subjektivními pojmy, přistupuji k této práci s cílem dopravní situaci všeobecně zlepšit, ale zároveň ji pro nikoho nezhoršit. Dopravní inženýr by měl sloužit potřebám uživatelů komunikací a ne oni jemu.

Potenciál křižovatky pro zavedení preference vozidel MHD, která zde projíždějí v hojném počtu, by neměl být opomenut. Tím bych si alespoň částečně splnil jeden ze svých dávných nápadů.

3 Popis řešené lokality

Křižovatka, která je předmětem této práce, se nachází v centru města Třebíč.

3.1 Město Třebíč

Město Třebíč leží na jihozápadní Moravě na řece Jihlavě v Kraji Vysočina, který je vyznačen na obrázku 1. Je okresním městem, k 1. 1. 2015 mělo 36 880 obyvatel^[1]. V celém okrese Třebíč žilo k témuž datu 112 076 obyvatel^[1].

Vznik osídlení v údolí Jihlavy se datuje do roku 1101, kdy byl na místě současné baziliky sv. Prokopa založen klášter. Město samotné, obehnané hradbami, získalo městská práva v roce 1335. Hradby se částečně zachovaly na jižním okraji centra. Většinu městské plochy tvořilo velké náměstí s trhy. Má rozlohu 2,2 ha a dnes se jmenuje Karlovo náměstí. Ze města vedly 3 brány. Na dávnou existenci dvou z nich dnes odkazují názvy ulic vycházejících na západ a na východ z Karlova náměstí: Jihlavská brána a Jejkovská brána.

Město se nejvíce rozrostlo v 80. letech v souvislosti se stavbou jaderné elektrárny Dukovany a historicky nejvyššího počtu obyvatel dosáhlo v roce 1994, kdy jich zde žilo přes 40 tisíc^[2]. Od té doby počet obyvatel klesá.



Obrázek 1: Česká republika s vyznačením Kraje Vysočina a Třebíče
(zdroj: Mapy.cz + úprava autor)

3.2 Silniční síť v okolí města

Ze silnic I. třídy prochází městem od východu na západ silnice I/23 (Brno – Třebíč – Telč – Jindřichův Hradec). Z okresních cílů leží na této silnici město Náměšť nad Oslavou.

Dále zde prochází několik silnic II. třídy. Severní větev silnice II/360 nabízí nejkratší cestu k dálnici D1. Vzdálenost ke sjezdu 146 (Velké Meziříčí východ) je 24 km. Jižní větev silnice II/360 vede do města Jaroměřice nad Rokytnou, resp. Moravské Budějovice.

Od severu k jihovýchodu kříží město silnice II/351, jejíž severní větev je alternativní cestou k dálnici D1 (35 km, sjezd 119). V Třebíči najdeme tuto silnici pod směrovou tabulí „Kamenice“. Jihovýchodní větev (směrová tabule „Hrotovice“) slouží pro dojíždějící do elektrárny Dukovany. Počet denně dojíždějících je 832^[3].

Mezi další patří silnice II/410, která odbočuje ze silnice I/23 na JZ a vede do přilehlého městyse Stařeč a dále do městyse Želetava.

Poslední významnou komunikací je II/405, která odbočuje z I/23 na severovýchod ve vzdálenosti 1,8 km za hranici města a tvoří nejrychlejší cestu do Jihlavy, krajského města. Denní vyjížďka do Jihlavy činí 526 osob a je po Dukovanech druhou nejvyšší. Třetí je Brno s 302 osobami. Všechny komunikace, včetně městyse Stařeč, lze vidět na obrázku 2.

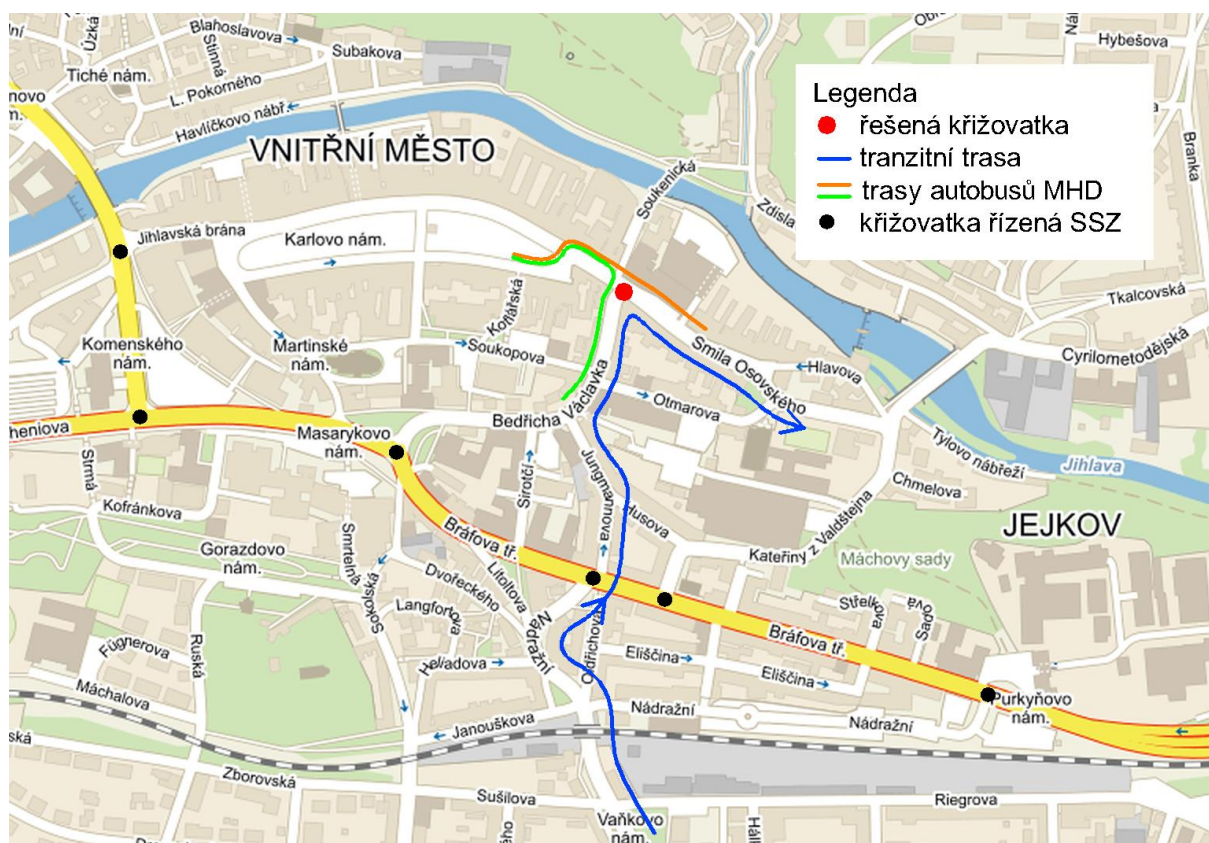


Obrázek 2: Významné cíle na komunikacích I. a II. třídy (zdroj: Mapy.cz + úprava autor)

3.3 Silniční síť na území města

Všechny silnice jmenované v kapitole 3.2, které vedou po území města, můžeme zařadit z dopravně urbanistického hlediska do kategorie B, sběrné komunikace. Jsou hojně využívány i pro vnitroměstskou dopravu. Jedinou mimoúrovňovou křižovatkou na území

města je napojení JZ větve silnice II/351 na silnici I/23. Jak je také patrné z obrázku 2, každá z komunikací využívá pro průchod městem část komunikace I/23. Silnice II/360 je z jižní strany napojena do II/351, avšak ze znalosti místních poměrů lze říct, že pro cesty ze směru silnice II/360 do centra města a do jeho severní a západní části je využívána spojnice mezi II/360 a I/23, která je přímým pokračováním II/360. Na obrázku 2 je patrná jako tlustší bílá komunikace. Vede středem čtvrti Horka-Domky a pod železniční tratí, kde je světlá podjezdná výška 3,0 m. V rámci popisované cesty na sever města je pak možné pokračovat jednosměrnou ulicí Jungmannova, která se v blízkosti řešené křižovatky připojuje do ulice Bedřicha Václavka. Trasu naznačuje modrá šipka na obrázku 3. Auta pak projíždějí řešenou křižovatkou po hlavní komunikaci. Ulicí Jungmannova smějí projíždět pouze vozidla do celkové hmotnosti 2,5 t.



Obrázek 3: Komunikace v okolí řešené křižovatky včetně významných dopravních směrů (zdroj: Mapy.cz + úprava autor)

3.4 Řešená křižovatka

Řešená křižovatka je čtyřramennou úroňovou křižovatkou se zalomenou předností v jízdě. Hlavní silniční komunikace vede ve směru modré šipky na obrázku 3. V podkapitolách jsou rozebrány jednotlivé vjezdy. Hlavní komunikace je silnicí č. III/36062. Zbylé dvě komunikace jsou bez číselného označení. Vnitřní úhel mezi rameny hlavní komunikace je ostrý, 69°.

3.4.1 Bedřicha Václavka

Tento vjezd vede z jihu. Je jediným, kde se v současné době nacházejí řadící pruhy. Jeden řadící pruh vede pouze doprava a umožňuje jízdu po hlavní komunikaci, do ulice Smila Osovského. Druhý řadící pruh vede rovněž do ulice Soukenická a doleva do ulice Jejkovská brána. Levé odbočení je využíváno autobusy MHD. Aby byla zajištěna lepší průjezdnost pro autobusy v opačném směru, jsou řadící pruh a stop čára vychýleny doprava. Pohled na řešenou křižovatku z ulice Bedřicha Václavka je na obrázku 4. Šířka komunikace na počátku řadících pruhů je asi 10,1 m, v místě přechodu pro chodce pak asi 10,5 m. Šířka přechodu pro chodce je 3 m. Přechod není dělen ostrůvkem.

Na výjezdu z křižovatky touto ulicí je značka č. B 28 (zákaz zastavení).

Sklon komunikace je 5,7 %, klesá ve směru do křižovatky.



Obrázek 4: Vjezd do křižovatky ulicí Bedřicha Václavka (foto autor, 28. 4. 2016)

3.4.2 Smila Osovského

Ulice Smila Osovského je východním vjezdem do křižovatky. Nejsou zde řadící pruhy, ale po pravé straně se před přechodem pro chodce nachází záliv se šikmým parkovacím stáním. Stání je opatřeno značkou č. IP 13b (parkoviště s parkovacím kotoučem), která platí po dobu

od 8:00 do 17:00 v pracovní dny a od 8:00 do 11:00 v sobotu. Dále se zde nachází jedno místo pro osoby ZTP. Vedle tohoto místa je vjezd do dvora budovy pošty. Přímo před budovou pošty je vodorovná dopravní značka č. V 12c (zákaz zastavení). Situaci zachycuje obrázek 5, fotografie je vyfocena ve směru vjezdu, přechod pro chodce náleží ke křižovatce. Šířka přechodu je 3 m. Šířka komunikace v místě přechodu pro chodce je asi 16,8 m. Šířka poježděné části komunikace, přes kterou vede je přechod, je pouze asi 9,9 m. V nejširším místě prostoru zálivu parkoviště je šířka mezi obrubami komunikace 17,9 m.

Na výjezdu z křižovatky touto ulicí je značka č. B 28 (zákaz zastavení).



Obrázek 5: Vjezd do křižovatky ulic Smila Osovského a krátkodobé parkování (foto autor, 28. 4. 2016)

3.4.3 Soukenická

Jde o pro motorovou dopravu slepou ulici, která má charakter pěší zóny. Výjezd z křižovatky touto ulicí je označen značkou č. B 1 (zákaz vjezdu) s dodatkovou tabulkou č. E 13 (mimo dopravní obsluhy) a značkou č. IP 10a (slepá pozemní komunikace). Ve směru vjezdu do křižovatky je značka č. P 6 (stůj, dej přednost v jízdě). Celá ulice má jednotnou výškovou úroveň a šířku asi 9,4 m. Je vydlážděna malými dlažebními kostkami. Ve vzdálenosti asi 2,75 m od budovy na levé straně (ve směru výjezdu z křižovatky) je pomocí hladké dlažby vyznačena hrana mezi „chodníkem“ a „vozovkou“. Je pokračováním obloukové obruby na rohu křižovatky. Pokud by stejným způsobem pokračovala obruba i na opačné straně vozovky, bylo by možné šířku „vozovky“ změřit s výsledkem 5,2 m. V současném stavu není přes vozovku vyznačen přechod pro chodce. Ulici je možno vidět v pozadí fotografie ulice Bedřicha Václavka (obrázek 4). Ulice slouží zejména chodcům jako spojnice centra města a Týnského údolí, které nabízí výhradně pěší cestu do sídlišť na severu města.

3.4.4 Jejkovská brána

Tato ulice je západním vjezdem do křižovatky. Nese historický název podle toho, že je jedním z výjezdů z historického centra města, Karlova náměstí. Nejsou zde žádné parkovací pruhy ani pásy, v každém směru je jeden jízdní pruh. V obou směrech je zakázáno parkování značkou č. B 28 (zákaz zastavení). Výjezd z křižovatky touto ulicí není umožněn autobusům, nákladním vozidlům a traktorům na základě značky č. B 12 (zákaz vjezdu vyznačených vozidel), s dodatkovou tabulkou č. E 13 (mimo dopravní obsluhy). Projíždí tudy 7 z 10 linek MHD.

Vzhledem k blízkosti této ulice Karlovu náměstí a obchodům v ní je hojně využíván přechod pro chodce přes ni. Délka přechodu pro chodce, stejně jako šířka komunikace, je asi 8,9 m. Šířka přechodu je 3 m. Fotografie ve směru vjezdu do křižovatky je na obrázku 6.



Obrázek 6: Vjezd do křižovatky z Karlova náměstí ulicí Jejkovská brána, v pozadí si povšimněte věžičky dnes již zbourané nemocniční kaple. (foto autor, 28. 4. 2016)

3.4.5 Významné zdroje a cíle přepravy v okolí křižovatky

Prvním z nich je pošta na rohu ulic Soukenická a Smila Osovského. Budova pošty má dva vjezdy, po jednom na každé z těchto ulic. Vjezdy jsou používány služebními auty České pošty. Návštěvníci pošty mohou parkovat na krátkodobém parkovišti před budovou pošty.

Obchodní dům, který se nachází vedle pošty, má vlastní placené parkoviště ze zadní strany budovy. Na parkoviště se odbočuje z ulice Smila Osovského, hranice této křižovatky je od hranice řešené křižovatky vzdálena 50 m. Prostor (bez odbočky) lze vidět na obrázku 5.

Roh mezi ulicemi Soukenická a Jejkovská brána je tvořen domy s obchody, které jsou zásobovány z obou těchto ulic.

Na ulici Bedřicha Václavka se nacházejí různé obchody, které mají zásobování pouze z této ulice.

Posledním významným cílem v okolí křižovatky je samotné Karlovo náměstí jako centrum obchodů a služeb města a také jako centrální přestupní bod systému MHD (dohromady 6 odjezdových stání a 2 příjezdová, resp. odstavná). Ve východní části Karlova náměstí se nalézá placené parkoviště se 120 místy. Po vnějším obvodu náměstí pak lze napočítat (podle uspořádání parkujících vozidel) asi 80 až 100 stání přístupných s parkovací kartou.

4 Dopravní průzkum

Za účelem zjištění různých dopravních parametrů – jak kvantitativních, tak kvalitativních – byl proveden průzkum pomocí videokamer, z jejichž záznamu lze vše potřebné vysledovat opakovaným sledováním a zaznamenáváním. V reálném čase by bylo v jednom člověku zachycení všech sledovaných jevů nemožné. Z fakulty byly zapůjčeny 3 širokoúhlé kamery s externí baterií a sadou pro upevnění na sloupy veřejného osvětlení. Průzkum probíhal v běžný pracovní den (podle definice TP 189^[5]), a to ve čtvrtek 28. 4. 2016 od 6:00 do 18:00. Počasí v den průzkumu bylo příznivé, teplota od 8°C do 12°C, oblačno a krátce se vyskytla slabá přeháňka po 13. hodině.

K rozmístění kamer: jedna kamera sledovala křižovatku jako celek a její záznam byl použit pro spočtení vozidel vjíždějících do křižovatky z ulic Jejkovská brána a Bedřicha Václavka a pro zjištění počtu chodců na přechodech přes ulici Soukenickou a Bedřicha Václavka.

Druhá kamera zabírala ulici Smila Osovského, přechod pro chodce přes tuto ulici, poštu a parkoviště na této ulici.

Třetí kamera pak mířila ulicí Jejkovská brána směrem do Karlova náměstí, odkud přijíždějí autobusy městské hromadné dopravy. Sledován byl i přechod pro chodce v Jejkovské bráně.

Samotné sčítání vozidel na videozáznamu probíhalo v několika dnech při zrychleném přehrávání s použitím vlastního konzolového programu, který umožňuje rozlišit druhy vozidel a 5 směrů jízdy. Lze v něm oddělovat intervaly měření, tak bylo činěno po 5 minutách. Program v činnosti lze vidět na obrázku 7.

```
Auto smer 2 zapocteno.  
Auto smer 3 zapocteno.  
Auto smer 2 zapocteno.  
Auto smer 1 zapocteno.  
Cekam na smer MHD.  
MHD jede smerem 3.  
Auto smer 2 zapocteno.  
Auto smer 3 zapocteno.  
Auto smer 1 zapocteno.  
Interval 1 ulozen, hodnoty vynulovany.  
Auto smer 3 zapocteno.  
Auto smer 2 zapocteno.  
Cekam na smer lehkeho nakladu.  
Lehky naklad jede smerem 2.
```

Obrázek 7: Program na sčítání intenzit dopravy v činnosti (reprofoto autor)

Další analýza záznamu měla za cíl zmapovat všechny dopravní pohyby a dopravní chování přítomné v křižovatce. Jednotlivé sledované kategorie jsou blíže rozpracovány v jednotlivých částech.

4.1 Průzkum intenzit dopravy

Cílem průzkumu bylo zjistit intenzitu provozu v jednotlivých hodinách.

4.1.1 Rozlišení druhů vozidel

Při průzkumu byly rozlišovány druhy vozidel nad rámec hodnot potřebných pro stanovení intenzit. Jen orientační hodnotou jsou počty dodávek, které do následných výpočtů vstupují již jako osobní auta. Za dodávku bylo považováno každé auto, které vypadalo jako užitkové, tzn. bylo vyšší, často se zalepenými zadními okny, případně auto s firemním potiskem splňujícím předchozí kritéria.

Další rozlišení bylo na lehká nákladní vozidla, která jsou následně ve výpočtech agregována s těžkými nákladními vozidly (za celou dobu průzkumu se vyskytlo pouze jedno). Rozlišení lehkých nákladních vozidel nebylo jednoduché a je možné, že malé procento vozidel klasifikovaných jako LNA by patřilo správně do kategorie osobních automobilů (resp. dodávek).

Vzhledem k blízkosti centrální autobusové zastávky se v křižovatce často pohybují autobusy MHD, ale také se zde vyskytují linkové autobusy. Obě kategorie byly sečteny zvlášť, ale ve výsledných intenzitách vystupují jako autobusy.

Motocyklů se v křižovatce mnoho nevyskytlo, řádově jednotky za celý den, u cyklistů byl počet ještě nižší a nejsou v průzkumu zaznamenáni.

4.1.2 Výstupy: hodinové intenzity

Prvním výstupem průzkumu je příloha č. 4 „Hodinové intenzity“, která zobrazuje skutečné naměřené hodnoty intenzit po jednotlivých hodinách (6:00 – 18:00). Tato příloha byla vytvořena pro vyhodnocení změn intenzit hlavních dopravních proudů na křižovatce v průběhu dne. Hodnoty pro ulici Soukenickou jsou v řádu jednotek a pro návrh světelné signalizace nemají zásadní význam a nejsou součástí zátěžových diagramů intenzit.

Vjezdy na tuto ulici a výjezdy z ní probíhají náhodně po celý den a jejich součet za dobu 6:00 – 18:00 je 85. Dle přepočtů podle TP 189 ^[5] jde o 88 % roční průměrné 24h intenzity. Důležitá je interpretace naměřené hodnoty, která zní, že každou hodinu vyjíždějí z ulice 3 až 4 vozidla.

4.1.3 Výstupy: intenzita špičkové hodiny

Protože byl průzkum proveden v běžný pracovní den, je možné špičkovou hodinu určit jako maximum z intenzit naměřených v době průzkumu. Maximum na vjezdu Bedřicha Václavka bylo mezi 14. a 15. hodinou, nejvyšší intenzita zbylých vjezdů nastala mezi 16. a 17. hodinou. Intenzita křižovatky (tj. součet intenzit všech vjezdů) byla nejvyšší v čase 16:00 – 17:00, proto je jako I_{sh} uvažována právě tato hodina.

4.1.4 Výstupy: roční průměr denních intenzit

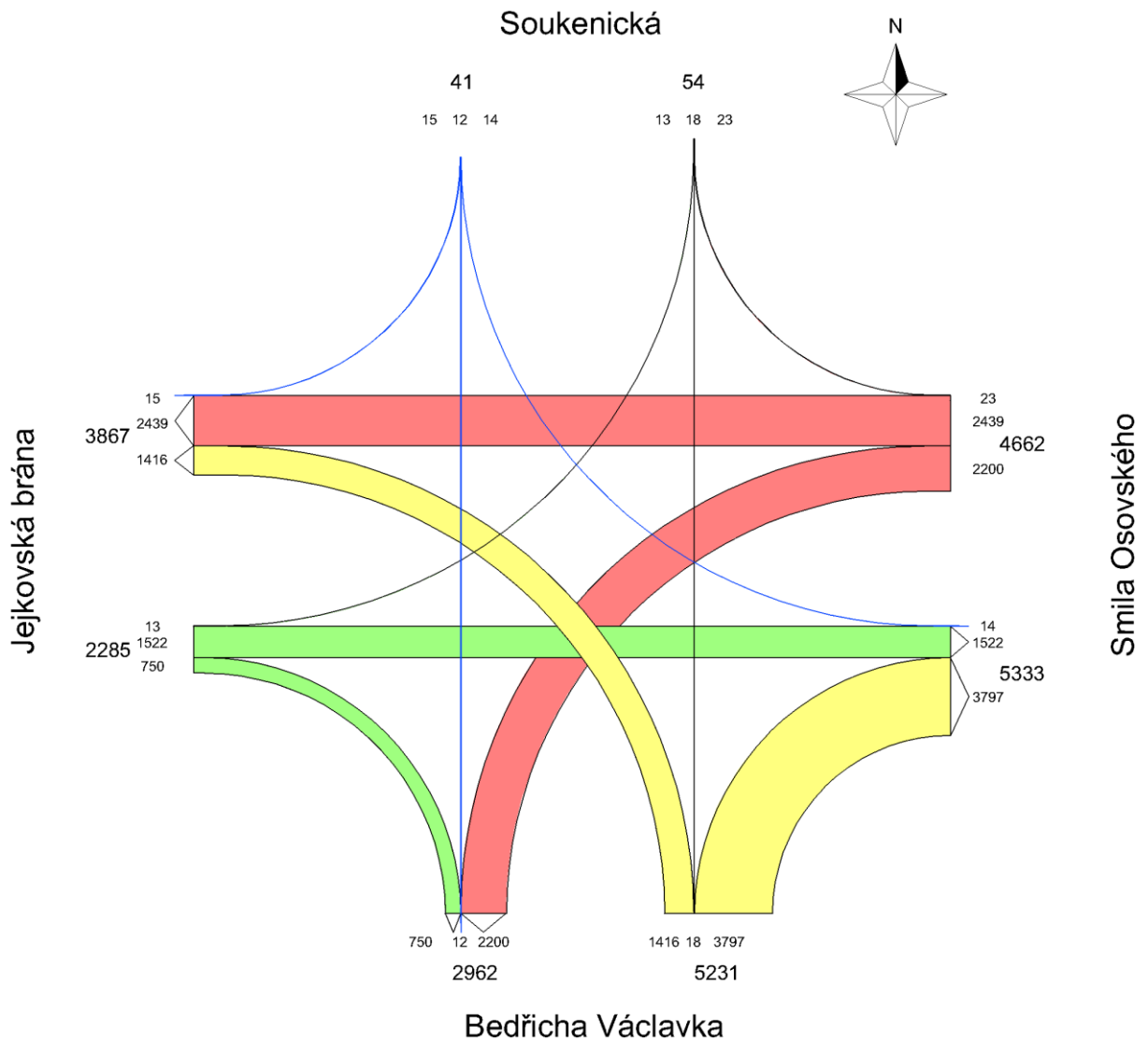
Pro případnou možnost srovnání s komunikacemi, které jsou zahrnuté v celostátním sčítání dopravy, a také pro další dopravně inženýrské výpočty byl vypočten tzv. roční průměr denních intenzit (RPDI).

Pro přepočet bylo nutné určit třídu komunikace a charakter provozu. Hlavní komunikace je silnicí III. třídy a vedlejší komunikace je místní komunikací, byly proto použity průměry přepočtových koeficientů pro silnici III. třídy a místní komunikaci.

U komunikace III. třídy bylo třeba vybrat charakter provozu (hospodářský, smíšený, rekreační letní, rekreační zimní). Dle znalosti místních poměrů byl určen charakter komunikace jako hospodářský, což znamená, že se odhaduje, že provoz v neděli od 16:00 do 20:00 je o více než 15 % slabší než provoz v pracovním dni od 13:00 do 17:00.

Podle doby průzkumu, dne v týdnu a měsíce byly vypočteny koeficienty pro jednotlivé druhy vozidel. Koeficienty lze nalézt v příloze č. 1 „Intenzita dopravy“, list „Koeficienty“. Finálně užitý přepočtový koeficient je v řádku 46. V listu „Hodinové intenzity podle druhů“ se vstupní hodnoty pro výpočet RPDI nacházejí v řádku 32 (označeném šedě) a výsledná hodnota RPDI v řádku 34 (označeném modře).

Zátěžový diagram sestavený z hodnot RPDI pro všechny vjezdy je na obrázku 8.



Obrázek 8: Roční průměr denních intenzit na sledované křižovatce (zdroj dat: příloha č. 1)

4.1.5 Padesátirázová hodinová intenzita

TP 189 umožňují dva způsoby určení padesátirázové hodinové intenzity.

Prvním ze způsobů je přepočítání z intenzity špičkové hodiny běžného pracovního dne, ve 4.1.3 určené jako hodina od 16:00 do 17:00. Přepočítání se provede přenásobením hodnot naměřených ve špičkové hodině koeficientem $k_{BPD,50}$, který je stanoven pro všechny komunikace shodně na hodnotu 1,13. Hodnoty vypočtené touto metodou jsou v příloze č. 1 „Intenzita dopravy“, na listu „Hodinové intenzity podle druhů“, v řádku 46 označeném oranžově. Zátěžový diagram zobrazující tyto hodnoty je na prvním výkresu přílohy č. 5.

Pokud není k dispozici dopravní průzkum z vhodného období, umožňují TP 189 vypočítat padesátirázovou hodinovou intenzitu z RPDl. Hodnota přepočtového koeficientu je rozdílná pro různé druhy komunikací. Pro integritu postupu byl tento koeficient určen stejně jako při

výpočtu RPDI jako průměr koeficientu pro silnici III. třídy s hospodářským charakterem provozu a koeficientu pro místní komunikace. Takto vypočtená I_{50} je taktéž v příloze č. 1 „Intenzita dopravy“, v listu „Hodinové intenzity podle druhů“, v řádce 39 označeném červeně. Grafické znázornění je na druhém výkrese přílohy č. 5.

Při srovnání obou diagramů lze nalézt rozdíly, za něž může nevyrovnanost v jednotlivých proudech v různých hodinách. V RPDI jsou tyto hodnoty zprůměrovány, proto je u I_{50} z RPDI na ulici Bedřicha Václavka vyšší intenzita než u I_{50} z I_{sh} .

4.2 Průzkum zdržení autobusů

Průzkum zdržení probíhal pouze na vjezdu do křižovatky z vedlejší silnice (tj. z ulice Jejkovská brána), neboť příjezdy autobusů po hlavní silnici probíhají většinou bez zdržení. Technika provedení průzkumu byla následující: byl zvolen bod v určité vzdálenosti před křižovatkou. Jakmile autobus projel tímto bodem (případně do něj přijel a zastavil zde), byl odečten čas videozáznamu. Autobus nacházející se v tomto bodě lze vidět na obrázku 9.



Obrázek 9: Autobus MHD nacházející se v prvním bodě pro měření zdržení (reprofoto z průzkumu)

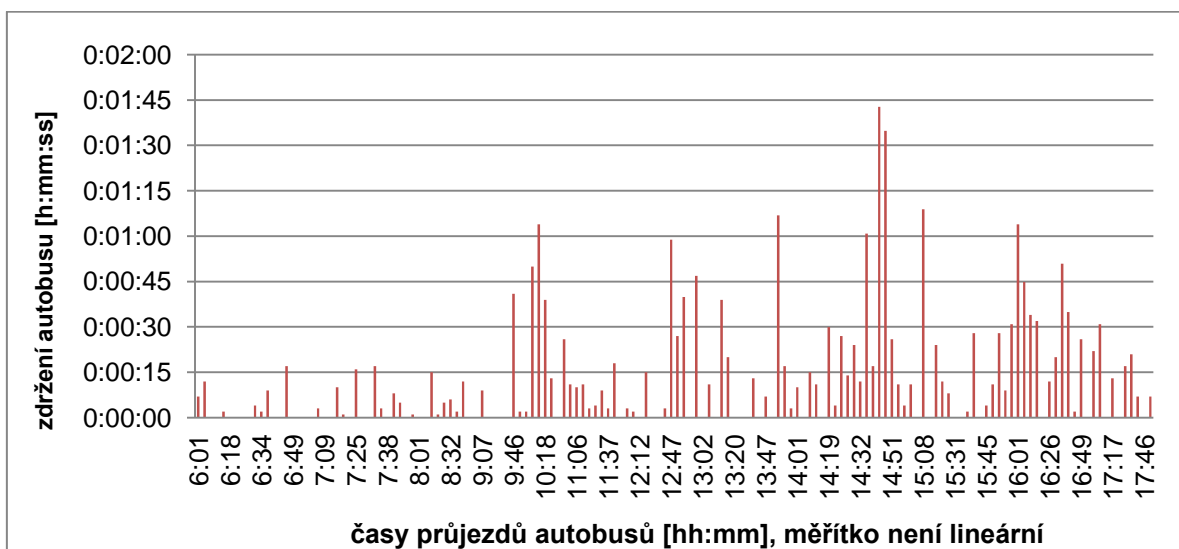
Druhý bod, ve kterém byl následně odečítán čas, odpovídal momentu, kdy autobus opouštěl záběr kamery. To znamená, že byl již v takové míře najetý v křižovatce, že další zdržení zde obdržel jen zřídka. Odečítaná pozice je na obrázku 10.



Obrázek 10: Autobus MHD nacházející se v bodě opouštění křižovatky (reprofoto z průzkumu)

Minimální doba průjezdu mezi těmito dvěma body, která byla zaznamenána, činila 7 s. Většina hodnot nezdržených průjezdů se pohybuje od 7 do 9 s. Delší doba již znamená zdržení, které lze tedy definovat jako dobu průjezdu mezi měřicími body poníženou o 9 s. Graf zachycující zdržení jednotlivých autobusů lze vidět na obrázku 11.

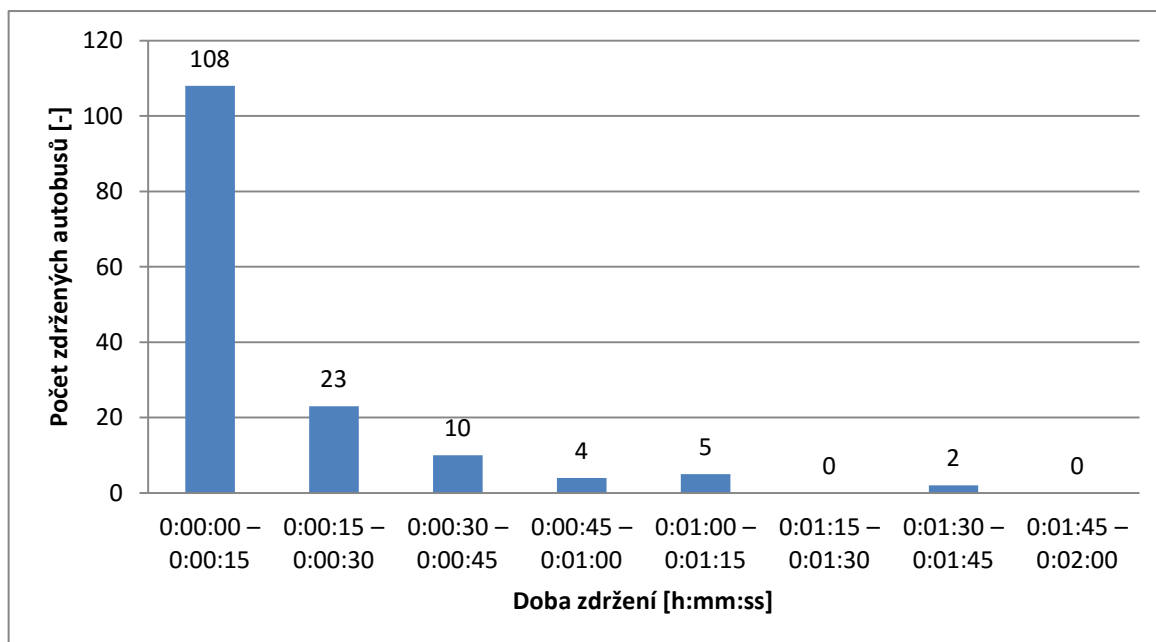
Pokud autobus zastavil vlivem kolony před křižovatkou dříve než v poloze na obrázku 9, byl náhradou za první bod použit čas vjezdu do záběru. Doba průjezdu celým záběrem byla podle nezdrženého autobusu stanovena na 15 s.



Obrázek 11: Graf zdržení jednotlivých autobusů MHD na vjezdu Jejkovská brána (zdroj: příloha č. 2)

Lepší přehled o četnostech výskytu jednotlivých hodnot zpoždění nabídne obrázek 12. Z celkového počtu 152 spojů, které tudy projížděly, bylo 108 spojů zdrženo o méně než 15 s.

To je 71 % všech spojů. Zdržení v rozmezí 1 a 2 minut získalo 7 spojů, což je 4,6 %. Nad 2 minuty nebyl zdržen žádný spoj.



Obrázek 12: Histogram dob zdržení jednotlivých spojů na vjezdu Jejkovská brána (zdroj: příloha č. 2)

Z uvedených grafů vyplývá, že zdržení na této křižovatce je spíše výjimečné a že k zásadnímu zdržení dochází náhodně v průběhu celého dne, od 10 až do 17 hodin.

Záznam průjezdu všech autobusů je v příloze č. 2 „Chodci a autobusy“.

4.3 Průzkum intenzit chodců

Orientační průzkum chodeckých intenzit byl proveden na všech přechodech pro chodce jednak sčítáním a jednak pozorováním. Pozorování ukázalo, že většina chodců, kteří přecházejí, využívají k přejití vozovky přechody pro chodce. Mimo přechod přešlo přes ulici Jejkovská brána 45 osob, což je 1,7 % z celkového počtu zde přecházejících. Na hlavní komunikaci je tato hodnota opticky ještě nižší a nebyla v průzkumu systematicky sledována.

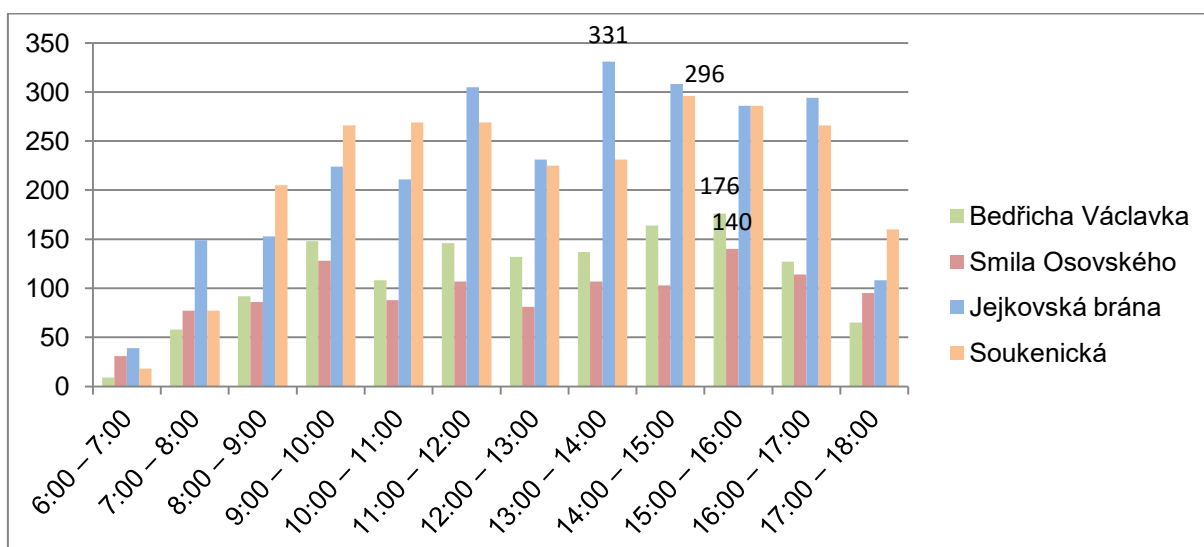
Prvním z výstupů je graf denní variace (obrázek 13). Hodnoty v jednotlivých hodinách velmi oscilují, a proto nelze průběh intenzit po jednotlivých hodinách nijak zobecnit. Využití jednotlivých přechodů lépe ukazuje obrázek 14 – zátěžový diagram za celých 12 h.

Podstatnější je v tomto grafu sledovat nárůst pěší dopravy po 7:00, který je způsoben také blízkostí školských zařízení. V hodině 7:00 až 8:00 přechází na t. č. nejvytíženějším přechodu přes Jejkovskou bránu 84 % ve směru do centra, resp. ke školám. Po zbytek dne (kromě času 9:00 až 10:00) je již podíl nepatrně vyšší ve směru z centra.

Na přechodu přes ulici Bedřicha Václavka je poměr počtů přecházejících v jednom a druhém směru vyrovnaný v průběhu celého dne.

Na ulici Smila Osovského je do 10:00 vyšší podíl chodců ve směru k ulici Bedřicha Václavka, od 10:00 do 18:00 je pak vyšší v opačném směru. Vyšším podílem je myšleno asi 60 %.

Pro další práci budou potřebné i maximální hodinové intenzity, kterých jednotlivé přechody nedosahují ve stejných hodinách. Na ulici Jejkovská brána mají na maximální hodnotě (v hodině 13:00 až 14:00) podíl žáci a studenti škol v centru.

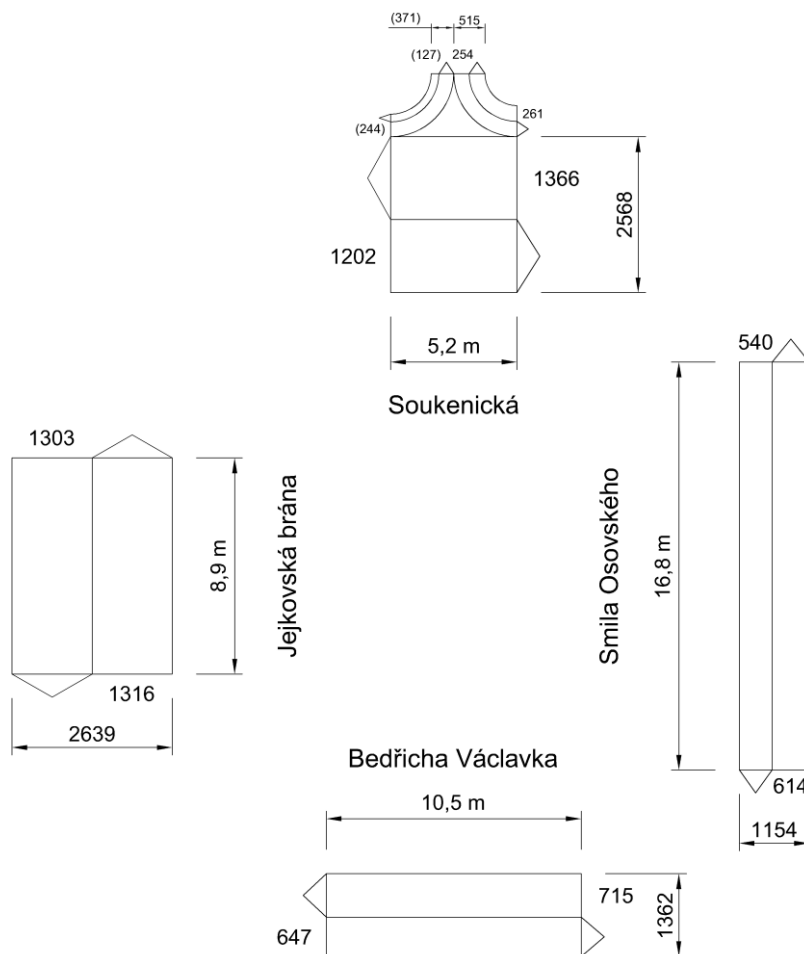


Obrázek 13: Hodinové intenzity na jednotlivých přechodech na křižovatce a vyznačení maximálních hodnot (zdroj: příloha č. 2)

Bližší informace k podílům chodeckých intenzit lze nalézt v příloze č. 2 „Chodci a autobusy“.

Druhým výstupem je zátěžový diagram intenzit chodců (obrázek 14). Můžeme z něj vyzorovat určitou souvislost mezi počtem přecházejících a délkou přechodu, která je součástí diagramu. Délka přechodu není však jediným určujícím parametrem, pravděpodobně záleží také na intenzitě proudu vozidel a jejich rychlosti, které jsou na hlavní komunikaci vyšší.

Zvláštní pozornost byla v diagramu věnována ulici Soukenická. Protože pěším slouží celá její plocha, byl sledován i počet chodců odbočujících do této ulice a z ní. Bohužel z důvodu nasměrování kamery a úhlu záběru nebylo možno vidět všechny chodce jdoucí kolem rohu Jejkovská brána – Soukenická, proto tyto hodnoty nejsou validní, v zátěžovém diagramu jsou v závorkách. Skutečný počet lze odhadnout jako vyšší než u druhého sledovaného rohu Smila Osovského – Soukenická.



Obrázek 14: Zátěžový diagram intenzit chodců od 6:00 do 18:00, s vyznačením délky přechodů, hodnoty v závorkách jsou neúplné (zdroj dat: příloha č. 2)

Z vlastní zkušenosti řidiče lze říci, že v Jejkovské bráně se těžko odhaduje, který z chodců na jdoucí podél komunikace hodlá přejít, protože na pravé straně (ve směru vjezdu do křižovatky) je chodník u přechodu široký pouze 2 m. Ze zkušenosti chodce i z pozorování videozáznamu je patrné, že chodec přecházející Jejkovskou bránu má občas zhoršený výhled na vozidla přijíždějící od křižovatky. Překážkou ve výhledu je rozměrnější vozidlo (např. autobus) čekající na možnost vjet na hlavní komunikaci.

Na přechodech přes hlavní je pak situace pro chodce horší z důvodu vyšší rychlosti vozidel a délek přechodů. Na ulici Smila Osovského byly zaznamenány případy přecházení s nutností chodce zastavit jak u kraje pojezděné části vozovky, tak mezi oběma jízdními pruhy. Při příjezdu k přechodu z ulice Bedřicha Václavka je rozhled na přechod zhoršen ostrým úhlem mezi komunikacemi, malou šířkou chodníku (rohová budova zasahuje výrazně do rozhledového úhlu), sloupem veřejného osvětlení a A sloupkem vozidla. Sekvenci průjezdu po hlavní komunikaci z pohledu řidiče ukazuje obrázek 15.



Obrázek 15: Sekvence průjezdu křižovatkou po hlavní silniční komunikaci mezi ulicemi Bedřicha Václavka a Smila Osovského a pohled na chodce čekajícího na ulici Smila Osovského (foto autor, 29. 7. 2016)

Na ulici Bedřicha Václavka může být rozhled ztížen opět autobusem dávajícím přednost vozidlům na hlavní (situace je vyobrazena na obrázku 16) a problémy chodcům mohou činit také 3 pruhy komunikace.



Obrázek 16: Chodci přecházející ulici Bedřicha Václavka mohou mít problém s rozhledem (reprofoto z průzkumu)

Mezi významné zdroje a cíle přecházejících chodců patří na ulici Smila Osovského zejména ulice Soukenická, pošta (na obrázku 5, vchod pro návštěvníky je vlevo od velkých dřevěných vrat) a lékárna (zelený rohový dům na obrázku 16). Všechny tyto 3 zdroje se nacházejí od přechodu pro chodce blíže ke středu křižovatky.

Na ulici Jejkovská brána pak z pozorování vyplynulo jako významný zdroj a cíl cest přes přechod Občerstvení Koruna (k vidění na obrázcích 9 a 10 a také po pravé straně ulice na obrázku 6). Vstup do tohoto občerstvení se vůči přechodu přes ulici Jejkovská brána nachází dále od křižovatky. Naopak ranní proud chodců spíše vyžaduje přechod blíže ke křižovatce.

4.4 Průzkum parkování na ulici Smila Osovského

4.4.1 Způsob provedení

Po dobu průzkumu bylo sledováno parkoviště u pošty na ulici Smila Osovského – 6 parkovacích míst a 1 místo pro ZTP (vše na obrázku 5). Parkovací místo pro ZTP není

v režimu omezené délky parkování, proto není v některých statistikách započteno. Cílem průzkumu bylo zjistit obrat parkujících a dodržování maximální dovolené doby stání 30 minut. Jako doplňkový parametr byl sledován druh vozidel (zda je o dodávku z definice ve 4.2) a také směr příjezdu a odjezdu, tedy zda dochází k přejíždění značky č. V 13a (šikmé rovnoběžné čáry) ve středu komunikace. Doba parkování byla zaznamenávána po celých minutách, proto je v datech možná nepřesnost v rozmezí ± 1 minuty. Nejkratší zaznamenateľný čas 1 minuta vyjadřuje dobu parkování až do délky 1 minuty a 59 sekund.

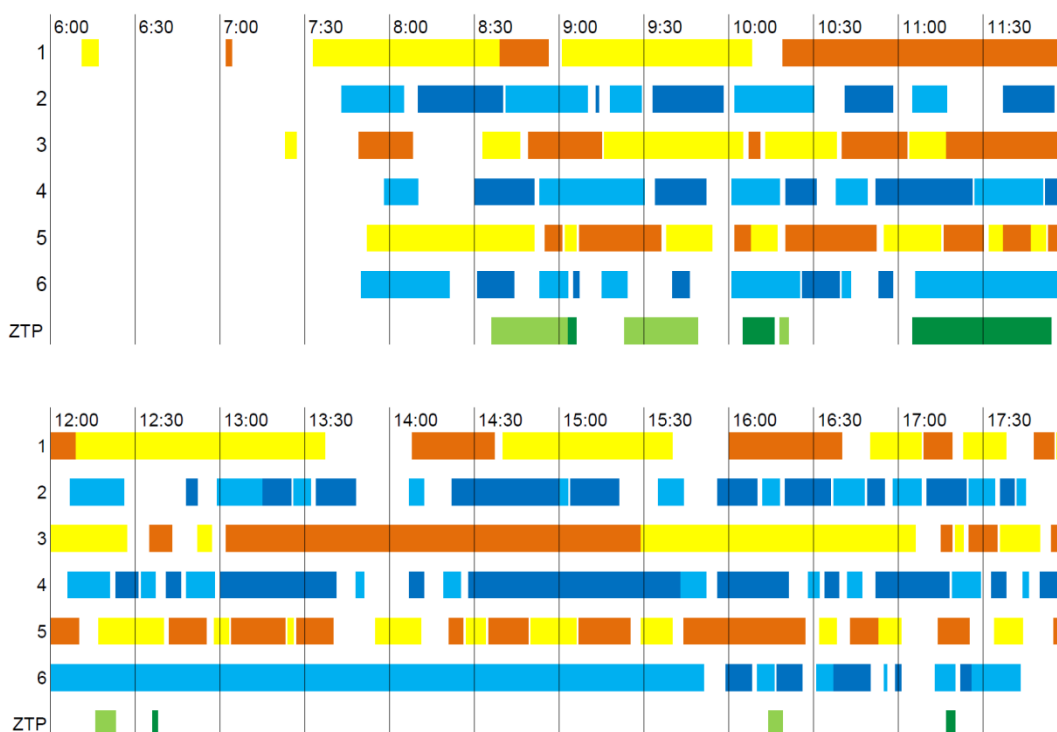
4.4.2 Výstupy z průzkumu

Prvním výstupem je tabulka 1, která ukazuje, kolik z celkového počtu parkujících bylo dodávek a kolik řidičů na parkoviště přijelo nebo odjelo z opačné strany komunikace.

celkový počet parkujících	153	
počet dodávek	12	7,8 %
příjezd od křižovatky, odjezd směr Smila Osovského	6	3,9 %
příjezd od křižovatky, odjezd ke křižovatce	22	14,4 %
příjezd ze Smila Osovského, odjezd směr Smila Osovského	4	2,6 %

Tabulka 1: Statistika směrů příjezdů na parkovací stání a odjezdů z nich (zdroj: příloha č. 3)

Detailním výstupem je záznam všech parkujících za celou dobu průzkumu (obrázek 17).



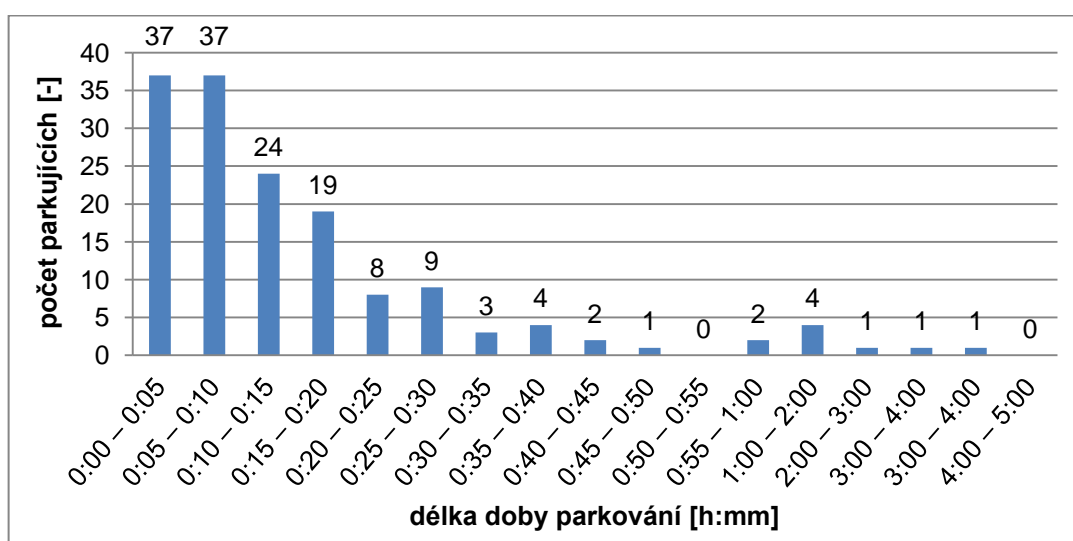
Obrázek 17: Znázornění časového využití jednotlivých míst v průběhu celé doby průzkumu, střídání barev v řádku ukazuje střídání aut (zdroj: příloha č. 3)

Jedno místo na parkovišti odpovídá jednomu pásu grafu. Každé liché a sudé parkující auto je rozlišeno pomocí různého barevného odstínu. Z videozáznamu není patrné, zda všechna auta parkující na místě pro osoby ZTP měla oprávnění zde parkovat.

Z uvedeného grafu lze vypočítat, že vyšší obrát parkujících nastává po 16. hodině. Dále lze vidět (např. na místě č. 3 mezi 9:00 a 11:30), že parkovací místo mnohdy nezůstalo volné ani celou minutu a okamžitě po vyjetí jednoho parkujícího bylo obsazeno druhým. Z pozorování videozáznamu také vyplynulo, že na některé řidiče se parkovací místa nedostane a situaci řeší zastavením v prostoru parkoviště či křižovatky (více v kapitole 4.5).

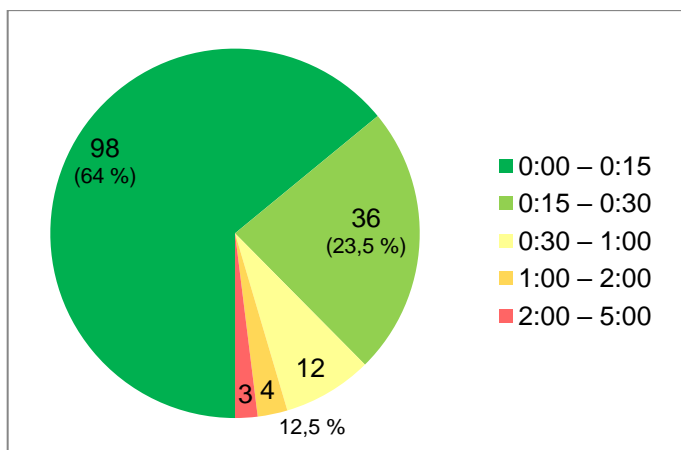
Z uvedeného také plyne, že kdyby někteří neohleduplní neblokovali parkovací místo po několik hodin, využilo by parkovací stání násobně větší množství řidičů.

Přehled o délkách dob využití parkovacích stání podá histogram dob parkování (obrázek 18). Ukazuje data za celou dobu průzkumu. Jednotky osy x nejsou lineární, v čase 1 hodina je zlom. V rámci intervalu 0:25 – 0:30 jsou počítána auta parkující maximálně po dobu 30 minut a 59 sekund.



Obrázek 18: Histogram délek parkování jednotlivých vozidel (zdroj: příloha č. 3)

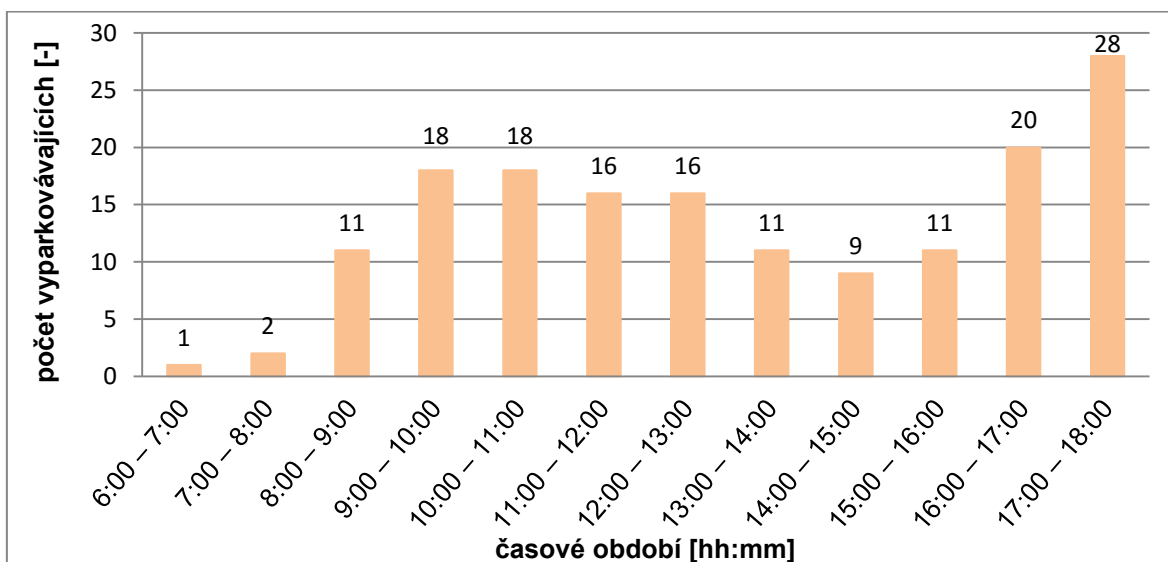
Doplněním histogramu je graf na obrázku 19, který ukazuje rozdělení parkujících podle doby stání. Je důležité poznamenat, že asi 40 % parkujících ze zelených částí grafu (stání do 30 minut) zde parkovalo mimo dobu platnosti omezující značky, nebyli tedy značkou ovlivněni, parkovali zde po omezenou dobu čistě z vlastní vůle a dle vlastní potřeby. Jedná se pravděpodobně o návštěvníky pošty, která má otevřeno až do 18 hodin.



Obrázek 19: Graf počtu parkujících podle délky stání v době od 6:00 do 18:00 (zdroj: příloha č. 3)

Surová data z průzkumu i jejich zpracování lze nalézt v příloze č. 3 „Parkování a zastavení“.

Dále byl zpracován graf počtu vyjíždějících z parkovacích míst v jednotlivých hodinách. Je na obrázku 20. Ukazuje, že nejvyšší počet vyjíždějících není v době dopravní špičky a že v době špičky tranzitního směru v křižovatce (pravé odbočení Bedřicha Václavka – Smila Osovského) je počet vyjíždějících naopak nejnižší (relativně vůči poledni a podvečeru). V době vyššího obratu na parkovišti vyjíždí z parkovacího místa auto asi každé 3 minuty, v odpolední špičce asi každých 6 minut a v čase od 17:00 do 18:00 pak asi každé 2 minuty.



Obrázek 20: Graf počtu vyjíždějících z parkovacích míst za každou hodinu, včetně parkovacího místa pro osoby ZTP (zdroj: příloha č. 3)

4.5 Průzkum krátkodobých zastavení

V oblasti křižovatky se pravděpodobně nachází mnoho zdrojů a cílů cest občanů, zásilkových služeb a přirozeně také doručovatelů České pošty. Hlavní komunikace tak

neslouží pouze tranzitní vnitroměstské dopravě, ale též přímé obsluze přiléhajících objektů. Z videozáznamu byl proto také sledován počet krátkodobě zastavujících na různých místech v okolí křižovatky. Za krátkodobé zastavení se považuje buď zastavení do 1 minuty délky, nebo na takovém místě, kde není dovoleno parkovat, v případě některých míst ani zastavovat.

4.5.1 Smila Osovského

Na ulici Smila Osovského auta často zastavují mezi jízdním pruhem a záděmi aut na parkovišti. Další místo ke krátkodobým zastavením se nachází před vraty do budovy pošty a poslední těsně před odbočkou do ulice Soukenické, kde je vodorovná dopravní značka č. V 12c (zákaz zastavení). Na úrovni tohoto místa jsou na budově pošty poštovní schránky. Dodávky České pošty buď vjíždějí do vrat pošty, nebo zastavují na místě u poštovních schránek. Počty zastavujících ukazuje tabulka 2.

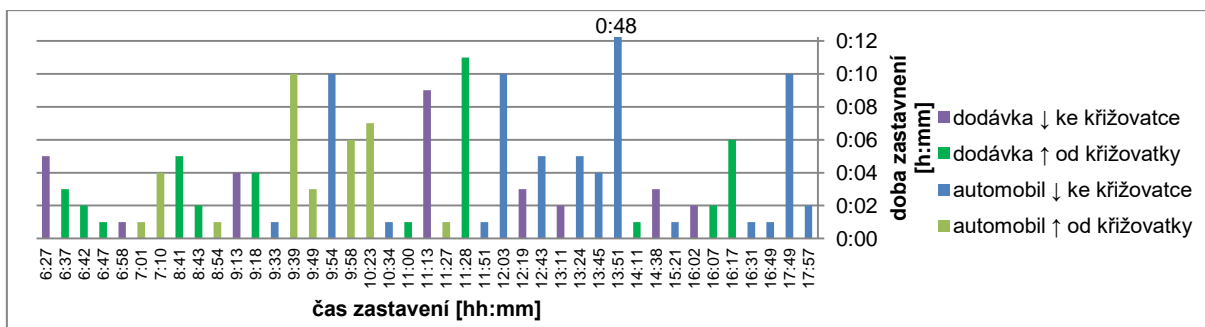
Místo zastavení	Počet vozidel	dodávek z „počtu vozidel“	vozidel České pošty z „počtu vozidel“	z toho vjíždějící/vyjíždějící
Zádě aut	23	1		
Vrata pošty	28	2	12	10
U pošt. schránek	14	0	7	
ZTP	2			

Tabulka 2: Statistika krátkodobých zastavení v ulici Smila Osovského (zdroj dat: příloha č. 3)

Doplňkové údaje k uvedeným hodnotám následují. Jedním z vozidel započtených „u pošt. schránek“ bylo TAXI, dalším bylo malé vozidlo svážející odpad. Celkem 3 vozidla započtená na pozicích „vrata pošty“ a „u poštovních schránek“ přijela od křižovatky, resp. z opačné strany komunikace. Jedna dodávka České pošty zastavila naproti poště na opačné straně ulice Smila Osovského. Většina zastavení počítaná v této podkapitole byla do 1 minuty délky, všechna zastavení proběhla do 3 minut délky, vyjma jednoho zastavení dodávky České pošty, které trvalo 7 minut.

4.5.2 Bedřicha Václavka

Krátkodobá zastavení v ulici Bedřicha Václavka lze hodnotit na obrázku 21. Za připomenutí stojí, že v ulici je ve směru ke křižovatce (v grafu modře a fialově) značka č. B 29 (zákaz stání) a ve směru od křižovatky (v grafu světle a tmavě zeleně) značka č. B 28 (zákaz zastavení). Dále jsou v grafu rozlišeny dodávky a osobní auta. Průměrná doba všech zastavení je 3 minuty a 48 sekund (při nezapočtení jednoho 48 minutového stání).



Obrázek 21: Graf dob zastavení na ulici Bedřicha Václavka (zdroj: příloha č. 3)

Celkem na této ulici zastavilo za dobu průzkumu 41 vozidel, z toho v jednom případě šlo o svoz odpadu a ve dvou o lehké nákladní vozidlo. Počty vozidel zastavujících v obou směrech jsou vyrovnané (19 ku 21) a průměrné doby zastavení taktéž (3:44 a 3:51). Patrně jsou nezávislé na zákazových značkách, které jsou pro každý směr různé. Podíl dodávek je okolo 50 %. Jedno z krátkodobých zastavení ve směru od křižovatky bylo učiněno vozidlem, které nenašlo volné parkovací místo na parkovišti ulici Smila Osovského, popisovaném v kapitole 4.2.

4.5.3 Jejkovská brána

Na ulici Jejkovská brána bylo celkově krátkodobých zastavení málo. Pokud se zde vyskytlo, pak šlo o dodávku do obchodu se sportovními potřebami. Díky absenci fyzického ostrůvku toto nezpůsobilo dopravní komplikace a projet zvládl i autobus MHD, vizte obrázek 22.



Obrázek 22: Dodávka v Jejkovské bráně je objížďena autobusem MHD (reprofoto z průzkumu)

4.5.4 Soukenická

V ulici Soukenická neproběhl ani průzkum parkování ani zastavení, ale protože je ulice slepá, lze počty zastavujících odhadnout z průzkumu intenzit.

Surová data z průzkumu i jejich zpracování lze nalézt v příloze č. 3 „Parkování a zastavení“, přibližný průměrný počet vozidel využívajících ulici Soukenická za celý den je pak na obrázku 8, v podkapitole 4.1.4 o ročním průměru denních intenzit.

4.6 Ojedinělé jevy během průzkumu

Během průzkumu bylo zaznamenáno několik událostí, které nespádají do žádné z předchozích kategorií. Tato kapitola jde zde uvedena pro uvedení do širších dopravních souvislostí a neměla by být při posuzování návrhů dopravních opatření na křižovatce opomíjena.

4.6.1 Couvání do Soukenické

První z událostí bylo nacouvávání nákladního vozidla do ulice Soukenické. Vozidlo přijelo z ulice Bedřicha Václavka a úvratí přes protisměrný pruh v ulici Smila Osovského se otočilo. Zachyceno v bodu úvratí je na obrázku 23. Provoz tím téměř nebyl ovlivněn.



Obrázek 23: Nákladní automobil v křižovatce při couvacím manévru do ulice Soukenické (rephoto z průzkumu)

4.6.2 Vylomené kolo

Druhým incidentem byla technická závada osobního automobilu, kterému se před křižovatkou vylomilo levé přední kolo. Naštěstí nejelo vysokou rychlostí a nikomu se nic nestalo. Průběh průzkumu událost nijak neovlivnila, protože silnice i přístup na parkoviště zůstaly průjezdné. Vozidlo totiž v době incidentu nejelo středem jízdního pruhu, pozici lze vidět na obrázku 24. Bylo odklizené za 45 minut.



Obrázek 24: Tmavý automobil, po vylomení LP kola se zastavil na dobrém místě (reprofoto z průzkumu)

4.6.3 Průjezd nejrozměrnějšího vozidla

V 16:52 projížděl křižovatkou kamion. Na obrázku 25 je zachycen, jak přejíždí střed křižovatky. Jednalo se o jediný výskyt takto rozměrného vozidla za celou dobu průzkumu.



Obrázek 25: Průjezd nejrozměrnějšího vozidla – kamion délky asi 13,62 m (reprofoto z průzkumu)

4.6.4 Otáčení na různých místech

Kromě jediného případu otáčení vozidla v křižovatce (příjezd od Smila Osovského a návrat tamtéž, v zátěžových diagramech nezanášeno) se vyskytovaly případy otáčení na téže ulici na úrovni parkoviště, a to jak ze směru od křižovatky (otáčení zpět ke křižovatce), tak i naopak.

5 Statistika dopravních nehod

Data za období 2007 – 2016 byla získána z databáze dopravních nehod ^[4] a jsou přehledně seskupena v tabulce, která je v příloze č. 6 „Tabulka dopravních nehod“. Obrázek 26 zachycuje přibližnou pozici všech nehod podle jejich přiřazených orientačních čísel, která jsou taktéž k nalezení v příloze č. 6.

Z dat plyne, že se zde vyskytují asi 2 nehody za rok. Většina nehod se stala za denního světla, dvě z nich za tmy. Nehoda č. 15 se stala večer, její příčinou bylo nesprávné otáčení nebo couvání, což může souviset s parkovacími místy popisovanými v kapitolách 3.4.2 a 4.4.

Nestandardní nehoda se stala dne 17. 2. 2016 (č. 7), která je druhou, která se stala v noci a zároveň jednou ze tří, jejichž příčinou bylo nedání přednosti v jízdě. Nehoda se stala ve středu velmi brzy ráno za sněžení a řidič byl navíc pod vlivem alkoholu.

U druhé nehody zapříčiněné nedáním přednosti v jízdě (č. 8) řidič pravděpodobně auto na hlavní komunikaci přehlédl.

Třetí nehodou zapříčiněnou nedáním přednosti v jízdě byla nehoda č. 10. Příčinou nedání přednosti mohlo být oslnění řidiče vyjíždějícího z vedlejší komunikace, vzhledem k času, datu a směru vedení komunikací v křižovatce.



Obrázek 26: Plánek křižovatky zachycující pozici jednotlivých nehod (reprofoto Mapy.cz + úprava autor)

Ze všech 16 nehod se na 9 z nich podílelo buď nedodržení bezpečné vzdálenosti, nebo nevěnování se či nezvládnutí řízení. Z těchto 9 šlo ve 3 případech o náraz do pevné překážky, přičemž na jednom případě měl podíl alkohol (č. 4), ve druhém případě šlo

o nehodu autobusu (č. 3), třetí případ neprovázely zvláštní okolnosti (č. 11). U nehody č. 12 není ve statistikách uveden ani náraz do jiného vozidla ani náraz do pevné překážky. Ve zbývajících 5 případech z těchto 9 šlo o náraz do jiného vozidla zezadu. V těchto případech můžeme usuzovat na spoluúčast chodce, který vstoupil do vozovky a řidič odvracející srážku s ním zabrzdil tak prudce, že řidič jedoucí za ním nestihl včas reagovat.

Pouze 2 ze všech nehod byly přímo srážkou s chodcem. Obě se staly za dobrého rozhledu, nezhoršených povětrnostních podmínek, jedna z nich však na počátku deště. Pouze u jedné ze všech nehod (č. 5) byly shledány rozhledové poměry špatnými vlivem okolní zástavby, zároveň se jedná o nehodu způsobenou nevěnováním se plně řízení vozidla.

Nehoda č. 16 nesouvisí s provozem na křižovatce.

U všech nehod byl viníkem prohlášen řidič vozidla.

6 Návrhy na úpravy geometrického uspořádání křižovatky

Současný stav křižovatky byl prověřen v doplňku AutoTURN pro AutoCAD. Bylo zjištěno, že vodorovné dopravní značení přesně odpovídá vlečným křivkám 12m autobusu. Rozměrnější vozidlo křižovatkou projede, ale nevejde se do vyznačeného VDZ (patrně i z obrázku 25). Lze však říci, že požadavky na průjezd většího vozidla než autobusu standardní délky jsou ojedinělé.

6.1 Snížení počtu řadicích pruhů

Nejvýraznější úpravou, kterou lze v této křižovatce v souvislosti se stavebním uspořádáním navrhnout, je snížení počtu řadicích pruhů na ulici Bedřicha Václavka ze 2 na 1. Tím by došlo ke snížení celkového počtu jízdních pruhů na 2. Při dané šířce komunikace by bylo možno vybudovat zde ochranný ostrůvek, čímž by se zvýšila bezpečnost chodců a jejich pohodlí při přecházení. Zároveň by to znamenalo vyšší komfort pro řidiče autobusů MHD jezdících křižovatkou (kolem rohu ulic Jejkovská brána a Bedřicha Václavka), kteří občas navzdory vlečným křivkám vedou dráhy autobusů mimo vyznačené VDZ, pokud se autobusy potkávají přímo v křižovatce. To svědčí o ne zcela vyhovujícím stavu.

Snížení počtu řadicích pruhů znamená snížení kapacity vjezdu, což je nežádoucí s ohledem na odlišné směry většinového proudu automobilů a autobusů MHD. Auta jedoucí různými směry by se různě blokovala. Ta odbočující doprava by mohla zůstat stát kvůli chodcům v ulici Smila Osovského, ta doleva kvůli dávání přednosti v jízdě vozidlům na hlavní komunikaci přicházející zprava. Za předpokladu instalace SSZ by mohl přetrvávat problém

s dáváním přednosti chodcům. Problém je navíc horší z pohledu autobusů MHD, které z tohoto vjezdu jezdí výhradně doleva. Z tohoto pohledu se jeví jako výhodnější ponechat stávající konfiguraci – 2 řadicí pruhy.

Zároveň je dle normy ^[6] možné ponechat přechod pro chodce přes 3 pruhy, pokud je přechod řízen světelnou signalizací. Bylo by tedy logické zřídit pro chodce jen jedno z daných opatření. Tato práce má za cíl navrhnout světelnou signalizaci, proto pro návrh SSZ budou uvažovány 3 pruhy, ale kapacitní posouzení neřízené křižovatky bude provedeno jako pro stávající stav, 2 řadicích pruhů, tak pro stav pouze 1 pruhu.

Protože šířka dělicího ostrůvku je nižší než šířka řadicího pruhu, došlo by také k posunutí osy jízdního pruhu více ke středu komunikace, čímž by se nepatrně zlepšil výhled na chodce u přechodu přes ulici Smila Osovského. Tento rozhled však záleží také na konstrukci konkrétního vozidla, proto nelze toto kritérium brát jako rozhodující.

6.2 Ochranné ostrůvky

Z hlediska prostoru je v křižovatce možné zřídit dva ochranné chodecké ostrůvky.

Prvním z nich je ostrůvek na ulici Bedřicha Václavka, který by bylo možné zřídit pouze spolu s redukcí počtu jízdních pruhů, popisovanou v kapitole 6.1. Druhé místo, kde lze o zřízení ostrůvku uvažovat, je ulice Jejkovská brána. Na základě pozorování dopravy při průzkumu však nelze doporučit vybudování fyzického ostrůvku, neboť zde dochází k situacím jako na obrázku 22, kdy je využita celá šířka komunikace vozidly.

Na ulici Smila Osovského nelze zřídit ostrůvek při aktuální poloze přechodu pro chodce, neboť vlečná křivka autobusu zabírá délku přechodu odpovídající asi dvěma jízdním pruhům. Varianty řešení tohoto přechodu jsou popsány v následujících podkapitolách.

6.3 Vysazené chodníkové plochy

Tyto plochy jsou jedním z možných řešení bezpečnosti chodců na přechodu pro chodce přes ulici Smila Osovského. Na jižní straně ulice (u ulice Bedřicha Václavka) je možné posunout hranu chodníku až do polohy dopravního stínu na zaoblení rohu ulic.

Na severní straně, u ulice Soukenická, by se nabízela stejná úprava – posunutí hrany chodníku až do pozice současné vodící čáry. To ale nelze z důvodu parkoviště a obsluhy budovy pošty. Proto je navržena vysazená chodníková plocha, která by neměla omezit ani krátkodobá stání u poštovních schránek, ani zajištění do vrat budovy pošty. Pouze by vyžadovala složitější manévrování.

6.4 Posuny přechodů pro chodce

Ačkoli je dle [TP81] cílem navrhovat křižovatky co nejstísněnější, pro minimalizaci délek mezičasů, je dle poznatků z průzkumu doporučeno posunout přechod pro chodce v Jejkovské bráně o 1 m dál od hranice křižovatky a zvětšit jeho šířku. Tím by se pokryl významný chodecký směr z občerstvení Koruna a zlepšila dostupnost přechodu od Karlova náměstí. V případě neřízení křižovatky SSZ by však vznikl možný problém – chodci vstupující z provozovny občerstvení přímo do vozovky, neboť chodník je široký pouze 2 m.

Přechod v ulici Bedřicha Václavka začíná těsně u hrany zaoblení křižovatky a není třeba jej posouvat ani jedním směrem.

O posunutí přechodu v ulici Smila Osovského je obtížné rozhodovat. Chodecký proud směřuje spíše ze směru od ulic Soukenická a Bedřicha Václavka, proto je výhodnější směřovat pozici přechodu co nejbliže ke středu křižovatky. Tím se sice výrazně změní směr rozhledu chodce, který se bude muset rozhlížet téměř za sebe, nicméně řidič vozidla bude mít o přechodu lepší přehled.

Za aktuálního uspořádání jízdních pruhů na ulici Bedřicha Václavka, kdy je odbočení přes řešený přechod uskutečňováno ze samostatného jízdního pruhu, by nevadilo, že za stop čarou chybí jakýkoli prostor pro skrytí byť i jediného vozidla před přechodem (z hlediska objíždějícího přímého proudu, který se zde nevyskytuje). Pokud by byla zrealizována úprava popisovaná v kapitole 6.1, nebylo by vhodné přechod posouvat.

Při snaze vybudovat na přechodu přes ulici Smila Osovského ochranný ostrůvek, dojdeme k nutnosti posunout přechod dále od středu křižovatky, čímž přechod vzdálíme od zdrojů a cílů poptávky po přecházení a na druhé straně bude ústít do parkoviště, což nelze. Parkoviště se ukázalo jako velmi hojně využívané, proto jeho zrušení z důvodu přechodu pro chodce nelze doporučit.

6.5 Parkovací pruhy

Dle statistiky využití ulice Bedřicha Václavka jako krátkodobého parkoviště (v kapitole 4.5) je doporučeno přizpůsobit stavební uspořádání této ulice krátkodobým zastavením zásobovacích dodávek zřízením jednoho či dvou parkovacích míst ve vzdálenosti asi 40 až 50 m od hranice křižovatky. Parkování by muselo být omezeno na 5 až 10 minut a dodržování této doby kontrolováno.

Tato dvě parkovací místa nelze zřídit za současného stavu třech jízdních pruhů na této ulici. Nicméně šířka komunikace to umožňuje. Pokud by se řadicí pruh vlevo zkrátil pouze na potřebnou délku 35 m z tabulky 7 v kapitole 10, bylo by možné zřídit krátký parkovací pruh

alespoň ve směru z centra. Současně s tím by mohl být po skončení tohoto parkovacího pruhu následovat přechod pro chodce ještě před křižovatkou s ulicí Soukupova, z níž je ztížený rozhled vlevo z důvodu nároží domů. Díky parkovacímu pruhu (a současně odsazené hraně chodníku) by zde vzniklo místo pro zastavení a rozhled při dávání přednosti, v současné době je použití této křižovatky kvůli rozhledu nepříjemné.

7 Kapacitní posouzení neřízené křižovatky

Křižovatka bude posouzena na stávající intenzitu dopravy v odpolední špičce dle technických podmínek 188 ^[7]. Posuzována bude jako styková, neboť výjezd z ulice Soukenická je velmi slabě zatížený a v případě nutnosti lze ze Soukenické vyjet pravým odbočením. Dostatečnou mezeru pro tento manévr zajistí chodci na ostatních ramenech, kteří proudy vozidel zastaví. Intenzity chodců mají velký vliv i na ostatní poměry v křižovatce.

Technické podmínky nejsou určeny pro křižovatky se zalomenou předností, přesto je lze pro výpočet použít. Transformaci křižovatky do stykové ukazuje obrázek 27.

Rychlost na hlavní komunikaci bude uvažována 30 km/h, což je nejnižší hodnota, se kterou lze provést výpočet. Reálná rychlost vozidel na hlavní se dle měření pohybuje nejčastěji v rozmezí 20 – 25 km/h. Dopravní značení na vedlejší komunikaci je podle stávajícího stavu uvažováno č. P4 (dej přednost v jízdě).



Obrázek 27: Číslování vjezdů dle TP 188 (reprofoto Mapy.cz + úprava autor)

Pro všechny komunikace v křižovatce je E dostačujícím stupněm úrovně kvality dopravy. Střední doba zdržení tedy může přesahovat 45 s.

Jako návrhové intenzity dopravy budou uvažovány odpolední hodiny s nejvyššími intenzitami jednak na hlavní komunikaci (14:00 – 15:00), jednak na vedlejší komunikaci (16:00 – 17:00).

V ranní špičce dosahuje intenzita na všech vjezdech nižších hodnot než v první odpolední špičkové hodině (kromě o několik jednotek vyšších hodnot na vjezdu Smila Osovského), proto křižovatka nebude pro tuto dobu posuzována.

Za účelem prověření možnosti snížení počtu jízdnic pruhů na vjezdu Bedřicha Václavka bude kapacitně posouzeno i změněné uspořádání. Pro tento případ je nutné znát maximální intenzitu volného proudu na hlavní komunikaci. Za tímto účelem bylo provedeno měření odstupů vozidel, přičemž nejmenší naměřený odstup byl 2,16 s. Volný proud se má uvažovat jako 1800 voz/h, v tomto případě budeme uvažovat expertně sníženou hodnotu 1700 voz/h.

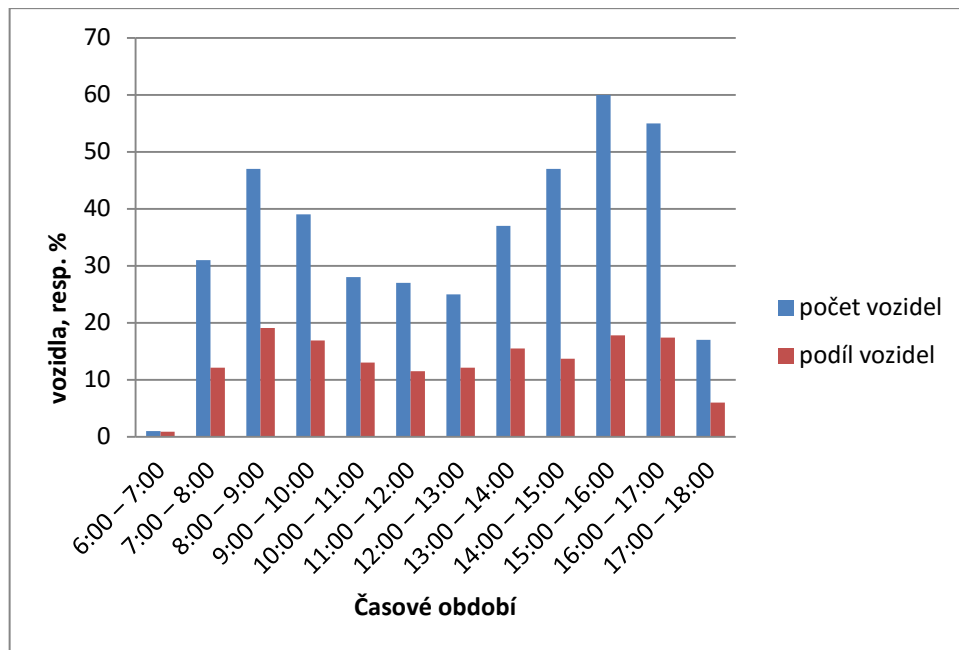
Všechny výpočty lze nalézt v příloze č. 7 „Posouzení kapacity křižovatky neřízené“. Každý list představuje jednu z variant zatížení a uspořádání křižovatky.

Výsledky odpovídají skutečnosti. Na vjezdu z vedlejší komunikace byl pro obě odpolední špičkové hodiny vypočten stupeň ÚKD B, střední doba zdržení na vedlejší komunikaci vyšla pro první prověřovanou hodinu 11,6 s, pro druhou pak 14 s.

V případě, že by bylo realizováno snížení počtu pruhů, pak by v případě neřízeného stavu v odpolední špičce narostla střední doba zdržení na 20 s v první prověřované hodině a na 25 s v druhé prověřované hodině. Tyto hodnoty odpovídají ÚKD stupně C, což je pro dané třídy komunikací dostačující. Na dopravní proud z ulice Bedřicha Václavka nemá sloučení řadicích pruhů výrazný vliv, ÚKD zde zůstává na stupni A.

Myšlenka sloučení řadicích pruhů byla uvažována již při provádění průzkumu. Za tímto účelem byl mimo metodiku TP 188 sledován počet teoreticky zdržených vozidel jedoucích po hlavní komunikaci z ulice Bedřicha Václavka do ulice Smila Osovského. Proud by byl zdržen vozidly dávajícími přednost při odbočování z hlavní komunikace doleva do ulice Jejkovská brána. Tato nijak nenormovaná metoda nesledovala dobu zpoždění, neboť její sledování by bylo velmi obtížné a byla by ve většině případů velmi malá.

Graf na obrázku 28 ukazuje počty potenciálně ovlivněných vozidel na hlavní komunikaci a jejich podíl z celkového počtu vozidel, která jela po hlavní komunikaci ve sledovaném směru. Graf uplatňuje na ose y pro každou datovou řadu jiné jednotky.



Obrázek 28: Graf počtu a podílu vozidel ovlivněných při virtuálně sloučených řadicích pruzích na ulici Bedřicha Václavka (zdroj: příloha č. 1)

Podíl zdržených vozidel závisí na intenzitách třech dopravních proudů. Lze říct, že v době vyššího zatížení by byl zdržen nejen vyšší absolutní počet vozidel, ale i vyšší relativní podíl. Podíl zdržených vozidel do 20 % lze považovat za přijatelný.

8 Posouzení účelnosti návrhu SSZ

Dle technických podmínek 81 ^[8] se účelnost posuzuje dle několika kritérií.

8.1 Kritérium bezpečnosti

SSZ se vyhodnotí jako účelné, pokud došlo za poslední 3 roky k určitému množství nehod na každý 1 milion do křižovatky vjíždějících vozidel. Toto množství je stanoveno na 4.

Ke zjištění počtu vjíždějících potřebujeme znát RPDÍ křižovatky, který je dle dat z kapitoly 4.1.4 vypočten na hodnotu 12 219 vozidel. Roční intenzita je tedy následující:

$$RPDI \cdot 365 = 12219 \cdot 365 = 4\,459\,935 \text{ pvoz/rok}$$

Rozhodující počet nehod je tedy 4,46 za rok, tedy 13,4 nehody za 3 uplynulé roky. Nehody v křižovatce jsou popsány v kapitole 5, jejich výpis je v příloze č. 6 „Tabulka dopravních nehod“. Za uplynulé 3 roky se v křižovatce stalo pouze 5 nehod, a to nehody č. 7, 8, 11, 14 a 15. Nehody č. 11 (srážka s pevnou překážkou) a 15 (nesprávné otáčení) by se pravděpodobně staly i za existence SSZ v křižovatce. Kritérium bezpečnosti tedy není splněno.

8.2 Kritérium intenzity z hlediska vozidel

Dle TP 81 není objektivně nutné zavádět SSZ, pokud v neřízeném stavu křižovatka kapacitně vyhoví. Kapacitní posouzení je v kapitole 7 a příloze č. 7 „Kapacitní posouzení křižovatky neřízené“ této práce. Vzhledem k existenci tohoto posouzení již není nutné provádět orientační posouzení, které lze jinak učinit na základě grafu v TP 81. Kritérium intenzity z hlediska vozidel není pro aktuální zatížení křižovatky splněno.

8.3 Kritérium intenzity z hlediska chodců

SSZ se doporučuje vybudovat, pokud hodnoty intenzity dopravy překračují určitou mez v osmi nejzatíženějších hodinách dne. Pro třípruhovou komunikaci (ulice Bedřicha Václavka) je to 1000 pvoz/hod a pro ostatní (dvoupruhové) komunikace 1100 pvoz/hod.

Na ulici Bedřicha Václavka jsou v nezatíženějších třech hodinách (14 – 17 hodin) intenzity následující: 778, 753, 743 pvoz/hod. Kritérium není splněno.

Na ulici Smila Osovského jsou ve stejných hodinách následující intenzity: 894, 895, 932. Ačkoli jde pouze o dvoupruhovou komunikaci, přechod je velmi dlouhý a hodnoty jsou ze všech vjezdů nejbližší ke stanovené hranici. Přesto není kritérium splněno.

Na ulici Jejkovská brána jsou hodnoty následující: 506, 546, 571. Tyto hodnoty jsou asi 2x nižší, než kolik by indikovalo potřebu řízení křižovatky SSZ. Kritérium není splněno.

8.4 Kritérium plynulosti jízdy vozidel MHD

SSZ se doporučuje vybudovat, pokud zdržení alespoň 50 % spojů dosáhne více jak 2 minut, a to ve třech nejzatíženějších hodinách dne. Jak bylo zjištěno průzkumem (v kapitole 4.2), žádné z vozidel není zdrženo o víc jak 2 minuty. Kritérium plynulosti jízdy není splněno.

8.5 Kritérium zvláštního zřetele

Křižovatka je detailně popsána v předcházejících kapitolách práce. Z hlediska tohoto kritéria lze vzít v úvahu např. polohu křižovatky v centru města, vysoké intenzity chodců, jejich nepředvídatelnost při vstupování do vozovky, špatné rozhledové poměry mezi chodci a řidiči i možná budoucí úprava dopravního režimu na Karlově náměstí, kde by byl omezen výjezd ulicí Jejkovská brána do křižovatky, zůstal by pouze autobusům MHD. V takovém případě by bylo vhodné je pouštět z vedlejší komunikace zcela bez zpoždění pomocí dynamického řízení – vkládání vlastní fáze.

8.6 Kritérium chodců z hlediska ČSN 73 6110 ^[6]

Zatímco TP 81 ^[8] nezohledňují intenzity chodců, norma umožňuje orientačně posoudit i tuto hodnotu. Metodika pro posouzení v ní uvedená je však určena pro stanovení opatření pro chodce na dvoupruhové komunikaci v mezikřižovatkovém úseku. Proto posouzení dle této metodiky nemůže mít určující váhu.

Pro ulici Smila Osovského je při dané intenzitě chodců doporučeno vybudovat přechod řízený SSZ při intenzitě asi 1000 voz/h. Rozhodující intenzity jsou v kapitole 8.3 a na jejich základě není doporučeno vybudovat SSZ.

Pokud metodiku uplatníme na ulici Jejkovská brána, kde je špičková hodinová intenzita chodců 331 a hodinová intenzita vozidel v obou směrech ve stejný čas 506, vychází z grafu v normě ^[6, strana 8, obrázek 33] typ C, tedy přechod se středním dělením, bez SSZ.

Norma nepracuje s vícepruhovou silnicí, proto nelze posoudit přechod přes ulici Bedřicha Václavka.

9 Návrh řízení světelným signalizačním zařízením

9.1 Úpravy uspořádání křižovatky

V kapitole 6 byly rozsáhle popsány možnosti úprav křižovatky. Jak ale bylo řečeno na začátku téže kapitoly, současný stav přesně odpovídá vlečným křivkám. Křižovatku by tedy bylo možné ponechat ve stavu, v jakém je.

9.1.1 Bedřicha Václavka

V kapitole 6.1 je řečeno, že není nutné snižovat počet jízdních pruhů na ulici Bedřicha Václavka, pokud bude instalováno SSZ. Dle TP 188 ^[7, strana 17] závisí kapacita řízené křižovatky hlavně na počtu řadicích pruhů na vjezdech do křižovatky. Proto je pro celý návrh SSZ dále uvažován se dvěma řadicími pruhy na vjezdu Bedřicha Václavka. Pro potřeby parkovacího pruhu popisovaného v kapitole 6.5 bude stanovena minimální potřebná délka pruhu pro levé odbočení, na kterou by bylo možné pruh zkrátit.

9.1.2 Smila Osovského

V kapitole 6.3 jsou popisovány vysazené chodníkové plochy, které je možné zde vybudovat. Tyto plochy by v případě existence zkrátily „vcházecí“ i vyklizovací dobu chodců díky posunutí vyčkávacího místa chodců blíže k drahám vozidel. Tato úprava bude v návrhu SSZ uvažována. Posunutí přechodu (popsané v kapitole 6.4) blíže ke středu křižovatky není jednoznačně proveditelné, proto s ním v návrhu nebude uvažováno

9.1.3 Soukenická

Na ulici Soukenické je obtížné nalézt z hlediska návrhu SSZ správné řešení. Chodci tuto komunikaci nejen přecházejí, ale také do ní odbočují a využívají ji v celé šíři. Není tedy nejvhodnějším řešením zřídit zde přechod pro chodce, navíc řízený světelnou signalizací. Akceptovatelným řešením by bylo při zřízení řízeného přechodu v této ulici ponechat zde po co nejdelší dobu z cyklu zelenou a pouze při fázi pro výjezd z této ulice do křižovatky přepnout na nezbytně nutnou dobu na signál stůj. Další dobou, kdy by na přechodu byla nutná červená, je při kolizním vlnu rovně z ulice Bedřicha Václavka, tedy z protějšího vjezdu. Protože nelze umožnit jízdu rovně kolizně s chodci, bude nutné zakázat v levém pruhu jízdu rovně do Soukenické.

Na ulici Bedřicha Václavka budou tedy nově řadicí pruhy pouze „doleva“ a „doprava“. Objízdna trasa pro řidiče, kteří o této skutečnosti nebudou vědět dopředu, povede ulicí Smila Osovského na 700 m vzdálenou okružní křižovatku ulic Cyrilometodějská, Brněnská a Velkomeziříčská, kde se otočí a z ulice Smila Osovského již budou moci do Soukenické vjet. Řidiči již situace znají budou moci odbočit již na předchozí křižovatce do ulice Otmarova a z ní na ulici Smila Osovského, z níž je možné do Soukenické odbočit. Vzhledem k tomu, že jde průměrně o 18 vozidel denně, není třeba řešit zvýšenou zátěž okolních ulic.

9.1.4 Jejkovská brána

V ulici Jejkovská brána je v kapitole 6.4 navrženo posunout přechod pro chodce dále od křižovatky, ale vzápětí je toto zpochybněno nebezpečím přímého vstupu chodců z obchodů do vozovky. Při vybudování SSZ by tento problém neměl nastat, ale může se objevit jiný. Chodník je úzký a vyčkávající chodci by mohli tvořit překážku ostatním chodcům. Proto bude přechod rozšířen ze současných 3 na 5 m, aby se chodci mohli lépe rozprostřít u vyčkávací hrany. Rozšíření má být provedeno ve směru od křižovatky.

9.2 Popis použité světelné signalizace

V následujícím textu jsou popsána jednotlivá návěstidla světelné signalizace dle TP 81 ^[8], strana 12]

- a) Signál s červeným světlem „Stůj!“ (č. S 1a), Signál se žlutým světlem „Pozor!“ (č. S 1b), Signál se zeleným světlem „Volno“ (č. S 1c),
- b) Signál se směrovou šipkou s červeným světlem „Stůj!“ (č. S 2a), Signál se směrovou šipkou se žlutým světlem „Pozor!“ (č. S 2b), Signál se zelenou směrovou šipkou „Volno“ (č. S 2c),
- c) Signál „Doplňková zelená šipka“ (č. S 5),

d) Signál „Přerušované žluté světlo“ (č. S 7),

e) Signál pro chodce se znamením „Stůj!“ (č. S 9a), Signál pro chodce se znamením „Volno“ (č. S 9b),

9.3 Použitá signalizace na vjezdech

Vjezdy jsou označeny dle doporučení TP 81 ^[8, strana 83] od severního ve směru hodinových ručiček.

9.3.1 Soukenická

Vjezd je označen písmenem A a jsou zde použita návěstidla č. S 1 pro jízdu vozidel do všech směrů a 2x návěstidlo se signály č. S 9.

9.3.2 Smila Osovského

Vjezd je označen písmenem B a jsou zde použita návěstidla č. S 1 pro jízdu vozidel do všech směrů. Dále je zde použito návěstidlo č. S 5 pro odbočení do ulice Soukenická. Přechod pro chodce je řízen 2x návěstidlem č. S 9.

9.3.3 Bedřicha Václavka

Vjezd je označen písmenem C a jsou zde použita jednak návěstidla č. S 2 pro jízdu vlevo, jednak návěstidla č. S 2 pro jízdu vpravo. Na přechodu pro chodce je užito 2x návěstidla č. S 9. U přechodu pro chodce je pro vozidla přijíždějící od vjezdu D signál přerušované žluté světlo č. S 7 ve tvaru chodce. Přechod je pro vozidla od vjezdu D poměrně vzdálen a řidiči by zde chodce nemuseli očekávat. Navíc zde chodci mohou být puštěni kolizně s vozidly jedoucími podle doplňkové zelené šipky.

9.3.4 Jejkovská brána

Vjezd je označen písmenem D a jsou zde použita návěstidla č. S 1 pro jízdu vozidel všemi směry. Dále je zde použito návěstidlo č. S 5 pro odbočení do ulice Bedřicha Václavka. Na přechodu pro chodce je užito 2x návěstidla č. S 9.

9.4 Označení signálních skupin

VA – signál pro vozidla v relacích A-B, A-C, A-D

VB – signál pro vozidla v relacích B-A, B-C, B-D

VC – signál pro vozidla v relaci C-B

VE – signál pro vozidla v relaci C-D

VD – signál pro vozidla v relacích D-A, D-B, D-C

PA, PB, PC, PD – signál pro chodce na 4 přechodech pro chodce

SB – signál pro vozidla v relaci B-A

SD – signál pro vozidla v relaci D-C

ZC – signál pro vozidla v relaci D-C

9.5 Sestavení fází

V neřízeném stavu musí řidič dávat pozor na chodce a dávat přednost vozidlům. Díky tomu projíždí křižovatkou se zvýšenou opatrností. V případě řízení pomocí SSZ by mohla tato opatrnost polevit a nepřehlednost a rozlehlost křižovatky by mohly vyvolat naopak problémy.

Pokud má instalace SSZ přinést vyšší bezpečnost, pak nesmí nastávat sporné situace, kdy např. budou proti sobě puštěni řidiči z vedlejší (Jejkovské brány) a z hlavní komunikace (Smila Osovského), kde by podle pravidel odbočování vlevo, tedy podle povinnosti dát přednost protijedoucím, měl přednost ten, který jede z vedlejší.

Dále, s ohledem na interakci mezi odbočujícími řidiči a přecházejícími chodci a s ohledem na to, že vzdálenosti od stop čar k přechodům jsou velké, je jediným smysluplným řízením této křižovatky řízení bezkolizní, tedy čtyřfázové.

Z vjezdu Bedřicha Václavka (C) jsou pro řadicí pruh vlevo a řadicí pruh vpravo navržena volna v různých fázích. Díky střídání volna v levém a pravém pruhu se i v případě naplnění kapacity jednoho z jízdních pruhů vjezd do druhého pruhu vždy uvolní a čekající vozidla budou moci dojet ke své stop čáře ještě před začátkem signálu volno. Měl by se tím tedy minimalizovat výskyt nevyužitého volna.

Další výhodou tohoto řešení je lepší průjezdnost autobusu MHD ze směru od Masarykova náměstí, neboť tento jede pomaleji a na řešené křižovatce odbočuje vlevo, tedy přijede až ke správné fázi, zatímco vozidla před ním, z nichž většina odbočuje vpravo, vyklidí prostor řadicích pruhů před jeho příjezdem v jiné fázi.

Fáze 1 je užitá pro vozidla z vjezdu B a vozidla odbočující doprava na vjezdu C. Tyto dva vjezdy bylo vhodné zařadit do jedné fáze, neboť vykazují podobný stupeň zatížení a jsou vzájemně nekolizní. Signál VC by byl nekolizní i ve fázi 3, ale bylo by možné jej rozsvítit až po uplynutí mezičasu pro vyklizení přechodu PB, čímž by při následné nutnosti dodržení minimální doby volna 5 s již fázi 3 neefektivně prodlužoval. Mezičas pro vstup chodců PC je navíc vyšší oproti VE, neboť pruh pro VC se nachází až u obrubníku, tudíž by zkracoval dobu volna na přechodu PC.

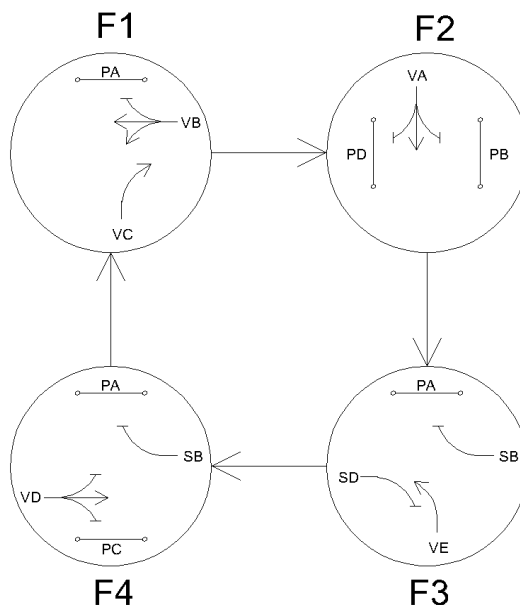
Po většinu dne je navíc zatíženější vjezd VB než VC, proto postačuje doba volna ve fázi 1.

Fáze 2 je i přes slabé zatížení vjezdu A zařazována do každého cyklu, protože umožní prakticky bezkolizní přechod chodců na přechodech PB a PD. Není tedy nutné instalovat

signál žlutého světla ve tvaru chodce ke směrovému signálu VE, neboť tento dostane volno již s chodci PD bezkolizně, ve fázi 3.

Doplňkové zelené šipky SB a SD se mohou rozsvítit až po vyklizení přechodů PB a PD.

Výsledné schéma fází je na obrázku 29.



Obrázek 29: Schéma fází (zdroj: autor)

9.6 Tabulka mezičasů

Mezičasy byly vypočteny na základě měření vzdáleností v digitalizovaném výkresu. Přesnost měření ale není taková, aby bylo možné výsledné mezičasy zaokrouhlovat asymetricky s hranicí 0,1 až 0,3, proto jsou v souladu s TP 81 [8, strana 164] zaokrouhleny všechny mezičasy nahoru.

Postup výpočtu v maticích najížděcích a vyklizovacích vzdáleností a dob a bezpečnostních dob je k nalezení v listu „Mezičasy“ v příloze č. 8 „Signální plán a kapacitní posouzení“.

Výpočet je proveden maticemi. První z nich zaznamenává najížděcí vzdálenosti pro skupiny a směry vozidel uvedené v hlavičkách jednotlivých sloupců ke skupinám v řádcích. Druhá matice zobrazuje vyklizovací vzdálenosti skupin z řádků vzhledem ke skupinám ve sloupcích. Pro další matice platí, že hodnoty v nich se vážou vždy pro skupiny ve sloupcích či v řádcích podle toho, kde je tučný nadpis řádků či sloupců.

Výsledné sjednocení údajů pro jednotlivé signální skupiny je provedeno ručně.

		najíždí										
		VA	VB	SB	VC	VE	VD	SD	PA	PB	PC	PD
vyklizuje	VA		2		5	3	4	2	4	8	7	6
	VB	6				4	4	4	7	4	9	7
	SB						4		7	4		
	VC	5					3			7	4	
	VE	7	6				5				1	10
	VD	6	4	3	4	3			7	7	9	4
	SD	6	3								9	4
	PA	4	1	1			1					
	PB	3	7	7	5		4					
	PC	5	2		8	5	3	3				
	PD	5	3			1	7	7				

Tabulka 3: Tabulka mezičasů s vyznačenými rozhodujícími mezičasy (zdroj: příloha č. 8)

9.7 Signální plán

9.7.1 Strukturální cyklus

Strukturální cyklus je takový cyklus, který umožňuje bezpečné řízení křižovatky za splnění všech podmínek, zejména dodržení minimální doby volno 5 s pro automobily a dodržení všech mezičasů.

Při čtyřfázovém řízení je minimální doba volna celkem 20 s. Pořadí fází, jak je sestaveno na obrázku 29 v kapitole 9.5, je optimálním pořadím jak z hlediska logiky provozu, tak z hlediska minimalizace ztrátového času v cyklu. Tento ztrátový čas, tj. čas mezi volny nejzatíženějších vjezdů v každé fázi, je 18 s.

Délka strukturálního cyklu na řešené křižovatce je tedy 38 s. Strukturální signální plán, ze kterého následně vycházejí signální plány pro jednotlivé hodiny, je v příloze č. 9 „Strukturální signální plán“.

Signální plány pro různé intenzity dopravy lze vytvořit prodloužením jednotlivých fází, komentář k tomu je uveden v příloze samotné.

Z důvodu kolizního přecházení chodců PC ve fázi 4 je stanoveno neprodlužovat volno pro chodce PC spolu případným prodlužováním volna VD, aby vozidla dávající přednost chodcům neblokovala vjezd do křižovatky vozidlům, která jedou bezkolizně rovně. Tato doba volna pro chodce je 4 s.

Z důvodu slabého využití vjezdu A vozidly není nutné zvyšovat délku volna VA. Fáze VA je zde zařazena hlavně pro zajištění pohodlného 6s volna na přechodech PB a PD. Prodloužení volna na těchto přechodech oproti strukturálnímu plánu se nepředpokládá, stejně jako prodloužení volna VA.

9.7.2 Optimální cyklus

Optimální cyklus je takový, při němž je zdržení na všech vjezdech co nejnižší. Délce optimálního cyklu odpovídají optimální doby volna na jednotlivých vjezdech. Při nízkém zatížení na řešené křižovatce však dochází k situaci, že optimální doba volna je nižší než nutná minimální doba volna 5 s. [8, strana 29] Nejvíce to platí pro vjezd Soukenická, kde je optimální doba volna 0 s.

Optimální délka cyklu vychází pro první, slabě zatíženou hodinu 35 s. Od 7:00 do 13:00 se pohybuje v rozmezí 41 až 44 s. Od 13:00 do 14:00 je to 45 s, v hodinách 14:00 – 16:00 49 s. Od 16:00 do 17:00 je tato hodnota nejvyšší: 51 s. Po 17. hodině je opět na 41 s.

Výpočty pro jednotlivé hodiny se nacházejí v příloze č. 8 „Signální plán a kapacitní posouzení“, v jednotlivých listech. Název listu představuje první minutu z hodiny, pro kterou hodnoty v listu platí.

9.7.3 Koordinace

Na křižovatce se neprojevuje efekt koordinovaného svazku v plné míře. Vozidla ke křižovatce přijíždějí ve svazku pouze na vjezdu C. Tento svazek je však tvořen vozidly ze dvou různých křižovatek, které jsou navíc navzájem v koordinaci.

Z křižovatky Nádražní x Bráfova (I/23) přijíždí většinou větší shluk vozidel, která pokračují doprava na Smila Osovského. Na cestě dávají dvakrát přednost v jízdě, svazek se tedy může částečně zpomalit.

Z křižovatky Masarykovo nám. přijíždí malý počet vozidel z levého odbočení od Komenského náměstí (I/23) a autobusy MHD z pravého odbočení z ulice Bráfova (I/23). Pravé odbočení je možné na plný signál, a může tedy probíhat kdykoliv. Navíc autobusy MHD jedou pomaleji než vozidla a mají v cestě překážku v podobě zúžení silnice. Proto koordinovat plán s křižovatkou Masarykovo nám. nemá smysl.

Délka cyklu na hlavním tahu městem byla autorem opakovaně měřena, avšak bez jednoznačného výsledku. V poledním sedle činila průměrná délka cyklu 76 s. V odpolední špičce pak 86 s. Celý silniční průtah je patrně řízen s proměnnou délkou cyklu, průměrná odchylka od průměrné hodnoty byla 4 s, v rámci jedné půlhodiny měření.

Protože se ráno často spěchá, jsou do 8:00 preferováni chodci, kteří nemají určenou úroveň kvality dopravy a u nichž je při větších dobách cyklu zdržení nejvyšší. Proto je do 8:00 křižovatka řízena bez koordinace.

V dopoledním sedle bude pak již použita délka cyklu z nadřazeného systému, 76 s. V odpolední špičce bude použita délka cyklu pak 86 s.

9.7.4 Signální plány

Signální plány jsou všechny navrženy jako pevné vycházejí ze strukturálního cyklu.

Od 6:00 do 7:00 je intenzita provozu i chodců tak malá, že v tuto dobu bude křižovatka ponechána jako neřízená. Jak již bylo řečeno v předcházející kapitole, v době od 7:00 do 8:00 bude délka cyklu optimální pro chodce, avšak bez koordinace. Ve zbylých částech dne pak bude křižovatka podle 4 různých signálních plánů. Signální plány od 16 hodin zohledňují větší množství vozidel na vjezdu Jejkovská brána (F4).

Parametry signálních plánů popisuje tabulka 4.

Období	C [s]	F1 [s]	F2 (VA) [s]	F3 [s]	F4 [s]
7:00 – 8:00	54	19	4 (5)	6	6
8:00 – 14:00	76	26	4 (5)	12	15
14:00 – 16:00	86	33	4 (5)	14	16
16:00 – 17:00	86	33	4 (5)	12	18
17:00 – 18:00	76	26	4 (5)	11	16

Tabulka 4: Navržená doba cyklu a doby jednotlivých fází (zdroj dat: příloha č. 8)

10 Kapacitní posouzení řízené křižovatky

Kapacitní posouzení bylo v souladu s TP 81 ^[8, strana 91] provedeno dle metodiky TP 235 ^[9]. Prověřeny byly hodnoty střední doby zdržení, výsledky jsou v tabulce 5, z nich vyplývající stupně úrovně kvality dopravy jsou v tabulce 6. Maximální délka fronty na počátku signálu volno je v tabulce 7.

Posuzovaná hodina	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Střední doba zdržení [s]											
VB	18,9	21,7	22,6	22,9	21,1	20,5	23,0	22,6	22,8	24,9	21,4
VC	15,3	21,4	20,1	19,7	20,7	19,6	20,6	24,2	22,7	21,8	22,4
VE	29,5	33,1	33,1	32,1	31,8	32,1	34,3	38,0	39,5	41,5	31,8
VD	28,7	28,4	29,5	31,0	31,0	29,2	30,7	35,8	37,4	36,0	26,5

Tabulka 5: Zdržení na jednotlivých vjezdech (jízdních pruzích) křižovatky (zdroj: příloha č. 8)

Posuzovaná hodina	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
ÚKD											
VB	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
VC	A	B	B	A	B	A	B	B	B	B	B
VE	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	B
VD	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	B

Tabulka 6: Stupně úrovně kvality dopravy v jízdních pruzích křižovatky (zdroj: příloha č. 8)

Při kapacitním posouzení neřízené křižovatky, které bylo provedeno v kapitole 7 pro skupiny VE a VD, byly úrovně kvality dopravy pro špičkové hodiny po 14. a po 16. hodině následující: A pro VE, B pro VD. Pro neřízenou křižovatku jsou stupně ÚKD přidělovány zjištěným středním dobám zdržení přísněji, než u řízené. Zjištěným stupňům ÚKD A a B tak odpovídají zdržení asi 7 s a 14 s.

Posuzovaná hodina	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Maximální délka fronty [m]											
Pruh VB	23,1	27,8	30	29,92	27,08	24,08	29,92	34,19	34,89	38,87	26,42
Pruh VC	16,6	24,1	21,08	19,83	22,58	19,75	22,33	34,72	31,89	29,68	26,25
Pruh VE	7,8	12,1	12,05	11,2	10,99	11,2	12,91	15,48	16,56	14,18	9,208
Pruh VD	10,3	15,1	16,67	19,72	19,32	16,78	19,52	21,35	24,03	26,75	15,8

Tabulka 7: Maximální délka fronty pro dimenzování délky řadicích pruhů. (zdroj: příloha č. 8)

Délky front sahají maximálně k hranicím sousedních křižovatek. Parkoviště na vjezdu VB je asi polovinu doby cyklu blokováno frontou stojících vozidel, nicméně díky dlouhému cyklu je zde prostor pro zajíždění a vyjíždění jako v případě neřízeného stavu křižovatky.

11 Ověření návrhů v simulačním prostředí VISSIM

11.1 Příprava simulace

11.1.1 Návrh sítě

V programu VISSIM byla vytvořena síť zahrnující řešenou křižovatku s dostatečnou délkou pruhů na vjezdech A, B a D. Vjezd C je řešen speciálně pomocí sítě dvou jednosměrných ulic, které odpovídají ulicím Nádražní, Jungmannova a Bedřicha Václavka. Nádražní předchází Jungmannově a je zde umístěn semafor, který simuluje odjezdy koordinovaných svazků z křižovatky Nádražní x Bráfova (I/23) x Jungmannova. Jungmannova má oblast omezení rychlosti jízdy v místech, kde se dává přednost zprava na nepřehledném místě. Dle pozorování je přednost dávána výjimečně, proto zde není další vjezd do oblasti, který by proud vozidel případně přerušoval. Ulice Jungmannova se dále připojuje jako vedlejší do ulice Bedřicha Václavka, ve vzdálenosti 127 m před řešenou křižovatkou. Zde se dle pravidel přednosti v jízdě spojují svazky z Nádražní a z Masarykova náměstí. Ve směru od tohoto náměstí je na ulici Bedřicha Václavka taktéž umístěn semafor, před křižovatkou s Jungmannovou, který taktéž dává vozidla, ovšem později a ne v takovém počtu.

Rychlosti v obloucích v řešené křižovatce byly nastaveny dle naměřených rychlostí při zkušebních průjezdech křižovatkou vlastním automobilem.

Přednosti v jízdě jsou definovány pomocí konfliktních zón.

11.1.2 Tvorba koordinovaných svazků

Na ulici Nádražní je vozidlům uděleno volno prvních 28 s z 86s cyklu. Většina vozidel stihne dojet na ulici Bedřicha Václavka dříve, než je uděleno volno proudu od Masarykova náměstí. Toto volno je od 35. sekundy do 80. sekundy. Zjednodušeně je s jeho pomocí nasimulována nejprve doba, kdy od Masarykova náměstí nemůže přijíždět žádné vozidlo, dále doba po začátku volna, přijede několik vozidel naráz. To simuluje levé odbočení od Komenského náměstí na Masarykově náměstí. Zbylá doba volna simuluje náhodná pravá odbočení na Masarykově náměstí od Bráfovy.

11.1.3 Intenzity a vozidla

Všechny vjezdy mají nastavenou skladbu dopravního proudu podle hodnot zjištěných průzkumem. Rozdělení intenzit mezi ulici Nádražní a Masarykovo náměstí je expertně stanoveno v poměru asi 65:35 pro Nádražní.

Vozidla MHD jsou vložena samostatně dle jízdního řádu, nejsou tedy započítána v nastavených intenzitách. Jejich rychlostní distribuce je nastavena na 30 km/h, neboť takto autobusy MHD v Třebíči jezdí.

Jako nákladní vozidlo je užit model tahače, který délkou odpovídá vozidlům, jež byla jako LNA při průzkumu započítávána. Celkově je výskyt nákladních vozidel velmi nízký.

Distribuce rychlostí a zrychlení, stejně jako chování řidičů na světelném řízení, je ponecháno ve standardním nastavení, vyjma o asi 5 % sníženého zrychlení autobusů.

11.2 Vyhodnocení simulace

Situace na křižovatce je vyhodnocována pro dvě špičkové hodiny, od 14:00 do 15:00 a od 16:00 do 17:00. Připomeňme, že v první ze sledovaných hodin nastává špička na vjezdu C (Bedřicha Václavka) a v druhé na vjezdech B (Smila Osovského) a D (Jejkovská brána).

Simulace byla nastavena na 5 simulačních cyklů, v každém z nich je pseudonáhodné časové rozložení vstupů vozidel jiné. Simulace začíná tzv. zahřívací dobou nastavenou na 10 minut, po kterou se nezaznamenávají žádné výstupní hodnoty, ale provoz již jezdí nastavených intenzit. Tato doba slouží k saturování sítě. Následuje 1 hodina simulace, po kterou se zaznamenávají sledované údaje. Zaznamenávají se zvláště za každých 5 minut simulace.

Následné vyhodnocení naměřených údajů proběhlo v programu MS Excel a je v příloze č. 10 „Vyhodnocení simulace“. Do Excelu byly importovány hodnoty již zprůměrované za všech 5 měřicích cyklů, avšak rozdělené po 5 minutách. Tyto byly mezi sebou dále zprůměrovány.

Výsledkem pro každou hodinu je tedy průměr 60 hodnot (5 cyklů x 12 intervalů). Tímto způsobem byly průměrovány maximální a průměrné hodnoty v případě délky fronty. Pro případné další potřeby nebyla průměrována minima cestovních dob, nýbrž z těchto minim bylo vybráno minimum. V další práci se však s touto hodnotou nepracuje.

11.2.1 Délka fronty

Během simulace je v každý okamžik (krok simulace) zaznamenána délka fronty. Pro všechny časové okamžiky je tato délka průměrována a ze všech naměřených hodnot je zaznamenáno maximum. Délka front byla počítána na všech vjezdech a jen pro řízení SSZ.

Za účelem zjištění skutečné délky fronty musel být prodloužen řadicí pruh VC a VE, neboť jinak byla do fronty započítávána i fronta vozidel čekajících na druhý než zaplněný pruh.

Výsledky jsou uvedeny v tabulce 8. Sloupec nadepsaný „dle TP“ obsahuje hodnoty, které vycházejí v kapacitním posouzení řízené křižovatky v kapitole 10.

Posuz. hod.	14:00 – 15:00			16:00 – 17:00		
	prům.	max.	dle TP	prům.	max.	dle TP
Pruh VB	12,0	60,4	34,2	13,7	67,1	38,9
Pruh VC	6,2	30,0	34,7	3,6	19,6	29,8
Pruh VE	6,2	34,5	15,5	5,2	24,5	14,2
Pruh VD	11,1	42,3	21,4	12,2	47,9	26,8

Tabulka 8: Délky front na vjezdech zjištěné v mikrosimulačním modelu (zdroj: příloha č. 10)

Hodnoty maximálních délek front vyšly výrazně odlišně u různých jízdních pruhů.

Nejdůležitější je však fakt, že fronty v souběžných pruzích VC a VE průměrně nepřekračují hodnotu vypočtenou kapacitním výpočtem, tj. asi 35 m. Vizualně bylo při běhu programu navíc potvrzeno, že díky střídání F1 a F3 nedochází ani v jedné z těchto fází ke svícení volna na začátku cyklu naprázdno, protože místo rozdvojení pruhů je vždy odblokováno volnem v jednom či v druhém pruhu

11.2.2 Cestovní doba a doba zdržení

Cestovní doba je prověřena jednak za stavu, kdy je křižovatka řízena SSZ, jednak za neřízeného stavu se 2 řadicími pruhy na vjezdu C (Bedřicha Václavka) a dále za neřízeného stavu s 1 řadicím pruhem tamtéž (snížení počtu řadicích pruhů je popisováno v kapitole 6.1).

Cestovní doby samy o sobě nedávají dostatečný obrázek o situaci v křižovatce, neboť čtenář neví, pro jaký úsek komunikace jsou měřeny. Jediné využití tabulky 9, kde jsou cestovní doby uvedeny pro všechny trasy mezi rameny B, C a D, je pro porovnání jednotlivých způsobů organizace dopravy. Pro snazší porovnání je tedy vytvořena tabulka 10, která říká,

o kolik je navrhované uspořádání lepší nebo horší než stávající uspořádání „2 pruhy“, z hlediska cestovních dob.

Posuz. hod.	14:00 – 15:00			16:00 – 17:00		
	SSZ	2 pruhy	1 pruh	SSZ	2 pruhy	1 pruh
Cest doba [s]						
Trasa B → D	29,7	16,0	15,3	30,9	15,7	14,3
Trasa B → C	31,3	15,4	15,4	30,7	15,4	15,0
Trasa C → B	25,4	21,3	26,7	22,5	20,0	23,9
Trasa C → D	42,5	21,6	28,9	43,3	22,6	25,9
Trasa D → C	44,6	20,6	19,6	40,6	23,4	19,9
Trasa D → B	44,1	26,9	25,5	40,4	27,1	22,9

Tabulka 9: Průměrné cestovní doby mezi jednotlivými rameny křižovatky (zdroj: příloha č. 10)

Posuz. hod.	14:00 – 15:00		16:00 – 17:00	
	SSZ	1 pruh	SSZ	1 pruh
Změna cest. doby [s]				
Trasa B → D	13,6	-0,7	15,2	-1,4
Trasa B → C	15,9	0,0	15,2	-0,4
Trasa C → B	4,1	5,4	2,5	4,0
Trasa C → D	20,9	7,3	20,7	3,2
Trasa D → C	24,0	-1,0	17,2	-3,5
Trasa D → B	17,2	-1,4	13,3	-4,2

Tabulka 10: Změna cestovních dob při různém uspořádání křižovatky (zdroj: příloha č. 10)

Při zavedení SSZ s 86s cyklem v koordinaci s průtahem městem předpovídá model nárůst zdržení pro trasu C – B pouze o 4, resp. 2,5 s. Tak malý nárůst je zde díky tomu, že většina aut v modelu přijíždí z koordinované křižovatky. Zároveň díky dlouhému cyklu (a tedy dlouhé době volna) jsou pokryty oba koordinované směry. V době mimo koordinovaný svazek přijíždí jen minimum aut.

Trasy z vjezdu B jsou zdrženy zhruba o čtvrt minuty. Ačkoli je zatížení podobné jako na trase C – B, příjezdy jsou náhodné, a proto není zdržení stejné.

Vjezd D vykazuje menší dobu zdržení v druhé špičkové hodině zřejmě díky tomu, že je zde prodloužena fáze volna o 2 s.

Za komentář stojí také výsledky prověření možnosti snížení počtu řadících pruhů. Ukazuje se, že všechny křižovatkové pohyby jsou propojeny. Pravděpodobně díky chodcům na rameni C je vždy zablokován celý vjezd z tohoto ramene a na vjezdu z vedlejší (D) je při této úpravě doba jízdy dokonce o několik sekund nižší. Naproti tomu na obou trasách z ramene C se cestovní doba o několik sekund zvýšila.

Je logické, že tato úprava nemá výrazný vliv na vjezd B, který je v obou případech ve stejné nadřazené pozici.

12 Prověření možnosti zavedení preference vozidel MHD

12.1 Dopravně závislé řízení

Podmínkou pro aktivní preferenci veřejné dopravy je dopravně závislé řízení, konkrétně rozhodování o změnách v signálním plánu v průběhu cyklu. Součástí této práce bude pouze slovní popis některých parametrů dopravně závislého řízení.

Vzhledem k tomu, že cyklus je velmi dlouhý, může nastávat nevyužitá doba volna ve fázi F1. Po této fázi následují tři kratší fáze. Nabízí se tedy možnost přejít dříve na další fáze, a přerozdělit tak volno ve prospěch signálních skupin VE a VD.

Pro signální skupinu VE je navrženo sledovat zaplnění jejího řadicího pruhu a v případě, že dojde ke vzduť vozidel do pruhu skupiny VC, uspíšit přechod přes fázi F2 do fáze F3. Zároveň se vyhodnotí délka fronty na vjezdu VD. Pokud vjezd VD vykáže nadprůměrnou délku fronty, je možné jeho fázi F4 prodloužit na úkor počátku následující fáze F1. Jako synchronizační čas pro koordinaci je uvažován časový střed fáze F1.

Protože koordinovaný svazek není vždy stejně silný a zcela pravidelný, lze F1 zkracovat v závislosti na jeho síle. Pokud bude začátek fáze F1 posunut na později z důvodu prodloužené fáze F4 z předchozího cyklu a zároveň bude opět požadavek na delší dobu cyklu pro F3 či F4, bude nutné vyhodnotit, zda pruh VC již nevykazuje nízké množství přijíždějících vozidel, a to pomocí časové mezery mezi nimi. Pro délku fáze F1 je však také důležitá vytíženost vjezdu VB, který je pro fázi F1 určujícím z hlediska intenzity.

Umístění indukčních smyček pro detekci délky fronty a časových mezer je navrženo ve vzdálenostech maximálních délek front v tabulce 7 (kapitola 10), v případě řadicích pruhů VC a VE také v uvedených vzdálenostech, avšak v obou pruzích, celkem 4 indukční smyčky.

12.2 Zahrnutí požadavků vozidel MHD

V předchozí podkapitole byl popsán požadavek na prodloužení přerozdělení volna z důvodu nadprůměrného množství vozidel čekajících v řadicích pruzích. Tento princip lze rozšířit o preferenci vozidel MHD. V případě, že se bude vozidlo blížit k již naplněnému pruhu, je předpoklad, že nestihne projet v nejbližší fázi, a je proto žádoucí tuto fázi prodloužit.

Fáze F3 může být zařazena dříve, aby vozidlo přijíždějící od Masarykova náměstí nemuselo zastavovat. Pro vyhodnocení, za jak dlouho bude vozidlo MHD poptávat průjezd křižovatkou, je nutné znát jeho vzdálenost před ní. Jako nejlepší místo pro zjištění aktuální polohy vozidla se v tomto případě jeví průjezd křižovatkou na Masarykově náměstí. Řadič vyhodnotí, zda se vozidlo trefí do nejbližší fáze F3, s ohledem na jeho vzdálenost a také s ohledem na stávající

zaplnění řadicího pruhu. Fázi F3 je tak možné začít dříve nebo ji prodloužit v závěru, případně oboje. Ke správnému ukončení fáze F3 je nutné, aby řadič dostal informaci o průjezdu autobusu stop čarou, a to s přesností na několik metrů.

Pro preferenci vozidla ze směru Karlovo náměstí, tedy v signální skupině VD, je potřebné znát okamžik odjezdu ze zastávky na Karlově náměstí a také to, zda se v prostoru zastávky před autobusem nenachází jiné vozidlo MHD, které mu po odjezdu ze stanoviště bude blokovat průjezd. Následně bude řadič znát dobu, za kterou autobus dojede do fronty před křižovatkou a dle obsazení indukční smyčky vyhodnotí, zda v nejbližší fázi F4 stihne autobus projet, nebo zda je třeba prodloužit fázi F4 na úkor začátku fáze F1.

Pokud nastane souběh požadavků autobusů na fázi F3 a F4 a doba průjezdu autobusu „F4“ bude predikována na dřívější časový okamžik, může být po fázi F2 operativně zařazena fáze F4 a až teprve potom fáze F3. Tato změna pořadí fází však musí být podmíněna dostatečně malou frontou před křižovatkou (na vjezdu D i v pruhu VE), tedy takovou, že vzdálenější indukční smyčky nejsou obsazeny.

Autobusy jedoucí dle signální skupiny VB, tedy ve fázi F1, nebudou speciálně preferovány, neboť fáze F1 je velmi dlouhá a střední doba zdržení v signální skupině VB je asi dvoutřetinová oproti skupinám VE a VD.

13 Situační plán křižovatky

Situační plán je přiložen v příloze č. 11 „Situační plán křižovatky“. Je přiložen proto, aby ukázal změny v uspořádání křižovatky oproti současnému stavu. Ukazuje polohu přechodů pro chodce a umístění stop čar, podle kterých byly měřeny vzdálenosti pro výpočet mezičasů. Dále zachycuje umístění použitých návěstidel jednotlivých signálních skupin.

Změny ve VDZ a nové hrany jsou vyznačeny červeně. Návěstidla a výložníky SSZ zeleně.

14 Závěr

V práci bylo představeno velké množství okrajových podmínek, které mohou promluvit do organizace dopravy v křižovatce.

Nejvýraznější měrou je v současné době v křižovatce zastoupena svoboda. Řidiči zde mají až takovou svobodu, která občas až překračuje hranice zákona.

Jedním z projevů této svobody jsou krátkodobá zastavení, která řidiči provádějí i na místech, kde je to zakázáno. Což je tedy téměř všude v křižovatce i na přilehlých komunikacích. Nicméně dle pozorování záznamů tím nikoho neohrožují ani nezdržují, pouze nepatrně zhoršují komfort průjezdu.

Některým řidičům by posloužil krátký parkovací pruh, pro 2 vozidla, asi 40 až 50 m od hranice křižovatky na ulici Bedřicha Václavka ve směru z křižovatky. Kvůli tomuto pruhu by však musel být před pravotočivým směrovým obloukem vychýlen jízdní pruh doleva, což by při nejmenším psychologicky nepůsobilo dobře, silnice by působila příliš úzce. Tento návrh je třeba prověřit graficky, výkresem a vlečnými křivkami. V případě pochybnosti o jeho správnosti je možné ponechat zastavování dodávek na místních zvyklostech, tedy částečně na chodníku, s objížděním částečně protisměrným jízdním pruhem.

Nyní k situaci na parkovišti před poštou. Pokud by policie důsledně kontrolovala dodržování maximální dovolené doby stání, mohlo by parkoviště využít mnohem větší množství lidí. K tomu by však bylo zapotřebí, aby řidiči používali parkovací hodiny umístěné za oknem auta. Dopravní značení, které v současnosti vyžaduje jejich použití, není dodržováno a jde opět o jeden z úkazů, kdy svobodný přístup k parkovacím místům vítězí nad zákonem. Koneckonců ale řidiči tím, že hodiny za oknem nemají, nikoho neomezují ani neohrožují, pokud dodrží parkovací dobu 30 minut. To ale nelze říci o těch, kteří zde parkují několik hodin a omezí tak desítky dalších. Do budoucna je možné uvažovat např. o parkovacím automatu, který by vydával bezplatné půlhodinové parkovací lístky pro konkrétní SPZ, nebo o mobilní aplikaci, která by fungovala na stejném principu.

A konečně, co se týká řidičů, kteří v křižovatce z vlastní vůle nezastavují, ale pouze tudý projíždějí, i u nich lze nalézt prvek svobody a volnosti. Pokud automobil vjíždí z Jejkovské brány na ulici Smila Osovského, občas užije široké vozovky za křižovatkou a vytvoří si z dopravního stínu a řadicího pruhu na další křižovatce improvizovaný připojovací pruh. Nejednou toho využijí i řidiči autobusů MHD, kteří tak berou preferenci do svých rukou.

Křižovatka si tedy žije vlastním životem a dle statistiky dopravních nehod není nijak zvlášť riziková. Úroveň kvality dopravy z pohledu zdržení vozidel je také dobrá.

Odborník na bezpečnost komunikací by křižovatce vytknul příliš dlouhé přechody pro chodce, které by podle stávajících pravidel již nemohly být nově vybudovány bez řízení SSZ. Právě chodci totiž doplácí nejvíce na současný neuspořádaný stav.

Pokud bychom chtěli zachovat volný průchod chodcům, tedy umožnit jim co nejkratší čekání před vstupem na přechod, bylo by řešením přechody zkrátit, případně vybudovat ochranné ostrůvky. To však jde proti zájmům ostatních účastníků provozu. V ulici Jejkovská brána by vybudování ostrůvku ztížilo pohyb autobusům. V ulici Bedřicha Václavka by bylo možné vybudovat ostrůvek jen za předpokladu snížení počtu jízdních pruhů. Na ulici Smila Osovského by pro vybudování přechodu s ostrůvkem bylo nutné zrušit parkoviště, což znamená zhoršení situace pro motoristy.

Doporučuji tedy opatření alespoň na dvou z těchto ulic.

Na ulici Smila Osovského navrhuji zkrátit přechod ze strany od budovy pošty pomocí vysazené chodníkové plochy. Plocha by měla být vytyčena pomocí mobilních plastových obrubníků červeno-bílé barvy. Chodci by tak mohli vyčkávat blíže k dráze vozidel, řidiči by je snáze spatřili. Tato chodníková plocha by neměla nikoho omezit. Na opačné straně komunikace lze hranu chodníku posunout do prostoru stávajícího dopravního stínu. Nicméně existuje nebezpečí, že se vlivem vysazení do vozovky dostane přesně do zákrytu A-sloupku vozidla přijíždějícího z ulice Bedřicha Václavka nebo do zákrytu sloupu veřejného osvětlení, který se u přechodu nalézá. Se tímto zkrácením přechodu se v navrhovaném SSZ počítá.

Na ulici Bedřicha Václavka navrhuji zrušit prostřední řadicí pruh (vlevo a rovně) a vytvořit zde asi 2 m široký ostrůvek, taktéž z mobilních plastových obrubníků. Současně s tím je třeba posunout hranu chodníku tak, aby mezi ním a ostrůvkem zbyly pouze 3,5 m. Dle současné šířky komunikace bude toto posunutí asi 0,5 m z každé strany vozovky. Posunutí pravého odbočovacího pruhu o 0,5 m doleva opět změní rozhledové poměry na chodce v ulici Smila Osovského a je obtížné hodnotit zlepšení či zhoršení. Omezení řadicích pruhů na 1 by podle výsledků dopravní simulace nemělo způsobit výraznější zdržení, neboť v křižovatce zůstane prostor pro vyčkávání alespoň jednoho vozidla ve směru jak rovně a doleva, tak doprava (vyčkávání při dávání přednosti chodcům). Je nutné na místě prověřit, zda je prostor pro vyčkávání při odbočování vpravo natolik velký, aby vozidlo v něm čekající mohl objet autobus, který chce jet vlevo do Jejkovské brány. Simulace také ukázala, že sloučení jízdních pruhů působí pozitivně na čekací doby na vjezdu Jejkovská brána. Stav křižovatky by musel být po této úpravě alespoň vizuálně několikrát zkontrolován a v případě, že by daná konfigurace působila větší zdržení, než předpokládá simulace, je třeba vrátit uspořádání do původního stav, byť v rozporu s normou.

Pokud by se stav osvědčil a byl vybudován natrvalo, znamenalo by to nemožnost dodatečně nainstalovat SSZ. SSZ totiž na tomto vjezdu vyžaduje 2 řadící pruhy. Norma připouští přechod přes 3 jízdní pruhy, pokud je právě řízen SSZ.

Nyní k samotnému návrhu SSZ, který byl hlavním předmětem této práce. Je jasné, že signalizační zařízení by mělo podobný omezující účinek, jako různá stavební opatření. Třeba vyjždění z parkovacích míst u pošty by se zavedením SSZ jistě neusnadnilo, neboť by u zadní aut v každém cyklu stávala fronta vozidel. Dalším faktorem, který promlouvá do návrhu SSZ, je prvek koordinace. Pokud nastavíme délku cyklu tak, aby odpovídala nadřazeným křižovatkám na silnici I/23, zůstává na konci každé fáze nevyužitá doba volná. Díky tomu si sice téměř nepohorší vozidla jedoucí koordinovaně z ulice Bedřicha Václavka po současné hlavní komunikaci doprava, zato vozidla na ostatních vjezdech jsou nucena vyčkávat déle. Doba zdržení je ve špičkách na těchto vjezdech asi o 20 sekund vyšší oproti stávajícímu neřízenému stavu. Dále nesmí být opomenuta střední doba zdržení chodců, která se při dlouhém cyklu rovná polovině délky signálu stůj, což je v případě odpolední špičky 40 sekund. Pro chodce je to daň za bezpečnost, kterou díky SSZ získají.

Ráno od 7:00 do 8:00, kdy je navržen 54s cyklus a křižovatka není v koordinaci, vycházejí podobně vysoké doby zdržení oproti neřízenému stavu (toto odhaduji na základě kapacitního výpočtu, v modelu nebyly časy posuzovány). Částečně je to způsobeno také dlouhými mezičasy.

Kvůli nepřehledným poměrům v křižovatce a „zalomené“ hlavní intenzitě se jeví jako vhodné čtyřfázové řízení, čímž ovšem, také vlivem dlouhých mezičasů, narůstají ztrátové časy v době změn fází. Dlouhé ztrátové časy spolu s nadměrným zdržením chodců jsou tedy hlavním argumentem proti zavedení světelného signalizačního zařízení na této křižovatce.

Preference autobusů MHD je v určité formě proveditelná, avšak je třeba brát v úvahu situace, kdy se autobus třetí svým předpokládaným příjezdem přesně za konec své fáze, čímž bude muset vyčkávat na další fázi asi 50 až 60 sekund (podle toho, zda bude umožněn rychlejší průběh signálního plánu).

Před instalací SSZ by bylo vhodné provést ještě několikrát dopravní průzkum, např. i ve špičkových hodinách v pátek. Průzkum by měl sledovat zdržení autobusů MHD, pohodlí chodců při přecházení (sledování konfliktů vozidel s chodci) a případně také dopravní konflikty mezi vozidly, pro určení skutečné rizikovosti křižovatky.

Následující část textu popisuje postup zpracování práce. Jedním z podkladů k práci byl výkres získaný z městského úřadu, druhým pak vlastnoručně naměřené hodnoty intenzit

dopravy. Chodce i vozidla jsem sčítal pomocí vlastního konzolového programu, ze kterého byla data vložena do programu MS Excel.

MS Excel se ukázal být neocenitelným pomocníkem pro úpravu a analýzu různých dat. Jeho síla je především v automatizaci rutinně se opakujících kroků, jakými jsou třeba jednotlivé body kapacitního výpočtu pro jednotlivé vjezdy či sledované hodiny nebo výpočty doby mezičasů pro jednotlivé signální skupiny.

Grafické výstupy byly vytvořeny v programu AutoCAD, v němž byla například tvorba zátěžových diagramů podstatně usnadněna možností vkládat příkazy pomocí příkazového řádku. Tyto příkazy byly automaticky připraveny v programu MS Excel. Pro zjištění drah vozidel potřebných pro výpočet mezičasů byl použit doplněk AutoTURN v programu AutoCAD.

Osvojil jsem také postup vytváření dokumentu s propracovaným formátováním nadpisů a odstavců v programu MS Word.

Na závěr závěru obecnější zamyšlení. Dopravní inženýr, respektive v tomto případě aspirant na dopravního bakaláře, má tendenci všechno kolem sebe usměrňovat, určovat tomu pravidla. Těžko dnes najdeme dopravního inženýra, který rozhodne o zrušení omezení rychlosti, otevření pěší zóny automobilům nebo odmontování příčného prahu.

Se vzrůstajícím množstvím automobilů na našich silnicích se ani není čemu divit. Pokud do silničního systému vložíme více uživatelů, musí zákonitě vzrůst počet automobilů připadající na určitou plochu a některé ulice či oblasti je zkrátka efektivnější nechat pouze pro občany chodce, než do nich pouštět občany v automobilech. Chodci zase nemohou chodit po dálnici. S nárůstem počtu automobilů musí také logicky narůstat i počet nehod, pokud jejich relativní počet zůstává stejný. Statistiky uvádějí absolutní počty a pokud chce dopravní inženýr tyto počty snížit, je logické, že se úroveň všeobecné bezpečnosti musí zvýšit.

Pokud se nám tedy dnes zdá, že dříve bylo různých omezení méně, je to objektivně možné.

Zákony na naší planetě (a většinou i ve vesmíru) fungují tak, že když se někde něčeho ubere, tak se to jinde přidá. Platí to mezi hmotnými věcmi, nehmotnými věcmi i křížem. A samozřejmě také v dopravě a také na řešené křižovatce.

Aspirant na dopravního bakaláře proto nyní stojí před otázkou. Chceme zvýšit *imaginární* bezpečnost chodců za cenu jejich *skutečného* času? A pokud opatření pro zvýšení jejich bezpečnosti provedeme, nepovedou tato naopak ke snížení bezpečnosti? Nebudou chodci nervózně přecházet na červenou? Bezpečnost je sice hodnotou nejvyšší, nad kterou není, ale v případě nejistého výsledku bych na opatření pro její zvýšení 100% netrval.

15 Seznam použité literatury

- [1] *Počet obyvatel v obcích České republiky k 1. 1. 2015* [online]. Praha: Český statistický úřad, 2015-04-30, [cit. 2015-07-25]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/20556287/1300721503.pdf>
- [2] PŘIBÍK, Ivan. *Počet obyvatel Třebíče trvale klesá*. Třebíčský deník [online]. [cit. 2016-08-24]. Dostupné z: http://trebicky.denik.cz/zpravy_region/pocet-obyvatel-trebice-trvale-klesa-20090116.html
- [3] *Dojíždka do zaměstnání a škol podle Sčítání lidu, domů a bytů - Kraj Vysočina - 2011* [online]. Praha: Český statistický úřad, 2013-07-31, [cit. 2015-07-25]. Dostupné z: https://www.czso.cz/documents/10180/20534018/dvok714_40681_trebic.xls
- [4] *Statistika nehod v mapě* [online]. Ministerstvo dopravy a Centrum dopravního výzkumu. Dostupné z: <http://www.jdvm.cz/cz/s477/Rozcestnik/c7315-Statistika-nehod-v-mape>
- [5] BARTOŠ, Luděk. *Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích*: TP 189. 2. vyd. Plzeň: EDIP, 2012. ISBN 978-80-87394-06-9.
- [6] ČSN 73 6110 ZMĚNA 1 [online]. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010. Dostupné z: <http://www.unmz.cz/files/normalizace/%C4%8CSN%2073%206110/85035.pdf>
- [7] BARTOŠ, Luděk. *Posuzování kapacity neřízených úrovnňových křižovatek*: TP 188. Mariánské Lázně: Pro EDIP vydalo nakl. Koura, 2007. ISBN 978-80-902527-6-9.
- [8] *Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích: technické podmínky*: TP 81. 3. vyd. Praha: Ministerstvo dopravy, 2016. ISBN 80-86502-30-9.
- [9] MARTOLOS, Jan. *Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek*. Liberec: EDIP, 2011. ISBN 978-80-87394-03-8.

16 Seznam příloh

- 1 Intenzita dopravy
- 2 Chodci a autobusy
- 3 Parkování a zastavení
- 4 Hodinové intenzity
- 5 I50
- 6 Tabulka dopravních nehod
- 7 Posouzení kapacity křižovatky neřízené
- 8 Signální plán a kapacitní posouzení
- 9 Strukturální signální plán
- 10 Vyhodnocení simulace