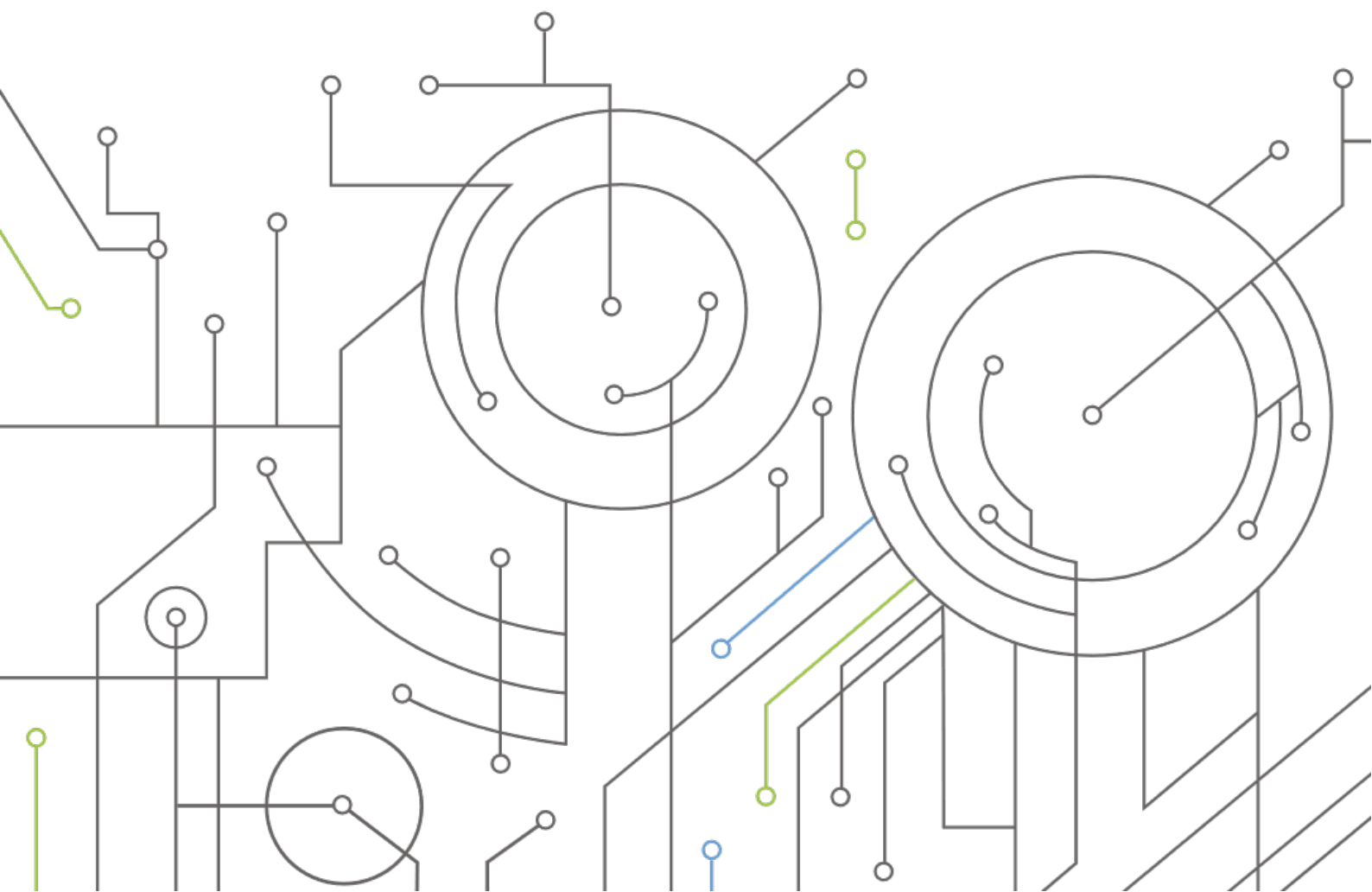


KAPACITNÍ PROVĚŘENÍ KŘIŽOVATKY „9. KVĚTNA X RAČEROVICKÁ X U KUCHYŇKY X U OBŮRKY“ VE MĚSTĚ TŘEBÍČI POMOCÍ MIKROSIMULAČNÍHO MODELU DOPRAVY

aktualizace 10. 5. 2022





Administrativní údaje

Objednatel:

Město Třebíč

Karlovo nám. 104/55

674 01 Třebíč

IČO: 00290629

www.trebic.cz



Zpracovatel:

SmartPlan s. r. o.

CIIRC, Jugoslávských partyzánů 1580/3

160 00 Praha 6

IČO: 02474743

www.smart-plan.cz



Verze dokumentu: 10. 5. 2022 (aktualizace)

Autorský tým (abecedně):

Ing. Roman	DOSTÁL
Ing. Tomáš	JANČA
Ing. André Maia	PEREIRA
BSc. Vladimír	BUTIRSCHI
a kolektiv autorů	



OBSAH

1	<u>VYMEZENÍ PROJEKTU</u>	<u>5</u>
1.1	CÍL PROJEKTU	5
1.2	PŘEDMĚTNÁ LOKALITA	5
1.3	SROVNÁNÍ SOUČASNÉHO A BUDOUCÍHO STAVU	7
2	<u>KAPACITNÍ PROVĚŘENÍ POMOCÍ DOPRAVNÍHO MODELU</u>	<u>8</u>
2.1	METODICKÝ POSTUP	8
2.2	VSTUPNÍ DATA A INFORMACE	8
2.3	PARAMETRY SIMULACE	8
2.4	TYPY VÝSTUPŮ.....	9
3	<u>VÝSTUPY.....</u>	<u>10</u>
4	<u>ZÁVĚR</u>	<u>11</u>
5	<u>ZDROJE.....</u>	<u>14</u>



1 Vymezení projektu

1.1 Cíl projektu

Cílem projektu „Kapacitní prověření křižovatky „9. května x Račerovická x U Kuchyňky x U Obůrky“ ve městě Třebíči pomocí mikrosimulačního modelu dopravy“ je zhodnotit na základě dříve naměřených (a případně v rámci projektu doměřených) dat, jaký bude mít na kapacitu křižovatky vliv zavedení světelné signalizace na předmětné křižovatce.

Položenou otázkou je, zda se v případě signálu „stůj“ od ul. 9. května nebude doprava vzdouvat až na Podklášterský most. Tzn. délka případné fronty by musela dosahovat délky cca 680 m (tj. od tzv. stop čáry, resp. VDZ V 5 „Příčná čára souvislá“ [1]).

Primárně tedy bude zhodnocován vliv úpravy organizace dopravy, terénu a skladba dopravního proudu na tvorbu front, resp. dopravních kongescí a jejich délku.

1.2 Předmětná lokalita

Předmětná lokalita, resp. řešená křižovatka je znázorněna na obrázku níže (obrázek 1). Jedná se o výše zmíněnou křižovatku ulic 9. května x Račerovická x U Kuchyňky x U Obůrky. Křižovatka se nachází v severozápadní části města na sběrné komunikaci II/351. Od řeky Jihlavy je křižovatka vzdálena přibližně 680 m s převýšením cca 45 m po silnici 9. května. Jedná se tedy o konstantní stoupání 6-7 %.



Obrázek 1: Předmětná lokalita [2].

Předmětná křižovatka je průsečná (čtyřramenná) a neřízená. Na severovýchodním rameni křižovatky byly identifikovány neadekvátní rozhledové poměry. Ty jsou v současnosti řešeny dopravním zrcadlem. Tento stav způsobuje nepříjemnou situaci pro řidiče směřující z ulice U Kuchyňky na ulici 9. května (tj. odbočení vlevo). Nepřehledná situace způsobuje objíždění křižovatky přes křižovatku severozápadně „Račerovická x Na Kocandě“. Silnice II/351, resp. ulice Račerovická a 9. května jsou dopravně významnými tepnami, resp. významná část základního komunikačního systému města. Roční průměr denních intenzit byl na ulici 9. května v roce 2021 přibližně 9 400 vozidel za den (data poskytnutá městem Třebíč). Jedná se o ramena s rozdílnou třídou komunikace:

- 9. května – silnice II. třídy,
- Račerovická – silnice II. třídy,
- U Kuchyňky – silnice III. třídy,
- U Obůrky – Místní komunikace.

Za posledních pět let nastala na křižovatce pouze jedna nehoda související s neadekvátními rozhledy, a to s lehkými následky na zdraví spolucestujícího [3]. Z pohledu bezpečnosti silničního provozu byla křižovatka v rámci bezpečnostní inspekce (2019) [4] označena jako vysoce riziková. Detail křižovatky je znázorněn na obrázku níže (obrázek 2). Občané křižovatku rovněž často označují za nebezpečnou, jak vyplývá z pocitové mapy města (poskytnuté městem Třebíč).



Obrázek 2: Detail řešené křižovatky [5].



1.3 Srovnání současného a budoucího stavu

Jak bylo zmíněno výše, v současné situaci je křižovatka neřízená. Primárně z důvodu bezpečnosti silničního provozu je navrhováno, aby byla tato křižovatka světelně řízena. Celkem dojde k následujícím úpravám:

- Křižovatka bude světelně řízena,
- Do vozovky budou instalovány dopravní senzory (indukční smyčky),
- Bude aplikováno dynamické řízení provozu (prodlužování zelené na základě detekované delší fronty vozidel),
- Bude zrušen přilehlý přechod na ulici Račerovická,
- Délka připojovacího pruhu na ulici 9. května bude přibližně 110 m,
- *Další drobné úpravy, které jsou v rámci simulace minimálního rázu.*

Situační výkres srovnávaného budoucího stavu poskytnutý městem Třebíč je uveden na obrázku níže (obrázek 3).



Obrázek 3: Situační výkres budoucího stavu.

Konzultace k plánovanému stavu poskytla firma VIPA project, s.r.o. a firma PATRIOT spol. s r.o. (která je odborně způsobilým subjektem a držitelem licence na správu radičů využívaných v rámci koordinovaného tahu ve městě Třebíči) za kontroly vstupů ze strany města.



2 Kapacitní prověření pomocí dopravního modelu

2.1 Metodický postup

Kapacita předmětné křižovatky je posuzována mikroskopickým dopravním modelem (SW Eclipse SUMO). K tomuto typu posouzení kapacity bylo přistoupeno primárně z nutnosti zohlednit vliv terénu ve spojení se zastoupením těžkých nákladních vozidel v dopravním proudu a kvůli možnosti aplikace dynamického řízení. Cílem této simulace je co nejvěrněji odrazit současný a budoucí stav.

Pro srovnání byl modelován **současný stav** (zde bylo možné verifikovat přesnost modelu, který musí věrně odrážet současnou situaci) a **navrhovaný srovnávaný stav**.

Simulace byla opakována ve větším množství iterací metodou monte carlo pro zajištění co nejpresnějšího výsledku modelu.

Samotný model byl průběžně konzultován s objednatelem.

2.2 Vstupní data a informace

Pro tvorbu dopravního modelu bylo nezbytné zajistit několik základních vstupních údajů (část poskytl objednatel, část byla zajištěna zpracovatelem):

- Dopravní intenzity:
 - o Data po hodinách s rozdělením na osobní vozidla, nákladní do 3,5 tun, nad 3,5 tuny (tj. skladba dopravního proudu).
 - o Data jsou zvlášť pro jednotlivé směry.
- Navrhovaný situační výkres s rozmístěním dílčích prvků.
- Výškový profil území:
 - o Mračno bodů s uvedením výšky.
- Signální plán.

2.3 Parametry simulace

Kromě geometrie vozovky a stanoveného dopravního chování byly hlavními vstupními parametry podmínky dynamického řízení a délka odbočovacího pruhu z ulice 9. května. Délka odbočovacího pruhu je dle zaslané dokumentace přibližně 110 metrů a vyřazovací úsek přibližně dalších 70 metrů.

Dynamické řízení spočívá v jednoduché podmínce možnosti prodlužování délky zelené pro vozidla přijíždějící do křižovatky z ulice 9. května, a to až na délku 150 s při překročení délky fronty 120 m. V praxi to tedy znamená, že pokud je na rameni 9. května obsazen detektor vzdálený 120 m od stop čáry stojícím vozidlem, spustí se preferenční signální plán, který umožní vyprázdnění daného ramene křižovatky. Signál zelené se prodlužuje až do doby, kdy střední doba odstupu vozidel projíždějících přes detektor vzdálený 25 metrů od křižovatky neklesne pod 3 s (standardní nastavení).



Je nutno poznamenat, že se jedná o zjednodušenou variantu dynamického řízení, které v této simulaci preferuje pouze směr vozidel přijíždějících z ulice 9. května. V praxi lze na základě zkušenosti z reálného provozu kapacitu nadále významně navýšit. Zároveň se v situačním návrhu počítá s rozmístěním senzorů také na dalších ramenech, což umožní dynamické řízení zohledňující všechny proudy vozidel. Výstupy jsou tedy tímto mírně postiženy, a to v neprospěch daného návrhu. To umožňuje kritičtější pohled na srovnávaný scénář.

2.4 Typy výstupů

Na základě simulace je možné srovnat dvě veličiny pro každé rameno křižovatky:

- Délka fronty,
- Zdržení (resp. doba čekání na křižovatce).

V obou případech se jedná o průměrnou hodnotu včetně odchylky pro sledované období (důležité jsou zejména dopravní špičky).

Dalším výstupem je animace zachycující průměrný modelový scénář v období, kdy je sledované rameno nejvíce zatížené. Ukázka ze záznamu z vizualizace je uvedena na obrázku níže (obrázek 4).



Obrázek 4: Ukázka vizualizace.



3 Výstupy

V tabulkách níže (tabulka 1 – délka fronty, tabulka 2 – doba zdržení) jsou uvedeny průměrné maximální hodnoty¹ (vč. odchylky) pro délku fronty a dobu zdržení. Hodnoty jsou uvedeny pro dvě denní období (ranní špička 7:00-8:00 a odpolední špička 15:00-16:00) a pro dva scénáře (současný stav uveden není kvůli preferenčnímu opatření plynoucím z přednosti v jízdě z ulice 9. května): SSZ statické (tj. aplikace světelné signalizace bez dynamického řízení pros rovnání) a SSZ dynamické (tj. s aplikací dynamického řízení). Hodnoty jsou vždy uváděny pro ulici 9. května.

Tabulka 1: Maximální délka fronty (metry).

	SSZ statické	SSZ dynamické
Ranní špička	302.96 ± 149.34	201.92 ± 113.02
Odpolední špička	151.64 ± 61.18	145.12 ± 58.36

Tabulka 2: Maximální doba zdržení (sekundy).

	SSZ statické	SSZ dynamické
Ranní špička	245.60 ± 117.12	141.20 ± 44.32
Odpolední špička	91.40 ± 29.81	82.40 ± 36.90

Je tedy patrné, že i za využití velmi jednoduchého pravidla pro preferenci ramene 9. května je situace srovnatelně lepší než v případě statického řízení. Při další optimalizaci je možné docílit ještě většího snížení délky fronty (například také při implementaci dynamického řízení také pro další ramena jako je ulice Račerovická). Primární zjištění je, že fronta nebude dosahovat až k mostu, ani ke křižovatce na Žerotínově náměstí.

Výsledky je možné porovnat také vizuálně z animací (poskytnuty objednateli). Situace v animaci nemusí přímo odpovídat maximálním hodnotám uvedeným v tabulce výše (tyto hodnoty byly určeny na základě několikanásobné simulace, animace reprezentuje pouze jeden simulovaný stav z mnoha). Ani v případě animace však nedochází k příliš dlouhým frontám.

¹ Vzhledem k tomu, že pro modelování dané lokality proběhlo několik iterací modelace, je tímto výrokem myšleno, že pro každou simulaci je určena maximální hodnota, která je ze všech simulací průměrována s určitou standardní odchylkou, která je ve výstupech rovněž zohledněna.



4 Závěr

Na základě simulace, resp. mikroskopického dopravního modelu je možné stanovit, že navrhovaný stav (aplikace světelné signalizace za dynamického řízení) bude kapacitně vyhovovat a délka front nebude dosahovat až do zmiňované délky 680 m. Z důvodů dynamického řízení je křižovatka po přesáhnutí fronty 120 m vždy s výjimkou exponovaných časů (tzn. ojedinělé případy ve špičkových hodinách) kompletně vyprázdněna.

Maximální délka fronty v nejzatíženější čas (ranní špička) dosahuje průměrně 202 m (se standardní odchylkou 117 m, horní hranice je však extrémní případ). Většinu času ze špičkové hodiny délka fronty zůstává pod kontrolní mezí 120 m (v rámci vytvořeného videa ze simulace bylo nutné přímo vybrat moment, kdy se kongesce vytvoří). Mimo špičkové hodiny délka fronty vůbec hodnoty 120 m nedosahuje. Je však vhodná aplikace dynamického řízení umožňující preferenci také ostatních směrů. Vliv převýšení je přitom minimální. Největší vliv má zrušení kompletní prioritizace hlavního proudu, tj. implementace SSZ.

Dále bylo stanoveno, že pro předmětnou křižovatku je nutná aplikace tzv. dynamického řízení. Bez tohoto opatření by křižovatka nebyla optimálně řešena. Délka fronty by v některých případech přesahovala délku 450 m, nedosahovala by tak tedy až k mostu, ale byla by na hranici kapacity.

Dle normy ČSN 73 6102 „Projektování křižovatek na pozemních komunikacích je orientační maximální kapacita světelně řízených křižovatek stanovena jako 3 000 – 6 400 voz/hodinu, resp. 36 000 – 77 000 voz/den (tabulka 3). V případě předmětné křižovatky dosahují dle dat poskytnutých městem špičkové kapacity souhrnně pro všechny směry nejvýše 1 440 voz/hod. Souhrnné intenzity tedy nedosahují ani spodní hranice 3 000 voz/den maximálních kapacit světelně řízených křižovatek.

Tabulka 3: Orientační maximální kapacity křižovatek dle ČSN 73 6102 [6].

Typ křižovatky		Maximální hodinová kapacita [voz./h]	Maximální celodenní kapacita ^{c)} [voz./den]	
Neřízené křižovatky ^{a)}	Průsečná a styková křižovatka	1 500 – 2 000	18 000 – 24 000	
	Okružní křižovatky	Miniokružní křižovatka	1 500 – 2 000	18 000 – 24 000
		Okružní křižovatka s jedním pruhem na okružním pásu a jedním pruhem na vjezdu	2 000 – 2 700	24 000 – 32 000
		Okružní křižovatka s dvěma pruhy na okružním pásu a dvěma pruhy na vjezdu	2 500 – 3 500	30 000 – 40 000
		Spirálovitá okružní křižovatka ^{d)}	2 500 – 3 500	30 000 – 40 000
Světelně řízená křižovatka ^{b)}		3 000 – 6 400	36 000 – 77 000	

^{a)} V závislosti na počtu jízdních nebo řadicích pruhů a na intenzitách jednotlivých dopravních proudů.

^{b)} Kapacita řízené křižovatky závisí – kromě způsobu řízení – především na počtu řadicích pruhů.

^{c)} Odvozeno z hodinových kapacit při běžných denních variacích dopravy.

^{d)} Kapacita spirálové okružní křižovatky je zpravidla vyšší než kapacita okružní křižovatky se dvěma pruhy na okružním pásu s obdobným prostorovým uspořádáním.

Dle TP 235 „Posouzení kapacity světelně řízených křižovatek“ je možné docílit zvýšení kapacity světelných křižovatek následujícími kroky (přehledně v následující tabulce včetně



možností v rámci předmětné lokality – tabulka 4). S většinou realizovatelných opatření se však již počítá. V rámci daného prostoru je tedy současný návrh světelně řízené křižovatky již s ohledem na maximální kapacitu.

Tabulka 4: Možnosti navýšení kapacity světelně řízené křižovatky dle TP 235 [7].

Možnosti zvýšení kapacity	Realizovatelnost
Dynamickým řízením provozu	Bude realizováno
Rozšířením vjezdu, přidáním samostatných řadicích pruhů pro jednotlivé proudy	Na hlavních ramenech je počítáno s vyhrazenými směry pro odbočení na ulici U Kuchyňky.
Zvýšením počtu jízdních pruhů na vjezdu i výjezdu pro konkrétní dopravní proud	Dva pruhy pro výjezd na hlavních ramenech křižovatky
Změnou signálního plánu	Možné až na základě provozu
Znemožněním některých křižovatkových pohybů	S tímto opatřením není počítáno
Přestavbou na mimoúrovňovou křižovatku	V rámci dané lokality nerealizovatelné

Jedním ze základních faktorů kapacitního posouzení křižovatek je úroveň kvality dopravy (dále jen „ÚKD“). Stupně ÚDK jsou uvedeny níže (tabulka 5). Ta se posuzuje dle střední doby zdržení, jak je definováno v [7]. V kapitole výše byla řešena maximální doba zdržení pro ranní a odpolední špičku (tabulka 2), to jsou však extrémní hodnoty, nikoliv střední doba zdržení. Vyhovující střední doba zdržení je dle [6] definována v tabulce níže (tabulka 6), v další tabulce je pak uvedený stav pro ramena dané křižovatky spolu s reálnou hodnotou střední doby zdržení a zatříděním komunikací (tabulka 7).

Tabulka 5: Úroveň kvality dopravy a odpovídající střední doba zdržení [7].

Přípustná ÚKD	Odpovídající střední doba zdržení (s)
A	≤ 20
B	≤ 35
C	≤ 50
D	≤ 70
E	> 70
F	Rezerva kapacity 0

Tabulka 6: Přípustná ÚKD dle ČSN 73 6102 [7] (tučně vyznačeny třídy významné pro tuto studii).

Třída komunikace	Přípustná ÚKD	Odpovídající střední doba zdržení (s)
Dálnice, rychlostní silnice a silnice I. třídy	C	≤ 50
Silnice II. třídy	D	≤ 70
Silnice III. třídy	E	> 70
Rychlostní místní komunikace a přechodové úseky	D	≤ 70



Místní komunikace a veř. přístupné účelové kom.

E

> 70

Tabulka 7: Reálná ÚDK a hodnoty střední doby zdržení ve špičce.

Rameno křižovatky	Třída komunikace	Pož. střední doba zdržení	Dosažená střední doba zdržení (s)	Reálná ÚDK
9. května	Silnice II. třídy	≤ 70 (ÚKD - D)	40	C
Račerovická	Silnice II. třídy	≤ 70 (ÚKD - D)	63	D
U Kuchyňky	Silnice III. třídy	> 70 (ÚKD - E)	30	B
U Obůrky	Místní komunikace	> 70 (ÚKD - E)	39	C

* U ÚKD stupně E je umožněna střední doba zdržení delší než 70 s, rezerva kapacity však nesmí být nulová. V kratších časových úsecích je na místní komunikacích přípustná ÚDK stupně F.

Z tabulky výše je tedy patrné, že všechna ramena křižovatky kapacitně vyhovují díky vyhovujícímu ÚDK. Jediná ulice Račerovická má nejhorší přípustnou ÚKD, ale při aplikaci dynamického řízení bude situace zlepšena. Jednoznačným východiskem však je, že z pohledu kapacitního posouzení všechna ramena vyhovují.

Křižovatka je vhodnou lokalitu pro stavební úpravu či úpravu v řízení dopravního proudu (tj. aplikace SSZ) z důvodu bezpečnosti, resp. neadekvátních rozhledových poměrů. Křižovatka je z tohoto důvodu dlouhodobě problematická. Dopravní zrcadlo je nadále nezbytné zachovat v případě, že nebude provoz světelného signalizačního zařízení nepřetržitý. Přínosem aplikace světelné signalizace je v tomto případě také sběr dopravně inženýrských dat pomocí dopravních senzorů ve vozovce (indukční smyčky).



5 Zdroje

- [1] Vyhláška č. 294/2015 Sb. „Vyhláška, kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích“
- [2] OpenStreetMap (mapové podklady) [přístup zajištěn 1. 3. 2022]
- [3] Dopravní nehody v ČR (nehody.cdv.cz) [přístup zajištěn 28. 4. 2022]
- [4] Koncepce řešení bezpečnosti dopravy v Třebíči, Diplomová práce, Roman Dostál, 2019
- [5] Český úřad zeměměřický a katastrální (Ortofoto mapa) [přístup zajištěn 28. 4. 2022]
- [6] ČSN 73 6102 „Projektování křižovatek na pozemních komunikacích“, červen 2012
- [7] TP 235 „Posouzení kapacity světelně řízených křižovatek“, 2011