



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

---

Fakulta dopravní

Ústav dopravní telematiky

**Využití dat z plovoucích vozidel pro optimalizaci jízd vozidel IZS**

**Using floating car data to optimize the driving of IRS vehicles**

Bakalářská práce

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích

Studijní obor: Inteligentní dopravní systémy

Vedoucí práce: Ing. Zuzana Purkrábková

doc. Ing. Pavel Hrubeš Ph.D.

---

**Barbora Goláňová**

Praha 2021



**K620..... Ústav dopravní telematiky**

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Barbora Goláňová**

Studijní program (obor/specializace) studenta:

**bakalářský – ITS – Inteligentní dopravní systémy**

Název tématu (česky): **Využití dat z plovoucích vozidel pro optimalizaci jízd vozidel IZS**

Název tématu (anglicky): Using Floating Car Data to Optimize the Driving of IRS Vehicles

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Úvod do problematiky dat z plovoucích vozidel a možnost jejich využití
- Rešerše a úvaha využití dat z plovoucích vozidel pro optimalizaci jízdy vozidel IZS
- Analýza získaných dat z plovoucích vozidel a ostatních datových zdrojů (jízdy IZS)
- Identifikace problematických lokalit. Konkrétní návrh optimalizace a způsobu řešení pro vybraný příklad
- Shrnutí výsledků práce, vyhodnocení návrhu a možností využití datového zdroje plovoucích vozidel



- Rozsah grafických prací: dle požadavku vedoucího práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Města budoucnosti. Praha: NADATUR, 2018. ISBN 978-80-7270-058-5.  
Příbyl, P., Svítek, M.: Inteligentní dopravní systémy, BEN 2001, ISBN 80-7300-029-6.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Zuzana Purkrábková**  
**doc. Ing. Pavel Hrubeš Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce:

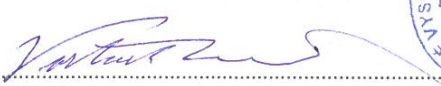
**23. září 2020**


(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:

**1. prosince 2021**

- 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

  
prof. Ing. Zdeněk Votruba, CSc.  
vedoucí  
Ústavu dopravní telematiky



  
doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.



Barbora Golánová  
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 9. srpna 2021



## Abstrakt

Práce pojednává o využití dat z plovoucích vozidel k optimalizaci jízd vozidel integrovaného záchranného systému. V této souvislosti je zde možné nalézt, jakým způsobem byla získaná data z plovoucích vozidel od integrovaných záchranných systémů a způsob jejich zpracování. Dále se v práci nachází výčet způsobů preference IZS a popis aplikace QGIS. Z těchto poznatků je navržena metodika, pomocí které byly identifikovány problémové lokality v infrastruktuře. Lokality, kde dochází ke zdržení vozidel IZS. Výsledné lokality byly porovnány s veřejnými daty zprostředkovanými Ředitelstvím silnic a dálnic. Na několika vybraných lokalitách navržené řešení k zefektivnění průjezdu vozidel IZS.

**Klíčová slova:** data z plovoucích vozidel (FCD), integrovaný záchranný systém (IZS), optimalizace, preference



## Abstract

The work deals with the use of floating car data to optimize the travel of integrated rescue systems. In this context, it is possible to find how data from floating vehicles were obtained from integrated rescue systems and how they were processed. Furthermore, a list of IRS preferences and a description of the QGIS application. From this knowledge, a methodology is proposed, which was used to identify problem areas in the infrastructure. Locations where IRS vehicles are detained. The resulting sites were compared with public data provided by the Directorate of Roads and Motorways. At several selected localities, a solution was proposed to streamline the passage of IRS vehicles.

**Keywords:** floating car data, integrated rescue system, optimization, preferences



## Poděkování

Ráda bych poděkovala všem, kteří mi pomohli při vypracování této práce. Zvláště pak patří poděkování vedoucím Ing. Zuzaně Purkrábkové a doc. Ing. Pavlu Hruběšovi Ph.D. za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce. Chtěla bych také poděkovat své rodině, přáteli a kamarádům za trpělivost a podporu v průběhu celého studia.



## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Využití dat z plovoucích vozidel pro optimalizaci jízd vozidel IZS vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiložené k bakalářské práci.

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).

Praze dne 20.11.2021

.....

*Podpis*



# Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>12</b>
<b>2 Úvod do problematiky dat z plovoucích vozidel</b>	<b>13</b>
2.1 Sběr FCD	13
2.1.1 Frekvence záznamu	15
2.1.2 Ochrana osobních údajů	15
2.2 Využití FCD v ČR	15
2.3 Využití FCD v zahraničí	16
<b>3 Využití FCD v souvislosti s IZS</b>	<b>18</b>
3.1 Legislativa spojená s IZS	18
3.2 Co lze vyčíst z FCD	19
3.3 Možnosti preference IZS	20
<b>4 Analýza získaných datových zdrojů</b>	<b>23</b>
4.1 Získané data od IZS	23
4.2 Aplikace QGIS	25
4.3 Analýza získaných dat od IZS	26
4.3.1 Třídění poskytnutých datových sad	26
4.3.2 Zobrazení datových sad v QGIS	29
4.3.3 Návrh identifikace problémových míst	29
4.4 Jiné datové zdroje	35
4.5 Poskytnutá data od ŘSD	36
<b>5 Zhodnocení návrhu</b>	<b>39</b>
5.1 Vstupní hodnoty z vytvořených kódů k optimalizaci vybraných míst	39
5.2 Analýza vybraných úseků	40
5.2.1 Libuš - ulice Meteorologická, Generála Šišky a Novodvorská	41
5.2.2 Jinonice - ulice Řeporyjská, Karlštejnská, Klikatá, (U Trezorky)	42





5.2.3	Petřiny - ulice Na Petřinách . . . . .	43
5.2.4	Maniny- ulice Dělnická, Komunardů . . . . .	46
<b>6</b>	<b>Závěr</b>	<b>47</b>
	<b>Seznam použité literatury</b>	<b>49</b>



## Seznam obrázků

2.1	Ilustrační případ detekce polohy vozidel pomocí GNSS [18]	14
2.2	Ukázka webové aplikace [1]	16
3.1	Systém preference IZS a MHD [4]	21
3.2	Princip komunikace V2X převzato z [16]	22
3.3	Princip komunikace pro preferenci IZS, převzato z [15]	22
4.1	Ukázka získaných dat od HZS HMP	24
4.2	Ukázka prostředí aplikace QGIS	25
4.3	Ukázka získaných dat zobrazených na mapě	26
4.4	Kód v programu Matlab	27
4.5	Ukázka data od HZS HMP před filtrací dat, kdy vozidlo stojí v garáži ve stanici nebo v blízkém okolí stanice	28
4.6	Ukázka data od HZS HMP po filtraci dat, kdy vozidlo stojí v garáži ve stanici nebo v blízkém okolí stanice	28
4.7	Ukázka barevnostní škály odpovídající rychlostem z data od HZS HMP	29
4.8	Část kódu v programu Matlab.	30
4.9	Část kódu v programu Matlab.	31
4.10	Část kódu v programu matlab.	32
4.11	Pomocný nákres k jednomu filtru z kódu.	33
4.12	Část kódu v programu Matlab.	34
4.13	Graf hodnot před filtrací.	34
4.14	Graf výsledných hodnot kódu.	35
4.15	Ukázka veřejných dat od ŘSD.	37
4.16	Ukázka TMC segmentů.	38
5.1	Zobrazené výsledky z Matlabu v GIS.	40
5.2	Zobrazení okružní křižovatky.	41
5.3	Zobrazení popisovaného úseku v Jinonicích	42
5.4	Zobrazení popisované původní a objízdné trasy.	43



5.5	Zobrazení popisovaného úseku v Petřinách. . . . .	44
5.6	Zobrazení objízdne trasy. . . . .	45
5.7	Zobrazení popisovaného úseku v Maninách. . . . .	46



## Seznam symbolů a zkratek

FCD	Data z plovoucích vozidel (floating car data)
GDPR	General Data Protection Regulation (Ochrana osobních údajů)
GFCD	data plovoucích vozidel založených na lokalizaci GPS
GIS	Geografický informační systém
GNSS	Global Navigation Satellite System (Globální družicový polohový systém)
HZS HMP	Hasičský záchranný sbor hlavního města Prahy
IRS	Integrate rescue system
IZS	Integrovaný záchranný systém
NDIC	Národní dopravní informační centrum
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic
SSZ	Světelné signalizační zařízení
WMS	Web Map Service
WCS	Web Coverage Service
WFS	Web Feature Service
VKV	Velmi krátké vlny
RDS - TMC	Radio Data System - Traffic Message Channel
DRV	Digitálního rozhlasového vysílání
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic



# 1 Úvod

Průjezd vozidel integrovaných záchranných systémů infrastrukturou je nedílnou součástí každého dne. Často však bývá opomíjena potřeba na komunikacích tyto vozidla upřednostnit. Proto jsem se rozhodla v této práci věnovat právě vozidlům IZS a jejich průjezdem infrastrukturou.

Data z plovoucích vozidel (FCD) se získávají přímo z jedoucích vozidel na komunikaci. Získává se mimo jiné informace o poloze vozidla v určitém čase, díky čemuž jsou FCD vhodným nástrojem pro sledování průjezdu vozidel IZS infrastrukturou. Jsou také vhodným nástrojem pro sledování, jak se tok dopravy mění, a co jej ovlivňuje. Na základě sledování plynulosti dopravy lze poté provádět soubor opatření. Tato opatření se nazývají preference veřejné hromadné dopravy, v tomto případě preference IZS. Data z plovoucích vozidel lze také využít ke zpětné analýze nebo monitorování dopravy v delším časovém úseku. Tyto funkce a možnosti FCD lze považovat za účinný nástroj při realizaci cílů Smart City.

Předpokladem této práce je získání FCD od integrovaných záchranných složek celé České republiky. Jejich analýzy a následné využití k identifikaci problémových míst při průjezdu vozidel IZS infrastrukturou. Dále pak porovnání výsledků s veřejně přístupnými daty zprostředkovanými Ředitelstvím silnic a dálnic a nalezení vhodného řešení ke konkrétním problémovým lokalitám. K dosažení tohoto cíle je třeba seznámit se daty z plovoucích vozidel, jejich sběru a zpracování. Taktéž s možnostmi preferencí IZS a aplikací QGIS, která poslouží k zobrazování zpracovaných dat.



## 2 Úvod do problematiky dat z plovoucích vozidel

Dnes se sběrem dopravních dat k analýze provozu zabývá mnoho společností, jak z veřejné správy, tak i ze soukromého sektoru. Jsou totiž nedílnou součástí pro analýzu bezpečnosti silničního provozu, kterou se tato práce zabývá. V této kapitole je uvedeno, jakou formou se data získávají a k čemu se využívají. Nejdříve je potřeba se seznámit se základními principy funkčnosti plovoucích vozidel. Získávání dat z plovoucích vozidel je jednou z forem získání informací o intenzitě dopravy a poloze daných vozidel. Využívají se pro analýzu dopravy a navigační úlohy. Data se získávají přímo z vozidel, která jsou vybavena speciálními zařízeními, jež zaznamenávají požadované informace. Jedná se o přijímače GPS (GFCD), které zaznamenávají informace o poloze vozidle v reálném čase. [17]

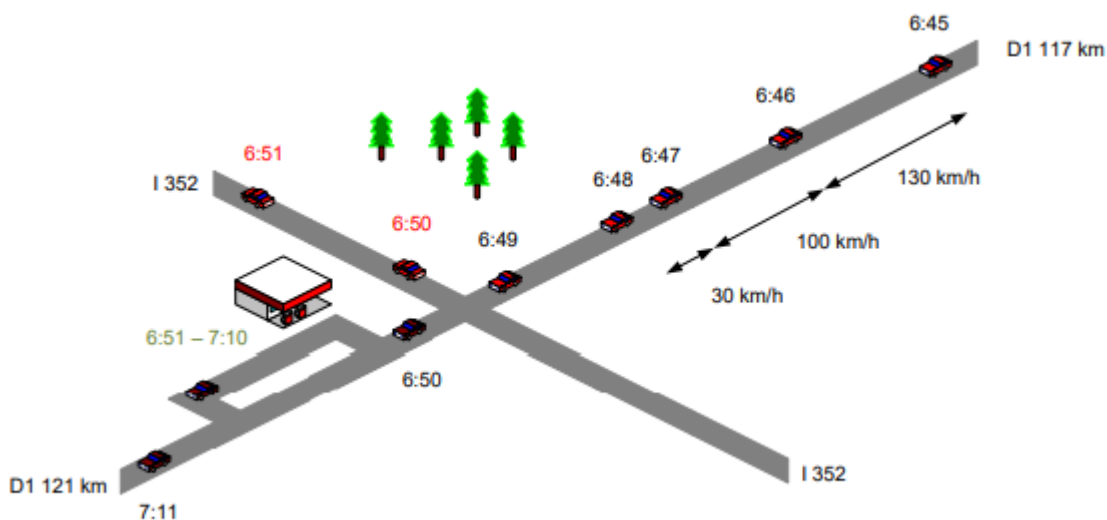
### 2.1 Sběr FCD

Je několik základních zdrojů dat, ze kterých lze vytvořit skutečný obraz dopravní situace. Podle způsobu pořizování dat jde zdroje rozdělit na dvě skupiny. Na stacionární a mobilní. Za stacionární zdroje informací jsou považovány kamerové senzory, indukční smyčky, čidla, se kterými se lze setkat v běžném provozu. Tyto zdroje dokážou poskytnout velmi kvalitní informace k danému místu. Za nevýhody stacionárních zdrojů je považována náročnost instalace, malá flexibilita a umístění převážně na nejvytíženějších komunikacích, které vede k zaznamenávání pouze části silniční sítě. [12, 18]

Méně častější je pak forma získávání dat z mobilních zdrojů, mezi které řadíme získávání dat z tzv. plovoucích vozidel (Floating car data - FCD). Jedná se o data pocházející z osobních i nákladních vozidel na komunikaci. Poskytovatelem systému FCD sběru dat je například NDIC (Národní dopravní informační centrum), či jiný soukromý sektor. Data lze z vozidel sbírat třemi způsoby:

- ve starších vozidlech je umístěna komunikační sběrnice,
- moderní vozidla jsou již vybavena integrovaným systémem GNSS (Global navigation satellite system),
- z mobilních telefonů.

Každé auto je senzor, který zpřístupňuje dopravní informace v reálném čase, ať je kdekoli. Pomocí FCD dat pro pohyb v dopravním proudu je možno kdykoli analyzovat jakoukoli oblast, jakoukoli ulici, v jakémkoli prostředí.[11] Tyto informace jsou v prvních dvou případech díky GNSS přesnější. Poloha je určena s minimální odchylkou a rychlost je získána přímo z vozidla. Nevýhodou však stále zůstává malý počet takovýchto vozidel. Ilustrační příklad detekce pomocí GNSS je zobrazen na obrázku 2.1. [18]



Obrázek 2.1: Ilustrační případ detekce polohy vozidel pomocí GNSS [18]

Oproti tomu třetí způsob sběru dat, z mobilních telefonů, má velkou přednost, kterou je velký počet mobilních telefonů jako zdrojů informací. V současné době mobilní telefon nevyužívají pouze 2% populace.[22] Lze tedy předpokládat, že v téměř všech vozidlech pohybujících se na komunikaci se nachází alespoň jeden mobilní telefon, který lze pro sběr dat využít. Množství zdrojů můžeme považovat za výhodu, ale i nevýhodu. Pro systém je složité od sebe odlišit telefony jedoucí v jednom vozidle nebo z okolí mimo komunikaci. Data jsou získávána ze všech telefonů vybavených GNSS obecně, nehledě na to zda se nacházejí na komunikaci a ovlivňují dopravu, či ne. Další nevýhodou je horší přesnost určení polohy. [18, 17]



### 2.1.1 Frekvence záznamu

Flotila plovoucích vozidel zaznamenává mnoho dat. Nejdůležitější informací však zůstává zaznamenaná rychlost vozidla v reálném čase. Tento údaj se zaznamenává či ukládá do externích sběrnic v určitém intervale, který není jednoznačně definován. Doporučuje se data vzorkovat v pravidelných intervalech. Čím častější vzorkovací frekvence je, tím podrobnější jsou informace o jednotlivých vozidlech a následně i lepší analýza dopravy. Zároveň se doporučuje vzorkovat v pravidelných intervalech, např. každých 5 s, a ve stejných intervalech jednotně u všech měření. [17, 13]

### 2.1.2 Ochrana osobních údajů

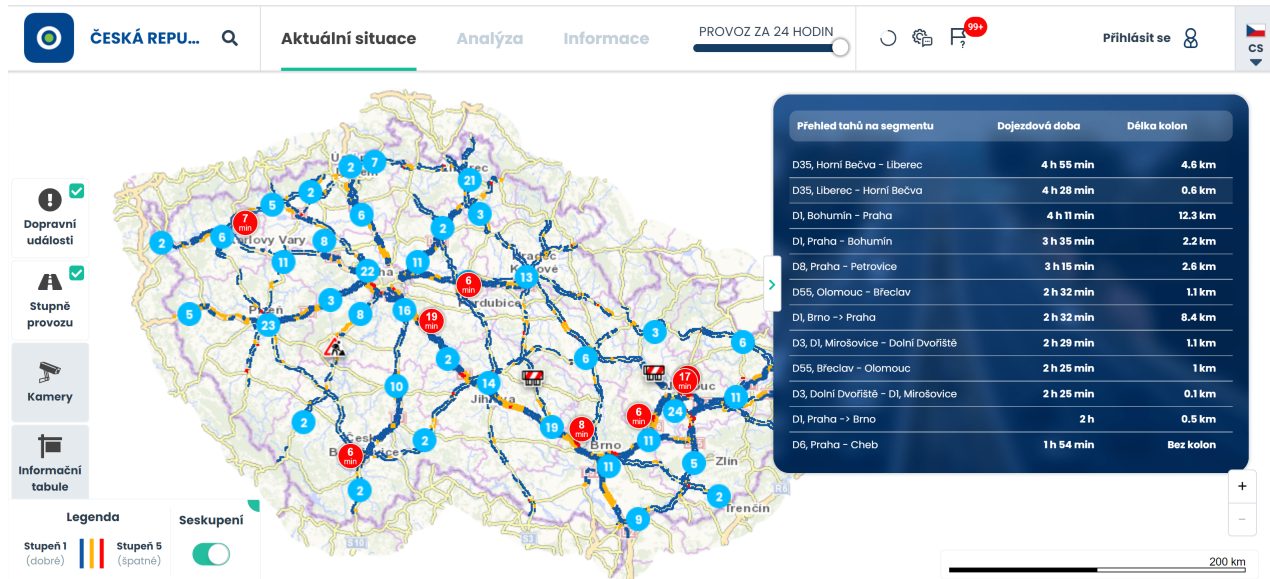
V současné době se z legislativních důvodů klade velký důraz na anonymizaci. Kvůli GDPR (General data protection regulation) je nezbytné, aby u zveřejňovaných dat nebylo možné určit identitu řidiče. Pro splnění tohoto požadavku jsou data ořezávána o první a poslední úsek cesty, např.: prvních 500 m až 1 km. Nebo se průběžně mění ID označení vozidel. Často se však setkáme s využitím obou uvedených možností. [17]

## 2.2 Využití FCD v ČR

Dopravní data představují klíčový vstup pro řízení a organizaci dopravního systému. Ředitelství silnic a dálnic (ŘSD) vytvořilo projekt s názvem „Systém pro plošné kontinuální monitorování dynamiky dopravních proudů na síti komunikací ČR“, kde využívají již zmiňované stacionární a mobilní zdroje. Data jsou získána z flotily zhruba 150 000 vozidel, z čehož jsou přibližně 3/4 osobní vozidla a 1/4 vozidla nákladní. Data jsou zpracována v reálném čase a prostřednictvím Národního dopravně informačního centra jsou zpřístupněna veřejnosti. Data jsou poskytována zdarma. Aktualizují se každou minutu a jsou přístupné na webových stránkách, ale i prostřednictvím mobilní aplikace. Ukázku webového portálu dopravninfo.cz je možné vidět na obrázku 2.2. Z důvodů zpřístupnění dat veřejnosti musí i tento projekt splňovat požadavky evropské směrnice GDPR a to ve formě získávání i následném poskytnutí dat v anonymizované podobě. Data jsou poskytována společností



VARs Brno ve spolupráci se zahraničními firmami Inrix a PTV. Z portálu dopravniinfo.cz je možné získat i historická data, která se využívají například pro plánování objízdných tras nebo za účelem plánování rozvoje a výstavby dopravního systému. [6, 1, 7, 2]



Obrázek 2.2: Webová aplikace zobrazující data o dopravní situaci v ČR. [1]

## 2.3 Využití FCD v zahraničí

Asi nejnámější využití FCD je v navigačních aplikacích, jakými jsou například Google maps nebo Waze. FCD se však využívají i mnoha dalšími způsoby. V mnoha zemích se provádějí studie, jakými způsoby lze data z plovoucích vozidel využít a analyzovat. Například využití FCD dat z vozidel taxi k vizualizaci dopravní zátěže v Shanghai, kterou popisuje Andreas Keler s dalšími autory. [10] Autoři popisují metody vizuální analýzy FCD z vozidel taxi služby, které uživatelům umožňují kontrolovat dopravní situace. FCD data jsou použita pro rychlou vizuální detekci možných oblastí dopravního přetížení pro určité časové období dne vyzvednutím liniových a plošných prvků. Tento článek zkoumá dvě vizualizační techniky pro FCD. První způsob je technika trojrozměrné reprezentace průměrné rychlosti a průměrné hustoty odvozené z FCD na základě segmentů silnic. Druhý způsob je technika dvourozměrných map představujících kvalitativní dopravní zátěže odvozené z



průměrné rychlosti a hustoty. [10]

Článek „Speed behavior indicators based on floating car data: results of a pilot study in Belgium“ popisuje studii, ve které autoři použili údaje z plovoucích vozidel ke sledování rychlosti volného toku vozidel na belgické silniční síti. Rychlosti vozidel byly získány ze signálů GPS vysílaných na 500 vybraných místech během roku 2013. Bylo analyzováno více než 17 milionů rychlostí jednotlivých vozidel. Účelem této pilotní studie bylo zjistit, zda můžou FCD poskytnout alternativu k tradičním ukazatelům rychlosti v Belgii. Výsledky obecně ukazují, že ačkoliv FCD pro to nejsou speciálně navržena, umožňují získat indikátory rychlosti volného toku s přijatelnou úrovní přesnosti. [19]

Česká republika byla zapojená do evropského projektu s názvem CROCODILE. Kromě ČR bylo do projektu zapojené Rakousko, Německo, Slovensko, Polsko, Maďarsko, Slovinsko, Chorvatsko, Itálie, Rumunsko, Bulharsko, Řecko a Kypr. Projekt má za cíl poskytovat řidičům projíždějícím Evropou aktuální informace o silničním provozu, informace o parkování nákladních vozidel a mimořádných událostech. Koordinátorem je rakouská státní organizace AustriaTech - Gesellschaft des Bundes für technologiepolitische Maßnahmen GmbH. Cíli projektu bylo dokončit implementaci formátu DATEX II pro výměnu dostupných dopravních dat mezi účastníky a zřízení národního přístupového místa pro sběr, zpracování a poskytování dopravních informačních služeb uživatelům. [5]



### 3 Využití FCD v souvislosti s IZS

V dnešní době se hojně rozšířilo využívání komunikačních technologií uvnitř vozidel k poskytování dopravních informací v reálném čase. Služby využívající FCD se především zabývají predikcí doby jízdy, detekcí přetížení, detekcí nehod na silnicích a plánováním tras. Tato kapitola pojednává o informacích získaných z FCD, které mimo jiné souvisí s bezpečností. Pojednává o legislativě spojené s průjezdem infrastrukturou vozidel integrovaného záchranného systému (IZS). Dále se zabývá způsoby, jakými lze průjezd vozidel IZS infrastrukturou vylepšit s cílem zkrácení dojezdové doby. Popisuje, jakými způsoby se využívají FCD ve spojení s IZS v zahraničí.

#### 3.1 Legislativa spojená s IZS

Samozřejmě i jízda vozidel IZS se opírá o legislativní podklad. O tomto tématu pojednává nejen jeden zákon. Vozidlo IZS se za každých okolností musí dostat k místu mimořádné události co nejrychleji a řidiči okolních vozidel jsou povinni mu průjezd umožnit.

Na zajištění bezpečného průjezdu vozidel IZS je pamatováno v zákonu č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu). *V § 41 odst. 1 Řidič vozidla, který při plnění úkolů souvisejících s výkonem zvláštních povinností užívají zvláštního výstražného světla modré barvy, případně doplněného o zvláštní zvukové výstražné znamení (dále jen „vozidlo s právem přednostní jízdy“), není povinen dodržovat některá ustanovení tohoto zákona platná pro ostatní řidiče. Řidiči takového vozidla:*

- se nemusí řídit světelnými, případně i doprovodnými akustickými signály, dopravními značkami, dopravními zařízeními a zařízeními pro provozní informace
- nemusí jet při pravém okraji vozovky,
- smí jet po krajnici, nebo v kterémkoli jízdním pruhu,
- nemusí dodržovat maximální povolené rychlosti,
- nedává přednost chodcům.

Řidič je však stále povinen dbát na opatrnost jízdy, aby neohrozil bezpečnost provozu na



komunikacích. [3, 21]

*Dle tohoto zákona podle § 41 odst. 7 musí řidiči ostatních vozidel umožnit vozidlům s právem přednostní jízdy a vozidlům jimi doprovázeným umožnit bezpečný a plynulý průjezd, a jestliže je to nutné, i zastavit vozidla na takovém místě, aby jim nepřekážela. Do skupiny tvořené vozidly s právem přednostní jízdy a vozidly jimi doprovázenými se řidiči ostatních vozidel nesmějí zařazovat.* [3]

*Zároveň podle § 41 odst. 8 svítí-li zvláštní výstražné světlo modré barvy na stojícím vozidle, musí řidiči ostatních vozidel podle okolností snížit rychlost jízdy a popřípadě i zastavit vozidlo.* [3]

Také chodci musí respektovat zákon a nevstupovat na přechod v případě, že se blíží vozidlo IZS a svou přítomností na přechodě nekomplikovat průjezd IZS a to i v situaci, kdy na semaforu svítí zelená barva.

Účastníci provozu jsou povinni umožnit IZS průjezd komunikací, důležité je však zmínit, že veškerá zodpovědnost za bezpečný průjezd přesto zůstává na řidičích IZS. [21]

### **3.2 Co lze vyčíst z FCD**

Z důvodu nedostatečné bezpečnosti na českých silnicích je třeba hledat nová řešení a opatření. FCD data lze využít i pro hodnocení bezpečnosti. Rychlost jízdy je jedním z nejzávažnějších rizikových faktorů, využívaných i jako nepřímý ukazatel bezpečnosti silničního provozu. Stacionární měřiče rychlosti neumožňují plošné měření, jedná se vždy o konkrétní místo, či krátký úsek. Oproti tomu FCD poskytují měření rychlosti plošně, tato data jsou relativně neomezená v čase i prostoru. Díky analýze dat udávajících rychlost z FCD lze identifikovat kritická místa na infrastruktuře, tato místa upravit a předejít díky tomu nehodám. [9]

Rychlost má největší podíl na počtu úmrtí při nehodách, dalším faktorem je směrové rozdělení úseků ve směrových obloucích a jejich blízkosti. Nehodovost je také vyšší ve směrových obloucích než v přímých úsecích. [9] Další složky FCD, které mají statisticky prokazatelný vztah k nehodovosti jsou variace rychlosti (zrychlení/brzdění, boční zrychlení ve směrových



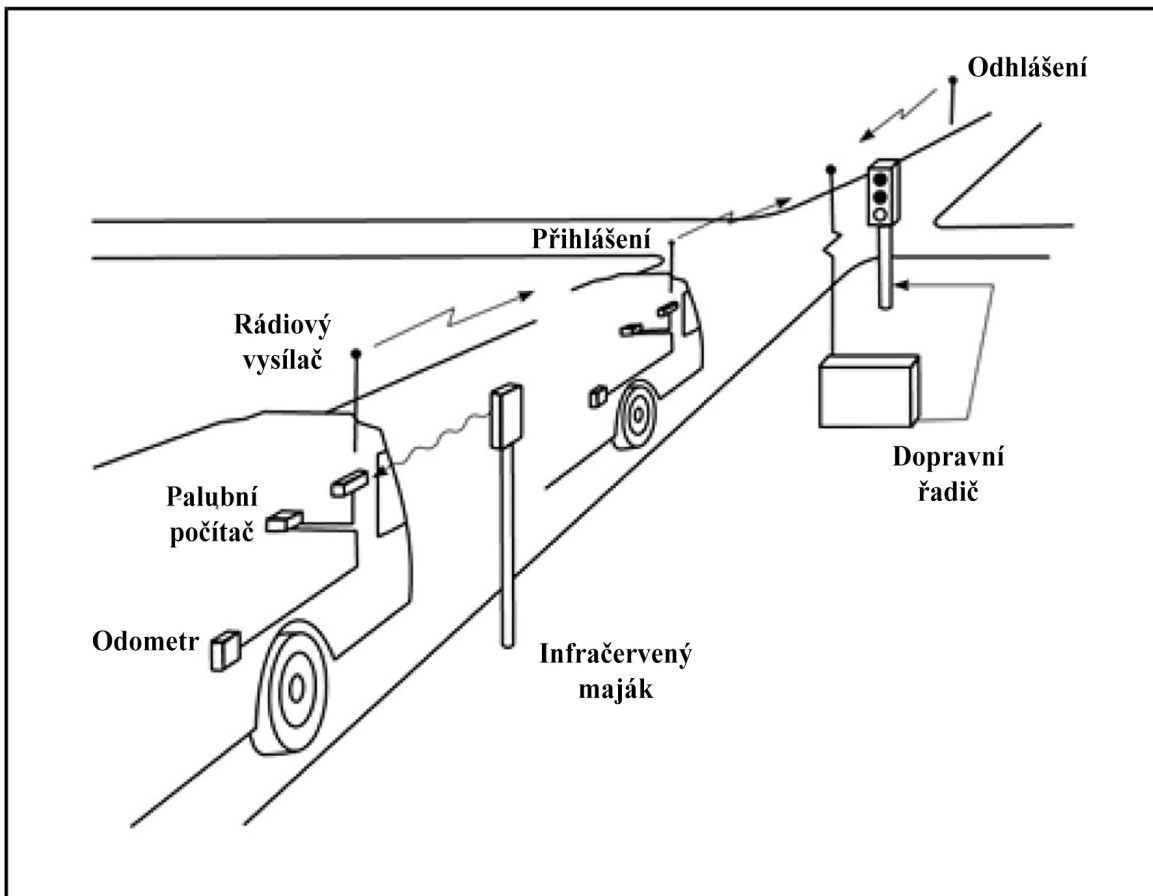
obloucích,...). Dále pak třeba jízdní styl, který je definován jako „obvyklý způsob jízdy“ (tj. konzistentní, ne ojedinělé chování). [18]

### 3.3 Možnosti preference IZS

V případě optimalizace preferenčních opatření je třeba seznámit se se základními principy preference IZS. Preferenci integrovaného záchranného systému lze realizovat stavebními opatřeními nebo dopravně organizačními opatřeními. Mezi stavební opatření můžeme zařadit například omezení kolmého parkování nebo obecně parkování na vytížených komunikacích. Dopravně organizační opatření jsou způsoby změny organizace dopravy. Například dynamické řízení světelných signalizačních zařízení křižovatek.

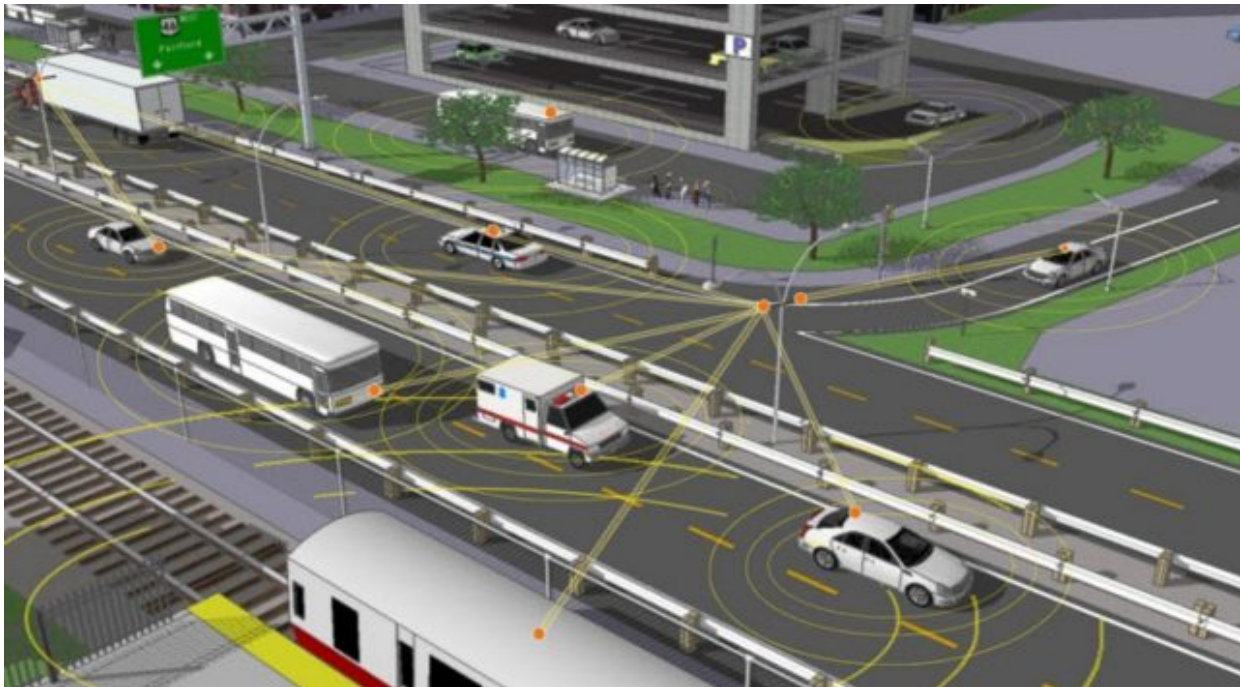
Aktivní preferencí dopravy ve městech se zabývá i firma Eltodo. Zabývá se systémem preference MHD v Praze, Plzni, Olomouci a systémem preference IZS v Ústí nad Labem a mnoha dalšími. Využívá autonomní radiový systém preference (ARSP). Jedná se o zařízení pro bezkontaktní vyslání požadavku pro preferenci vozidel při průjezdu křižovatkou. Jednotku k tomu využívanou lze aplikovat na všechny typy řadičů v ČR. Jednotka instalovaná k řadiči přijímá požadavek vozidla na preferenci. Požadavek již vyříděný předá do řadiče, který SSZ nastaví příslušným algoritmem pro zvýhodnění preferovaného vozidla. Tím se s dostatečným předstihem nastaví zelená ze směru odkud přijíždí vozidlo IZS a tak dojde k vyklizení tohoto směru. Výhodou je nejen bezpečnost průjezdu, ale i výrazné urychlení průjezdu přes semafor. [4] Ukázka systému preference IZS je na obrázku 3.1

V Brně probíhá projekt s testováním absolutní preference vozidel HZS (Hasičský záchranný sbor). Probíhá ve spolupráci s Brněnskými komunikacemi, HZS a firmou Patriot. Jedná se o preferenci vozidel HZS pomocí jednotky UCU 5.0 doplněné o dvoukanálový komunikační modul V2X. Tento systém je v České republice jedinečný. Souvisí s celoevropským standardem pro komunikaci vozidlo-vozdlo a vozidlo-infrastruktura, od toho spojení V2X, známé také jako vehicle-to-everything. Jedná se o standard, kterým v budoucnu budou vybavena všechna vozidla. Cílem je sjednocení komunikace mezi vozidly navzájem a mezi vozidly a okolní infrastrukturou. Tedy například i s řadiči SSZ. Preference vozidla se

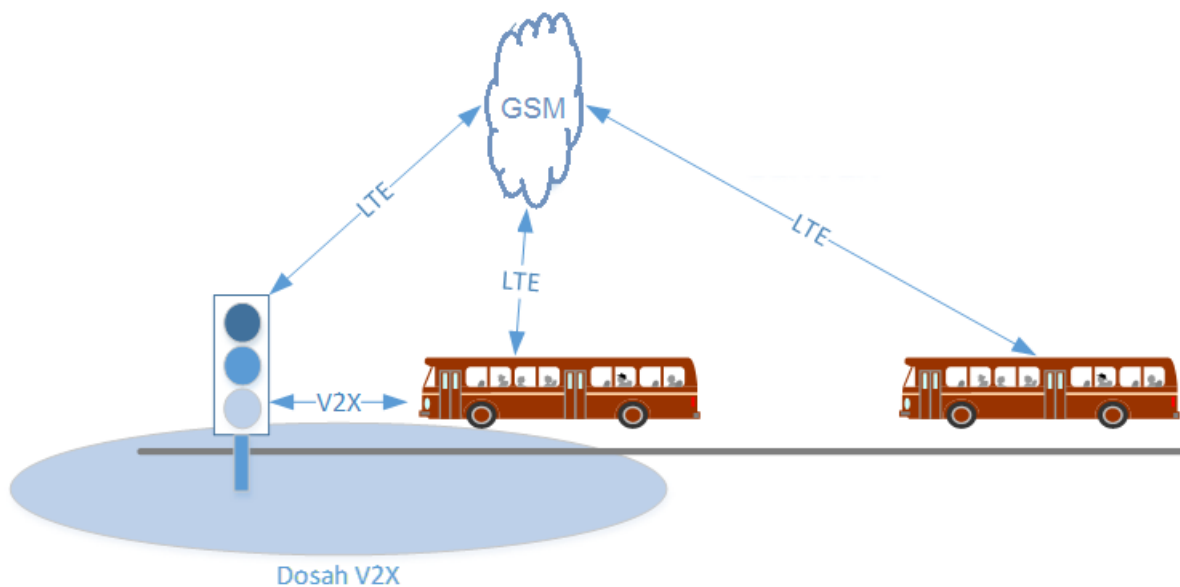


Obrázek 3.1: Systém preference IZS a MHD [4]

provádí získáním polohy vozidla z GNSS. Ve fázi, kdy je vozidlo v blízkosti křižovatky, vyžádá si preferenci. Žádost o preferenci přichází z palubního počítače, nebo je navázána na stav jednobitových výstupů, například na aktivaci majáků na vozidle HZS. Rozhodnutí o preferenci provádí řadič nebo komunikační jednotka u řadiče. Je tedy na křižovatce, kdy zahájí změnu signálního plánu, zda nastaví zelenou i v protějším směru či pouze ve směru, ze kterého přijíždí vozidlo IZS. Pro tuto komunikaci je nezbytné, aby vozidlo obsahovalo komunikační jednotku ve funkci OBU - on board unit a řadič komunikační jednotku na křižovatce (UCU 5.0) ve funkci RSU - Road side unit. Provádí se na dvou komunikačních rozhraních krátkodosahového V2X a standardního mobilního připojení ve standardu LTE. [16, 15]



Obrázek 3.2: Princip komunikace V2X převzato z [16]



Obrázek 3.3: Princip komunikace pro preferenci IZS, převzato z [15]

Je třeba také zmínit, že z hlediska preference vozidel, ať už vozidel VHD nebo IZS mají nejvyšší prioritu preference vozidla hasičských záchranných sborů, druhá v pořadí vozidla záchranné služby, třetí policie a následně vozidla VHD.



## 4 Analýza získaných datových zdrojů

V následující kapitole se práce zabývá popisem systému QGIS (Quantum Geografický informační systém), který byl využit ke zpracování získaných dat. Jedná se o data získané od IZS a veřejně přístupné data od Ředitelství silnic a dálnic (ŘSD). Data byla analyzována a využita k hledání kritických míst infrastruktury z hlediska průjezdu vozidel IZS.

### 4.1 Získané data od IZS

Česká republika je pokryta sítí IZS. IZS však není řízený celostátně jednotně, ale každý kraj má svou centrálu. Ve snaze získat data k této práci byla obepsána centrální střediska všech krajů. Vznikla však řada problémů. Každý kraj má svůj způsob ukládání dat z vozidel. Některé kraje dokonce data z vozidel nemají, nesbírají a nevyužívají, tedy je nemohly poskytnout. Odpovědi na žádost o poskytnutí dat byly například, že nejsou schopni data poskytnout v podobě o jakou bylo žádáno. Důvodem odmítnutí poskytnutí dat ze ZZS HMP, byla citlivost dat. Některé kraje neměly možnost data poskytnout z důvodu vytíženosti při pandemii SARS-CoV-2. Data se tedy podařilo získat ze tří lokalit. Jedna sada dat je od Hasičského záchranného sboru hlavního města Prahy, druhá sada je od Hasičského záchranného sboru Jihomoravského kraje a třetí od Zdravotnické záchranné služby Moravskoslezského kraje.

Data jsou uložena v excelové tabulce. Je v nich uvedené datum, čas, rychlost a poloha v podobě souřadnic udávající zeměpisnou šířku a délku. Ukázkou dat je možné vidět na obrázku 4.1

Hasičský záchranný sbor hlavního města Prahy sbírá data v nepravidelných intervalech. Jak lze vyčíst z obrázku 4.1 interval záznamu je okolo 15 s. Systém zaznamenává polohu v době, kdy je rychlost nulová a vozidlo stojí v garáži ve stanici. Data byla poskytnuta z období od 1. 1. 2021 do 30. 6. 2021. Hasičský záchranný sbor Jihomoravského kraje také sbírá data v nepravidelném intervalu, a to přibližně každých 5 s. Data, kdy má vozidlo nulovou rychlost v excelové tabulce nejsou uložena. Kromě souřadnic udávajících zeměpisnou šířku a délku je uvedena odchylka od polohy. Data byla poskytnuta z období od 1. 2. 2021 do 31. 5. 2021.





I ve třetím případě, v případě Zdravotnické záchranné služby Moravskoslezského kraje jsou data v nepravidelném intervalu. Záznam je zhruba každých 30 s. Záznamy s nulovou rychlostí nejsou uvedené. Data byla poskytnuta z období od 1. 10. 2020 do 31. 3. 2021.

Kvůli GDPR bylo žádáno, aby poskytnutá data byla anonymizovaná. Žádosti bylo vyhověno.

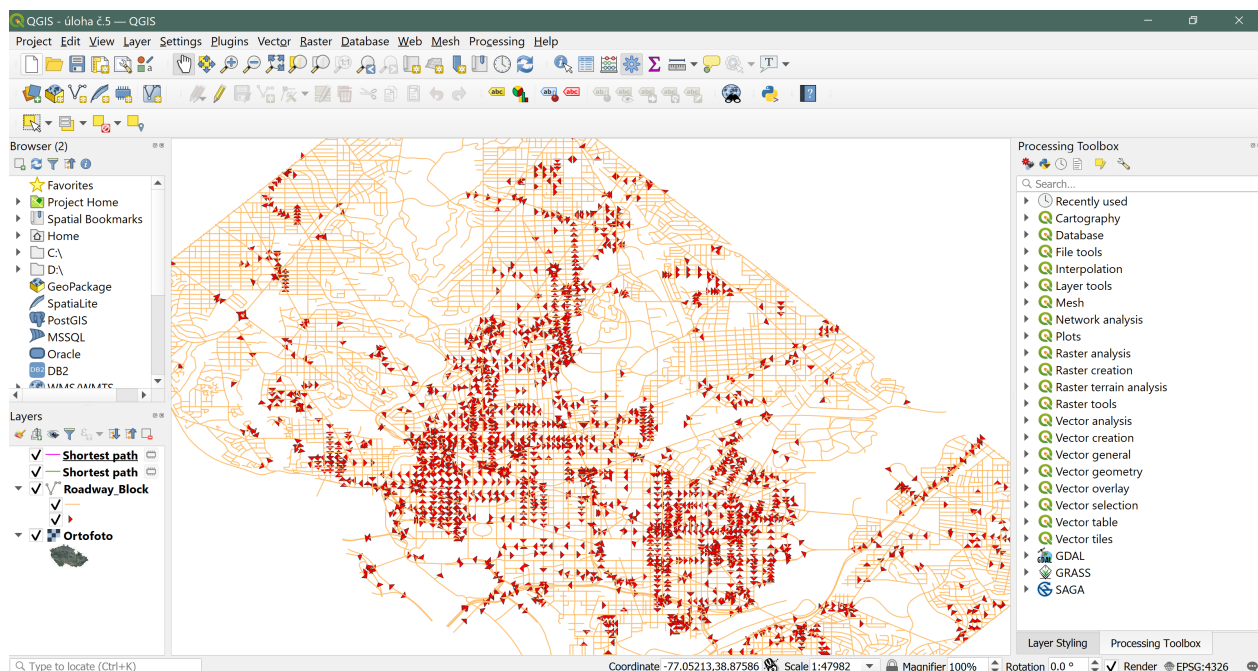
Datum a čas	Rychlost	WGS - šířka	WGS - délka
1. 2. 2021 0:00:01	0	50.0769996	14.4300279
1. 2. 2021 0:00:13	0	50.0769424	14.4300832
1. 2. 2021 0:00:38	0	50.0769157	14.4301109
1. 2. 2021 0:00:58	0	50.0768890	14.4300832
1. 2. 2021 0:01:23	0	50.0768623	14.4300832
1. 2. 2021 0:01:39	0	50.0768623	14.4300003
1. 2. 2021 0:01:51	0	50.0768890	14.4298887
1. 2. 2021 0:02:16	0	50.0768890	14.4298610
1. 2. 2021 0:02:36	0	50.0768890	14.4298887
1. 2. 2021 0:02:53	0	50.0769424	14.4299716
1. 2. 2021 0:03:09	0	50.0770263	14.4300279
1. 2. 2021 0:03:30	10	50.0769424	14.4297504
1. 2. 2021 0:03:46	0	50.0769157	14.4296112
1. 2. 2021 0:04:07	0	50.0768623	14.4296941
1. 2. 2021 0:04:23	0	50.0768623	14.4297780
1. 2. 2021 0:04:43	0	50.0768623	14.4298334
1. 2. 2021 0:05:08	0	50.0768890	14.4297780
1. 2. 2021 0:05:29	0	50.0769729	14.4296388
1. 2. 2021 0:05:45	0	50.0769424	14.4296941
1. 2. 2021 0:06:01	0	50.0769996	14.4297218
1. 2. 2021 0:06:22	0	50.0769996	14.4297218

Obrázek 4.1: Ukázka získaných dat od HZS HMP



## 4.2 Aplikace QGIS

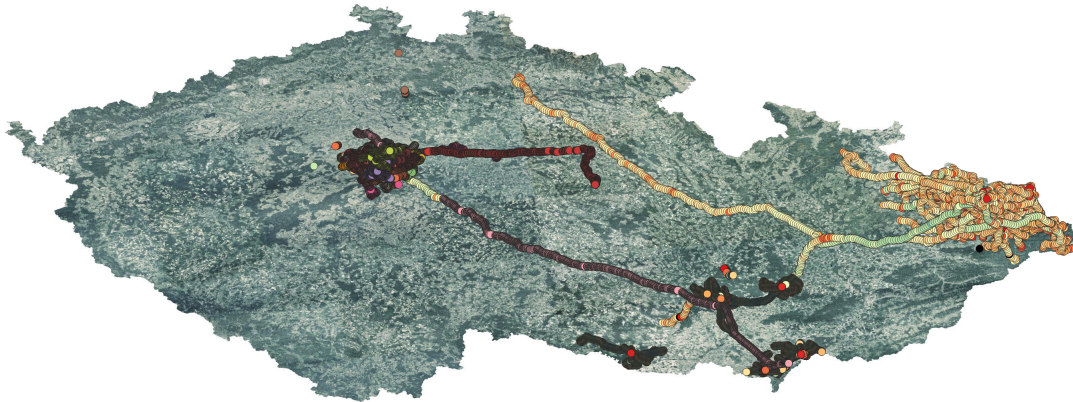
Aplikace Quantum GIS, zkráceně QGIS je multiplatformní informační systém určený pro analýzu a interpretaci prostorových dat. Jedná se o uživatelsky přívětivý Open source software, přístupný na operačních systémech Linux, Mac OSX, Windows a Android. Podporuje řadu vektorových, rastrových a databázových formátů a funkcí. Je možnost i přístupu k datům uloženým v geodatabázích MS SQL, PostGIS, nebo k datům dostupným přes webové mapové služby (WMS), webové komunikační služby (WCS) či WFS služby. Není náročný na hardware, je bezplatný, i v českém prostředí. Vektorové vrstvy obsahují pouze základní geografické prvky, kterými jsou body, linie, polygony atd. V rastrových datech je prostor popsán pomocí pixelů uspořádaných do pravidelné čtvercové mřížky. Rastrová data se využívají ke správě map, například ortofotomap nebo dat z leteckého laserového skenování, či přes WMS. Jedná se o systém prostředků pro sběr, ukládání, vyhledávání, transformování a znázorňování všech forem geografických informací. [20, 8]



Obrázek 4.2: Ukázka prostředí aplikace QGIS

### 4.3 Analýza získaných dat od IZS

Data byla poskytnuta v excelových tabulkách. Podle potřeb byla upravena pro práci s nimi. Následně převedena do textových souborů a promítnuta v aplikaci QGIS. Na obrázku 4.3 jsou zobrazená všechna získaná data na mapě ČR.



Obrázek 4.3: Ukázka získaných dat zobrazených na mapě

#### 4.3.1 Třídění poskytnutých datových sad

Z důvodu velkého množství dat nebyly analyzovány všechny datové sady najednou, ale zvlášť a postupně. Datové sady od Hasičského záchranného sboru hlavního města Prahy obsahují záznam, kdy vozidlo jelo nulovou rychlostí nebo stojí v garáži ve stanici. Z tohoto důvodu jsou datové sady velmi objemné a náročné na zobrazení v QGIS. Pro snadnější práci s daty v QGIS byla data filtrována pomocí programu MATLAB. Ukázku kódu lze vidět na obrázku 4.4. Data byla filtrována jednak z důvodu velké odchylky od správné polohy záznamů GPS souřadnic, tak z důvodu velkého množství dat ve stanici a blízkém okolí. Stanice jsou výjezdovým a dojezdovým místem vozidel, tedy stanice a blízké okolí jsou hojně projížděné, ale zároveň lze předpokládat, že okolí výjezdových stanic je již pro optimalizaci jízd vozidel IZS upravené. Obrázek 4.5 a 4.6 ukazuje situaci před a po odflitrování zmíněných dat.



```
1- clear all
2- close all
3- clc
4
5 %% Parametry
6- slozka_in='vstupni_data_5'; % složka, ze které se budou načítat data
7- slozka_out='vystupni_data'; % složka, do které se budou ukládat vyfiltrovaná data
8
9- sirka=50.106728;
10- delka=14.544889;
11
12- odchylka_sirka_max=0.003;
13- odchylka_delka_max=0.0031;
14
15 %% Načtení názvů ze vstupní složky
16
17- files=dir(slozka_in); % zjistí, co se nachází ve vstupní složce
18
19- nazvy=strings(1);
20
21- j=1;
22- for i=1:size(files,1) % vyfiltruje názvy souborů ze vstupní složky 1:size(files,1)
23-     if files(i).isdir==0
24-         nazvy(j)=files(i).name;
25-         j=j+1;
26-     end
27- end
28
29 %% Filtrace dat
30- for i=1:1 % cyklus přes všechny tabulky 1:size(nazvy,2)
31-     disp(strcat('Načítá se tabulka č. ',num2str(i)));
32-     tabulka=readtable(strcat(slozka_in,'\',nazvy(i))); % načte tabulku
33
34-     disp(strcat('Filtruje se tabulka č. ',num2str(i)));
35-     odchylka_sirka=abs(str2double(tabulka(:,3))-sirka);
36-     odchylka_delka=abs(str2double(tabulka(:,4))-delka);
37-     zachovat=or(odchylka_sirka>odchylka_sirka_max,odchylka_delka>odchylka_delka_max);
38-     % vektor booleanů, které značí, které řádky se zachovají(1) nebo nezachovají (0)
39-     tabulka_new=tabulka(zachovat,:);
40
41-     disp(strcat('Ukládá se tabulka č. ',num2str(i)));
42-     writetable(tabulka_new,strcat(slozka_out,'\',nazvy(i))); % uloží tabulku
43- end
```

Obrázek 4.4: Kód v programu Matlab, který z původních dat odmaže záznamy, které odpovídají stanicím HZS HMP



Obrázek 4.5: Ukázka získaných dat od HZS HMP před filtrací dat, kdy vozidlo stojí v garáži ve stanici nebo v blízkém okolí stanice



Obrázek 4.6: Ukázka získaných dat od HZS HMP po filtraci dat, kdy vozidlo stojí v garáži ve stanici nebo v blízkém okolí stanice

### 4.3.2 Zobrazení datových sad v QGIS

Zobrazené body v QGIS byly následně barevně upraveny. Na obrázku 4.7 je vidět Praha s různobarevnými body, které odpovídají daným záznamům. Barevnostní škála odpovídá rychlostem v daném bodě. Tmavě červená barva odpovídá nulové rychlosti. S rostoucí rychlostí barvy přecházejí přes oranžovou, žlutou, světle zelenou, modrou, tmavě modrou.



Obrázek 4.7: Ukázka barevnostní škály odpovídající rychlostem z dat od HZS HMP

### 4.3.3 Návrh identifikace problémových míst

V první fázi identifikace problémových míst byly využity poskytnuté FCD datové sady od IZS. Kód pro filtraci dat vytvořený v programu Matlab byl aplikován na sadu dat od HZS HMP, ale lze jej aplikovat na všechny poskytnuté sady s drobnou úpravou. Kód slouží k identifikaci problémových míst. Kód nejdříve ze vstupní složky načte všechny soubory. V tomto případě se jedná o .xls soubory. Tyto soubory sloučí do jedné tabulky, se kterou dále pracuje. Tabulku upraví, přejmenuje sloupce a přidá sloupec id. Zeměpisnou šířku a zeměpisnou délku aproximuje na souřadnice x, y. Souřadnice jsou výsledkem funkce tangens se zadaným poloměrem Země a zeměpisnou polohou středu Prahy, která zároveň slouží, jako počátek souřadných os. První část kódu lze vidět na obrázku 4.8. Načtená data před filtrací vyobrazená na grafu lze vidět na obrázku 4.13..



```
1- clear all
2- close all
3- clc
4
5- %% Parametry skriptu
6- nacistani_dat=true; % načte data a vypočte souřadnice
7- zpracovani_dat=true; % protřídí a uloží data
8
9- %% Parametry
10- vstupni_adresar='vstupni_data_4'; % složka, ze které se budou načítat data
11- vystupni_adresar='vystupni_data_4'; % složka, do které se budou ukládat vyfiltrovaná data
12
13- R_zeme=6378e3; % [m] poloměr Země
14- sirka_Praha=50.1;
15- vyska_Praha=14.5;
16
17- min_pocet_zaznamu=700; % počet záznamů v myšleném kruhu, aby se záznamy zachovali
18- R=100; % [m] poloměr prověřovaného kruhu
19- xy_step=20; % [m] krok, se kterým bude skript zkoušet tvořit kruh a počítat záznamy uvnitř
20
21- rychlost_min=1;
22- rychlost_max=50;
23
24- if nacistani_dat
25-     %% Načtení názvů ze vstupního adresáře
26
27-     files=dir(vstupni_adresar); % zjistí, co se nachází ve vstupní složce
28
29-     nazvy=strings(1);
30
31-     j=1;
32-     for i=1:size(files,1) % vyfiltruje názvy souborů ze vstupní složky
33-         if files(i).isdir==0
34-             nazvy(j)=files(i).name;
35-             j=j+1;
36-         end
37-     end
38-
```

Obrázek 4.8: Kód v programu Matlab. Část, která obsahuje základní veličiny, které si uživatel dle svých potřeb upravuje, a cyklus, sloužící k načtení dat ze vstupní složky.

Následně kód projde cyklem, který zachová rychlosti, které jsou vyšší než 0 km/h a nižší než 50 km/h. Záznamy, které mají 0 km/h z větší části odpovídají chybným záznamům, výjezdovým stanicím, či místům zásahu a tedy v tomto případě jsou bezvýznamné. Záznamy s rychlostí vyšší než 50 km/h mají poměrně vysokou rychlost pro průjezd městem a lze tedy předpokládat, že průjezd komunikací je nekomplikovaný a pro tuto práci taktéž bezvýznamný. Zápis tohoto cyklu lze vidět na obrázku 4.9



```
39 %% Načtení tabulky
40 tabulka=readtable(strcat(vstupni_adresar,'\',nazvy(1))); % načte tabulku
41
42 for i=2:size(nazvy,2) % cyklus přes všechny tabulky bez té první
43     tabulka=[tabulka;readtable(strcat(vstupni_adresar,'\',nazvy(i)))] % načte tabulku
44 end
45
46 tabulka.Properties.VariableNames={'datum' 'rychlost' 'sirka' 'vyska'};
47
48 tabulka.rychlost=str2double(tabulka.rychlost);
49 tabulka.vyska=str2double(tabulka.vyska);
50 tabulka.sirka=str2double(tabulka.sirka);
51
52
53 %% Primární filtrace a přidání sloupců
54
55 tabulka=tabulka(tabulka.rychlost<=rychlost_max & tabulka.rychlost>=rychlost_min,:); % primární filtrace dat podle rychlostí
56
57 tabulka.id=(1:size(tabulka,1))';
58 tabulka.x=zeros(size(tabulka,1),1);
59 tabulka.y=zeros(size(tabulka,1),1);
60 tabulka.ponechat=false(size(tabulka,1),1);
61
62
63 %% Výpočet souřadnic
64
65 for i=1:size(tabulka,1) % cyklus přes všechny řádky tabulky
66     tabulka.x(i)=R_zeme*tan((tabulka.vyska(i)-vyska_Praha)*pi/180);
67     tabulka.y(i)=R_zeme*tan((tabulka.sirka(i)-sirka_Praha)*pi/180);
68 end
69
70 x_min=min(tabulka.x);
71 x_max=max(tabulka.x);
72 y_min=min(tabulka.y);
73 y_max=max(tabulka.y);
74
75 save('workspace.mat','tabulka','x_min','x_max','y_min','y_max');
76 end
```

Obrázek 4.9: Kód v programu Matlab. Část kódu, která sloučí všechny tabulky do jedné, se kterou dále pracuje, a cyklus, který filtruje záznamy s nepotřebnou rychlostí. Dále aproximace zeměpisné délky a šířky na souřadnice x, y.

Další cyklus, který se v kódu nachází, slouží k najetí lokalit s největším počtem záznamů v okruhu 100 m. Cyklus prochází celé pole po 20m krocích. Záznamy zanechá, jestliže se v daném okruhu nachází více, jak minimální počet záznamů, který byl určen na začátku. Minimální počet záznamů se postupně měnil. Není nijak konkrétní hodnotou, slouží však k tomu, aby byly vyhledány a vymazány lokality s málo záznamy, které by byly z hlediska malého množství záznamů neobjektivní pro další posuzování. Zároveň, lokalita s více záznamy značí, že zde vozidlo častěji projíždí, a tedy ji lze považovat za potenciální problémové místo. Zápis této části kódu a nákres sloužící k lepšímu pochopení, jak cyklus funguje, lze vidět na obrázku 4.10 a 4.11.

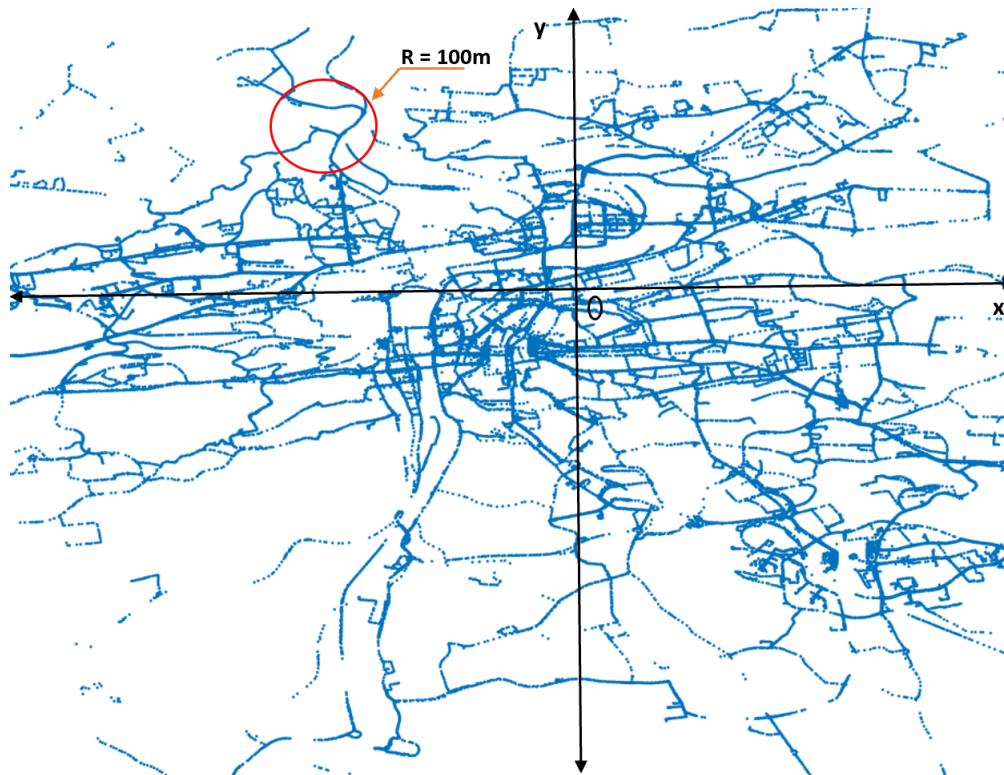




```
77- if zpracovani_dat
78-     load('workspace.mat');
79-
80-     figure(1) % graf surových dat
81-     plot(tabulka.x,tabulka.y, '.', 'LineStyle','none')
82-     axis equal
83-     drawnow
84-
85-     tabulka_x=sortrows(tabulka,'x');
86-     %tabulka_y=sortrows(tabulka,'y');
87-
88-     for i_x=x_min:xy_step:x_max
89-         disp(strcat(num2str(100*(i_x-x_min)/(x_max-x_min)), ' %'));
90-         id_x=tabulka_x.id(tabulka_x.x>=(i_x-R) & tabulka_x.x<=(i_x+R)); % id záznamů vyhovujících x-ové souřadnici
91-         if numel(id_x)<min_pocet_zaznamu
92-             continue
93-         end
94-         tabulka_y=sortrows(tabulka(id_x,:), 'y');
95-
96-         for i_y=y_min:xy_step:y_max
97-             id_xy=tabulka_y.id(tabulka_y.y>=(i_y-R) & tabulka_y.y<=(i_y+R)); % id záznamů vyhovujících x-ové i y-ové souřadnici
98-             %id_xy=intersect(id_x,id_y); % id záznamů vyhovujících x-ové i y-ové souřadnici
99-             if numel(id_xy)<min_pocet_zaznamu
100-                 continue
101-             end
102-
103-             pocet_zaznamu=0;
104-             id_uvnitř=zeros(0);
105-
106-             for i=id_xy' %1:size(tabulka,1)
107-                 if ((tabulka.x(i)-i_x)^2+(tabulka.y(i)-i_y)^2)<=R^2
108-                     pocet_zaznamu=pocet_zaznamu+1;
109-                     id_uvnitř=[id_uvnitř,tabulka.id(i)];
110-                 end
111-             end
112-
113-             if pocet_zaznamu>=min_pocet_zaznamu
114-                 for j=id_uvnitř
115-                     tabulka.ponechat(j)=true;
116-                 end
117-             end
118-         end
119-     end
```

Obrázek 4.10: Kód v programu matlab. Cyklus, který promaže záznamy, kterých je v dané oblasti méně než předem daný minimální počet záznamů.

Na závěr kód vytvoří graf s výslednými promazanými záznamy a data uloží do jednoho .xls či .txt souboru. Způsob zapsání části kódu je možné vidět na obrázku 4.12. Na obrázku 4.14 je graf výsledných hodnot.



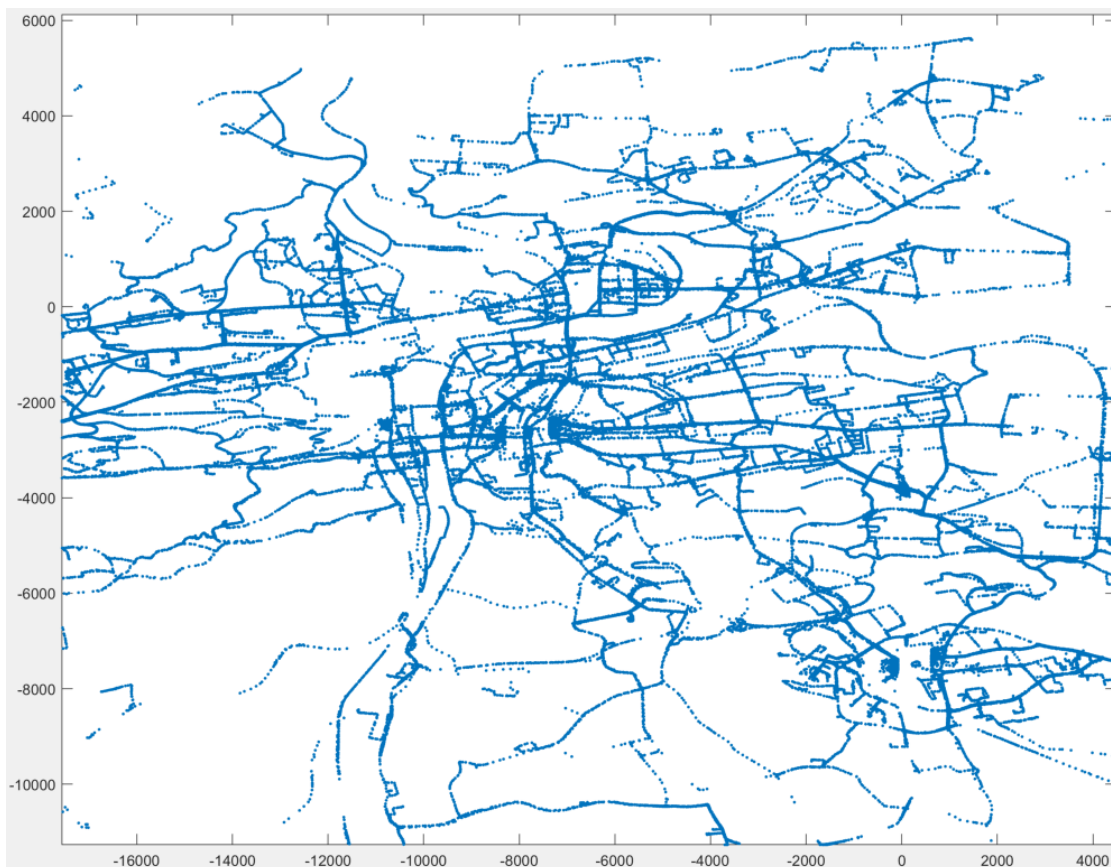
Obrázek 4.11: Obrázek slouží jako náčrt. Graficky znázorňuje, jakým způsobem funguje cyklus, který je popsán na obrázku 4.10. Prochází celou oblast po 20m krocích a jestliže se v okruhu 100 m nachází méně, jak minimální počet záznamů, záznamy v daném okruhu vymaže.

Obrázky 4.13 a 4.14 ukazují data před a po filtraci. Počet výsledných lokalit, o kterých lze uvažovat jako o potenciálních problémových místech se snižuje, jestliže uživatel navyšuje hodnotu v kódu nazvanou jako minimální počet záznamů. V případě obrázku 4.14 se jedná o přibližně 30 potenciálních problémových míst. Avšak je stále třeba prošetřit každé místo zvlášť, v souvislosti s jeho okolím. Zda se nejedná o stanici IZS, nebo její blízké okolí, o kterém lze předpokládat, že je již pro optimalizaci jízd vozidel IZS upravené. Dále je potřeba u každé lokality, zjistit, v kolika různých dnech zde vozidlo projelo. K tomu je vhodné využít aplikaci QGIS, ve které lze označit vždy jednu oblast a zkontrolovat dané záznamy. Čím častěji vozidlo projíždí danou lokalitou, tím spíš by se měla daná lokalita upravit, pro rychlejší a bezpečnější průjezd vozidel IZS.

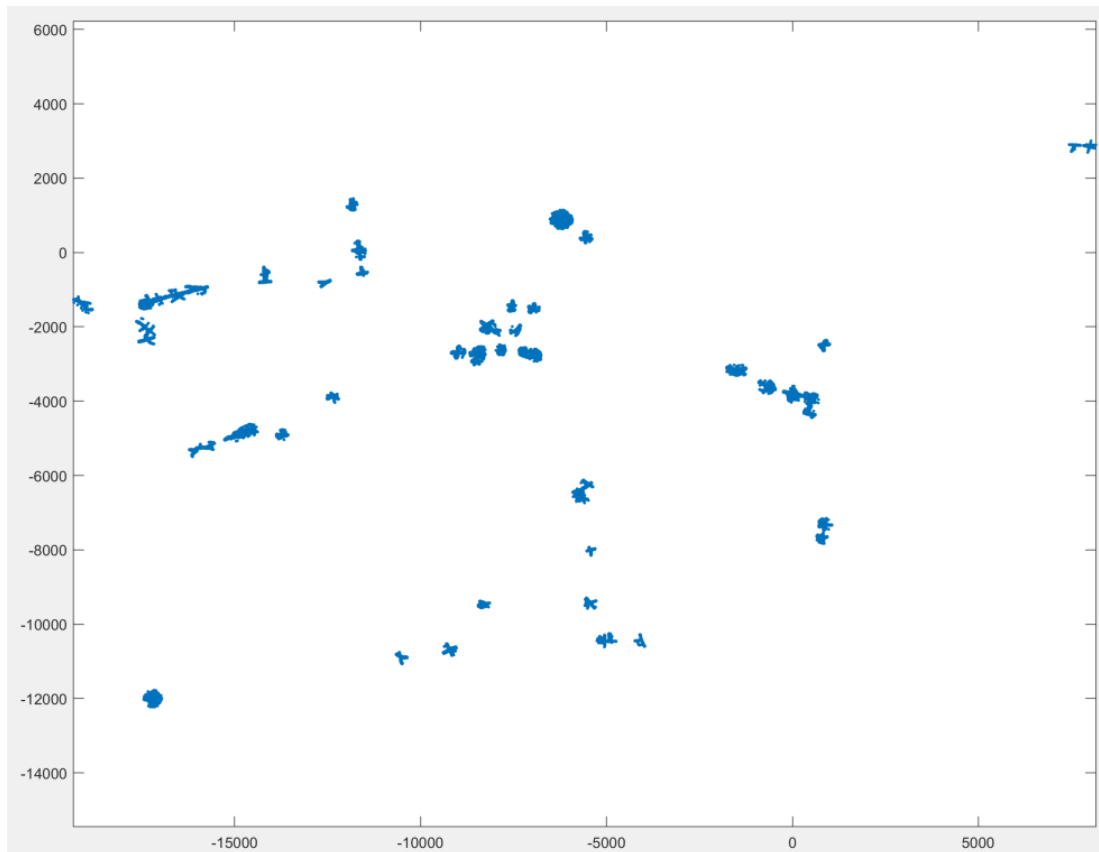


```
120
121
122     pocet=0;
123     for i=1:size(tabulka,1)
124         if tabulka.ponechat(i)==true
125             pocet=pocet+1;
126         end
127     end
128
129     tabulka_filtrovana=tabulka(tabulka.ponechat,:);
130
131
132     figure(2) % graf protříděných dat
133     plot(tabulka_filtrovana.x,tabulka_filtrovana.y,','LineStyle','none')
134     axis equal
135     drawnow
136
137     writetable(tabulka_filtrovana, strcat(vystupni_adresar, '\tabulka.xls')); % uloží tabulku .txt .xls
138     end
```

Obrázek 4.12: Kód v programu Matlab. Závěrečná část kódu, která vygeneruje graf výsledných dat a data uloží do .xls nebo .txt souboru.



Obrázek 4.13: Graf hodnot před filtrací.



Obrázek 4.14: Na obrázku lze vidět graf výsledných hodnot kódu.

#### 4.4 Jiné datové zdroje

Radio Data System zobrazuje na displeji rádia název zvolené stanice, titul právě přehrávané skladby nebo třeba i krátké textové zprávy o dopravní situaci. Radio Data System - Traffic Message Channel neboli RDS - TMC je služba, která poskytuje dopravní informace řidičům během jízdy. Jedná se o signál, který je šířen na frekvencích Českého rozhlasu Radiožurnál a rádia Plus. Jde o způsob přenosu digitálních informací společně se stereofonním rozhlasovým vysíláním v pásmu VKV. Jde o vytvoření jakéhosi pomocného kanálu o určitém kmitočtu a určité modulaci.

V RDS existují rozšiřující služby, mezi které patří právě TMC. Tato služba slouží k poskytování dopravních informací řidičům. Poskytuje dopravní a cestovní informace před a během jízdy řidiči. Řidič je tak informován o aktuální situaci a jeho cestě, o dopravních



uzavírkách, nehodách a komplikacích na cestě. Díky této informaci může svou trasu změnit, nebo upravit podle svých potřeb. Poskytování těchto informací lze i prostřednictvím Digitálního rozhlasového vysílání (DAB) nebo přes satelitní radiové vysílání. Každá informace je zakódována ve formátu TMC zprávy se standardem Alert C. Tento standard má více než 2000 dopředu daných frází v mnoha jazycích. Tyto fráze se následně používají k informování řidiče, jedná se o situaci, která se vyskytuje na jeho trase. Zdrojem dopravních informací je většinou policie, centra řízení dopravy, automatické detektory dopravního proudu, kamerové systémy a další. Největším poskytovatelem těchto dat je Národní dopravní informační centrum a jeho Jednotný systém dopravních informací pro ČR.

## 4.5 Poskytnutá data od ŘSD

Další data, která byla k práci poskytnuta, byla veřejná data od Ředitelství silnic a dálnic (ŘSD). Jedná se o standardizovaná data z plovoucích vozidel z veřejné dopravy, která v roce 2019 začalo nakupovat Ředitelství silnic a dálnic a nabízet je zdarma k využití široké veřejnosti. Nejedná se o informace ke konkrétním vozidlům, ale k určitým úsekům. Tyto úseky nazýváme TMC. Každý úsek má své unikátní id. Zpravidla se jedná o dva body spojené úsečkou. Nemusí se jednat o samostatnou ulici, ale může jít třeba o mezikřižovatkový úsek. Jedná se o sledování pohybu všech vozidel dohromady, ne individuálně jednotlivých vozidel. Sleduje se pohyb skupiny vozidel, na základě které se následně provádí odhad situace. Vytváří se tak mapa s určitou mírou spolehlivosti. Tedy k daným dopravním informacím se i uvádí, jaká je na daném úseku síť jejich spolehlivost. Uvádí se v procentech. Je důležité vědět, s jak kvalitní informací se pracuje, z kolika vozidel vychází. Data jsou aktualizována každou minutu. Zároveň se dlouhodobě ukládají. [14] Na obrázku 4.16 lze vidět ukázkou TMC segmentů zobrazených na mapě ČR v programu QGIS.

Využití je primárně pro navigační účely, nebo sledování dopravního proudu. Avšak jsou i cenným zdrojem pro dopravní inženýry. [14] Lze je využít například k výpočtu ekonomických ztrát, nebo časových ztrát při projíždění jednotlivými úseky.



Pro tuto práci byla poskytnuta data z Prahy v období 1.1.2021 - 30.6.2021, z Brna v období 1.2.2021 - 31.5.2021 a z Ostravy v období 1.10.2020 - 31.3.2021. Tedy časové úseky byly totožné, jako v případě poskytnutých dat od IZS.

datum	roadnumber	lcdfrom	roa_lcldfro	roa_typefr	roadnumb_1	lcldto	roa_lcd	roa_type	tmc_id	VD1_1 - Aktuální počet plovoucích vozidel osobních	VD1_2 - Aktuální počet plovoucích vozidel nákladních	VD2 - Aktuální vypočtená rychlost dopravního proudu (km/h)	VD3 - Aktuální čas průjezdu definovaného TMC segmentu (s)	VD4 - Aktuální způsobení na definovaném segmentu (s)	VD5 - Typická průměrná rychlost při volném průjezdu segmentu (km/h)	VD6 - Doba volného průjezdu (s)	VD7_1 - Lokalizace kolony na segmentu	VD7_2 - Délka kolony (m)	VD7_3 - Vzdálenost řada kolony od počátku segmentu (m)	VD8 - Míra spolehlivosti	VD9 - Reakční doba systému (s)	VD10 - Parametr level of service (LoS)
01-01-2021	D5	25689	301	L1.1	D5	1239	301	L1.1	TS25689T01239	2	0	108	91	14	130	77	0	0	0	0.750	30	2
01-01-2021	D0	1249	391	L1.1	D0	1251	391	L1.1	TS01249T01251	1	0	87	74	22	126	52	0	0	0	0.500	60	3
01-01-2021	D0	10378	391	L1.1	D0	1257	391	L1.1	TS10378T01257	1	0	111	44	7	130	37	0	0	0	0.500	60	1
01-01-2021	D0	1257	391	L1.1	D0	1259	391	L1.1	TS01257T01259	2	0	104	107	21	130	86	0	0	0	0.750	30	2
01-01-2021	01:00:00 +01:	1435	305	L5.0		1433	305	L5.0	TS01435T01433	1	0	69	11	1	80	10	0	0	0	0.500	60	1
01-01-2021	01:00:00 +01:	1433	305	L5.0		1435	305	L5.0	TS01433T01435	1	0	71	37	6	80	31	0	0	0	0.500	60	1
01-01-2021	01:00:00 +01:	26669	395	L5.0		1438	395	L5.0	TS26669T01438	1	0	78	41	1	80	40	0	0	0	0.500	60	1
01-01-2021	01:00:00 +01:	1438	395	L5.0		1439	395	L5.0	TS01438T01439	1	0	81	25	0	80	25	0	0	0	0.500	60	1
01-01-2021	01:00:00 +01:	1439	395	L5.0		1441	395	L5.0	TS01439T01441	1	0	79	57	1	80	56	0	0	0	0.500	60	1
01-01-2021	01:00:00 +01:	1441	395	L5.0		1443	395	L5.0	TS01441T01443	2	0	81	87	8	92	79	0	0	0	0.750	30	1
01-01-2021	01:00:00 +01:	4072	403	L5.0		4073	403	L5.0	TS04072T04073	1	0	44	32	4	50	28	0	0	0	0.500	60	1
01-01-2021	01:00:00 +01:	10190	407	L5.0		4078	407	L5.0	TS10190T04078	1	0	42	25	3	50	22	0	0	0	0.500	60	2
01-01-2021	01:00:00 +01:	18184	412	L5.0		4118	412	L5.0	TS18184T04118	1	0	26	58	28	50	30	0	0	0	0.500	60	3
01-01-2021	01:00:00 +01:	24331	466	L5.0		4254	466	L5.0	TS24331T04254	1	0	53	12	0	50	14	0	0	0	0.500	60	1
01-01-2021	01:00:00 +01:	4257	463	L5.0		4258	463	L5.0	TS04257T04258	1	0	46	47	0	47	48	0	0	0	0.500	60	1
01-01-2021	01:00:00 +01:	10088	463	L5.0		4259	463	L5.0	TS10088T04259	1	0	36	25	6	50	19	0	0	0	0.500	60	3
01-01-2021	01:00:00 +01:	4261	463	L5.0		4260	463	L5.0	TS04261T04260	1	0	34	66	20	50	46	0	0	0	0.500	60	3
01-01-2021	01:00:00 +01:	4283	458	L5.0		4280	458	L5.0	TS04283T04280	1	0	44	40	5	50	35	0	0	0	0.500	60	1
01-01-2021	01:00:00 +01:	4281	458	L5.0		4283	458	L5.0	TS04281T04283	1	0	33	28	9	50	19	0	0	0	0.500	60	3

Obrázek 4.15: Ukázka veřejných dat od ŘSD v získané podobě.



Obrázek 4.16: Ukázka dat od ŘSD. Zobrazení TMC segmentů v programu QGIS.



## 5 Zhodnocení návrhu

Tato kapitola se zabývá identifikováním problémových lokalit. Věnuje se jejich popisu a návrhem řešení dané lokality tak, aby byl průjezd vozidel IZS rychlejší, bezpečnější a snadnější.

### 5.1 Vstupní hodnoty z vytvořených kódů k optimalizaci vybraných míst

Cílem této práce bylo zjistit, zda se FCD dají využít k optimalizaci jízd vozidel integrovaného záchranného systému. Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, k této práci byly poskytnuty datové sady ze tří středisek záchranných složek. Také byla poskytnuta veřejná standardizovaná data z plovoucích vozidel Ředitelstvím silnic a dálnic. Pomocí Matlabu byla data profiltrována na základě několika předpokladů, které lze považovat za identifikátory kritických míst v infrastruktuře. Těmito identifikátory byla rychlost, počet záznamů v dané lokalitě. Vyfiltrované byly nepotřebné záznamy ve výjezdových střediscích IZS.

Problémovým místem z hlediska rychlosti je lokalita, kde vozidlo IZS jede pomaleji, než je maximální dovolená rychlost v dané lokalitě, ale zároveň nemá nulovou rychlost. Případy, kdy vozidlo mělo rychlost 0 km/h byly podrobněji zkoumány. V některých případech se jednalo o chybu v záznamu, v jiném případě o možné místo zásahu, či zastavení v jiné výjezdové stanici IZS. Maximální povolená rychlost je ve městech 50 km/h. Vozidla IZS by v místech, kde je povolená maximální rychlost 50 km/h měla být schopna projet i rychleji. Avšak jedou-li alespoň 50 km/h, pak lze o tomto průjezdu uvažovat, jako o průjezdu bez komplikací a zdržení. Vozidlo dosáhlo optimálních možností.

Dalším identifikátorem kritického místa byl počet záznamu v dané lokalitě, který byl zvolen dvěma způsoby:

- lokalita s malým počtem záznamů je neobjektivní pro další zkoumání,
  - čím více záznamů se v dané lokalitě nachází, tím častěji vozidlo danou lokalitou projelo.
- Jednotlivě pak byla zkoumána každá lokalita, zda se nejednalo pouze o průjezd více vozidel v jeden den, ale o záznamy z více dní. Lokality, kterými vozidla projíždějí pravidelně, by měly

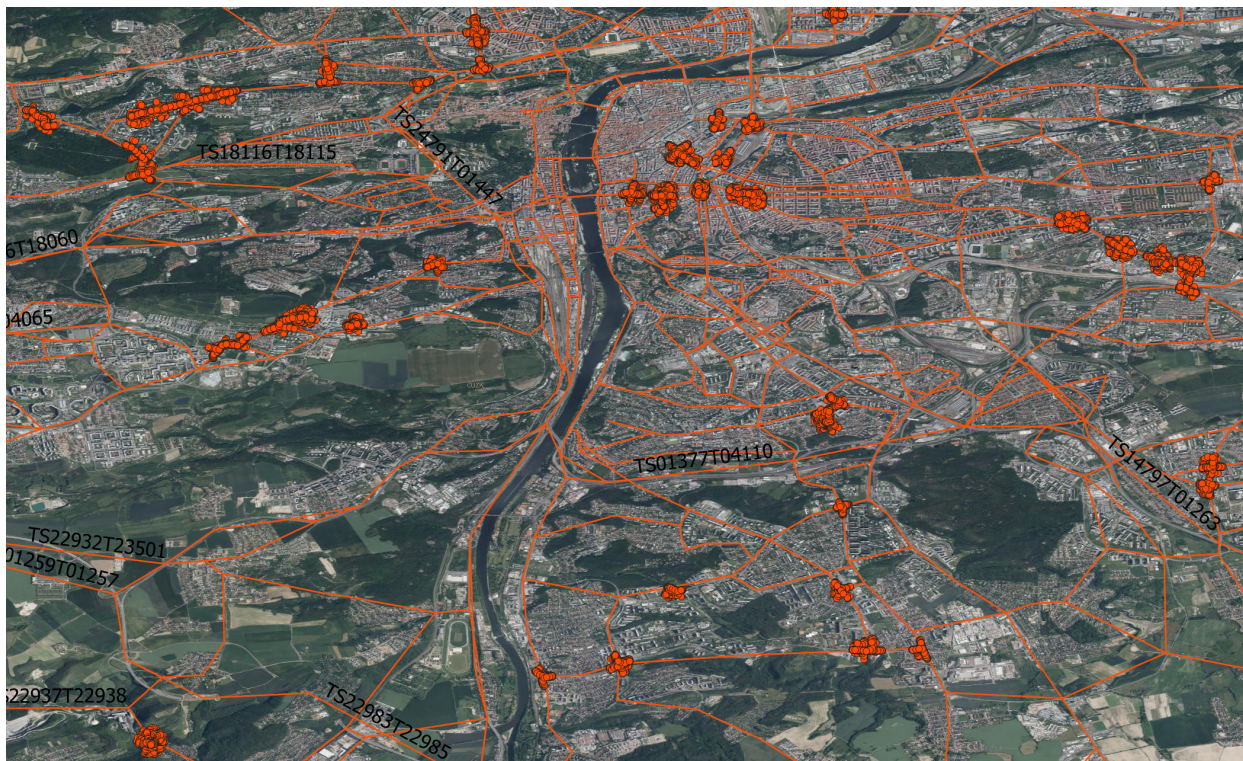


být z hlediska optimalizace průjezdu vozidel IZS přednostněji zkoumány, případně následně optimalizovány.

Jak již bylo zmíněno, záznamy ze stanic IZS byly pomocí kódu v programu Matlab vymazány, z důvodu jejich nepotřebnosti. Stejně tak záznamy z blízkého okolí stanic byly vymazány, protože lze předpokládat, že jsou již pro optimalizaci jízd vozidel IZS upravené.

## 5.2 Analýza vybraných úseků

Výsledná data, která lze vidět na grafu 4.14 byla vizualizována do programu QGIS, kde se data zobrazují na mapě ČR i s TMC segmenty (obrázek 5.1).



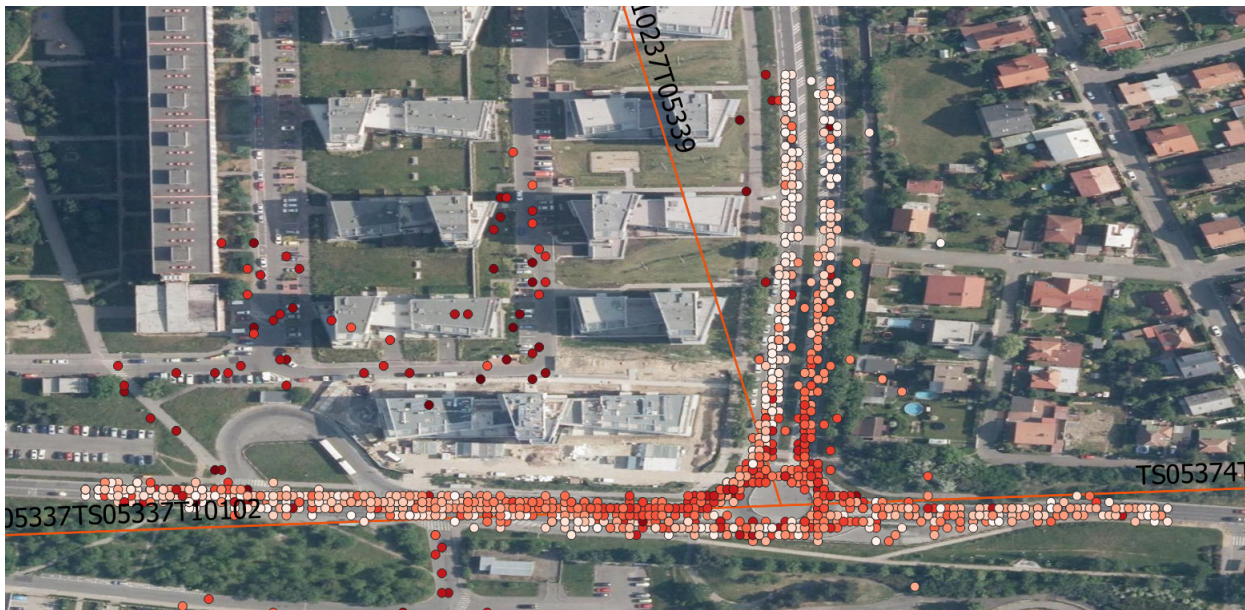
Obrázek 5.1: Zobrazené výsledky kódu z Matlabu v QGIS.

V této situaci již bylo pracováno s daty manuálně. Jak je dále popsáno, na každé potenciální problémové místo bylo nahlíženo jednotlivě. Z jedné lokality byly zobrazeny vždy jednotlivé záznamy. Byly porovnány s TMC segmentem souvisejícím s danou lokalitou a daná lokalita

byla zobrazena v Google Street View.

### 5.2.1 Libuš - ulice Meteorologická, Generála Šišky a Novodvorská

Problematickým místem je zejména průjezd přes kruhový objezd (obrázek 5.2). Kruhový objezd je jednoproudý. Dojde-li chybou řidičů veřejné dopravy k zablokování kruhového objezdu, řidič vozidla IZS je zablokovaný a musí čekat na uvolnění cesty. Vozidla IZS projíždějí rychlostí průměrně 20 km/h. Rychlost vozidel znázorňuje barevná škála záznamů. Čím je rychlost nižší, tím má záznam sytější barvu. Nulová rychlost odpovídá červené, nejvyšší rychlost barvě bílé.



Obrázek 5.2: Zobrazení okružní křižovatky spojující ulici Meteorologická, Generála Šišky a Novodvorská.

Tato problematická oblast se nachází nedaleko jedné výjezdové stanice HZS HMP. Jedním z možných řešení je přestavění dané oblasti. Úpravou této oblasti by bylo přistavění silničních bypassů, a to zejména ve směru z ulice Gen. Šišky do ulice Meteorologická. V tomto směru vyjíždějí vozidla ze stanice směrem k zásahu. Vozidla spěchají, aby se k zásahu dostala co

nejrychleji, narozdíl od cesty zpět, kdy se vracejí do stanice.

Jedou-li vozidla IZS z nejbližší stanice k zásahu směrem na západ, musí projet zmíněným kruhovým objezdem. Tímto směrem není jiná komunikace. Volba jiné objízdné trasy tak, aby se danému kruhovému objezdu vyhla, není možná.

Průměrná rychlost z veřejně dostupných dat, kterou nám poskytují TMC segment vyjadřuje, že u vozidel osobní dopravy nedochází k velkým časovým ztrátám. Ztráty bývají okolo 10 s. Průměrná rychlost při volném průjezdu okolními segmenty je okolo 42 km/h. Lze tedy soudit, že ke zdržení dochází pouze u vozidel IZS.

### 5.2.2 Jinonice - ulice Řeporyjská, Karlštejská, Klikatá, (U Trezorky)

Problematickou částí této oblasti je úsek ulic Řeporyjská, Karlštejská, Klikatá. Úsek je vyznačený oranžovou barvou na obrázku 5.4. Daná oblast se nachází v části Praha Jinonice. Jedná se o městskou čtvrť a její hlavní průjezd. Daný silniční úsek je hojně zakřivený v osídlené oblasti. Komunikace je v celé délce jednoproudá.



Obrázek 5.3: Zobrazení popisovaného úseku v Jinonicích. Ulice Řeporyjská, Karlštejská, Klikatá.

Vozidla IZS oblastí projíždějí s průměrnou rychlostí 30 - 35 km/h. Vozidla veřejné dopravy mají průměrnou rychlost 40 km/h. Vzhledem k zakřivení silnice, lze říct, že vozidla IZS jedou maximální možnou rychlostí.

Jedním z možných řešení, jak průjezd oblastí urychli by bylo zvolit jinou trasu. Namísto projíždění úseku ulic Řeporyjská a Karlštějská, zvolit ulici Radlická. Z ulice Radlická odbočit do ulice U Trezorky ke kruhovému objezdu, kde se trasy schází. Ulice Radlická je v zamýšleném úsek téměř v celé délce dvoupruhová. Některé světelně řízené křižovatky jsou s preferencí. Přestože navrhovaná objízdna strasa je delší, průjezd vozidel IZS by tak měl být rychlejší. Objízdnu trasu by bylo vhodné využívat v období mimo denní špičku. Zamýšlená objízdna trasa je na obrázku 5.4 vyznačena modrou barvou. Původní trasa je vyznačena oranžovou.

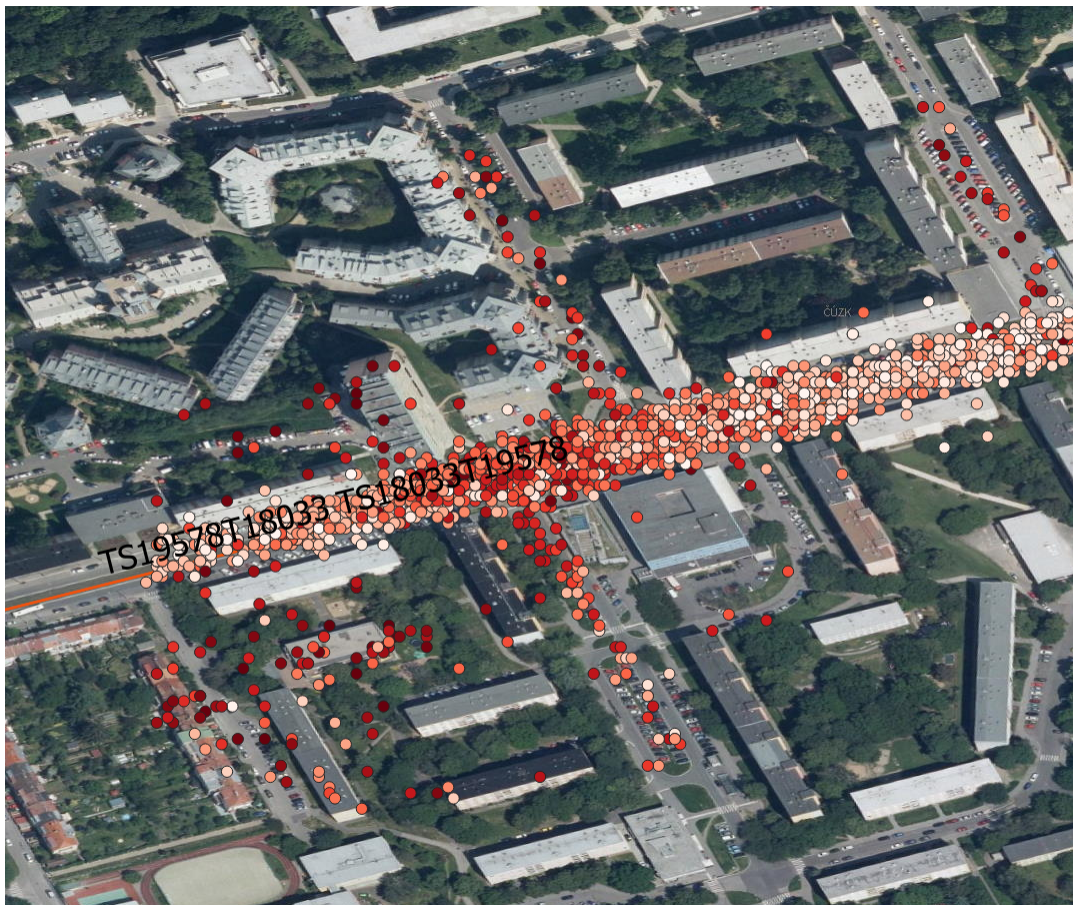


Obrázek 5.4: Vyznačení původní a objízdny trasy. Oranžovou barvou je vyznačena původní trasa, modrou barvou trasa objízdna.

### 5.2.3 Petřiny - ulice Na Petřinách

Další zkoumaná část se nachází v části Praha Petřiny. Konkrétně oblast u stanice metra Petřiny. Křížení ulic Na Petřinách - Křenova a Na Petřinách - Brunclíkova. Ulice Na Petřinách

je vozidly IZS velmi vytížená, neboť se nachází poblíž jedné ze stanic HZS HMP. Je převážně jednoproudá, ve středu se nachází zatravněný tramvajový pás. Téměř po celé délce ulice je z obou stran podélné parkování. Parkování vytváří prostor k uhýbání vozidlům IZS. Ke zdržení dochází v části, kde se nachází přechod pro chodce u tramvajové zastávky Petřiny. Prostor pro zastavení tramvaje může sloužit pro průjezd vozidel IZS, avšak přechod a okolní křižovatky průjezd značně brzdí.

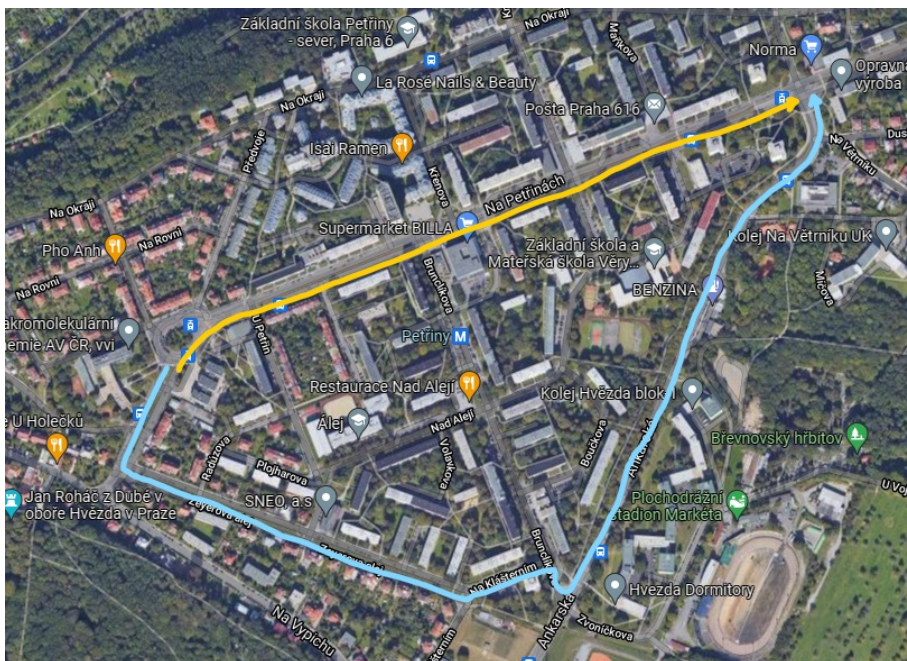


Obrázek 5.5: Zobrazení popisovaného úseku v Petřinách. Ulice Na Petřinách.

Vozidla IZS oblastí projíždějí téměř každý den s průměrnou rychlostí 25 km/h. Tato průměrná rychlost však odpovídá oblasti křížení ulice Na Petřinkách a Brunclíkova. Mimo ni vozidla jezdí s průměrnou rychlostí 45 km/h. Vozidla veřejné dopravy mají průměrnou rychlost nad 45 km/h. Na daném TMC segmentu dochází k pravidelnému zpoždění veřejné dopravy okolo 20 s.

Situace by se dala zlepšit přidáním světelného signalizačního zařízení s preferencí na přechod pro chodce. Tak by se zvýšila bezpečnost chodců. Avšak je třeba zvážit, zda jsou nějaká opatření zapotřebí. Vozidlo IZS přijíždí po rovné rozlehlé komunikaci a lze předpokládat, že puštěné majáky jsou slyšet z větší vzdálenosti. Tedy řidiči i chodci mají dost času prostor vyklidit.

Dalším možným řešením je objíždná trasa. V případě, že by zmiňovaná oblast byla neprůjezdná, ať už z důvodu stavebních prací, nebo silného provozu, jsou způsoby, jak se dané lokalitě vyhnout. Doporučená objíždná trasa vede Zeyerovou alejí, následně ulicí Ankarská. Tato trasa je výrazně delší, ale v konečném důsledku by měla být rychlejší. Na základě informací z TMC segmentů na dané objíždné trase dochází k minimálním zpožděním. Průměrná rychlost při projíždění těmito segmenty je 47 km/h. Objíždnou trasou se zároveň vozidlo IZS vyhne dalším problémovým křižovatkám, které se nachází na ulici Na Petřinách. Objíždnou trasu lze vidět na obrázku 5.6. Za normální situace malé zdržení při průjezdu ulicí Na Petřinách není důvodem, proč volit objíždnou trasu.

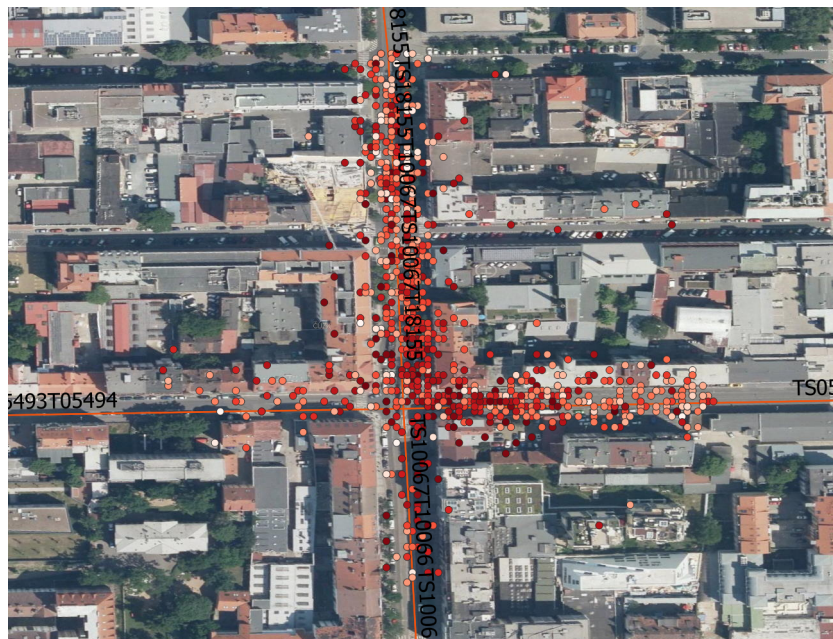


Obrázek 5.6: Zobrazení objíždné trasy. Modrou barvou je vyznačena objíždná trasa. Oranžovou barvou je vyznačena trasa původní.

#### 5.2.4 Maniny- ulice Dělnická, Komunardů

Poblematickou částí této oblasti je křižovatka ulic Dělnická a Komunardů. Nachází se v části Praha Maniny. Jedná se o světelně řízenou křižovatku s preferencí MHD. Touto křižovatkou vede tramvajová trať a projíždí jí několik autobusových linek. Ulice Dělnická spojuje část Praha Maniny s Rohanským ostrovem.

Tato křižovatka je malá, ale velmi frekventovaná. Průměrná rychlost vozidel IZS se pohybuje okolo 15 km/h. Možností, jak se křižovatce vyhnout je objet ji bočními ulicemi. Avšak i okolní křižovatky jsou poměrně vytížené. Lepším řešením pro efektivnější průjezd vozidel IZS je využití některé z moderních technologií pro preferenci IZS. V případě, že se zde zařízení pro preferenci IZS nachází, připadá v úvahu kalibrace, či vylepšení jiným systémem. Například využitím technologie absolutní preference jednotkou UCU 5.0 doplněnou dvoukanálovým komunikačním modulem V2X. Jedná se o komunikaci vozidlo-vozdlo a vozidlo-infrastruktura. Způsob této preference je popsán v kapitole 3.3. Bylo by tak možné komunikovat s řadiči této světelně řízené křižovatky a v případě blížícího se vozidla IZS nastavit v potřebném směru zelenou.



Obrázek 5.7: Zobrazení popisovaného úseku v Maninách. Ulice Dělnická, Komunardů.



## 6 Závěr

Cílem práce bylo zjistit, zda se FCD dají využít k optimalizaci jízd vozidel integrovaného záchranného systému. Pro splnění tohoto cíle byl proveden teoretický rozbor dat z plovoucích vozidel, jejich možností využití a způsobu sběru. Byl proveden rozbor způsobu preferencí vozidel IZS. Seznámení s legislativou spojenou s integrovaným záchranným systémem a jeho průjezdem infrastrukturou. Na základě tohoto rozboru pak byla vytvořena metodika identifikace kritických míst v infrastruktuře a způsob jejich optimalizace.

Pro identifikaci kritických míst bylo zapotřebí získat data z plovoucích vozidel od integrovaných záchranných systémů ČR. Integrovaný záchranný systém celé republiky nemá jednotný systém sběru dat. Z tohoto důvodu se podařilo získat data pouze ze tří lokalit. Následně proběhlo vypracování kódů v programu Matlab, které selektovaly a upravovaly FCD pro jejich další použití a vyobrazení výsledků v aplikaci QGIS. Navržená metodika zejména využívá rychlost a polohu z poskytnutých dat. V kódech byly definované parametry, na základě, který byla vyselektována kritická místa v infrastruktuře. Jednalo se o místa, kde dochází ke zpomalení a zdržení vozidel IZS a míst, kterými vozidlo projíždí opakovaně. Vyselektována problémová místa byla zobrazena v aplikaci QGIS a jednotlivě zkoumána. Dále došlo k posouzení jednotlivých lokalit, z nichž byly čtyři vybrány jako nejproblémovější. Byly porovnány s veřejnými daty od Ředitelství silnic a dálnic a bylo navrženo řešení pro optimalizaci dané lokality s cílem zefektivnit průjezd vozidel IZS.

Nově navržená metodika, která měla za cíl optimalizovat jízdu vozidel IZS, měla i několik vedlejších přínosů. Kdyby byl sjednocený sběr FCD integrovaného záchranného systému, bylo by možné aplikovat metodiku této práce na celé území ČR. Takto práce byla aplikována pouze na datech od HZS HMP. Zároveň se data ukládají s velkou odchylkou a z toho důvodu byla některá data nevyužitá.

Výsledky práce byli také ovlivněny faktory, které nelze v kódech zohlednit. Jedním z faktorů je například lidský činitel. Je známo, že spousta řidičů neví, jak při řízení správně reagovat, jestliže se je vozidlo IZS snaží předjet. Často tak dochází ke zdržení vozidel IZS způsobeným nevědomostí řidiče.





Výslednou práci by bylo do budoucna možné zlepšit optimalizací kódu, nebo zohlednění dalších ovlivňujících faktorů.



## Seznam použité literatury

- [1] *Národní dopravní informační centrum (NDIC)*. DOPRAVNIIINFO.CZ,  
<http://portal.dopravniinfo.cz/informacni-a-ridici-centra-dopravy/narodni-dopravni-informacni-centrum>.
- [2] *Vyhodnocení plnění specifického cíle 3.1 Operačního programu Doprava 2014 – 2020*.  
[https://www.opd.cz/UploadFiles/EO1.4\\_hodnoceni\\_FCD\\_report.pdf](https://www.opd.cz/UploadFiles/EO1.4_hodnoceni_FCD_report.pdf).
- [3] *361. Zákon o provozu na pozemních komunikacích a změnách některých zákonů*.  
<http://www.zakonycr.cz>, 2000.
- [4] *Aktivní preference dopravy ve městě*,  
<https://www.eltodo.cz/produkty-a-sluzby/dopravni-systemy/preference-verejne-dopravy/>,  
2014.
- [5] *Základní informace o projektu Crocodile*. Ředitelství silnic a dálnic ČR,  
<https://crocodile.rsd.cz/zakladni-informace-o-projektu-crocodile>, 2017.
- [6] *Systém pro plošné kontinuální monitorování dynamiky dopravních proudů na síti komunikací ČR*. ŘSD ČR,  
<https://www.rsd.cz/tiskova-zprava/e5211a76-bc5c-48a5-a3f1-8dd0a3398d4d>, 2018.
- [7] *Fórum uživatelů pro dynamické dopravní informace*. ŘSD ČR,  
<https://mportal.rsd.cz/web/forum-rsd>, 2021.
- [8] Mgr. Jan Martínek a kol. *MODERNÍ METODY IDENTIFIKACE A POPISU HISTORICKÝCH CEST*. Centrum dopravního výzkumu,  
[http://invenio.nusl.cz/record/204334/files/nusl-204334\\_1.pdf](http://invenio.nusl.cz/record/204334/files/nusl-204334_1.pdf), 2013.
- [9] Ing. Jiří Ambros. *Využití dat z plovoucích vozidel pro hodnocení bezpečnosti*.  
[https://www.researchgate.net/publication/328364998\\_vyuziti\\_dat\\_z\\_plovoucich\\_vozidel\\_pro\\_hodnoceni\\_bezpecnost](https://www.researchgate.net/publication/328364998_vyuziti_dat_z_plovoucich_vozidel_pro_hodnoceni_bezpecnost)



- [10] Jukka M. Krisp; Augsburg Andreas Keler, Linfang Ding. *Visualization of traffic congestion based on Floating Taxi Dat.*  
[https://www.researchgate.net/publication/331755711\\_visualisierung\\_von\\_verkehrsstau\\_basierend\\_auf\\_floating](https://www.researchgate.net/publication/331755711_visualisierung_von_verkehrsstau_basierend_auf_floating_taxi_data)
- [11] Jodi Joseph Asiag. *5 Steps to Become a Traffic Data Analyst Rockstar: Highlights from Otonomo's Webinar with xyz.ai.* OTONOMO,  
<https://otonomo.io/blog/traffic-data-analysis/>, 2020.
- [12] Jodi Joseph Asiag. *Expand Raw Floating Car Data for Better Traffic Analysis.* OTONOMO, [https://otonomo.io/blog/fcd-traffic-analysis/?utm\\_term = floating](https://otonomo.io/blog/fcd-traffic-analysis/?utm_term=floating), 2021.
- [13] Ph.D. Bc. Jakub ŠTOK, doc. Ing. Pavel HRUBEŠ. *GENEROVÁNÍ GEOGRAFICKÉ INFORMAČNÍ BÁZE Z DAT PLOVOUCÍCH VOZIDEL.*  
[http://gisak.vsb.cz/GIS\\_Ostrava/GIS\\_Ova2016/sbornik/papers/gis201656b88e036e520.pdf](http://gisak.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova2016/sbornik/papers/gis201656b88e036e520.pdf), 2016.
- [14] Milan Frydryšek. *Standardizovaná data z plovoucích vozidel jsou zdarma k dispozici široké veřejnosti.* Dopravní noviny, <http://www.dnoviny.cz/informatika/standardizovana-data-z-plovoucich-vozidel-jsou-zdarma-k-dispozici-siroke-verejnosti>, 2020.
- [15] Ing. Ivo Herman. *Preference veřejné dopravy pomocí V2X.*  
<https://www.herman.cz/cs/produkty/isrd/komunikace-v2x/v2x-pro-verejnou-dopravu/preference-pomoci-v2x-2/>, 2015.
- [16] Ing. Ivo Herman. *PREFERENCE VOZIDEL HZS POMOCÍ V2X.*  
<https://www.herman.cz/produkty/clanky-2/clanky/preference-vozidel-pomoci-v2x/>, 2015.
- [17] Ing. Jaroslav Altmann Ing. Jiří Ambros, Ph.D. *Preventivní hodnocení bezpečnosti s využitím dat z plovoucích vozidel.* REPROPRESS, <https://www.cdv.cz/metodiky/>, 2017.
- [18] Ph.D. Ing. Pavel Hruběš. *Data plovoucích vozidel v aplikacích monitorování dopravy.*  
<https://portal.cvut.cz/wp-content/uploads/2017/04/HP2011-23-Hrubes.pdf>, 2011.
- [19] Philip Temmerman Kevin Diependaele, François Riguelle. *Speed behavior indicators based on floating car data: results of a pilot study in Belgium.* Elsevier,



<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2352146516301120?token=C0F867E302157AC3193064F3878Awest-1originCreation=20210715092625>, 2016.

- [20] Mgr. Petr Šimáček Mgr. Jan Geletič, Mgr. Libor Hladiš. *GIS PRO GEOGRAFY*.  
<https://geography.upol.cz/soubory/studium/opory/DGIS.pdf>, 2019.
- [21] Bc. Miroslav Velíšek. *Možnosti zlepšení průjezdnosti vozidel IZS při dopravní zácpě*.  
<http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/18409/vel2011>.
- [22] Český statistický úřad. *Chytré telefony zvyšují počet uživatelů internetu*.  
<https://www.czso.cz/csu/czso/chytre-telefony-zvysuji-pocet-uzivatelu-internetu>, 2016.