



České vysoké učení technické v Praze

Fakulta dopravní

Bc. Jan Matoušek

Ověření dopadů elektromobility na řízení a parkování
ve vybrané oblasti města

Diplomová práce

2019

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K620..... Ústav dopravní telematiky

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Jan Matoušek

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – IS – Inteligentní dopravní systémy

Název tématu (česky): **Ověření dopadů elektromobility na řízení a parkování ve vybrané oblasti města**

Název tématu (anglicky): Verification of E-mobility Impacts to the TC and Parking in the Area of Town

Zásady pro vypracování

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

- Vytípnování vhodné oblasti pro implementaci elektromobilů s využitím definované infrastruktury.
- Ověření dopadů elektromobility včetně simulace na vybrané oblasti do řízení, parkování, spotřeby času na parkování a preference MHD.
- Potenciály elektromobilů pro preferenci v dopravě jejich sledování a potenciální řízení.
- Návrh aplikace pro navádění v oblasti na volná parkovací místa, využití pro podmínky carsharingu a řízení v oblasti.



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Postránecký M, Svítek M. a kol.: Města budoucnosti, Nadatur, ISBN 978-80-7270-058-5, 2018.
Příbyl P., Svítek M.: Inteligentní dopravní systémy, BEN, Praha 2001, ISBN 80-7300-029-6.

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

Datum zadání diplomové práce: **28. července 2018**
(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 diplomové práce: **28. května 2019**
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


.....
Ing. Zuzana Bělinová, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravní telematiky




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

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.


.....
Jan Matoušek
jméno a podpis studenta

V Praze dne28. července 2018

Prohlášení

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

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou 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

.....

Bc. Jan Matoušek

Poděkování

Děkuji Doc. Ing. Tomáši Tichému, Ph. D., MBA za cenné rady, zkušenosti a hlavně za čas, který mi věnoval při vedení diplomové práce.

Abstrakt

Předmětem této diplomové práce je ověření dopadů preference elektromobility ve vybrané oblasti Prahy, určení možných potenciálů pro preferenci a řízení a také definování používaných dobíjecích standardů elektromobilů. Součástí práce je i analýza současného využití sdílení vozidel ve velkých městech s následným návrhem elektrocarsharingu a vhodné aplikace s možným využitím dat pro řízení dopravy.

Abstrakt

The subject of the master thesis is to verify impacts of electromobility preference in the selected area of Prague, to determine possible potentials for electromobility preference and control and also to define used charging standards for electric vehicles. Part of the thesis is an analysis of current usage of carsharing in large towns with following design of electric carsharing and appropriate application with possible data usage for traffic control.

Klíčová slova

Silniční doprava, řízení dopravy, elektromobilita, carsharing, dopravní simulace

Keywords

Road transport, traffic control, electromobility, carsharing, traffic simulation

Seznam zkratek

V2V	Vehicle to Vehicle
V2I	Vehicle to Infrastructure
V2X	Vehicle to Everything
OBU	On Board Unit
RSU	Roadside Unit
Vissim	Verkehr In Städten - Simulationsmodell
5G	5th Generation
GPS	Global Positioning System
C-ITS	Co-operative Intelligent transport systems
ITS	Intelligent transport systems
DSRC	Dedicated Short Range Communications
3GPP	3rd Generation Partnership Project
LTE	Long Term Evolution
eNodeB	Evolved Node B
LED	Light Emitting Diode
ČVUT	České vysoké učení technické
GNSS	Global Navigation Satellite System
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
ZEEUS	Zero Emission Urban Bus System
PID	Pražská integrovaná doprava
MHD	Městská hromadná doprava
CAN	Controller Area Network

GIS	Geografický informační systém
MiD	Mobilität in Deutschland
FAQ	Frequently Asked Questions
GFCD	GPS Floating car data
CFCD	GSM Floating car data
P+R	Park and Ride
DC	Direct current
AC	Alternating Current
Mbps	Megabits per second
PRR	Packet Reception Rate
FPD	Flat Panel Display
FCD	Floating car data
CCS	Combined Charging System

Obsah

OBSAH	6
1 ÚVOD	9
2 VIZE A PROJEKTY ELEKTROMOBILITY ČESKÝCH MĚST	10
2.1 PRAHA - KONCEPCE SMART PRAGUE 2030.....	10
2.1.1 <i>Inspirace v zahraničí</i>	12
2.1.2 <i>Příklady vize hl.m. Prahy</i>	13
2.2 PÍSEK - PROJEKT E-ROAD	13
2.3 PLZEŇ - PROJEKT ZEEUS	14
3 NABÍJECÍ INFRASTRUKTURA	15
3.1 NABÍJECÍ STANDARDY	15
3.2 DRUHY NABÍJECÍCH STANIC	16
3.2.1 <i>Rychlodobíjecí stanice na stejnosměrný proud</i>	16
3.2.2 <i>Dobíjecí stanice na střídavý proud</i>	17
3.2.3 <i>Běžné domácí nabíjení</i>	17
3.3 PARAMETRY PRO VÝSTAVBU DOBÍJECÍCH STANIC	18
3.4 BUDOUCÍ TRENDY NABÍJENÍ	21
3.4.1 <i>Charge while driving</i>	21
3.4.2 <i>Smart Grid nabíjecí stanice</i>	22
4 POTENCIÁLY ELEKTROMOBILŮ PRO PREFERENCI A ŘÍZENÍ	23
4.1 OPTIMALIZACE DOPRAVNÍHO TOKU.....	23
4.2 VZÁJEMNÁ KOMUNIKACE ELEKTROMOBILŮ A JEJICH PREFERENCE	24
4.2.1 <i>Infračervené majáky</i>	24
4.2.2 <i>DSRC</i>	24
4.2.3 <i>C-ITS</i>	25
4.3 VÝVOJ C-ITS SYSTÉMŮ.....	26
4.3.1 <i>Buňková C-ITS komunikace</i>	26
4.3.2 <i>Návrh C-ITS vozidlové antény</i>	28
4.4 EKONOMICKÁ PODPORA ELEKTROMOBILŮ.....	29
4.4.1 <i>Vliv finančních pobídek na vývoj elektromobility</i>	29
4.4.2 <i>Vliv ceny pohonných hmot na tržní podíl vozidel</i>	30
5 VÝVOJ VOZIDLOVÝCH KOMUNIKAČNÍCH ROZHRAŇÍ SMĚREM K ELEKTROMOBILŮM A AUTONOMNÍM VOZIDLŮM	31
5.1 CAN SBĚRNICE	31
5.2 ETHERNET.....	32
5.3 FPD-LINK.....	32

5.4	FLEXRAY.....	33
6	CARSHARING	34
6.1	VÝBĚR VHODNÉ NÁVRHOVÉ OBLASTI PRO ELEKTROCARSHARING	34
6.2	NABÍJECÍ STANOVIŠTĚ A NAVÁDĚNÍ VOZIDEL V OBLASTI.....	36
6.2.1	<i>Dejvice</i>	36
6.2.2	<i>Karlovo náměstí</i>	37
6.2.3	<i>Albertov</i>	38
6.2.4	<i>Strahov</i>	39
6.3	PREFEROVANÉ TRASY V NAVRHOVANÉM ÚZEMÍ.....	40
6.3.1	<i>Popis preferovaných tras a návrh preferenčních opatření</i>	41
6.4	NÁVRH ROZVOJE UNIVERZITNÍHO CARSHARINGU	43
6.4.1	<i>1.fáze</i>	43
6.4.2	<i>2.fáze</i>	43
6.4.3	<i>3.fáze</i>	43
7	NÁVRH MOBILNÍ APLIKACE A KOMUNIKAČNÍHO PROSTŘEDÍ.....	44
7.1	FUNKCE MOBILNÍ APLIKACE.....	44
7.2	KOMUNIKAČNÍ ROZHRANÍ SYSTÉMU	44
7.3	VYUŽITÍ A ZPRACOVÁNÍ DAT	45
7.3.1	<i>Využití vozidel carsharingu jako plovoucích vozidel k řízení dopravy</i>	46
7.3.2	<i>Využití jízdních dat uživatelů</i>	46
7.4	FUNKČNÍ PROSTŘEDÍ MOBILNÍ APLIKACE.....	47
8	METODIKA SIMULACE	48
8.1	CAR-FOLLOWING MODEL	48
8.1.1	<i>Jízdní stavy vozidel</i>	49
8.1.2	<i>Parametry chování vozidel</i>	50
9	SIMULACE A OVĚŘENÍ DOPADŮ PREFERENCE ELEKTROMOBILŮ.....	51
9.1	KŘÍŽOVATKA PLZEŇSKÁ X PODBĚLOHORSKÁ	51
9.1.1	<i>Dopravní průzkum intenzit</i>	51
9.1.2	<i>Tvorba simulace</i>	52
9.1.3	<i>Vyhodnocení scénářů simulace</i>	55
9.2	KŘÍŽOVATKA ZBOROVSKÁ X DIENZENHOFEROVY SADY	61
9.2.1	<i>Dopravní průzkum intenzit</i>	61
9.2.2	<i>Tvorba simulace</i>	62
9.2.3	<i>Vyhodnocení simulace</i>	63
9.3	OVĚŘENÍ VLIVU PARKUJÍCÍCH VOZIDEL NA DOPRAVNÍ PROUD.....	67
9.3.1	<i>Simulace parkování</i>	68
9.3.2	<i>Vyhodnocení simulace parkování - nabíjecí stanoviště Karlovo náměstí</i>	69

10	SHRNUTÍ.....	71
11	DOPORUČENÍ.....	73
12	ZÁVĚR.....	75
	REFERENCE.....	76
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	80
	SEZNAM TABULEK.....	82
	SEZNAM PŘÍLOH.....	82

1 Úvod

Rozšiřování elektromobility ve světě je jednoznačným trendem posledních let. Na růst tohoto segmentu reaguje i odvětví sdílené ekonomiky v oblasti mobility. Nejrozličnější druhy platform nabízejí ve stále větší míře sdílení nejenom elektromobilů, ale i jiných dopravních prostředků jako jsou elektrická kola a koloběžky. Často tyto formy dopravy slouží jako alternativa k běžným dopravním prostředkům a doplňují tak městskou hromadnou dopravu v oblastech, která nejsou tak dobře obsloužena. Dalším případem mohou být místa, která městská hromadná doprava objíždí větším obloukem, aby posbírala co nejvíce cestujících v okolí, avšak jízda těmito alternativními prostředky je v mnoha situacích násobně rychlejší.

Sdílená ekonomika zaznamenala rapidní růst s rozvojem moderních technologií. A právě masová výroba elektronických zařízení znamenala značné zlevnění jak na straně spotřebitele, tak na straně provozovatele. To mělo za následek rozšíření mobilní elektroniky do všech vrstev společnosti a pro provozovatele tento vývoj znamenal nižší náklady v podobě investic při zavádění nových služeb. V této době má chytrý mobilní telefon většina populace. Tato v dnešní době samozřejmě věc pak každému uživateli umožňuje stát se zákazníkem dané služby ihned po instalaci příslušné aplikace. Na straně provozovatele pak tento trend znamenal možnost zavedení free-float sdílejících platform, jelikož došlo k vylepšení a zlevnění například technologie k určení polohy dopravního prostředku. Díky tomuto vývoji tak mohla být tato technická vybavení zaváděna v řadě menších a méně profitabilních dopravních prostředků, jako jsou například elektrické koloběžky.

Cílem této diplomové práce je stanovení a ověření dopadů preference elektromobilů v dopravním toku spolu s návrhem potenciálů k jejich sledování a možnému řízení. Dalším cílem je stanovení vhodné oblasti pro provozování elektromobilů a definování možností využití nabíjecí infrastruktury.

V první části diplomové práce se zaměřuji na definování využitelnosti a vizí v oblasti elektromobility a carsharingu. Také zde analyzuji jednotlivé možnosti a trendy v oblasti nabíjení a zkoumám možné potenciály pro preferenci a řízení.

V druhé části se zabývám možnostmi a druhy carsharingu, návrhem oblasti a preferenčních tras carsharingu, v rámci kterého definuji i potencionální rozvoj. Důležitou součástí této části je i ověření preferenčních opatření v simulaci. Další sekce je poté věnována i samotné aplikaci a komunikační struktuře elektrocarsharingu, v rámci které jsou naznačeny možnosti využití jak jednotlivých dat uživatelů, tak hromadných dat všech vozidel v systému.

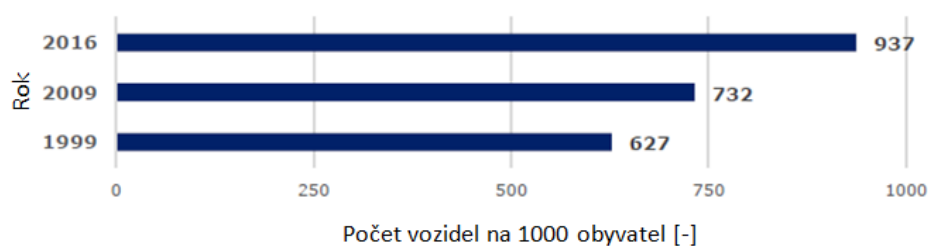
2 Vize a projekty elektromobility českých měst

2.1 Praha - Koncepce Smart Prague 2030

Praha bude čelit mnoha ekologickým výzvám, aby snížila zdravotní rizika a dopady na své obyvatele. V roce 2015 Státní zdravotní ústav odhadoval 520 předčasně zemřelých v důsledku znečištění poléťavým prachem částicemi menšími než 10 μm . V Praze byl návrh nízko emisních zón zamítnut s tím, že až se dostaví okruh kolem Prahy, dojde ke zlepšení ovzduší v centrální části. Dokončení pražského okruhu je tak kritickou součástí investic Hlavního města Prahy ať už z pohledu ekologie, tak samozřejmě dopravy. V průměru stráví pražští motoristé v kongescích o 27% času více, než by bylo ve volném dopravním proudu. Ročně tato hodnota vychází na 114 hodin. Tento nevyužitý čas snižuje spokojenost obyvatel a samozřejmě je to i čas, který by mohli věnovat ekonomicky produktivním činnostem. Na základě Tom Tom indexu a dat Ministerstva dopravy bylo vypočteno, že jedna hodina osobního automobilu stojí 313 Kč.[16] V této části jsou zakomponovány i provozní náklady vozidla na daný časový úsek.

Průměrné stáří vozidel v České republice vychází na 15,1 let. V rámci EU jsme na chvostu v modernizaci vozového parku. Právě existence nízko emisních zón by obnově vozidel značně pomohla. Mohla by být zavedena opatření, která by zakazovala vjezd vozidel nesplňující určitou ekologickou třídu. Další možností je zvýšení ekologické a silniční daně na vozidlo či zavedení poplatků za vjezd pro tato vozidla.[16]

S nastupující novou generací se v budoucnu očekává větší popularita carsharingových platform či možností vzájemného sdílení vozidel. Tento trend také značně uleví dopravě v Praze, jelikož v následujícím obrázku číslo 1 vidíme růst počtu vozidel na tisíc obyvatel. V roce 1999 bylo v Praze 627 vozidel na 1000 obyvatel, avšak v roce 2016 jich již bylo 937. Tento trend není do budoucna udržitelný. Většina automobilů není po většinu času využívána, což je jeden z potenciálů úspěchu sdílených ekonomik v automobilovém odvětví.



Obrázek 1: Počet vozidel na 1000 Pražanů v jednotlivých letech[16]

Další velkou výzvou pro Prahu je vybudování dostatečné infrastruktury pro dojíždějící obyvatele ze Středočeského kraje. Mezi lety 2001 – 2011 došlo k nárůstu populace v příměstských oblastech Prahy o 44% [16]. V této souvislosti musí dojít ke zvýšení tempa plánování a stavby P+R parkovišť. V rámci tohoto rozvoje je již nutné počítat s dostatečnou dobíjecí infrastrukturou pro elektromobily. Není možné, aby byla nyní ještě stavěna P+R parkoviště bez potřebné kapacity pro dobíjení. V rámci P+R parkovišť není nutné budovat vysoko rychlostí dobíjecí stanice, jelikož většina vozidel využívá P+R parkoviště v průběhu celého dne. To dává běžným dobíjecím systémům s výkonem do 50kW dostatečný čas k dobití baterie vozidla do plného stavu. Tato vozidla jsou běžně odstavována na časový úsek cca 7-10 hodin denně, což odpovídá běžné pracovní době.

Jednou z velkých výzev v rámci MHD je zavedení ekologických pohonů. Pražský dopravní podnik do budoucna počítá s alternativními pohony svých vozidel. Již proběhla řada testování elektrických vozidel, která jsou čistě na elektrický pohon. Tato testovaná vozidla se liší v konceptu nabíjení. Jedním typem je dobíjení na konečných zastávkách, kdy v minulosti byl testován elektrobus na linkách 213 a 188 s rychlodobíjecí stanicí vybudovanou na konečné stanici Želivského, ve které byla pro tyto účely vybudovaná dobíjecí trolej. Druhým typem je dobíjení také pomocí troleje, ale za jízdy. Dochází tedy ke kombinaci trolejbusu a elektrobusu, což činí tento typ vozidla méně závislým na potřebných trolejích.

Dalším testovaným typem pohonu je hybridní pohon. Běžný spalovací agregát vyrábí elektrickou energii ve stálých otáčkách, čímž je provoz hybridu značně ekologičtější. Elektromotor se poté stará o samotný pohon hybridního autobusu. V rámci tohoto pohonného ústrojí je také aplikovaná rekuperace brzděné energie vozidla, čímž opět dochází ke snížení výsledné spotřeby a tím pádem i škodlivých emisí vozidla. V Praze se testuje autobus Volvo 7900 LAH, u kterého výrobce udává úsporu pohonných hmot až 30% [17].

V oblasti telematiky městské hromadné dopravy chybí v Praze na většině zastávek dynamické panely, které cestujícím ukazují příjezd jejich spoje v reálném čase. Tento systém je také možné napojit na online jízdní řády a zpřístupnit tato data lidem, aniž by museli stát fyzicky na příslušné zastávce. Zároveň tento komunikační kanál dokáže cestujícím zobrazit informace v případě nenadálých situací. Ať již se bavíme o výpadku autobusového spoje v důsledku poruchy či výpadku dopravní obslužnosti v určité oblasti, kvůli zablokování tramvajového pásu nehodou, poruchou či špatně parkujícími řidiči. Cestující čekající na spoje v následujících zastávkách jsou tak závislí na informacích od okolo jdoucích lidí či v této době již sociálních sítí. V této oblasti jsou Dopravní podnik hlavního města Prahy i Ropid na Twitteru velmi činní a podávají zcela aktuální zprávy o krizových situacích v pražské dopravní infrastruktuře.

2.1.1 Inspirace v zahraničí

V dokumentu Smart Prague 2030 si Praha vytyčila několik měst, která vyhodnotila jako města s nejlepší dostupnou praxí či plány v jednotlivých kategoriích. V rámci své vize vybrala zároveň několik témat, která vidí jako vzor či příklad pro případné zavádění v metropoli.

2.1.1.1. Elektromobilita a sdílená mobilita

Jedno z obsáhlých témat je téma elektromobility a sdílené mobility. V této kategorii zařadila Praha jako příklad řadu projektů z různých lokalit. Jedno z měst, kde v elektromobilitě oproti Praze již značně pokročili, je Paříž. Místní sdílení elektrických vozidel se nazývalo AutoLib a již v roce 2016 nabízelo 3980 vozů, které mohlo v rámci aplikace využívat 127 000 registrovaných uživatelů. Ti měli k dispozici 1084 dobíjecích stanic s 5935 nabíjecími místy. Další město, kde také vybudovali řadu dobíjecích stanišť je Amsterdam. Zde bylo začátkem roku 2017 1800 dobíjecích míst. [16]

Další rozsáhlou světovou sítí sdílené mobility je služba DriveNow, která má své zastoupení v městech v Německu, Rakousku, USA, Velké Británii, Dánsku, Švédsku, Belgii i Itálii. V rámci sítě bylo registrováno 800 000 zákazníků, kteří mohli využívat 5 580 vozidel, z čehož bylo 930 elektromobilů. [16]

2.1.1.2. Vodíková mobilita

Průkopníkem ve vodíkové oblasti je Mnichov, ve kterém je v rámci sdíleného systému BeeZero aplikováno 50 vozů Hyundai ix35 s vodíkovým pohonem. Zdrojem energie je palivový článek s výkonem 100 kW, který dodává energii stejně výkonnému elektromotoru. Přebytečná energie je ukládána do 0,95 kWh lithium-polymerové baterie. Vozidlo je vybaveno dvěma nádržemi o kapacitě 5,64 kg vodíku s dojezdem 588 km. K výrobě vodíku je využívána energie z obnovitelných zdrojů a v rámci well-to-well analýzy se jedná prakticky o bezemisní provoz. [32] Vodíkové vozidlo máme zobrazeno v následujícím obrázku 2.



Obrázek 2: Hyundai ix35 s vodíkovým pohonem [27]

2.1.1.3. *Inteligentní telematické systémy*

Mezi inspirativní města s inteligentním řízením Praha zařadila Los Angeles, ve kterém se podařilo vybavit více než 4600 křižovatek adaptivním řízením signalizace. V rámci tohoto systému je v terénu nasazeno 20 tisíc čidel, která vyhodnocují aktuální dopravní situaci. Výsledky systému jsou více než slibné. Zdržení v křižovatce se snížilo o 20 %, počet zastavení před křižovatkou se snížil o 35 %. Doba jízdy po městě se zkrátila o 13 %, úspory paliva dosáhly 12,5 % a emisí 10 %. Investice se vrátily po roce provozu.[16]

2.1.2 Příklady vize hl.m. Prahy

Hlavní město Praha si vytyčilo několik bodů v rámci vize budoucnosti 2030.[16] Definují mobilitu v následujících bodech:

- Mobilita bude bez spalování ropy – čistší ovzduší v městském prostředí, energie potřebná k dopravě čerpána převážně z obnovitelných zdrojů
- Sdílená mobilita – v rámci efektivity využití vozidel směřuje sdílení k cíli minimalizace nárůstu vozidel v přepočtu na obyvatele
- Propojené a komunikující prostředí – vzájemná komunikace vozidel, infrastruktury, chodců a kompatibilních podsystémů
- Autonomní doprava – zavádění pravidel a legislativy k možnosti uplatnění autonomního provozu

2.2 Písek - projekt E-Road

Město Písek ve spolupráci s městem Deggendorf vytvořil projekt e-road, který má za cíl rozvoj elektromobility v Jihočeském kraji s napojením na přes hraniční oblast východního Bavorska. V projektu stanovují řadu doporučení pro celoevropské měřítko přeshraničního rozvoje elektromobility. Základním faktorem je jednotná platforma, kterou by bylo vhodné vybudovat na otevřených technologiích. Dalším nutným požadavkem je online komunikace infrastruktury v podobě dobíjecích stanic, aby bylo možné si v rámci plánu cesty nabíjecí místo v aplikaci rezervovat a poté případně rovnou elektronicky zaplatit.

Důležitým krokem v budování sítí nabíjecích stanic pro elektromobily je sjednocení strategií na všech úrovních. Základním mezinárodním dokumentem v této oblasti je směrnice Evropského parlamentu a rady 2014/94/EU o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva. Národní, krajskou i individuální strategii si tvoří samy jednotlivé státy, samosprávné celky či organizace. Důležitým faktorem je, že všechny tyto nižší strategie by měli být budovány

kompatibilně a v rámci celoevropské strategie. Tím bude možné využívat stejnými prostředky a vybavením celou evropskou síť. [35]

Součástí projektu je i vytvoření jednotné aplikace pro snadnou lokalizaci, rezervaci i možnost placení. V nynějším stavu není stanovena jednotná platforma pro lokalizaci dobíjecích stanic a také není ani žádný jednotný standard možnosti placení. Doporučeny jsou také možnosti aplikace filtru vyhledávání podle typu zásuvky a výkonu nabíjení.[35]

2.3 Plzeň - projekt ZeEUS

Jedná se o mezinárodní projekt evropských měst v rámci městské hromadné dopravy, který se zaměřuje na možnosti uplatnění a testování různých řešení elektromobility v jednotlivých městech. Byla zapojena města jako Londýn, Barcelona, Paříž či Stockholm.[2]

V Plzni byly aplikovány bateriové autobusy spolu s rychlodobíjecí infrastrukturou, které měly ukázat možnost náhrady dieselových autobusů. Pro tento účel byly využity bateriové autobusy Škoda Perun HP. Cestující tak mohli sami otestovat dopravu, která byla méně hlučná a neprodukovala žádné přímé emise. Autobusy byly provozovány na linkách č. 27, 33 a 40. Linka 33 navíc umožňovala řádné testování rekuperace, jelikož její převýšení činí 100 metrů. [2]

Výsledkem testování je pozitivní zpětná vazba od cestujících a také plán Plzně rozšiřovat elektrická vozidla. Převážně se však bude jednat o trolejbusy. Technickým výstupem testování v Plzni byl požadavek na vylepšené chlazení a uložení baterií autobusů. Proces budování nabíjecích stanic byl shledán jako velmi administrativně náročný s velkým potenciálem ke zjednodušení.[2]

Analýza využití carsharingu a elektrocarsharingu v zahraničních městech, v podobě Berlína a Mnichova, je přiložena v příloze A.

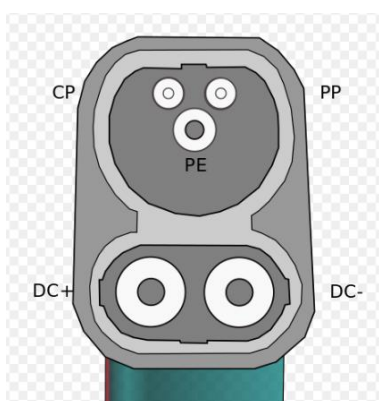
3 Nabíjecí infrastruktura

Nabíjecí infrastrukturu můžeme dělit podle mnoha parametrů. Mezi základní rozlišující parametry patří rychlost nabíjení, druh nabíjecího proudu, výkon nabíjení, místo nabíjení či druh zástrčky. V zásadě máme tři charakteristické modely nabíjení. První z nich je nabíjení typicky přes noc pomocí klasické zásuvky, kdy musíme počítat s výkonem většinou do 3,6 kW.[31] Druhý model dobíjení je veřejné nabíjení, například v obchodním centru. K tomuto druhu dobíjení slouží nejčastěji stanice do 22 kW, které jsou typicky se střídavým proudem. Mezi poslední kategorii řadíme rychlonabíječky, které jsou schopné dobít vozidlo v řádu desítek minut, jelikož se výkonově pohybují nad 22 kW. Jsou běžně umístěny na vysoko frekventovaných dopravních uzlech a hlavních tazích.

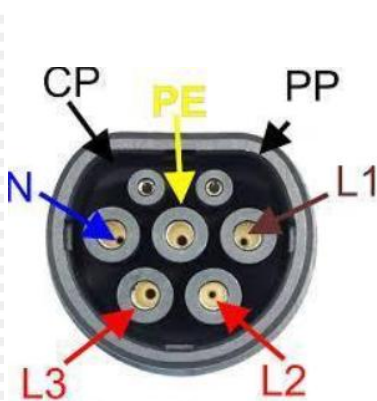
3.1 Nabíjecí standardy

Evropské předpisy definují dva základní typy zástrček. Typ IEC 62196-3 tzv. Combo II., také někdy nazýváno jako CCS, který slouží k stejnosměrnému nabíjení. Druhý schválený typ je IEC 62196-2 tzv. Mennekes Type 2, který slouží k nabíjení střídavým proudem.

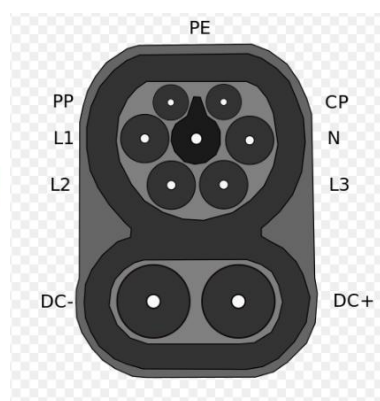
V rámci těchto nabíjecích standardů máme různé druhy pinů, které se liší podle funkce. Umístění pinů je vidět v obrázcích 3-5. Základním bezpečnostním prvkem je uzemnění, které je v podobě PE pinu. V horní části se nachází další dva speciální piny. PP pin slouží jako signalizace odpojení při nabíjení. Když uživatel zmáčkne jistící tlačítko zástrčky, dojde ke změně odporu na tomto pinu. Vozidlo tak rozpozná, že se chystám manipulovat se zástrčkou a umožňuje tak její bezpečné vytažení. CP pin slouží ke komunikaci vozidla s nabíjecí stanicí o možnostech dobíjení nabíjecími proudy, které jsou v ten moment k dispozici. Tato komunikace probíhá dynamicky v čase a vozidlo musí na případnou změnu reagovat v celém procesu nabíjení. Další piny zastoupené v zástrčkách jsou takové, které známe například z třífázových zásuvek. Pin N symbolizuje nulový vodič a piny L1, L2, L3 indikují tři fáze.



Obrázek 3: DC zástrčka[28]



Obrázek 4: AC zástrčka[29]



Obrázek 5: AC/DC zásuvka[28]

3.2 Druhy nabíjecích stanic

V zásadě, podle rozšíření ve světě, můžeme říci, že existují dva základní typy nabíjecích stanic. Těmi jsou nabíjecí stanice do 22 kW/32 A na střídavý proud (výjimečně vyšší nabíjecí výkony až 43 kW/63 A) a pak jsou tu nabíjecí stanice nad 22kW/32A na stejnosměrný proud. Stanice na střídavý proud nejsou v pravém slova smyslu nabíječky. Baterie dokážou ukládat pouze stejnosměrný proud, proto musí být vozidla vybavena usměrňovačem proudu, který mění střídavý proud na stejnosměrný. Rozhodující vlastností těchto usměrňovačů je výkon. Pokud bude mít usměrňovač výkon 4 kW a připojím ho ke zdroji o výkonu 22 kW, znamená to, že budu stále nabíjet pouze výkonem 4 kW. Oproti stejnosměrnému proudu má tedy střídavý proud tu nevýhodu, že pro tento druh nabíjení musí být vozidla vybavena usměrňovačem a tím tak zvyšují svojí pohotovostní hmotnost.

3.2.1 Rychlonabíjecí stanice na stejnosměrný proud

Stejnosemné nabíjecí stanice jsou budoucností elektromobility, jelikož v sobě kombinují mnoho výhod. Odpadá nutnost vybavit vozidlo usměrňovačem, čímž dochází ke zmenšení provozní hmotnosti a do vozidla přímo proudí energie, kterou umí baterie sama absorbovat.

Samotné rychlonabíjení uvažujeme nejčastěji v parametrech okolo 50 kW/125 A a výše. S budoucím rozvojem elektromobility se počítá se zaváděním výkonnějších stanic. Například Tesla plánuje v další generaci svých supernabíjecích stanic poskytnout výkon až 250 kW.[30]



Obrázek 6: DC nabíjecí stanice s dvěma možnými typy zástrček [15]

Na obrázku 6 vidíme dva typy zástrček. Výše zobrazený typ nabíjecí zástrčky je standardizovaný typ IEC62196-3 tzv. Combo II, někdy také nazývaný jako CCS. Druhý zobrazený typ zástrčky je typ JEVS G105 tzv. ChaDeMo.[15]

3.2.2 Dobíjecí stanice na střídavý proud

Nabíjecí stanice se střídavým proudem mají nevýhodu v nutnosti integrovaných usměrňovačů uvnitř vozidel. Tuto nutnost často využívají automobilky pro zvýšení svých zisků, jelikož dostatečný nabíjecí výkon nabízejí v příplatkových výbavách. Tesla například do nedávna nabízela možnost dvojnásobného nabíjecího výkonu v balíčku "Dual Chargers", který posunul nabíjecí výkon na 2 x 11kW.[38]

U dobíjecích stanic na střídavý proud je typický dobíjecí výkon v hodnotě 22kW/32A, avšak můžeme nalézt i stanice s nabíjecím výkonem 43kW/63A.[31]

Na obrázku 7 je prvním zobrazeným typem zástrčky standardizovaný typ IEC62196-2 tzv. Mennekes Type 2. Druhým zde zobrazeným typem je typ SAE J1772 tzv. Yazaki.[15]



Obrázek 7: AC nabíjecí stanice s dvěma možnými typy zástrček[15]

3.2.3 Běžné domácí nabíjení

Elektromobily lze dobít pomocí běžných zásuvek, které máme přirozeně v domácnosti či rodinném domě, viz. obrázek 8. Nejběžnější typ zásuvek v domácnostech, jednofázové zásuvky, jsou vhodné pro noční nabíjení. Menší elektromobily s dojezdem do 200km je možné dobít na přes noc. Další možností jsou třífázové zásuvky 16A, které jsou běžnou součástí domácností a nabízejí rychlejší způsob dobíjení než u klasických jednofázových zásuvek.

Nejrychlejší způsob nabíjení z běžných zásuvek nabízí třífázová 32A zásuvka. K využití plné rychlosti nabíjení je však nutné mít dostatečný výkon na třífázovém jističi, jehož hodnota proudu by se měla pohybovat minimálně na 40 A v závislosti na potřebách domácnosti. Kvůli takto vysoké hodnotě proudu jističe se však tato možnost již nejeví jako optimální pro běžné domácnosti. Uplatnění si dokážu představit například u hotelů, které mají přirozeně rezervovány větší výkony u svých poskytovatelů elektřiny.

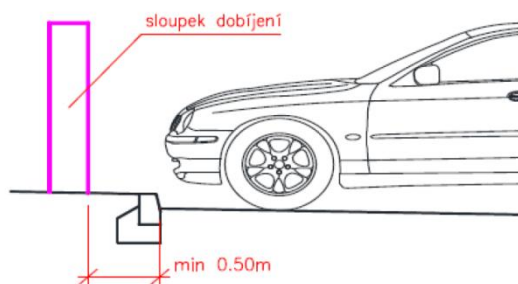


Obrázek 8: Běžné provedení různých typů AC zásuvek[15]

3.3 Parametry pro výstavbu dobíjecích stanic

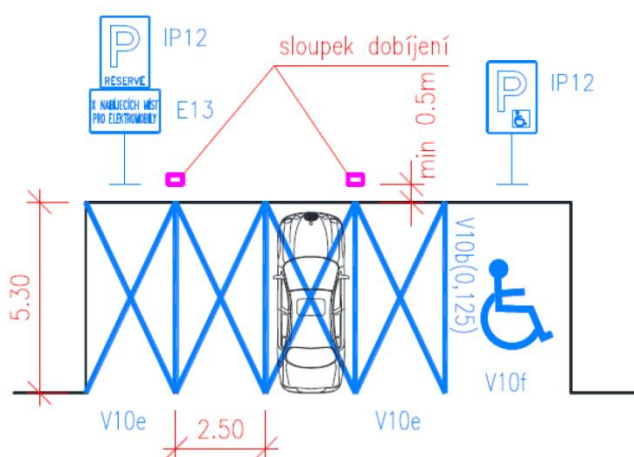
Umístění dobíjecích stanic musí být logicky v blízkosti parkovacích míst. Tím nám vzniká možná kolize s dalšími účastníky dopravního provozu, chodci, cyklisty atd. Je nutné zachovat minimální bezkolizní průjezd pro invalidy o šířce min. 0,9 m. V případě umístění stanice do nezpevněného terénu, například zeleného pásu, je nutné povrch okolo stanice zpevnit a zajistit tak bezpečný přístup ke stanici. Jedná se o vzdálenost délky minimálně 0,5 m a šířky minimálně 1 m.[15]

Následující zobrazení v obrázcích 9-11 jsou navržena pro vozidla do 3,5 t dle zákona č. 56/2001 Sb. Zároveň musí platit, že veškeré dopravní značení, ať už svislé či vodorovné, musí být provedeno v souladu s platnými předpisy. Primárně se jedná o zákon o provozu na pozemních komunikacích č.361/2000 Sb. a základních norem pro dopravní značení ČSN EN 12899-1 a ČSN EN 1436.[15]



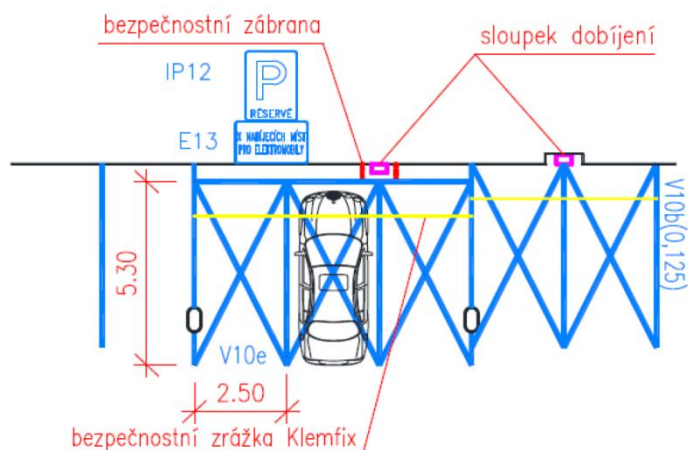
Obrázek 9: Umístění nabíjecí soustavy-kolmé stání[15]

Vyhrazená parkovací stání pro elektromobily je vždy nutné vyznačit svislým dopravním značením IP12. V případě více míst je možné toto dopravní značení doplnit dodatkovou tabulkou E13, jak je naznačeno v následujícím obrázku.



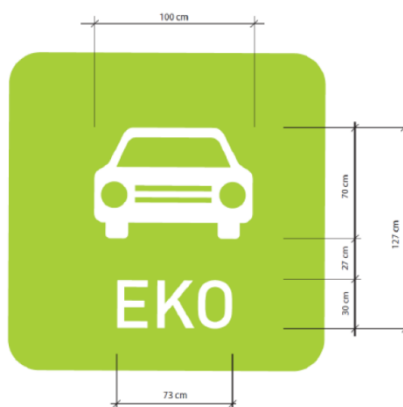
Obrázek 10: Umístění nabíjecí soustavy-kolmé stání[15]

V případě garážových stání je optimální variantou instalace nástěnných nabíjecích modulů tzv. wallboxů. Ty mají výhodu v tom, že nezabírají plochu svým podstavcem, jelikož jsou připevněny ke zdi. Tím dochází k větší efektivitě využití parkovacího prostoru v podzemních garážích, kde výstavba každého dalšího metru čtverečního je velmi nákladná. Další možnost úspory místa je zřetelná z následujícího obrázku. Nabíjecí stojany lze zapustit do připraveného prostoru ve zdi.



Obrázek 11: Umístění nabíjecí soustavy-garážové stání[15]

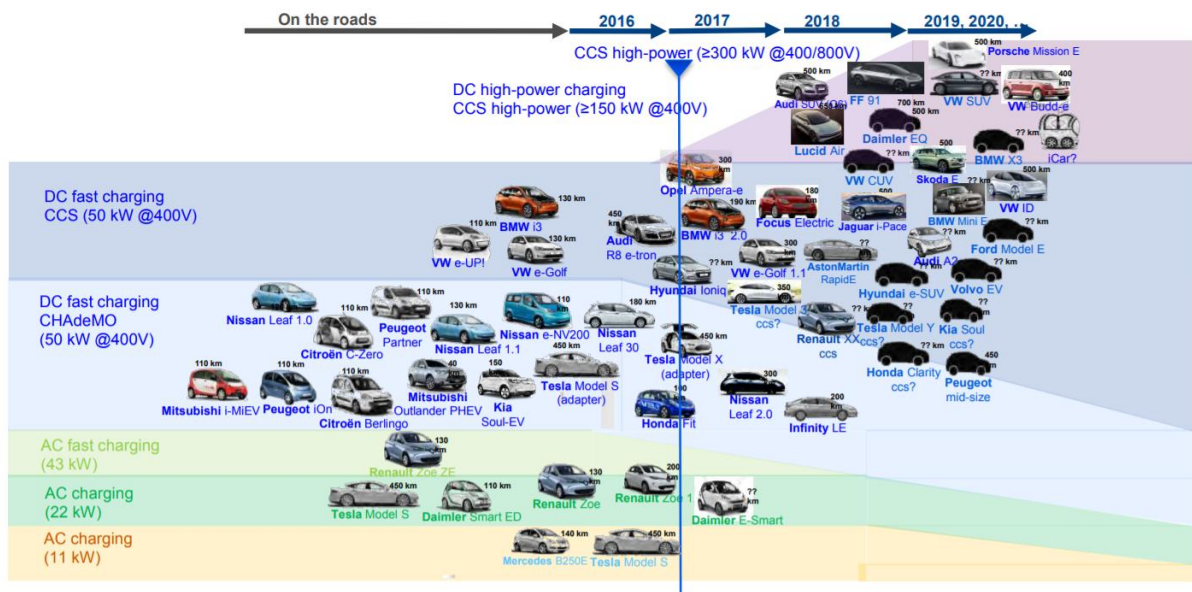
Další součástí výstavby parkovacích míst pro ekologická vozidla je jejich označení v rámci vodorovného dopravního značení V10e. Aby byla místa jednoznačně rozlišitelná a dostatečně kontrastovala přijíždějícím řidičům, byla zvolena světlezelená barva pro označení stání. Zároveň je v rámci tohoto značení řidič upozorněn nápisem "EKO", který jasně poukazuje na to, pro kterou kategorii vozidel jsou tato místa určena, viz. obrázek 12. Obecně při návrhu parkovacího stání pro elektromobily je nutné dodržovat primární legislativní předpisy ČSN 63 6110 a ČSN 73 6056.[15]



Obrázek 12: Vodorovné dopravní značení pro ekologické vozy[15]

3.4 Budoucí trendy nabíjení

V automobilovém průmyslu nastává revoluce směrem k elektromobilitě. Díky výše zmíněným benefitům je trendem výrobců primárně využívat pro nabíjení elektromobilů stejnosměrný proud. Očekává se také pokračování podpory schváleného standardu pro DC nabíjení CCS, jehož zásuvka je kompatibilní s AC nabíjecím standardem Mennekes. Díky této optimalizaci výrobci elektromobilů uspoří prostor, který by byl nutný k umístění druhé zásuvky na střídavý proud. S masivnějším rozšířením elektromobility se očekává i rozvoj super výkonných nabíjecích stanic s nabíjecími výkony nad 150 kW, jak můžeme vidět v obrázku 13.



Obrázek 13: Nynější uplatnění a budoucí trendy nabíjecích systémů[14]

3.4.1 Charge while driving

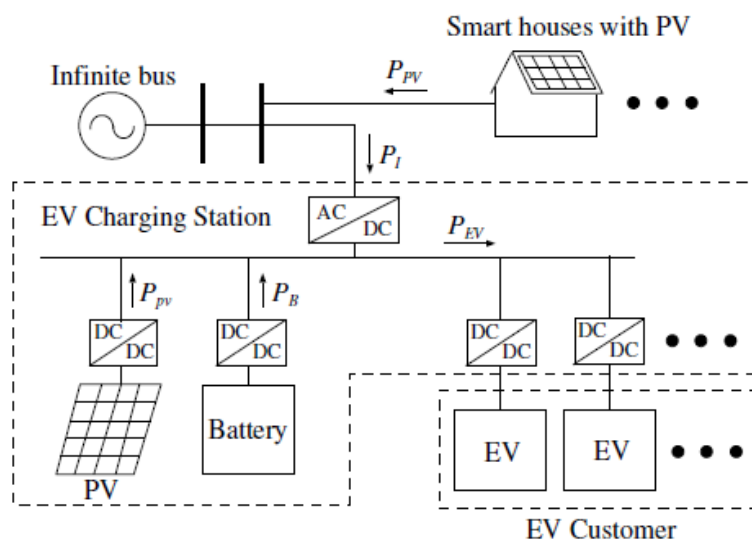
Nabíjení vozidel za jízdy díky instalovaným indukčním smyčkám je stále ve fázi vývoje. Tento druh nabíjení však nese velké náklady na instalaci vodičů do vozovky. Pro použití této technologie jsou proto nejideálnější takové úseky, ve kterých vozidla jedou nízkou průměrnou rychlostí, nebo úseky s častým výskytem kongescí. Použití této možnosti nabíjení tak nedává velký smysl pro nabíjení vozidel na rychlostních komunikacích. Vodiče by musely být dostatečně dlouhé a samotná hustota vozidel na kilometr délky komunikace by nebyla dostatečná.

Bezdrátové nabíjení nese řadu benefitů, avšak také mnoho nevýhod. Pro uživatele je pohodlnější pokud auto zaparkuje na místě vybaveném bezdrátovým nabíjením a nemusí se dále zabývat zapojováním zástrčky do vozidla. Negativa tohoto typu nabíjení jsou, že bezdrátové nabíjení není tak efektivní. Také v poměru pořizovacích nákladů příslušného

vybavení parkovacích míst i vozidel není konkurenceschopné klasickému nabíjení. Problematické vzhledem k nejasným dopadům na lidské zdraví je také vyzařování elektromagnetického pole při nabíjení.

3.4.2 Smart Grid nabíjecí stanice

Na vhodných lokalitách bohatých například na sluneční záření je možné využití energií z obnovitelných zdrojů. K uchování energie by sloužila baterie, do které by se ukládala energie v době, když by nebyla využita k nabíjení elektromobilů. Stejný princip lze využít i v aplikaci solárních panelů na soukromý dům vlastníka elektromobilu. Tento soukromý energetický ostrov by využíval baterie k ukládání přebytečné energie s následnou možností nabíjení elektromobilů pomocí této uložené energie. Případné přebytky vygenerované energie je také možné se ziskem převádět do veřejné rozvodné sítě. V obrázku 14 můžeme vidět názorné schéma nabíjecí stanice s využitím obnovitelných zdrojů v konceptu Smart Grid.



Obrázek 14: Nabíjecí stanice s využitím obnovitelných zdrojů[34]

4 Potenciály elektromobilů pro preferenci a řízení

S rostoucími intenzitami dopravy v dopravní síti, ve které poptávka po kapacitě sítě v dopravních špičkách značně převyšuje nabídku, je nutné zapojení telematiky. Dopravu je nutné řídit a řidiče včas informovat o možných rizicích na cestě. Jen ve Spojených státech se zvýšil počet ujetých mil za rok od roku 1970 do roku 2009 o 167%. [5] Ke kritickým místům dopravní infrastruktury patří města, ve kterých je tento růst dopravy nejcitelnější.

Tyto velké dopravní uzly mají své typické dopravní chování, které se dá za pomoci různých parametrů predikovat. Tato predikce dopravy bude mít v éře elektromobility velký potenciál, jelikož správnou předpovědí půjde dosáhnout značných úspor energie vozidel v dopravním toku. Uživatelé elektromobilů tím pádem pocítí i značnou úsporu času, jelikož nabíjení elektromobilů řidičům zabere více času, než tankování fosilních paliv.

4.1 Optimalizace dopravního toku

Zažíváme nástup elektromobility a on-line propojených a komunikujících vozidel, které umožňují zavádět náročnější algoritmy v oblasti řízení a preference vozidel. Právě zmíněné elektromobily budou hlavní skupinou, která se bude často obávat o dojezd vozu. Těmto uživatelům tak může následující návrh sloužit jako jedna z možností preference elektromobilů ve městě.

K možné predikci budoucího stavu rychlosti na komunikaci nám slouží dva různé přístupy. Deterministický a stochastický. Stochastický model vychází z historických dat a pomocí statistických operátorů předpovídá budoucí rychlost. Také je možné využít vytrénovaných neuronových sítí, které také čerpají z historických dopravních dat. Přesnost stochastických systémů narůstá s množstvím dat, ze kterého daný systém vychází. Deterministický model vychází z dat statických i dynamických. Statická data jsou informace z různých GIS systémů, která slouží k určení charakteristiky dopravní cesty. Naopak dynamická data jsou data aktuálního stavu dopravy. [6]

Na základě takto zpracovaných dat lze odhadovat předpokládanou ideální rychlost pro jednotlivé mezikřižovatkové úseky a díky C-ITS sítím posílat tato rychlostní doporučení řidiči. Tím dojde k minimalizaci stop&go vln a potencionální úspoře energie a zvětšení dojezdu, což velmi ocení právě řidiči elektromobilů.

4.2 Vzájemná komunikace elektromobilů a jejich preference

Pro preferenci elektromobilů můžeme využít mnoho technologií. Pokud si tyto systémy vyjmenujeme podle nynějšího nasazení v preferenci v dopravě, tak jedním ze základních typů jsou infračervené majáky, které se využívají již řadu let. Následují systémy založené na komunikaci standardu 802.11p. Jasným trendem do budoucna je preference na základě vzájemně komunikujících vozidel a infrastruktury v systému C-ITS.

4.2.1 Infračervené majáky

Jedná se o jednu ze základních metod preference dopravy. Tato technologie je založena na principu infračervených vln, které vysílá jednotka umístěná na vozidle do přijímače umístěného před a za křižovatkou. Vozidlo se do křižovatky přihlásí, provede se preference a zase se z křižovatky musí odhlásit. Umístění v křižovatce můžeme vidět na obrázku 15 a samotný maják na obrázku 16. Mezi jednotlivé druhy preference patří prodloužení či zkrácení aktuální fáze, zařazení jiné fáze či změna pořadí fází či vložení nekolizního volna do probíhající fáze.



Obrázek 15: Umístění majáku v křižovatce[10]



Obrázek 16: Infračervený maják[10]

4.2.2 DSRC

DSRC je komunikační standard zaměřený na krátké až středně dlouhé vzdálenosti operující v pásmu frekvencí okolo 5,8 GHz. Nejčastěji je tento systém využíván k výběru elektronického mýta, ale může také sloužit k preferenci dopravy podobným způsobem jako slouží infračervený maják.

Také tento systém můžeme využít v rámci kooperativních systémů V2I. Od roku 2011 je v Japonsku spuštěn systém 'ITS Spot', kde ke sběru informací slouží 1600 bodů umístěných na infrastruktuře.[13] Další funkcí je již zmíněný výběr mýta, dynamická navigace či vytipování nebezpečných úseků.

4.2.3 C-ITS

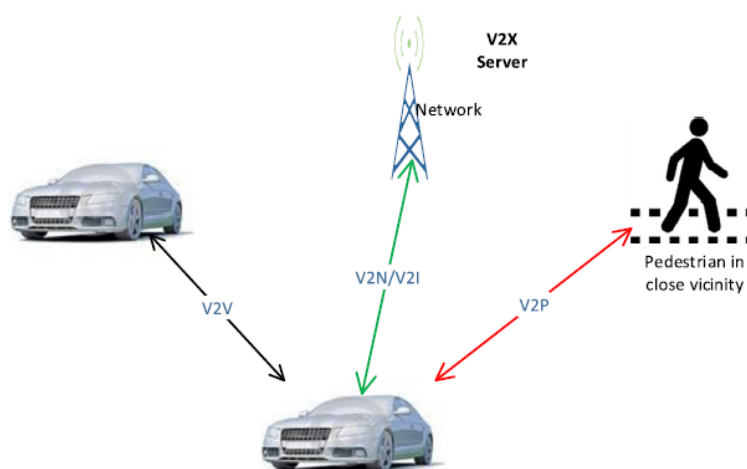
C-ITS v sobě zahrnuje mnoho poddruhů komunikace, které si v následující části rozebereme. Schématicky jsou také znázorněna v obrázku 17.

V2V je komunikace mezi vozidly. Základní funkce V2V systémů je bezpečnost na komunikaci. To vyžaduje velké nároky na systémové prostředky. Spolehlivost musí být na vysoké úrovni a odezva musí být co nejmenší, jelikož dochází k předávání informací ve vysoké rychlosti dvou a více vozidel v reálném čase.

V2P je komunikace s chodci, která by mohla být aplikována do chytrých telefonů a hodinek. V budoucnu může jedna z funkcí sloužit jako upozornění chodce, který se bude nacházet v potenciální kolizní dráze s jiným účastníkem dopravního provozu. Další funkce je například upomenutí chodce přecházejícího na červenou. Naopak přijíždějící vozidlo do křižovatky může predikovat přítomnost chodce v místech, kam senzory nedohlídnou kvůli případné překážce.

V2N slouží ke komunikaci vozidel s cloud serverem a umožňuje tak přenos informací například o stavu dopravy na naplánované trase či o blízkém se vozidlu záchranného systému v širším území.

V2I je komunikace vozidel a infrastruktury. Spojení probíhá také v reálném čase a dochází k předávání informací o dopravním toku, potencionálních nebezpečích na komunikaci, vzniku kongescí či například upozornění o možnosti vzniku náledí. Také můžeme tento typ komunikace využít pro preferenci vozidel integrovaného záchranného systému či pro preferenci elektromobilů.



Obrázek 17: C-ITS komunikace[11]

4.3 Vývoj C-ITS systémů

V roce 2012 byl představen standard IEEE 802.11p, který umožňuje v pásmu 5,9GHz DSRC komunikaci V2V a zároveň i komunikaci V2I. Tento standard podporoval například aplikaci kooperativního adaptivního tempomatu či preferenci vozidel integrovaného záchraného systému. Také v rámci klasické V2I komunikace se mohli vozidlům předávat jednotlivé informace o dopravní cestě.

4.3.1 Buňková C-ITS komunikace

Základním benefitem této technologie je využití stávající infrastruktury. Tento fakt povede ke snížení nákladů a k většímu potenciálu nasazení do provozu. V dnešní době se bavíme o využití infrastruktury LTE sítí, avšak do budoucna se předpokládá i využití v rámci 5G sítí. Právě využití 5G sítí má v budoucnu velký potenciál, jelikož jsou tyto sítě značně kapacitnější než LTE sítě. Typické systémové nároky C-ITS komunikace jsou zobrazeny v obrázku 18.

V roce 2016 3GPP představilo standard Cellular-V2X, který je považován za nástupce DSRC, jehož vývoj směřuje směrem k autonomním vozidlům. Tato technologie totiž umožňuje nejenom komunikaci V2V, V2I, ale také komunikaci v širší oblasti pomocí V2N. Tato možnost dává preferenci vozidel nový rozměr, jelikož je například možné informovat řidiče o blížícím se vozidle integrovaného záchraného systému v mnohem větším území a je možné informace jednodušeji přenášet, díky možnému napojení na cloudové servery.

Scene	Effective distance	Absolute speed	Relative speed between	Maximum tolerable latency	Minimum reception reliability
freeway	320m	160km/h	280km/h	100ms	80%
urban	150m	50km/h	100km/h	100ms	90%

Obrázek 18: Typické systémové nároky pro C-ITS komunikaci[8]

Obecně C-ITS systémy musí mít obranný mechanismus před zahlcením sítě, obzvláště pokud budeme v budoucnu komunikaci C-ITS používat i v rámci autonomního provozu. K tomuto zahlcení by mohlo jednoduše dojít, pokud vznikne kongesce nebo například pokud v městském prostředí bude čekat před křižovatkou větší množství vozidel. Pro tuto ochranu slouží adaptivní přizpůsobení přenosových parametrů. Jednotlivě můžeme řídit maximální přenosový výkon, maximální rozsah přeposílání C-ITS zpráv či frekvenční rozsah odesílané zprávy v přenosovém pásmu. Dalším možným zásahem do přenosu je úprava modulačních a kódovacích algoritmů. Všechny tyto kroky nám slouží k naplnění cílů kvality služby a jednotlivých parametrů jako jsou odezva, zpoždění či rychlost přenosu.[8].

Výsledné zprávy musí být šifrovány, aby nedošlo ke zneužití broadcastovaných dat. Také aby se předešlo možnosti určení polohy vozidla třetí stranou, tak v rámci aplikační vrstvy dochází k přenosu identifikačních zpráv v rozdílných časových periodách. Podporované modulace jsou digitální modulace typu QPSK a 16QAM amplitudová modulace. [8]

V rámci synchronizace systému je aplikován pomocný mechanismus, který umožňuje čerpat základní synchronizační informace z více zdrojů. Nevadí mu tedy ani nedostupnost signálu z GNSS, kdy poté systém čerpá informace například z jiných vozidel, eNodeB stanic a RSU. Tato variabilita značně napomáhá k finanční efektivitě tohoto systému, jelikož nejsou kladeny tak velké nároky na dostupnost jednotlivých podsystémů. [8]

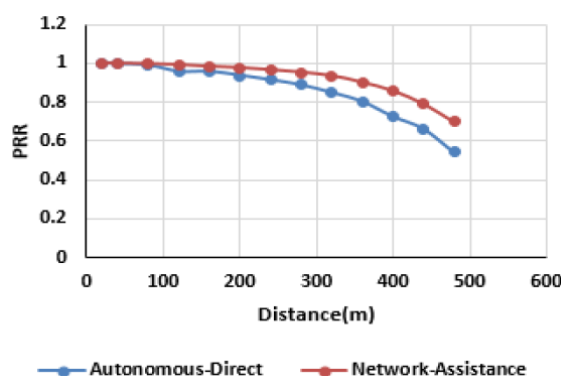
4.3.1.1. Přenos informací v C-ITS síti

K přenosu informací můžeme využít centralizované i decentralizované spojení. V rámci decentralizované strategie musíme počítat s menší spolehlivostí. Naopak centralizovaná komunikace nám umožní zabránit případnému konfliktu a tím pádem vzájemného rušení, avšak za cenu vyšší časové odezvy.

V následujícím výstupu simulace na obrázku 20, podle zadání v obrázku 19, je dobře viditelný rozdíl mezi těmito přístupy.[8] K rozlišení spolehlivosti byl stanoven parametr PRR (Packet Reception Rate), který nám značí poměr odeslaných paketů s počtem úspěšně rozšifrovaných a přijatých zpráv v závislosti na vzdálenosti mezi vysílačem a přijímačem.

Freeway scene parameter l	Assumptions
Freeway length	6900m
Width of Lane	3.5m
Vehicle density for 1km	60vehicles
Inter-site distance	1725m
Vehicular mobility model	Gaussian distributed, mean values of speed are 23m/s,30m/s and 37 m/s from center to side, standard deviation is 1m/s.

Obrázek 19: scénář simulace [8]



Obrázek 20: výsledné hodnoty simulace [8]

Z výsledků z předchozího grafu jasně vyplývá, že přenos dat přes centralizovanou síť (network assistance) je mnohem spolehlivější a viditelný rozdíl narůstá s přibývajícím vzdáleností. Jelikož se jedná o simulaci provozu mimo město, jako rozhodné kritérium byla stanovena vzdálenost 320 metrů.[8] V grafu nám dosahuje PRR index komunikace přímo

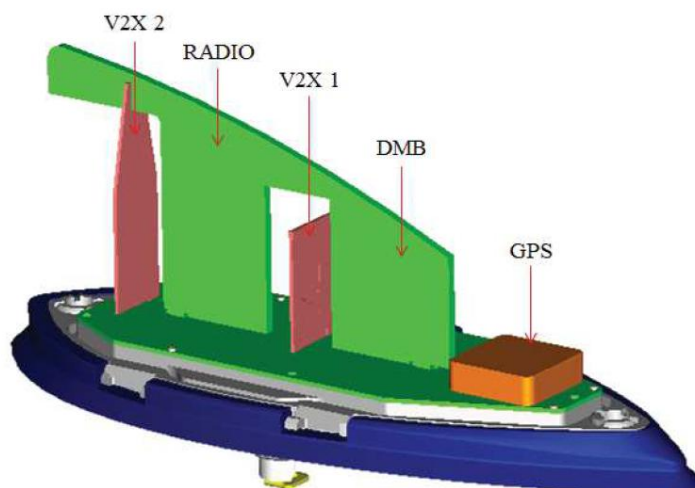
mezi vozidly (autonomous direct) hodnot nad 80%. V případě komunikace přes centralizovanou síť jsou hodnoty ve vzdálenosti 320 metrů nad 93%.

Jedna z výhod V2V komunikace je rychlost spojení, jelikož dochází k vynechání prostředníka v komunikaci. Dostáváme se tím pádem k hodnotám o 10 ms rychlejším, než v případě komunikace přes další komunikační uzel. [8] Musíme však počítat s nižší spolehlivostí přenesených paketů.

4.3.2 Návrh C-ITS vozidlové antény

Ke splnění dosahů a jednotlivých parametrů v rámci C-ITS, bude nutné nové komunikační zařízení ve vozidle. Pro výrobní efektivitu jak z pohledu složitosti procesu, tak i ze strany nákladů, je nejefektivnější integrovat novou komunikační C-ITS anténu, ke stávajícím anténám GPS, rádio a DMB anténám.

Struktura C-ITS antény se založena na modifikovaném dipólu, díky čemuž je anténa osmisměrná. Dosah C-ITS antén se pohybuje okolo jednoho kilometru.[9] Designově je tvar antény zachován do podoby tzv. žraločí ploutve, viz následující obrázek 21.

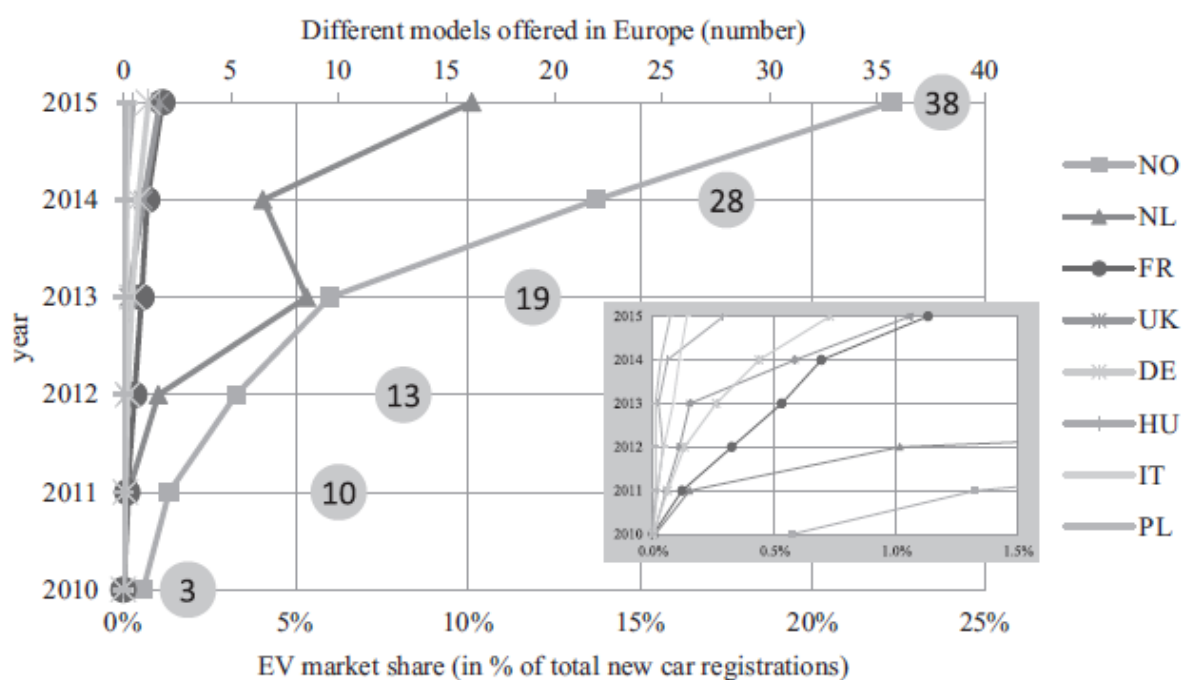


Obrázek 21: Grafický návrh umístění jednotlivých antén vozidla[9]

4.4 Ekonomická podpora elektromobilů

Zvýhodnění uživatelů elektrických a hybridních vozidel se v západních a severských zemích začalo zavádět již v devadesátých letech. Prvními zvýhodněními bylo odpuštění registrační daně, mýta i poplatků za veřejné parkování. V roce 2001 došlo k odpuštění daně z přidané hodnoty z nákupu vozidla, což znamenalo zásadní zlevnění místních elektromobilů. V roce 2003 v Oslu a v roce 2005 i na národní úrovni došlo k umožnění vjezdu elektromobilů do autobusových pruhů. V roce 2009 došlo k redukci poplatků na trajektech pro elektromobily a k výstavbě veřejných dobíjecích stanic.[23]

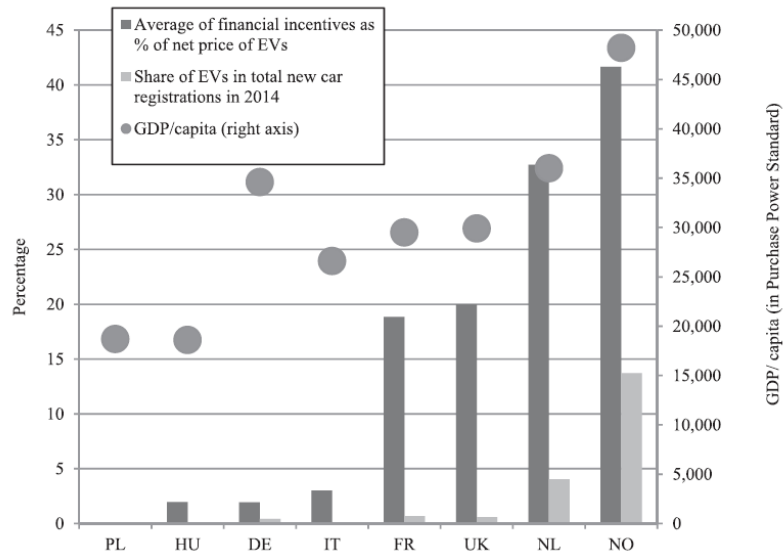
Díky výraznému zlevnění pořizovací ceny elektromobilů a silnému vlivu všech výše vyjmenovaných zvýhodnění, se Norsko dostalo do povědomí jako země s největším procentem zastoupení elektromobilů na světě. Automobilky zde vycítily šanci a začali zde nabízet i nejvíce elektrických modelů, viz. obrázek 22. V roce 2015 to bylo 38 modelů.



Obrázek 22: Vývoj nabídky modelů elektromobilů a tržního podílu v jednotlivých zemích[22]

4.4.1 Vliv finančních pobídek na vývoj elektromobility

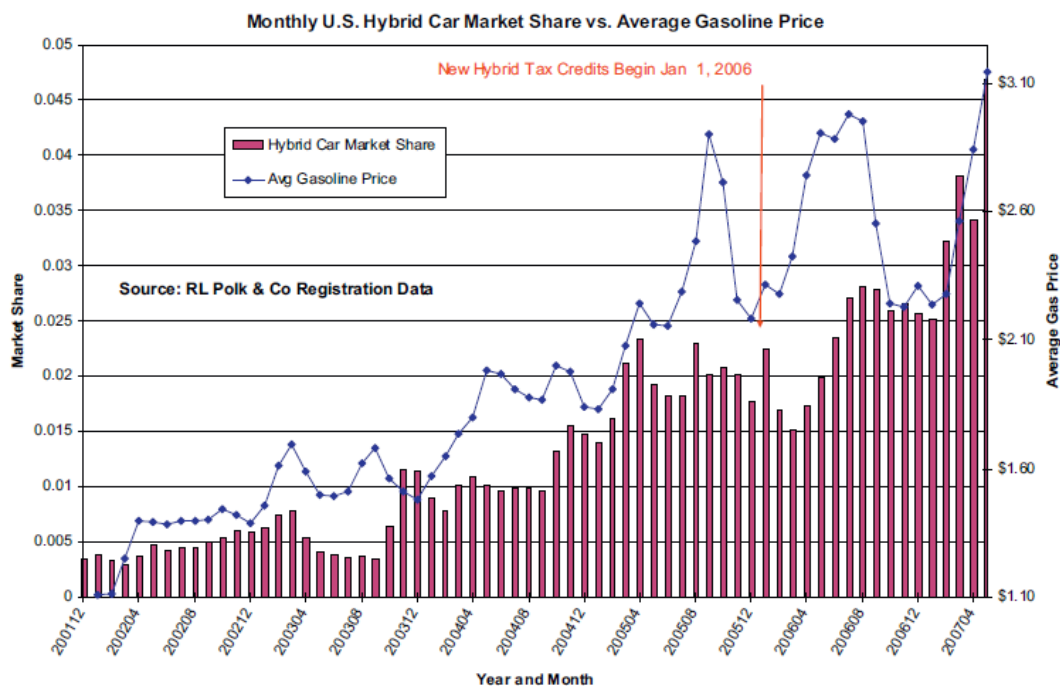
Norsko zůstává jednou z ekonomicky nejsilnějších zemí světa v poměru HDP na obyvatele a místní obyvatelé mají jedny z nevyšších ekonomických benefitů při pořízení nového elektromobilu, viz. obrázek 23. Díky těmto benefitům a následným nižším nákladům na provoz jsou elektromobily konkurenceschopné vozidlům poháněných spalovacím motorem. V Norsku tato podpora má opravdu smysl, jelikož místní energetický mix je téměř ze 100% z obnovitelných zdrojů a více než 75% kapacity výroby energie je v Norsku flexibilní.[24]



Obrázek 23: Porovnání finančních pobídek, podílu registrací elektromobilů a HDP na obyvatele v daném státě[22]

4.4.2 Vliv ceny pohonných hmot na tržní podíl vozidel

Z následujícího obrázku 24 je zřetelná korelace mezi vývojem ceny benzínu a prodejem nových hybridních vozidel. S vyšší cenou pohonných hmot uživatelé při výběru nového vozidla více sledují svým chováním úsporu provozních nákladů za vozidlo. Korelace je patrná s menšími výkyvy, které jsou způsobeny sezónností spolu s delšími dodacími lhůtami hybridů, které dosahovali až šesti měsíců.[21]



Obrázek 24: Tržní podíl hybridů v závislosti na ceně pohonných hmot[21]

5 Vývoj vozidlových komunikačních rozhraní směrem k elektromobilům a autonomním vozidlům

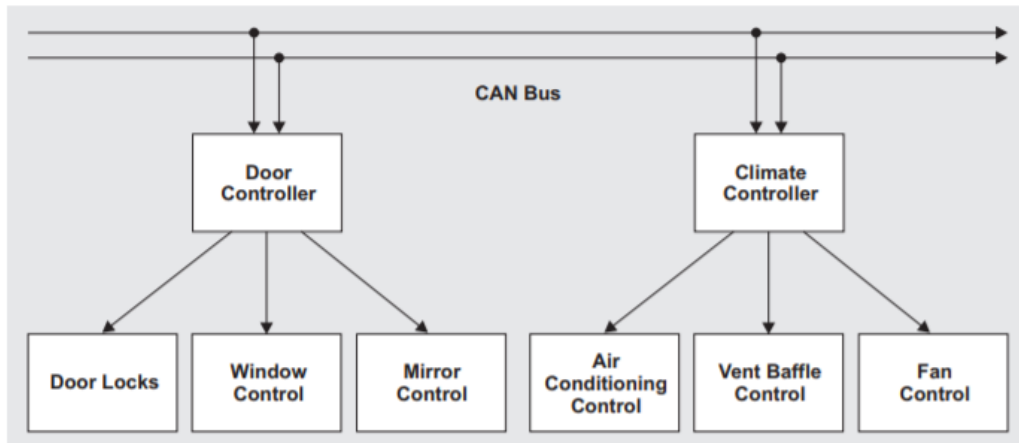
S nástupem elektromobilů a autonomních vozidel se dostáváme do nové éry vozů, které jsou vybaveny moderními systémy a vozidlovou architekturou. Klasickou CAN sběrnici pomalu ale jistě budou v budoucnu nahrazovat modernější standardy sběrnic, jelikož již kapacitně nebude dostávat moderním trendům a potřebám různých senzorů a komunikačních kanálů.

5.1 CAN sběrnice

CAN sběrnice byla vyvinuta v osmdesátých letech dvacátého století Robertem Boschem. Od té doby tato sběrnice získala zastoupení ve většině sériově vyráběných automobilech světových značek. Tato sběrnice umožňuje různým jednotkám v automobilech vzájemnou komunikaci. Zároveň je v rámci CAN protokolu zavedena prioritizace, která zjednodušuje komunikaci a umožňuje, aby méně důležité zprávy nezabíraly kapacitu kanálu zpráv s vyšší prioritou. Rychlost komunikace se pohybuje do maximální teoretické hodnoty 1 Mbps a délka rámce jedné zprávy je typicky 50 - 100 bitů.[1]

CAN sběrnice není vhodná pro zasílání zpráv, které vyžadují aktualizaci častější než stokrát za sekundu.[1] Tudíž tato sběrnice je vhodná pro předávání zpráv například řídicí jednotce motoru, převodovky a dalších mechanických systémů. Na obrázku 25, na následující straně, je vidět zapojení jednotek v rámci architektury. Vyobrazeny jsou řídicí jednotky klimatizace a dveří, které běží ve stejné úrovni prioritizace. Pokud bychom do stejné sběrnice zapojili kritičtější řídicí jednotku, například řídicí jednotku motoru, museli bychom stanovit priority jednotky dveří a jednotky klimatizace natolik nízkou, aby nedocházelo k vzájemnému rušení informací a povelů jdoucích z jednotky motoru.

Z popsaných vlastností CAN sběrnice nám tedy jasně vychází, že pro budoucí autonomní vozidla je tato sběrnice nevhodná, jelikož bude docházet ke zpracování velkého množství dat ze senzorů, radarů a kamer. A jelikož se bude jednat o autonomní systém, budou nároky na spolehlivost těchto kritických systémů a přenos informací velmi vysoké.



Obrázek 25: Aplikace CAN sběrnice[1]

5.2 Ethernet

Ethernet je komunikační protokol, který známe z prostředí běžné síťové komunikace. Do budoucna je v automobilovém průmyslu trend, že by ethernet měl vystřídat CAN sběrnici v roli běžného komunikačního rozhraní používaného v automobilech. Stejně jako CAN sběrnice, komunikace přes ethernet funguje na základě rámců, které se v síti posílají. I zde platí nepřímá úměra závislosti rychlosti na složitosti sítě. Čím více uzlů v síti budu mít, tím menší teoretické rychlosti mohu dosáhnout. Oproti CAN sběrnici je možná rychlost vozidlového ethernetu až 100 Mbps a do budoucna se čeká další rychlostní vývoj.[33]

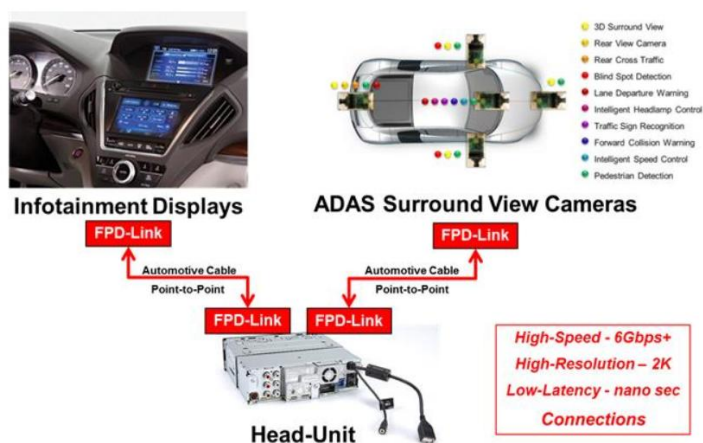
Ethernet je vhodný pro systémy, které pro své fungování potřebují větší šířku pásma, jako například navigační a multimediální systémy. Zároveň však náklady na jeden uzel v síti jsou vyšší, než náklady na uzel v rámci CAN sběrnice. Pro transport videa z například palubní kamery v rámci ethernetového rozhraní je nutné jej komprimovat a následně dekomprimovat pro transport. Tato operace zvyšuje požadavky na výkonové vybavení kamery, kterou tak prodražuje a zvyšuje její rozměry. Další nevýhodou je, že komprese a dekomprese zvyšuje latenci celého spojení.[1]

5.3 FPD-link

Flat Panel Display link je technologie vyvinutá v devadesátých letech firmou dnes spadající pod Texas Instruments. Je to otevřený standard pro transport objemných dat. Po roce 2000 se tento standard začal využívat i v automobilovém průmyslu. První využití této technologie našla pro transport dat z jednotky navigace na centrální displej vozidla. Technické parametry přenosu jsou přizpůsobeny pro rychlý přenos dat. V jednom kanálu dosahuje rychlost několika jednotek Gbps.[1]

Toto rozhraní má tu výhodu, že dokáže posílat nekomprimované video, čímž umožňuje pohodlnou komunikaci například na dotykových displejích, kde tím pádem nedochází ke zbytečným latencím obrazu. Příklad zapojení vidíme na obrázku 26.

Pro fyzickou vrstvu FPD-linku můžeme využít kroucené dvojlinky nebo koaxiálního kabelu. Linka je dedikovaná, což znamená, že data jdou například z kamery do procesoru a z procesoru přímo do displeje. Nikde nedochází ke sdílení kapacity této linky s jinými systémy a tím pádem není ovlivňována sama kvalita obrazu. Zpětný kanál nachází využití nejen v informaci z dotykového displeje, ale může také sloužit ke konfiguraci kamery či zoomu čoček. Hlavními výhodami jsou tedy nízká latence, rychlost přenesení velkých objemů dat a podpora zpětného komunikačního kanálu. [1]



Obrázek 26: Rozhraní FPD-link standardu pro přenos obrazových dat[3]

5.4 FlexRay

Rozhraní FlexRay bylo vyvinuto na základě větší potřeby spolehlivosti a objemu přenesených dat. FlexRay by měl postupně nahradit CAN sběrnici a to hlavně v kritických aplikacích "steer-by-wire", "brake-by-wire", adaptivní tempomat atd. Pro FlexRay bude tedy typické využití v kombinaci s ostatními komunikačními rozhraními ve vozidle. Rychlost přenosu na jednom kanálu dosahuje až 10 Mbps.[4]

6 Carsharing

Carsharing můžeme dělit podle několika kategorií. První kategorii rozlišujeme podle pohonu vozidel. Máme tedy carsharing konvenčních vozidel se spalovacím motorem, carsharing elektrických vozidel či netradiční carsharing vozidel na vodíkový pohon.

Další možné rozlišení carsharingu je podle typu sdílení. Provozovatelé mohou uplatňovat zónový princip, kdy si vozidla je možné půjčovat i vracet pouze v určených zónách. Tento zónový typ dále můžeme rozdělit na jednosměrné využití, kdy vozidlo vracím v jiné zóně, a na tzv. 'roundtrip' kdy vozidlo vracím ve stejné zóně, ve které jsem si vozidlo vypůjčil. Obdobný princip je založen na stanovištích a je často uplatňován u bikesharingu. Nejnovějším typem sdílení je tzv. 'free-floating carsharing', který umožňuje uživatelům půjčovat si i vracet vozidla v libovolných místech ve vymezené oblasti širšího města. Účtování nákladů často probíhá formou poplatků z odemčení a následně za čas používání účtovaný buď po minutách nebo po delších časových úsecích.

Peer-to-peer carsharing je dalším druhem sdílení. Od předchozích typů carsharingu se liší ve vlastnictví. Vozidla jsou vlastněna fyzickými osobami, které pomocí aplikace nabízí své nevyužívané vozidlo k použití dalším lidem. V tomto druhu sdílení probíhá účtování nákladů nejčastěji ve formě pronájmu na 24h s omezeným nájezdem na daném vozidle.

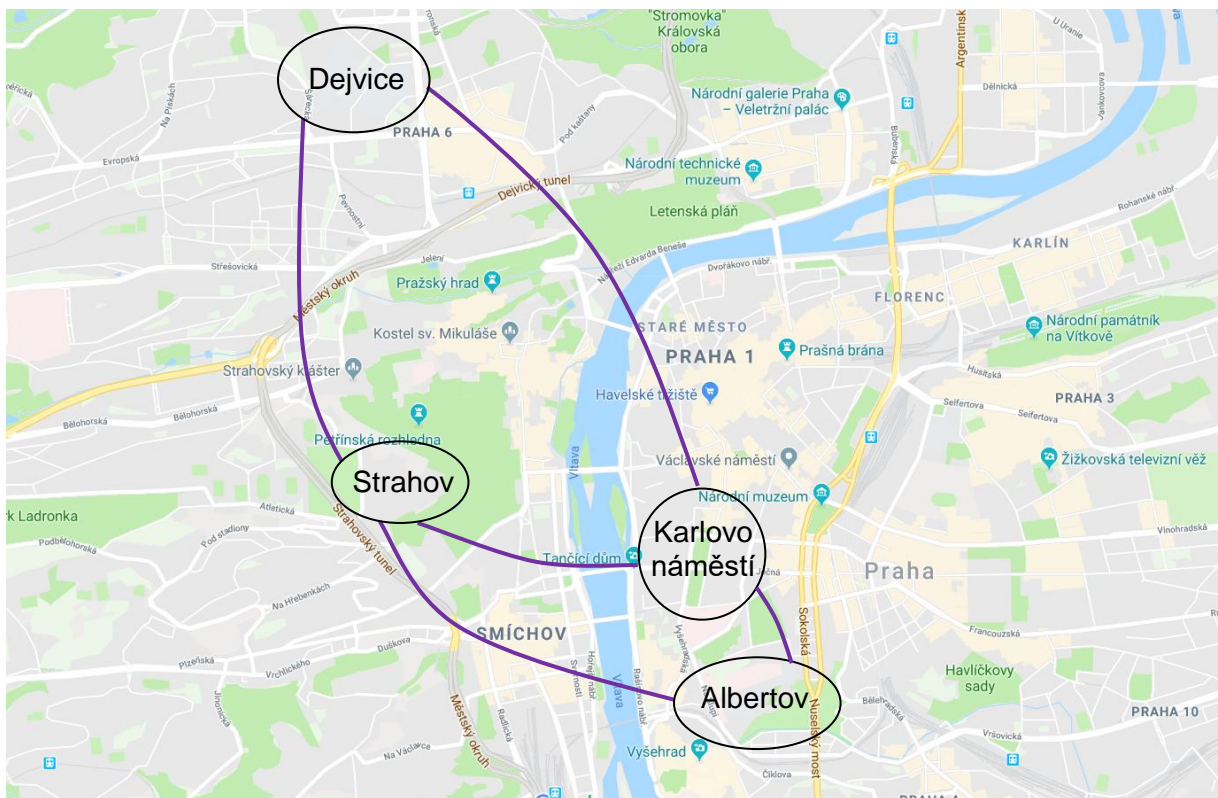
6.1 Výběr vhodné návrhové oblasti pro elektrocarsharing

Vhodné uplatnění vozů s elektrickým pohonem je jednoznačně městské prostředí. V rozsáhlejší aglomeraci je větší hustota nabíjecích stanovišť a příznivější podmínky pro jejich vybudování. Díky této charakteristice je pro městský provoz dostatečný i nynější dojezd elektromobilů. Na dojíždění do práce či do školy v městském prostředí většině uživatelů bude dojezd stačit. Pokud ne, tak je možné opět při příjezdu na pracoviště zaparkovat vozidlo na dobíjecím stanovišti. Zároveň by došlo k eliminaci emisí v městském prostředí. Proto je zavádění elektromobilů prioritou právě ve větších městech.

Zaváděcí projekt, který by pomohl povědomí o elektromobilitě v praxi rozšířit mezi širokou veřejnost, je sdílená služba elektrických vozidel v rámci určité větší organizace. Ta by provoz zaštiťovala a zároveň by služba fungovala jako benefit pro členy organizace. Ideálním příkladem pro výše popsanou funkci by bylo sdílení elektrických vozidel v rámci univerzity.

Pokud se zaměříme na místní podmínky v Praze, tak ČVUT je jedna ze škol s nejvíce roztráštěnými budovami po Praze. Kromě kampusu v Dejvicích má budovy v centru Prahy na Karlově náměstí, na Albertově, v blízkosti Národní třídy či na Florenci. Také spravuje mnoho

ubytovacích prostor pro studenty. Proto je pro aplikaci sdílených elektromobilů právě ČVUT vhodným subjektem. Na následujícím obrázku 26 můžeme vidět návrh hlavních lokalit univerzitního elektrocarsharingu.



Obrázek 27: Hlavní lokality univerzitního e-carsharingu[26]

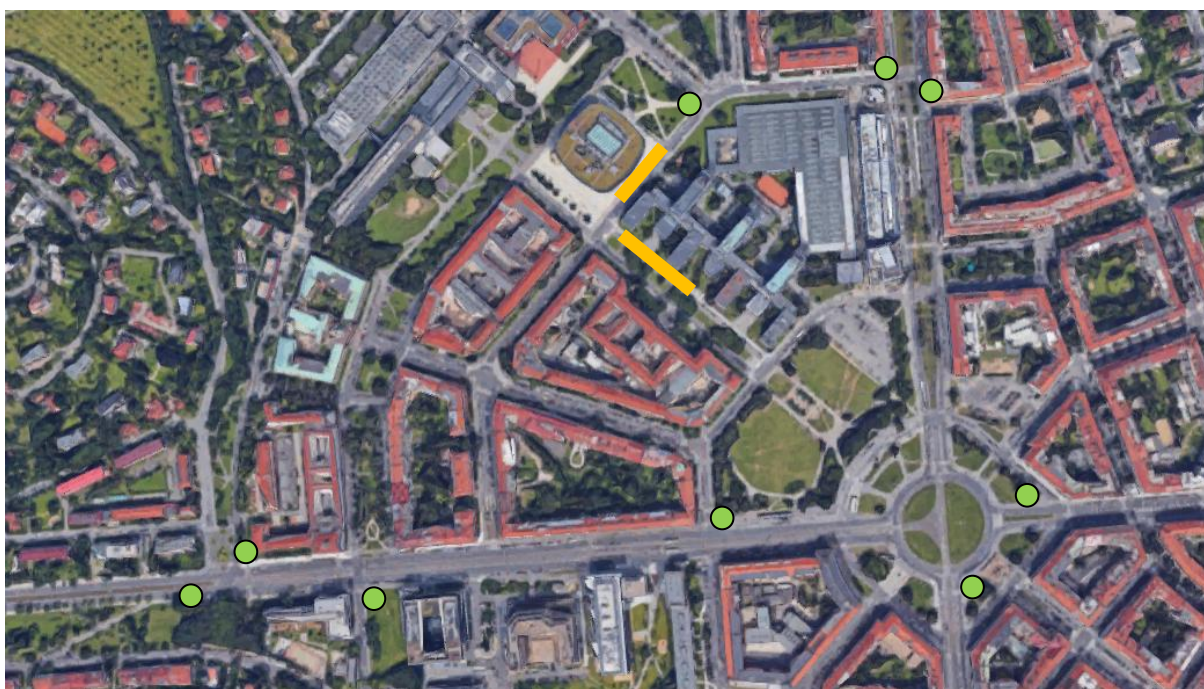
6.2 Nabíjecí stanoviště a navádění vozidel v oblasti

6.2.1 Dejvice

V Dejvicích by neměl být problém vybudovat potřebnou kapacitu nabíjecích stanovišť, jelikož okolo budov v kampusu je dostatečný prostor i počet parkovacích stání. V rámci takto rozlehlého areálu je možných několik alternativ pro vybudování stanovišť. Nejideálnější variantou se jeví stanoviště v ulici Technická, která je centrálním prvkem samotného areálu fakult. Zde by mohlo být instalováno šest nabíjecích stanic. Další vhodné umístění čtyřech nabíjecích stanic v ulici Studentská v části u Národní technické knihovny. Obě tato stanoviště by splňovala podmínku snadné dostupnosti vozidly a zároveň jsou z této oblasti všechny budovy v kampusu v docházkové vzdálenosti pár minut. Toto stanoviště je předpokládáno jako jedno z nejméně frekventovaných, jelikož v rámci této lokality je umístěna většina fakult ČVUT.

Pro vozidla přijíždějící ze směru ulic Československé armády a Svatovítská jsou první navigační prvky umístěny v blízkosti Vítězného náměstí. Další navigační prvky jsou před křížením ulic Velfíkova a Jugoslávských partyzánů. Vozidla přijíždějící ze směru ulic Gymnasijní a Evropské směrem od Letiště jsou vedeny přes ulici Kolejní směrem do areálu kampusu.

V následujících obrázcích 28-31 jsou v území zelenými kroužky vyznačeny naváděcí panely, které navigují vozidla na oranžově vyznačená parkovací stání v rámci nabíjecích stanic.



Obrázek 28: Umístění naváděcích panelů a parkovacích stání v kampusu Dejvice[26]

6.2.2 Karlovo náměstí

Na Karlově náměstí je jedno ze sídel fakulty strojní i fakulty elektrotechnické. Jelikož obě tyto fakulty primárně sídlí v Dejvicích, je zde velký předpoklad, že studenti budou muset mezi těmito budovami přejíždět.

Zvolení vhodných parkovacích stání v této lokalitě je poměrně obtížné. Je zde velká intenzita dopravy a mnoho příkazových značek ke směru jízdy. Kombinace parkovacích míst se tedy musí zvolit taková, aby v hlavních dopravních směrech byla doprava co nejplynulejší a nemusel tak řidič volit zbytečně delší trasu.

Vozidla ze směru Masarykova nábřeží jsou vedena ulicí Myslíkovou na nabíjecí stanoviště, ve kterém by mohla být dvě nabíjecí místa. Vozidla ze směru z Jiráskova mostu jsou vedeny ulicí Resslerova. V ulici Žitné jsou vozidla již od křížení s ulicí Štěpánskou o umístění nabíjecí stanice informováni. Vozidla ze směru Albertova jsou o nabíjecí stanici informováni již na konci Vyšehradské ulice. Na druhém a větším stanovišti na Karlově náměstí, v úseku navazujícím na ulici Žitná, by mohlo být umístěno pět nabíjecích míst.



Obrázek 29: Umístění naváděcích panelů a parkovacích stání na Karlově náměstí[26]

6.2.3 Albertov

Na Albertově se nachází řada pracovišť různých fakult. V rámci ČVUT zde sídlí Fakulta dopravní a Fakulta strojní. Mimo ČVUT se zde nachází mnoho dalších vysokých škol, tudíž v případě rozšíření elektrocarsharingu mezi další vysoké školy je v této oblasti velký potenciál. Návrh rozmístění informačních tabulí na Albertově není složitý, jelikož do celého kampusu je vjezd pouze z ulice Na Slupi.

Informace pro řidiče je v obou příjezdových směrech v ulici Na Slupi. Při příjezdu ze směru od Karlova náměstí a odbočení směrem ke stanovišti, by bylo nutné udělit elektromobilům univerzitního carsharingu výjimku pro odbočení vlevo, jako mají vozidla Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice. Pokud budeme brát v úvahu jako jeden z hlavních směrů příjezd ze směru od Výtoně, je nutné umístit navigaci na nabíjecí stanoviště již na křižovatku Svobodova x Vinařického, jelikož na bližší křižovatce Svobodova x Na Slupi není možné odbočení vlevo.

Nabíjecí místa na Albertově by byla umístěna v počtu pěti kusů. Studentům by vozidla z tohoto stanoviště převážně sloužila k přesunu ve směru do Dejvic a na koleje Strahov.



Obrázek 30: Umístění naváděcích panelů a parkovacích stání v kampusu Albertov[26]

6.2.4 Strahov

Na Strahově se nachází jeden z největších areálů vysokoškolských kolejí. Je zde tak jeden z největších dopravních potenciálů pro využití e-mobility v rámci sdílené ekonomiky. Mezi další vhodné podmínky pro vybudování nabíjecích stanic patří dostatek místa v uličním prostoru i jednoduché navádění do oblasti bez složitých příkazání směru na přilehlých komunikacích. Z této lokality jsou vhodně dostupné kampusy Dejvice, Albertov i Karlovo náměstí.

Umístění navigačních panelů v oblasti Strahova je poměrně snadné a to v obou příjezdových směrech v ulici Vaníčkova. Na každém panelu by byly zobrazeny informace o obou stanovištích, aby nemuselo dojít k instalaci nadbytečných panelů v krátké vzdálenosti jedné ulice.

V areálu kolejí Strahov by bylo umístěno nejvíce nabíjecích stání v počtu třinácti kusů. V součtu všech stanovišť tak v rámci elektrocarsharingu máme 35 nabíjecích stanic.

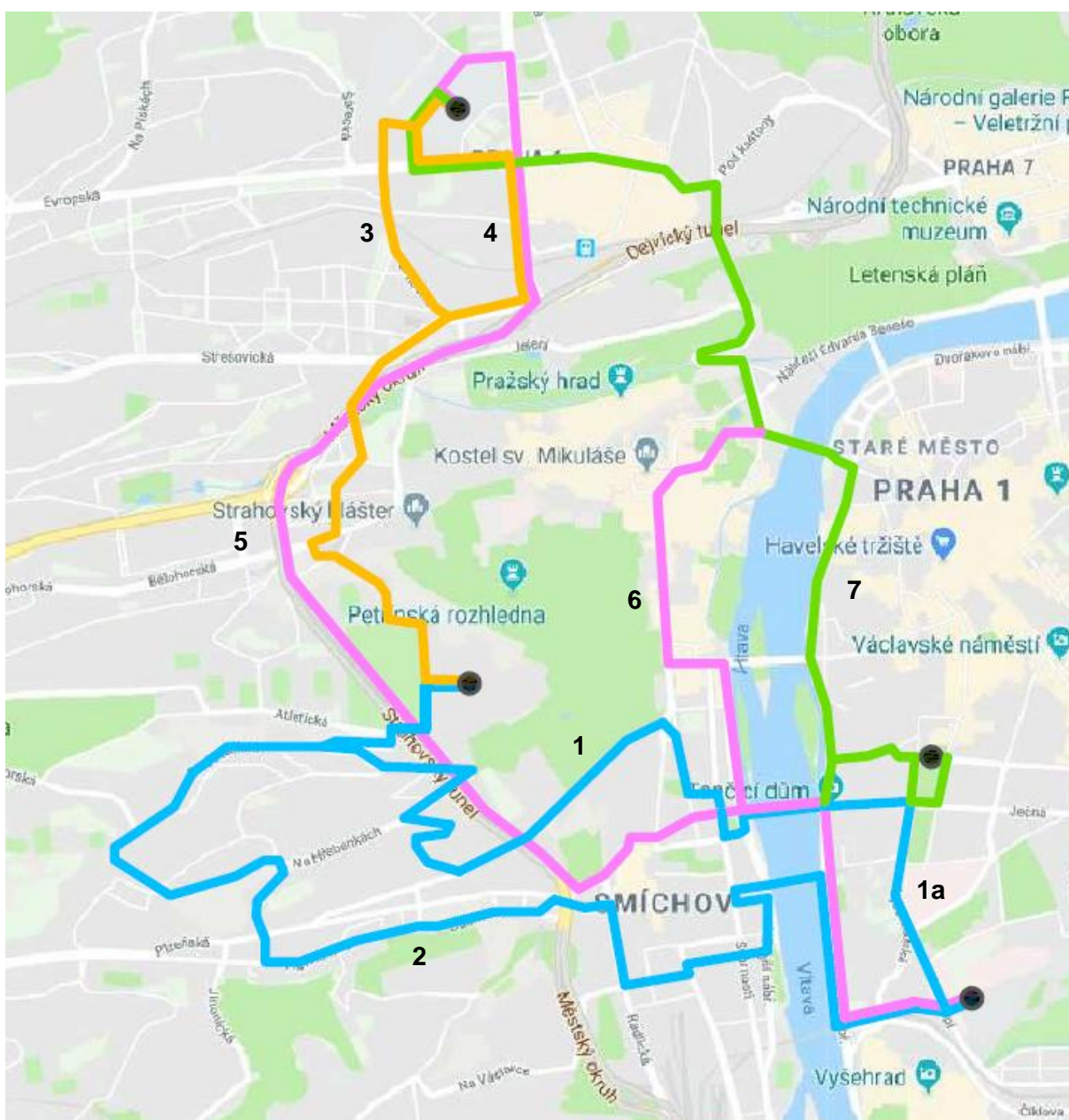


Obrázek 31: Umístění navigačních panelů a parkovacích stání v areálu Strahov[26]

6.3 Preferované trasy v navrhovaném území

V následujícím obrázku 32 jsou vyznačeny preferované trasy mezi nabíjecími stanicemi univerzitního electrocarsharingu v Praze. Právě v těchto trasách je hlavní potenciál pro nasazení různých preferenčních opatření. Ať už to bude preference elektromobilů v křižovatce, jízda v pruhu pro autobusy či jízda v tramvajovém pásu.

V následných simulacích, které detailně popisují v kapitole 9, jsem se zabýval směrem mezi kolejemi Strahov a Albertovem vyznačeném modře. V každé z dvou tras v tomto směru jsem vytypoval vhodnou křižovatku, na které jsem navrhl preferenční opatření, které jsem poté ověřil v simulaci. Všechny preferované trasy jsou popsány v následující podkapitole.



Obrázek 32: Preferované trasy v rámci e-carsharingu[26]

6.3.1 Popis preferovaných tras a návrh preferenčních opatření

Trasa číslo 1 a 2: Koleje Strahov - Karlovo náměstí - Albertov

V tomto směru byly vytipovány dvě vhodné trasy, které se dají využít v závislosti na aktuálním stavu dopravy mezi Strahovem a Albertovem.

Trasa číslo 1 vede přes náměstí Kinských přes Jiráskův most a Karlovo náměstí na Albertov. Druhá trasa je vedena ulicí Vrchlického přes Hořejší nábřeží a Palackého most na Albertov s možností odbočení za Palackého mostem směrem na Karlovo náměstí.

Zavedení preference elektromobilů má největší benefity na křižovatkách, ve kterých se předpokládá výskyt elektromobilů z vedlejších směrů. V tomto případě je zrychlení průjezdu elektromobilů nejcitelnější. V trase číslo 1 jsou možnosti zavedení preference na křižovatkách Holečkova x náměstí Kinských a na křižovatce Zborovská x Diezenhoferovy sady, ve které jsem provedl návrh preference a ověření v simulaci. V trase číslo 2 je k aplikaci preference vhodná křižovatka Svornosti x Lidická a poté v simulaci ověřená křižovatka Plzeňská x Podbělohorská. Také je možné zavést preferenci elektromobilů v podobě jízdy ve vyhrazeném jízdním pruhu pro autobusy v ulici Vrchlického.

Za podmínky volného dopravního proudu je trasa přes náměstí Kinských rychlejší variantou. Avšak při případných kongescích v horní části Smíchova je výhodné využít trasu číslo 2.

Trasa číslo 3 a 4: Kampus Dejvice - Koleje Strahov

V tomto směru vedou z Dejvic dvě preferované trasy. Trasa číslo 3 je vedena ulicí Thákurova, kde by v křížení s ulicí Evropskou mohla být aplikována preference elektromobilů. Dále je trasa vedena ulicí Gymnasijní a Pevnostní, která poté ústí do ulice Patočkovy. Zde dojde ke splynutí s druhou možnou trasou číslo 4, která je vedena trasou přes Vítězné náměstí. V křížení ulic Myslbekova a Patočkova je opět možná aplikace preferenčních opatření. Ulice Myslbekova nás poté přivede do ulice Bělohorské, ze které odbočíme doleva do ulice Vaníčkova, která nás dovede až na Strahov.

V případě kongescí v prostoru Vítězného náměstí se ve směru z Dejvic časově vyplatí trasa číslo 3 přes ulici Gymnasijní a Pevnostní. V opačném směru je možné využít ulici Slunná a v obou směrech pak ulici Keplerova a vyhnout se buď částečně nebo zcela častým kongescím v ulici Patočkova.

Trasa číslo 5, 6 a 7: Albertov - Karlovo náměstí - Kampus Dejvice

Z oblasti Albertova do Dejvic a naopak se jeví jako nejideálnější možnost využití trasy číslo 5 vedené městským okruhem. Z Albertova přes Rašínovo nábřeží se dostaneme k Jiráskovu mostu. Při směru z Karlova náměstí se připojíme právě v těchto místech, kam nás dovede ulice Resslerova. Pokračujeme přes Jiráskův most a na druhé straně Vltavy nás ulice Kartouzská dovede do Strahovského tunelu. Využijeme i komplexu Blanka, ze kterého vyjedeme na Prašném mostě a ulicí Svatovítskou pokračujeme k Vítěznému náměstí a kampusu Dejvice.

Další možné trasy číslo 6 a 7 slouží jako alternativy, když by byl Strahovský tunel uzavřen. Trasa číslo 6 je vedena po pravém břehu Vltavy přes Masarykovo nábřeží, Smetanovo nábřeží a Mánesův most. Trasa číslo 7 je vedena po levém břehu Vltavy přes Janáčkovu nábřeží, Újezd a Letenskou ulicí na Klárov, kde se tyto obě trasy zase sejdou a pokračují ulicí Chotkova a Československé armády do dejvického kampusu. Vozidla z Karlova náměstí na tyto trasy mohou najet buď v oblasti Jiráskova náměstí nebo Masarykova nábřeží v závislosti, kterou trasu si vyberou.

Část trasy 7 je stanovena podél nábřeží na pravém břehu Vltavy, kde je vedena i tramvajová trať. Jelikož se v těchto lokalitách často vyskytují dopravní kongesce, bylo by možné například v rámci dalších preferenčních opatření umožnit elektromobilům jízdu v tramvajovém pásu. Preference elektromobilů by byla také možná v křižovatce Svobodova x Rašínovo nábřeží, kterou je možné využít ve všech popsanych trasách.

Trasa číslo 1a: Karlovo náměstí - Albertov

V navrhovaném území se jedná o nejkratší trasu mezi stanovišti, která vede převážně ulicemi Vyšehradská a Na Slupi. V případě neprůjezdnosti jedné z ulic lze využít k objízdě trase Rašínovo nábřeží. Při jízdě v opačném směru, z Albertova na nabíjecí stanoviště na Karlově náměstí, je nutné respektovat instalované příkazy směru jízdy na náměstí. Je tedy nutné hned na konci Vyšehradské ulice se dát doprava a poté následující možné odbočení doleva. Tímto způsobem se přes křížení s Ječnou ulicí dostanu až k nabíjecímu stanovišti, které je umístěno na Karlově náměstí ve směru ulice Žitné.

6.4 Návrh rozvoje univerzitního carsharingu

Následující fáze definují rozvoj a možná rozšíření univerzitního elektrocarsharingu na území Prahy v případě pozitivní odezvy ze strany uživatelů, dostatečného zájmu a využití elektrocarsharingu.

6.4.1 1.fáze

Prvotní fáze carsharingu se skládá ze stanovišť popsaných výše. Jsou to taková stanoviště, která jsou pouze v hlavních bodech zájmu v rámci ČVUT v Praze. Samotný provoz probíhá mezi jednotlivými lokalitami, které jsou zároveň osazeny nabíjecí soustavou. Pokud by bylo vozidlo dostatečně nabito, bylo by možné ho nechat i mimo nabíjecí stanoviště pod podmínkou parkování v rámci areálu kampusu, čímž by bylo umožněno provozovat více vozidel, než je nabíjecích stanovišť.

Vyhodnocení této fáze by bylo v podobě analýzy využití carsharingu v čase a počtu registrovaných uživatelů. Pokud by se zaznamenala velká poptávka, do další fáze rozšíření by se přidaly další vozy elektrocarsharingu a vybudovala by se nová stanoviště.

6.4.2 2.fáze

Další rozšíření carsharingu v území v rámci ČVUT by bylo propojení zbývajících bodů zájmu studentů a zaměstnanců ČVUT. Mezi další stanoviště by mohly být zařazeny areál kolejí v Podolí, budovy v Troji, na Starém městě či na Florenci. Došlo by tak k téměř kompletnímu propojení budov a kampusů ČVUT. Provoz by zůstal zachován výhradně mezi stanovišti.

Vyhodnocení této fáze by bylo orientováno směrem ke zjištění, zda-li by měli uživatelé zájem využívat elektrocarsharing i k jiné činnosti, než jen k dopravě v rámci univerzitních budov. Průzkum mezi uživateli by byl proveden online formou. Podle délky dotazníku buď pomocí mobilní aplikace či dotazníku zaslaného na email uživatele.

6.4.3 3.fáze

Možná nadstavba projektu je v podobě tzv. 'free-floating carsharingu'. Tato verze carsharingu si získala v posledním desetiletí velmi na oblibě. Umožňuje totiž uživatelům vracet pronajatá vozidla mimo vymezené zóny a nechává tak uživatelům dostatečnou volnost v osobní mobilitě. Provozovatelé avšak stále mají možnosti jak ovlivnit chování uživatelů a tím pádem i umístění svých vozidel. Za pomoci různých finančních pobídek a bonusů mohou uživatele směřovat k místům s vyšší koncentrací obyvatel či frekventovaným dopravním uzlům. Tím se zvyšuje efektivita a pravděpodobnost využití carsharingu dalšími uživateli. V rámci růstu sítě by mohlo dojít k rozšíření carsharingu mezi studenty dalších pražských univerzit.

7 Návrh mobilní aplikace a komunikačního prostředí

Mobilní aplikace je v dnešní době nutná součástí jakékoliv systému online sdílení. Uživatelé díky ní hledají nejbližší dostupná vozidla, zjišťují dostupný dojezd vozidel či možné zóny, ve kterých mohou vozidla vracet.

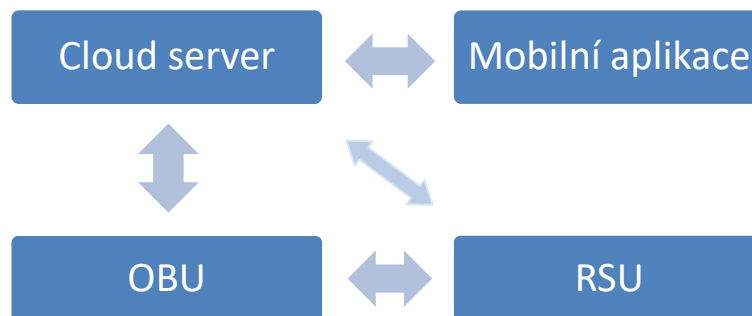
7.1 Funkce mobilní aplikace

Kromě výše popsaných základních funkcí v rámci běžných mobilních aplikací carsharingu by tato aplikace v sobě měla zakomponovanou navigaci, která by naváděla přímo na volná parkovací místa na nabíjecích stanovištích. Samotná indikace volných míst na nabíjecích stanovištích by mohla být redundantně ověřena. Prvním způsobem by byla detekce zapojení elektromobilu do napájení. Druhý typ ověření by v sobě zahrnoval aplikované senzory do jednotlivých míst pro detekci zaparkovaného vozidla. Tato funkcionality by se využila v případě, pokud by na místě zaparkovalo jiné vozidlo než elektromobil či pokud by uživatel zapomněl elektromobil zapojit do nabíjecí stanice.

Samozřejmostí je zobrazení dostupných vozidel a jejich dojezdů s možnou rezervací. V rámci navigace by mohlo být zakomponováno uvážení výškového profilu, které by si právě u elektromobilů mohla najít zalíbení. Při výpočtu trasy by docházelo i k zohlednění nutného výškového stoupání a řidiči by aplikace ukázala, která z navrhovaných tras je pro úsporu energie efektivnější.

7.2 Komunikační rozhraní systému

V rámci systému rozlišujeme několik komunikačních periférií, které jsou i pro názornost zobrazeny v obrázku 33. Jednou ze základních je výše popsaná mobilní aplikace, kterou bude mít každý uživatel ve svém telefonu. Cloud server, přes který bude probíhat většina komunikace a vyhodnocení dat v pozadí. Další podstatnou součástí je pak komunikační jednotka ve vozidle. Ta zajišťuje nejenom komunikaci v rámci bodů infrastruktury a vozidlem, ale také zajišťuje komunikaci směrem ke cloud serveru. Předává takto všechny důležité informace, kterými jsou například data ze senzorů, data polohy a mimo jiné i provozní data vozidla. Vzájemná komunikace také probíhá mezi cloud serverem a komunikačními jednotkami na straně infrastruktury.



Obrázek 33: Návrh komunikačních periferií [vlastní]

7.3 Využití a zpracování dat

Lokalizační data společně s časovými údaji jsou sbírána z vozidel a dále zpracována pomocí technik a nástrojů velkých dat. Jsme tak schopni z dat získat jednotlivé parametry dopravního proudu. Stejným způsobem se i zpracují data o chování uživatelů za volantem, které poté využijeme k bonifikování těch, kteří například dodržují pravidla ekologické jízdy.

Floating car data sbíráme z vozidel, která se pohybují v dopravním proudu. Jedná se buď o data z vozidel vybavených GPS přijímačem (GFCD), nebo využíváme data získaná z mobilních telefonů (CFCD). Získané informace v rámci GFCD jsou přesnější jak v ohledu polohy, tak zjištěné rychlosti vozidel. Nevýhodou může být nízká penetrace příslušných vozidel v dopravním proudu a nutnost instalace dodatečných zařízení do vozidla. Systém CFCD má řádově horší lokalizační vlastnosti, avšak má vysokou penetraci mobilních telefonů v území.[40]

Po shromáždění dat nastává jejich zpracování, které je doprovázeno následnou analýzou dat, jak můžeme vidět v obrázku 34. Samotný pojem zpracování dat v sobě zahrnuje několik kroků. Validace, filtrace, integrace, transformace a redukce.[39] Validace je důležitá součást ověření platnosti před samotným dalším zpracováním a můžeme využít různé metody validace jako clustering, využití histogramu či technik regrese. Filtrace nám zajišťuje eliminování extrémních či nesprávných hodnot v datovém vzorku. Integrace dat je souhrn procesů, které kombinují data z vícero zdrojů. Transformaci dat v podobě například diskretizace využíváme pro úpravu dat pro následnou analýzu či případné další využití. K redukci dat můžeme využít například převedení hodnot intenzit a rychlosti na kvalitativní měřítko 'level of service'.

Pokud jsme provedli všechny fáze zpracování dat, máme nyní tato data připravena pro hloubkovou analýzu, na základě které jsme schopni zpracovat informace. Například pokud budeme mít v rámci úseku náhlý pokles rychlosti doprovázený zvětšením zdržení či hustoty, můžeme z těchto informací dedukovat vznik kongescí. Samozřejmě existují pro analýzu dat různé komplexní nástroje jako jsou neuronové sítě či rozhodovací stromy.



Obrázek 34: Informační tok dat [vlastní]

7.3.1 Využití vozidel carsharingu jako plovoucích vozidel k řízení dopravy

Vozidla carsharingu mohou velmi dobře fungovat jako vozidla sbírající FCD po městě. V dnešní době online světa a moderních vozidel to není žádný problém. Uživatelé s vypůjčenými vozidly tak nevědomky slouží jako sondy v aktuálním dopravním proudu. Tato FCD data pak mohou pomoci zpřesňovat dopravní informace v úsecích, kde nejsou dopravní senzory. Také nám tato data dokážou přinášet nové informace, které se dají obtížně či vůbec vyčíst ze silničních detektorů. Mezi tato data například patří délka front či aktuální zdržení vozidel v křižovatce.

Na základě získaných dat by mohlo dojít ke zlepšení řízení dopravy v oblasti, ve které se elektromobily budou pohybovat. Svým pohybem budou totiž neustále sbírat aktuální data dopravního proudu. Tato data by poté mohla putovat do centralizovaného či decentralizovaného systému řízení v oblasti, pokud by jí byla ona část města vybavena. Pokud ne, mohli by tyto informace a znalosti chování dopravního proudu využít městští dopravní operátoři.

7.3.2 Využití jízdnic dat uživatelů

Jízdnic data spotřeby energie by se dala také použít ke zvýhodnění takových řidičů, kteří se chovají ekologicky a šetří energií akumulátorů elektromobilů. Například volí trasy s doporučenými výškovými profily s nižší spotřebou energie, využívají elektromobil podle stanovených kritérií ekologické jízdy - nejezdí na plný plyn, plynulá jízda, řidič předvídá dopravní situace a nevyužívá topení či klimatizaci k extrémním změnám teploty uvnitř vozidla, čímž šetří značnou část energie.

Data ze senzorů polohy volantů a pedálů by se dala také využít k analýze a následnému upozornění konkrétních řidičů na jejich agresivní styl jízdy, který znamená větší riziko dopravního incidentu. Naopak klidní a rozvášní řidiči by byli bonifikováni. Bonus by mohl být přidělován uživatelům ve formě bonusových minut zdarma či případně by mohla být uživatelům přičtena na účet v aplikaci bonusová částka.

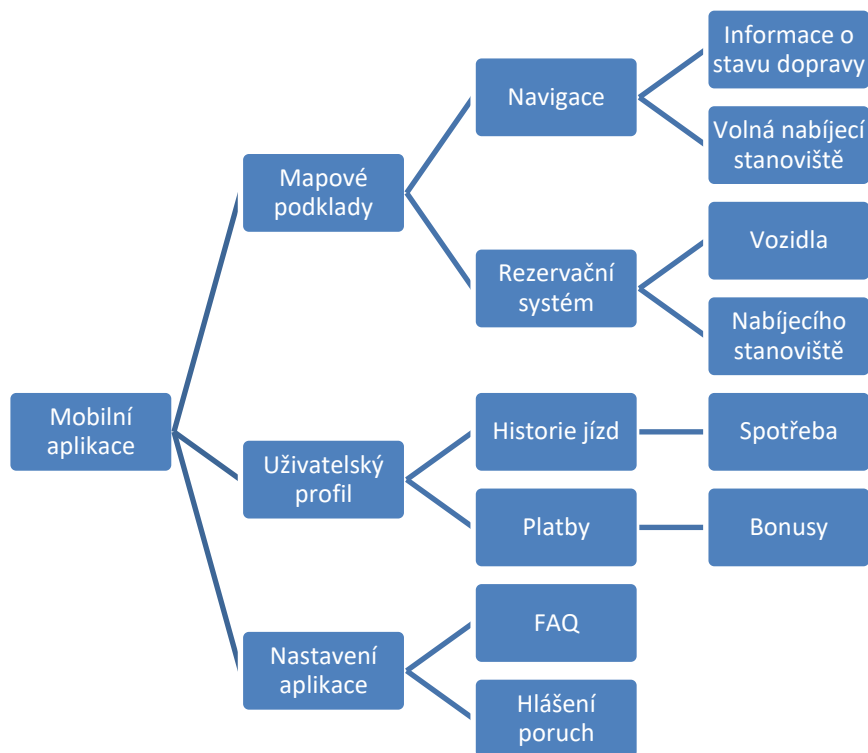
7.4 Funkční prostředí mobilní aplikace

Samotná mobilní aplikace je rozdělena na několik funkčních bloků, které jsou v této kapitole popsány a které jsou graficky znázorněny v následujícím obrázku 35.

V hlavní části aplikace by docházelo k výběru vozidla na základě mapového podkladu. Zde by byla zobrazena volná vozidla s aktuálním dojezdem v reálném čase. Po zvolení konkrétního vozidla, cílové destinace a konkrétní trasy by se aplikace následně přepnula do navigačního režimu, ve kterém by využívala data o stavu dopravy a zároveň i data o volných stanovištích, aby navigace mohla uživatele navádět přímo na konkrétní místo. Další možností je volba rezervace vozidla a nabíjecího stanoviště ve zvoleném časovém úseku při plánování jízdy.

Další nutnou součástí by byl profil uživatele, ve které by spravoval své finance, které mohl do aplikace nahrát přímo ve formě kreditů či si mohl zvolit automatické strhávání částek za jízdy z účtu. Také by viděl historii jízd s jejich cenou i jednotlivými nájezdy. Uživatelé by mezi sebou také mohli soutěžit v úsporné jízdě. V rámci profilu by se jim zobrazoval na základě spotřeby jejich percentil, jak jsou oproti ostatním uživatelům úspěšní v minimalizaci spotřeby.

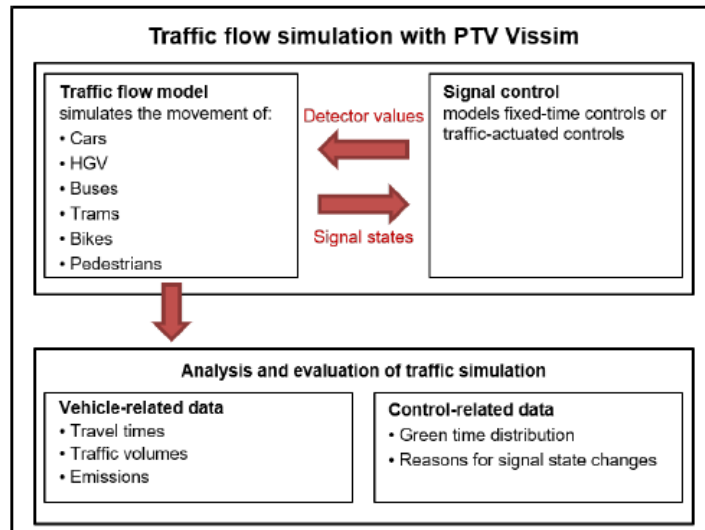
Nutnou součástí aplikace je pak sekce, která by sloužila k hlášení poruch či různých poškození vozidel. Pokud by se například podařilo díky včasnému hlášení uživatele předejít fatálnějšímu poškození, mohl by být uživatel odměněn volnými kilometry k nájezdu. V této části by se vyskytla také nutná nastavení v rámci aplikace a případné FAQ.



Obrázek 35: Funkční bloky mobilní aplikace [vlastní]

8 Metodika simulace

Simulace v programu Vissim je založena na modelu dopravního proudu a na řízení světelného signálu, jak je naznačeno v obrázku 36. Samotný model dopravního proudu je založen na 'car-following' modelu a na modelu změny jízdního pruhu. Pro definování pravidel řízení světelného signálu na křižovatce může být využita řada externích modulů. Já jsem ve svých simulacích využil modulu VisVap.



Obrázek 36: Schéma komunikačních panelů simulačního prostředí PTV Vissim[36]

8.1 Car-following model

Pohyb vozidel je definován modelem dopravního proudu, kterých existuje větší množství. Vissim však ve svém prostředí využívá primárně psycho-fyzikální model Wiedemann 74, který je určen primárně pro městské prostředí, a také model Wiedemann 99, který je určen pro dálniční prostředí. Wiedemannův model je stochastický model, ve kterém je časový krok a jednotlivé vozidlo základní entitou. Principem tohoto modelu je přizpůsobování rychlosti vozidla v závislosti na vzdálenosti jiného vozidla jedoucího před ním. Pokud se rychleji jedoucí vozidlo přiblíží k pomaleji jedoucímu vozidlu, začne ono rychleji jedoucí vozidlo zpomalovat. Jelikož není schopno přesně změřit rychlost vozidla před ním, zpomalí toto vozidlo pod hranici rychlosti následovaného vozidla. Po dosažení určité hranice citlivosti, začne vozidlo opět pomalu akcelarovat. Dochází tak k mírné a stabilní deceleraci a akceleraci. Car-following model byl kalibrován pomocí četných měření na Technologickém institutu v Karlsruhe.[36]

8.1.1 Jízdní stavy vozidel

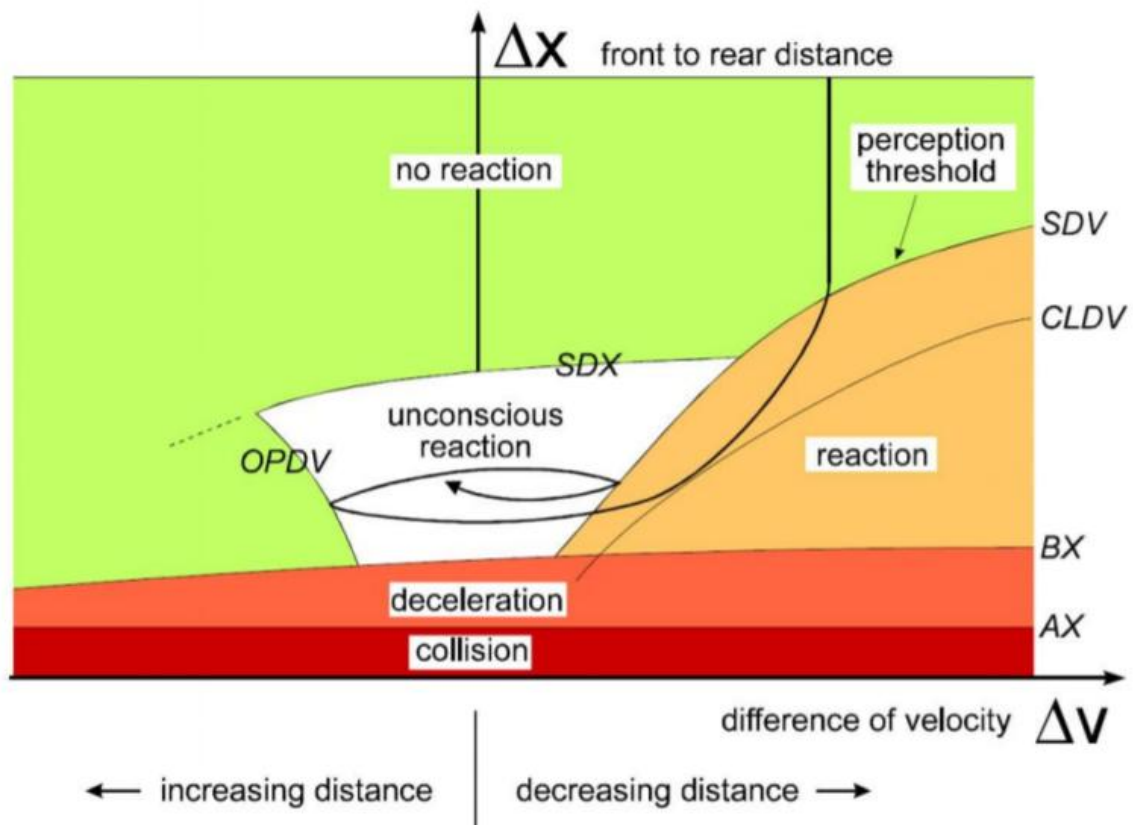
Vozidla se v průběhu simulace prakticky nachází ve čtyřech možných stavech.[36]

'Free driving': V tomto stavu není rychlost vozidla ovlivněna dalšími vozidly. Vozidlo se snaží dosáhnout a udržet si požadovanou rychlost.

'Approaching': Stav, při kterém vozidlo přizpůsobuje svoji rychlost vozidlu předcházejícímu.

'Following': Vozidlo následuje vozidlo předcházející a udržuje bezpečnou vzdálenost.

'Braking': Pokud bezpečná vzdálenost mezi vozidly klesne pod stanovenou úroveň, vozidlo uplatňuje střední až vyšší hodnoty nastavené decelerace.



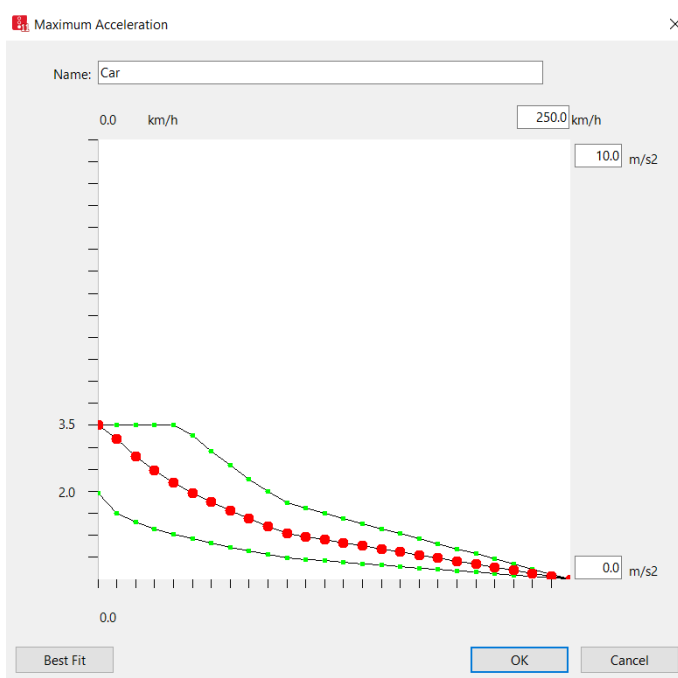
Obrázek 37: Wiedemannův car-following model [37]

Z předchozího obrázku 37 můžeme vyčíst jednotlivé parametry. AX značí stacionární vzdálenost, BX znamená minimální vzdálenost následování. CLDV a SDV charakterizují bližší a vzdálenější rozhraní, které značí, že rychlost následujícího vozidla je vyšší než rychlost vozidla vedoucího. OPDV je hranice, která nám říká, že rychlost následujícího vozidla je nižší, než vedoucího vozidla. SDX rozděluje zónu následování a volného proudu.

Na základě takto definovaných hranic tedy můžeme určit chování vozidel v jednotlivých oblastech Wiedemanna modelu. V zeleně vyznačené oblasti jsou vozidla ve stavu volného dopravního proudu, v bíle vyznačené oblasti jsou vozidla ve stavu následování předchozího vozidla, oranžová zóna značí přibližování k předcházejícímu vozidlu, světle červená zastává brzdění a tmavě červená již značí stav kolize.

8.1.2 Parametry chování vozidel

Na obrázku 38 můžeme vidět nastavení maximální akcelerace vozidel v závislosti na rychlosti. Všechny ostatní základní parametry chování, distribuce cílových rychlostí, výkonu i váhy vozidel jsou přiloženy v příloze B.



Obrázek 38: Graf maximální akcelerace v programu Vissim [vlastní simulace]

Jednotlivé parametry každé simulace v podobě intenzit, nastavení dynamického řízení či směrování vozidel jsou popsány u konkrétní simulace v následující kapitole.

Obecně následující simulace vychází z výše popsaného car-following modelu Wiedemann 74, jak můžeme i vidět v následujícím obrázku 39.

Driving Behaviors						
Count	No	Name	NumInteractObj	StandDistIsFix	StandDist	CarFollowModType
8	1	Urban (motorized)	4	<input type="checkbox"/>	0,50	Wiedemann 74

Obrázek 39: Volba typu modelu v programu Vissim [vlastní simulace]

9 Simulace a ověření dopadů preference elektromobilů

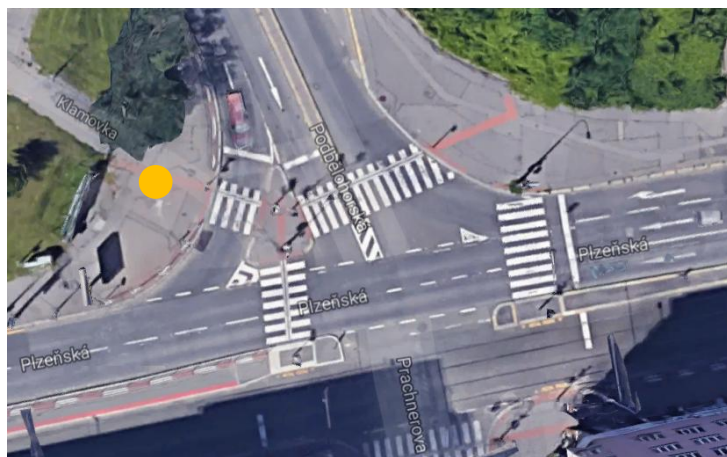
V následujících simulacích jsem se zaměřil na ovlivnění dopravního proudu preferencí elektromobility v křižovatkách. Jako vhodný směr jsem si vybral dvě možné preferované cesty vedoucí z oblasti kolejí Strahov do oblasti kampusu na Albertově a Karlově náměstí. První trasa je vedena přes oblast Smíchova a Klamovku, ve které jsem zvolil křižovatku Plzeňská x Podbělohorská k provedení první simulace. V rámci druhé trasy, která vede přes náměstí Kinských, jsem zvolil křižovatku Zborovská x Dienzenhoferovy sady. Řidič tak má možnost volby mezi těmito lokalitami v případě kongescí na jedné či druhé trase.

9.1 Křižovatka Plzeňská x Podbělohorská

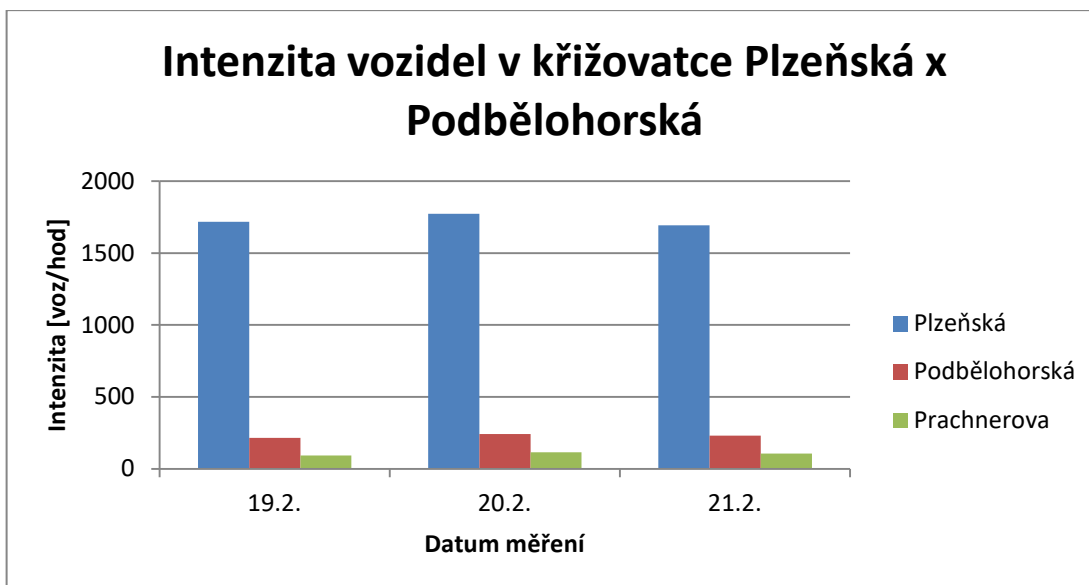
Tato křižovatka je zatížena velkými intenzitami dopravy a v rámci infrastruktury zaujímá důležitou funkci, jelikož je součástí hlavní dopravní tepny ve směru ze Smíchova na Plzeň.

9.1.1 Dopravní průzkum intenzit

V souvislosti s tvorbou simulace jsem nejdříve provedl dopravní průzkum, jehož cílem bylo zjistit špičkové hodnoty intenzit dopravy v křižovatce. Tyto naměřené hodnoty byly pro účely simulace zprůměrovány a poté použity jako výchozí hodnota intenzit v simulaci. Průzkum proběhl ve třech dnech od 19.2. až 21.2. v odpolední dopravní špičce mezi půl pátou a půl šestou hodinou. Před i po měření bylo součástí průzkumu pozorování specifik místního chování dopravy, aby byla simulace co nejrealističtější. Stanoviště dopravního průzkumu máme vyznačeno na obrázku 40. Toto umístění v křižovatce umožňovalo dobrý přehled ve všech směrech křižovatky. Měření bylo provedeno mnou a přizvanou osobou, jelikož při počítání vozidel z vedlejších ulic Podbělohorské a Prachnerovy bylo nutné hlídat dohromady čtyři možné směry jízdy vozidel. Průzkum byl prováděn ručně za pomoci tužky a předem připravené tabulky. Výstupy průzkumu jsou v tabulce 1 a obrázku 41.



Obrázek 40: Označení stanoviště dopravního průzkumu na křižovatce Plzeňská x Podbělohorská [26]



Obrázek 41: Graf intenzity vozidel v křižovatce Plzeňská x Podbělohorská v 16:30-17:30

Tabulka 1: Průměrná intenzita vozidel v odpolední špičce v křižovatce Plzeňská x Podbělohorská

Průměrná intenzita vozidel v křižovatce Plzeňská x Podbělohorská	
Název ulice	Intenzita [voz/hod]
Plzeňská	1727
Podbělohorská	229
Prachnerova	104

9.1.2 Tvorba simulace

Pro vytvoření simulace jsem využil mikrosimulační program Vissim, který umožňuje vymodelovat simulaci světelně řízené křižovatky s dynamickým řízením. K dynamickému řízení jsem využil modulu VisVap, ve kterém jsem si pomocí logických posloupností v rámci vývojového diagramu navrhnul logiku řízení a vlastní preference elektromobilů na křižovatce. Tento návrh jsem poté nahrál do programu Vissim. Aby mohlo dynamické řízení fungovat, bylo nutné nejdříve vytvořit pevný signální plán pro danou křižovatku. Z pevného signálního plánu jsem exportoval soubor PUA, který jsem poté nahrál do vytvořeného dynamického řízení. Pro stanovení signálního plánu bylo potřeba stanovit kolizní plochy a spočítat tabulku mezičasů, kterou nalezneme na následující straně pod označením tabulka 2. Zaokrouhlení mezičasů je asymetrické a používá se hranice v rozsahu 0,10 - 0,30 sekundy. Jako hranici zaokrouhlení jsem zvolil hodnotu 0,15 sekundy. Do této hodnoty jsem zaokrouhloval dolů, od této hodnoty výše jsem zaokrouhloval nahoru. Směr A jsem si zvolil jako označení hlavního

směru, ulice Plzeňské. Označení B je pak přiděleno vozidlům ze směru ulice Prachnerovy a směr C je z ulice Podbělohorské, jak vidíme na následujícím obrázku 42.



Obrázek 42: Příklad kolizní plochy směru A[^] a B[^] v křižovatce Plzeňská x Podbělohorská [26/vlastní]

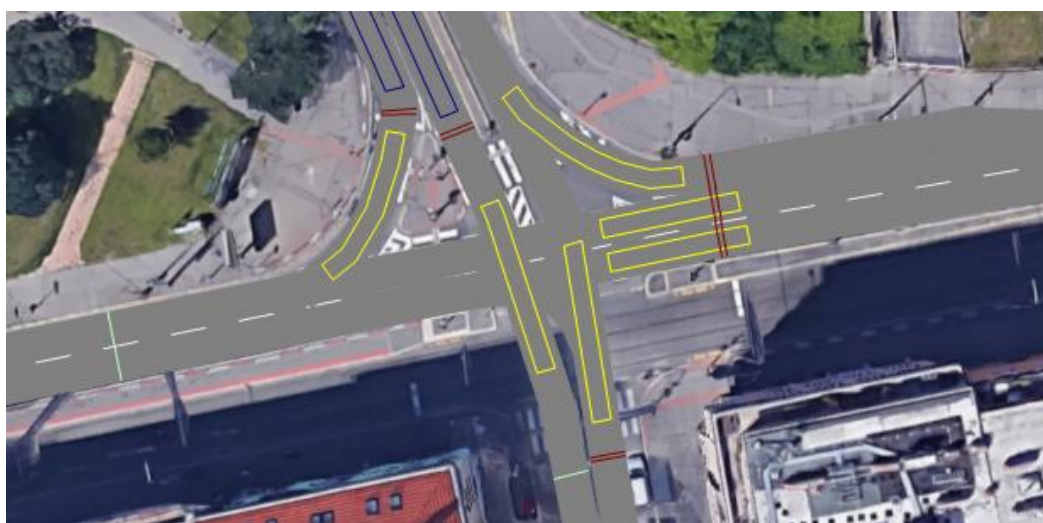
Tabulka 2: Tabulka mezcasů křižovatky Plzeňská x Podbělohorská [vlastní]

Vyklízí	Najíždí	Lv	Ln	Vv	Vn	Tv	Tn	Tb	Tm
A [^]	B [^]	16,21	15,68	9,7	9,7	2,135052	1,616495	2	2,52
B [^]	A [^]	21,81	11,1	9,7	9,7	2,712371	1,14433	2	3,57
A>	B [^]	19,74	30,12	7	9,7	3,462857	3,105155	2	2,36
B [^]	A>	25,25	13,52	9,7	7	3,06701	1,931429	2	3,14
B<	A [^]	27,95	14,02	7	9,7	4,635714	1,445361	2	5,19
A [^]	B<	14,02	16,63	9,7	7	1,909278	2,375714	2	1,53
C [^]	A [^]	17,64	16,2	9,7	9,7	2,282474	1,670103	2	2,61
A [^]	C [^]	21,77	10,12	9,7	9,7	2,708247	1,043299	2	3,66
C>	A [^]	21,84	38,84	7	9,7	3,762857	4,004124	2	1,76
A [^]	C>	30,64	11,81	9,7	7	3,62268	1,687143	2	3,94

Při návrhu samotné sítě jsem vycházel ze satelitního snímku, který jsem si do programu vložil pomocí měřítka. Na těchto základech jsem vymodeloval strukturu křižovatky za pomoci nejrůznějších propriet, které program Vissim nabízí. Jako první jsem vektorově vložil takzvané 'linky', jelikož směr vložení určuje výsledný směr dopravního toku. Poté jsem vložil spojnice mezi linkami, které vedou vozidla při odbočování či přejíždění z jednoho pruhu do druhého. Vytyčení konfliktních zón je důležitou součástí, kterou nesmíme opomenout. Na konci sítě jsem poté umístil vstupy vozidel a vložil do sítě jejich správná směrování. V hlavním dopravním proudu v ulici Plzeňské v průměru 6% vozidel odbočovalo do ulice

Podbělohorské. Z ulice Prachnerovy 30% vozidel odbočovalo do ulice Plzeňské a 70% vozidel jelo směrem rovně. Z ulice Podbělohorské 42% vozidel odbočovalo doprava na Plzeňskou ulici a zbylých 58% vozidel směřovalo rovně. Když byla základní síť definována, umístil jsem do křižovatky světelnou signalizaci a potřebné detektory, které jsem využil ve směru od Strahova v ulici Podbělohorské. V tomto směru, z vedlejší ulice, je preference potřebná. Zavádění preference v hlavním směru v ulici Plzeňská není nutné, jelikož z tohoto směru je odbočení doprava možné bez omezení. U hlavního směru z Plzeňské ulice má také v rámci signálního plánu majoritní zastoupení signál volno. Pro preferenci ve směru z ulice Prachnerova také není opodstatněná, jelikož preferovaná trasa tudy nevede a většina elektromobilů v této trase pojedou směrem na Strahov ulicí Plzeňskou.

V následujícím obrázku 43 můžeme vidět vymodelovanou strukturu křižovatky Podbělohorská x Plzeňská. Aby bylo docíleno realističtějšího pohybu vozidel v křižovatce, byly v rámci návrhu v křižovatce umístěny zóny s redukovanou rychlostí. Jsou zde vidět i umístěné detektory v Podbělohorské ulici.

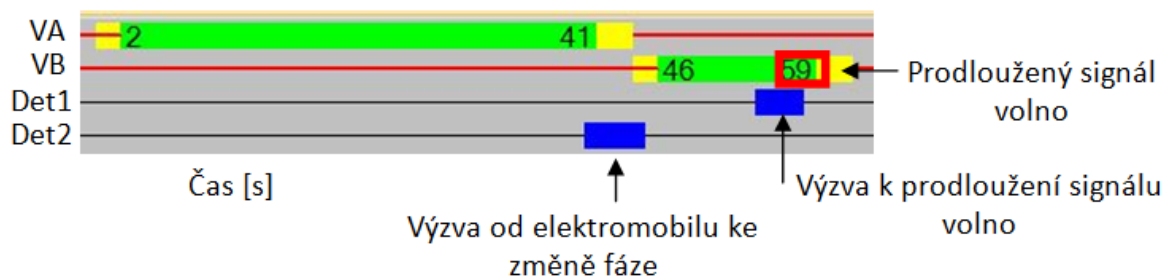


Obrázek 43: Vymodelovaná struktura křižovatky v prostředí programu Vissim [vlastní simulace]

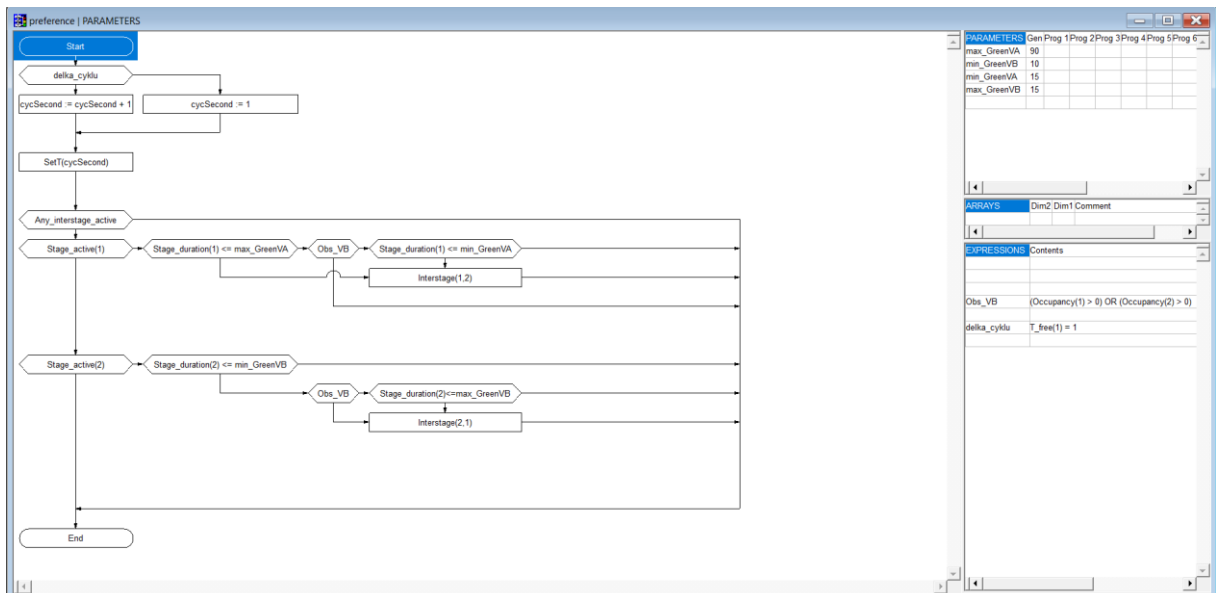
Aby detektory zaznamenávaly pouze elektromobily, bylo také třeba vytvořit specifickou 'Vehicle Class' pouze pro elektromobily. V parametrech detektorů bylo poté nutné zvolit, že jejich spouštěč je pouze vozidlová třída elektromobilů.

Při návrhu dynamického signálního plánu, viz. obrázek 45, bylo nutné určit parametr pro minimální a maximální délku signálu volno v hlavním směru z ulice Plzeňská. Tento hlavní proud je oproti vedlejším ramenům křižovatky velmi zatížen, tudíž bylo nutné zabezpečit, aby

nebyla udělována elektromobilům z vedlejšího směru absolutní nekontrolovaná preference, čímž by s rostoucím počtem elektromobilů v dopravním proudu došlo ke kolapsu dopravy v hlavním směru. Minimální délka signálu volno byla zvolena na hranici 15 sekund v hlavním směru a maximální délka signálu volno byla zvolena na 90 sekund. Ve vedlejší směru byla délka signálu volna stanovena na 10 sekund s možným prodloužováním fáze. Prodloužení probíhá na základě přítomnosti elektromobilu v křižovatce, kde maximální prodloužení je stanoveno na 5 sekund. Samotné prodloužení můžeme pozorovat v následujícím obrázku 44. Bez prodloužení by signál volno končil v 56. sekundě, avšak díky prodloužení signálu volno dosáhla doba trvání 13 sekund.



Obrázek 44: Dynamický signální plán s výzvou a prodloužením v programu Vissim [vlastní simulace]



Obrázek 45: Pracovní prostředí modulu VisVap [vlastní simulace]

9.1.3 Vyhodnocení scénářů simulace

Vyhodnocení simulace je možné provádět až po proběhnutí tzv. zahřívací fáze, která je dána v časovém úseku 0-600 sekund. Samotné vyhodnocení probíhalo ve zbylém čase simulace,

který odpovídá úseku 600-4200 sekund. Poté v kartě Evaluation v kategorii Configuration v záložce Direct Output zaškrtneme políčko Vehicle travel times (raw data). Po proběhnutí simulace program vygeneruje soubor ve formátu .rsr, který jsem poté zpracoval v programu Microsoft Excel a získal potřebné průměrné cestovní časy vozidel a jejich průměrné zdržení.

9.1.3.1. Ovlivnění dopravního proudu elektromobily

Pro ověření různých vlivů jsem si v simulacích stanovil scénáře, v rámci kterých jsem provedl vyhodnocení ovlivnění dopravního proudu elektromobily s preferencí v křižovatce Plzeňská x Podbělohorská. Scénáře simulace jsou tři a liší se hodnotou simulované intenzity. Naměřená průměrná intenzita v dopravním průzkumu 1727 voz/hod byla použita jako výchozí hodnota v prvním scénáři. V následujících dvou scénářích je zohledněn potencionální rozvoj dopravy v oblasti a jsou zde využity odhadované zvýšené intenzity, které mají za cíl odhalit konkrétní dopady vyšších intenzit na dopravu. Tyto tři scénáře byly dále využity čtyřikrát pro různou procentuální škálu elektromobilů v dopravním proudu stanovou v rozmezí 5-30%. Hlavním cílem simulací bylo zjištění dopadů a vlivu různého procentuálního zastoupení preferovaných elektromobilů v dopravním proudu. Výsledky simulace jsou zobrazeny v následujících tabulkách 3-6 a obrázku 46.

Tabulka 3: Výsledky simulace pro 5% zastoupení elektromobilů

5% elektromobilů s preferencí v dopravním proudu					
Ulice Plzeňská	Scénář	Intenzita [voz/h]	Průměrná cestovní doba [s]	Průměrné zdržení [s]	Maximální zdržení [s]
	1	1727	18,89	3,95	24,8
	2	2200	19,25	4,29	28,2
	3	2800	20,79	5,79	36,1

Tabulka 4: Výsledky simulace pro 10% zastoupení elektromobilů

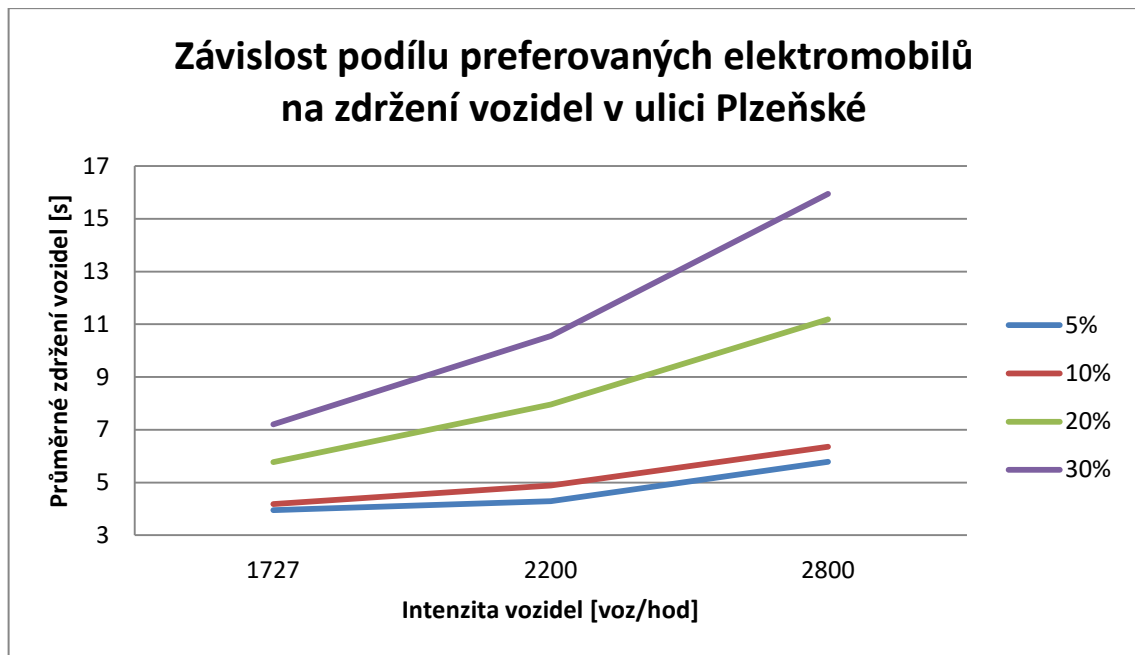
10% elektromobilů s preferencí v dopravním proudu					
Ulice Plzeňská	Scénář	Intenzita [voz/h]	Průměrná cestovní doba [s]	Průměrné zdržení [s]	Maximální zdržení [s]
	1	1727	19,16	4,18	31,5
	2	2200	19,86	4,88	33
	3	2800	21,36	6,35	37,1

Tabulka 5: Výsledky simulace pro 20% zastoupení elektromobilů

20% elektromobilů s preferencí v dopravním proudu					
Ulice Plzeňská	Scénář	Intenzita [voz/h]	Průměrná cestovní doba [s]	Průměrné zdržení [s]	Maximální zdržení [s]
	1	1727	20,71	5,77	30
	2	2200	22,93	7,96	42,1
	3	2800	26,18	11,18	52,9

Tabulka 6: Výsledky simulace pro 30% zastoupení elektromobilů

30% elektromobilů s preferencí v dopravním proudu					
Ulice Plzeňská	Scénář	Intenzita [voz/h]	Průměrná cestovní doba [s]	Průměrné zdržení [s]	Maximální zdržení [s]
	1	1727	22,15	7,21	30,4
	2	2200	25,52	10,55	51,3
	3	2800	30,93	15,95	64,5



Obrázek 46: Graf závislosti podílu preferovaných elektromobilů na zdržení v ulici Plzeňské

Z výsledků simulace vyplývá, že samotný nárůst intenzity dopravy v hlavním směru v ulici Plzeňské nemá v 5% a 10% scénáři takový dopad na zdržení, jako zvýšení podílu elektromobilů na 20% a více. To vyplývá i z výsledného grafu. Již při 20% penetraci elektromobilů pozorujeme velký skok v průměrném zdržení, který se s 30% penetrací dostává až téměř na dvojnásobek zdržení, kterého dosahujeme s 5% podílem penetrace v intenzitě 1727 voz/hod. Také nám z grafu jasně plyne trend rozvírajících se nůžek, který nám říká, že s větším procentuálním zastoupením elektromobilů s přidělenou preferencí v dopravním proudu, je růst průměrného zdržení v závislosti na intenzitě strmější. Z výsledků vyplývá, že únosná hranice s minimálním důsledkem pro dopravu v této lokalitě je podíl 10% elektromobilů s preferencí v dopravním proudu. U složitějších dopravních uzlů by se hodnota udržitelného podílu elektromobilů s preferencí v dopravním proudu snížila, kvůli komplikovanější struktuře a dalším faktorům řízení dopravy.

Tato křižovatka je již vybavena preferencí městské hromadné dopravy, která by zůstala zachována i po aplikaci preference elektromobilů. Avšak v rámci řízení by dostala vyšší prioritu, než preference elektromobilů. Priorita elektromobilů je chápána jako určitá nadstavba ke stávajícím preferenčním opatřením. Tím pádem by si veřejná doprava zachovala nejvyšší důležitost v rámci tohoto dopravního uzlu a nedošlo by k jejímu ovlivnění.

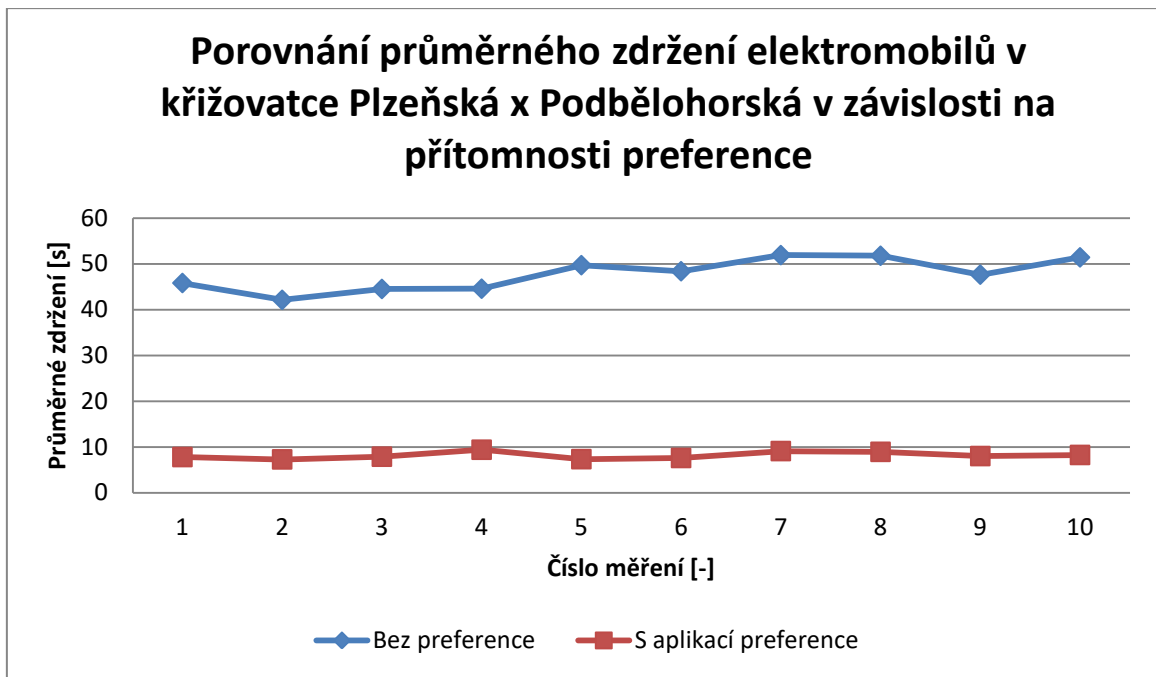
Navrhovaný systém sdílených elektromobilů v Praze v rámci ČVUT by byl provozován s desítkami elektromobilů, tudíž je velmi málo pravděpodobné, že by tento samotný elektro carsharing s přidělenou preferencí na světelně řízených křižovatkách znamenal větší ovlivnění dopravy. S rezervami by se provoz elektromobilů vešel pod desetiprocentní zastoupení elektromobilů s preferencí v dopravním proudu.

9.1.3.2. Efektivita preference elektromobilů

V další části simulace jsem se zaměřil na efektivitu aplikovaného preferenčního algoritmu. Základním postupem bylo ověření dopadů preference díky porovnání stavu před a po zavedení preference v křižovatce. Preference byla vytvořena algoritmem, který po splnění podmínek na minimální délku signálu volno změnil fázi ve chvíli, kdy řadič dostal pokyn ke změně fáze od přijíždějícího elektromobilu. To umožnilo projet elektromobilům s minimálním zdržením. Toto přijmutí signálu a jeho předání řadiči může být v praxi řešeno mnoha způsoby. Jako nejvhodnější se jeví využít systémů C-ITS, které budou vhodnější pro širokoplošné využití v rámci preference dopravy, než využití stávajících infra majáků používaných například v rámci MHD. Vyhodnocení simulace probíhalo velmi podobně, jako v předchozím případě. Jelikož jsem však nyní vyhodnocoval pouze elektromobily, které jezdily pouze v určitém procentu dopravního toku, bylo nutné interval simulace prodloužit na 6000 sekund a tím tak zvětšit statistický vzorek. Zahřívací fáze simulace v rozsahu 0-600 sekund byla zachována. Také jsem pro správné určení náhodných pokusů měnil v kartě Simulation v kategorii Parameters pro každý pokus jinou hodnotu Random Seed. Právě tato hodnota nám představuje jedinečnou náhodnost distribuce vozidel v rámci jednoho pokusu při zachování určených intenzit. Bylo provedeno deset simulací, které jsou v tabulce 7 označeny čísly 1-10.

Tabulka 7: Zdržení a cestovní doby elektromobilů v křižovatce v závislosti na preferenci

Průjezd elektromobilů křižovatkovým úsekem					
Křižovatka Plzeňská x Podbělohorská	Číslo simulace	Bez preference		S preferencí	
		Průměrná cestovní doba [s]	Průměrné zdržení [s]	Průměrná cestovní doba [s]	Průměrné zdržení [s]
	1	52,33	45,82	14,31	7,8
	2	48,62	42,14	13,78	7,29
	3	51,03	44,52	14,39	7,88
	4	51,08	44,57	15,92	9,4
	5	56,19	49,71	13,82	7,34
	6	54,9	48,39	14,11	7,6
	7	58,43	51,91	15,62	9,11
	8	58,24	51,77	15,41	8,94
	9	54,14	47,64	14,49	8,02
	10	57,94	51,42	14,78	8,26
Průměr	54,29	47,79	14,66	8,16	



Obrázek 47: Porovnání průměrného zdržení elektromobilů v křižovatce Plzeňská x Podbělohorská v závislosti na přítomnosti preference

Z výsledných průměrných cestovních dob a průměrného zdržení, názorně zobrazeného v obrázku 47, vyplývá, že pokud by byl na této světelně řízené křižovatce zachován pevný signální plán, čekaly by elektromobily s ostatními vozidly v křižovatce s průměrným zdržením 47,79 s. Pokud zavedeme dynamické řízení křižovatky v závislosti na preferenci, dostáváme se do stádia, kdy průměrné zdržení elektromobilů činí 8,16 s. Předchozí scénáře nám ukázaly minimální ovlivnění dopravního proudu v nízkém podílu penetrace elektromobily. Nyní z tohoto porovnání vidíme jednoznačně pozitivní efekt na plynulost dopravy z pohledu elektromobilů a tím pádem můžeme podobná opatření zařadit jako jednu z možností podpory uživatelů elektromobility na více křižovatkách v rámci preferovaných tras carsharingu, ve kterých se očekává zvýšená intenzita provozu elektromobilů.

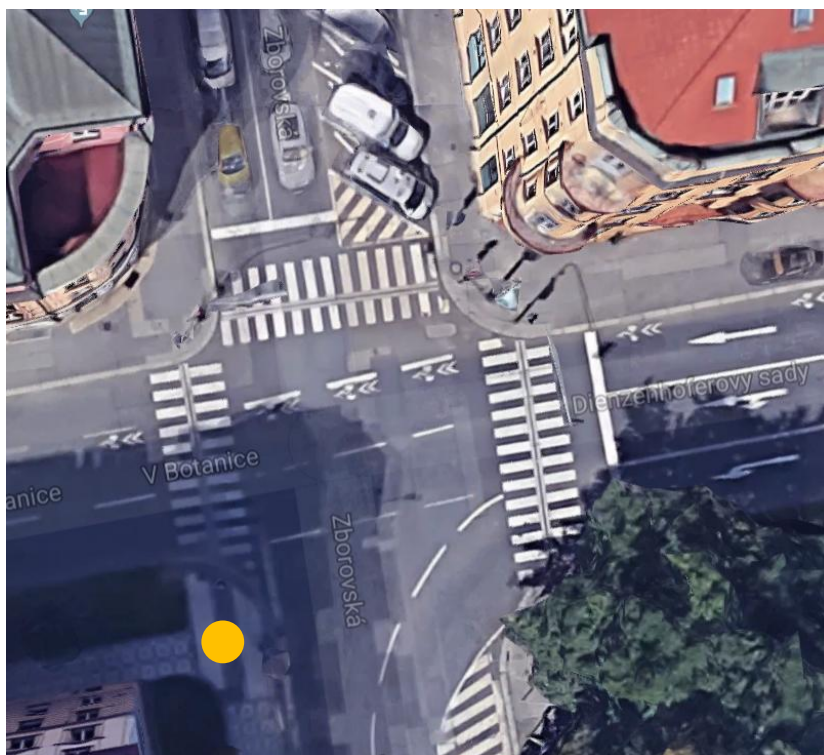
9.2 Křižovatka Zborovská x Dienzenhoferovy sady

Pro svou další simulaci v rámci druhé preferované trasy mezi kolejemi Strahov a kampusem na Karlově náměstí jsem zvolil křižovatku Zborovská x Dienzenhoferovy sady. Jedná se o vytíženou křižovatku v centrální části města. Trasa elektromobilů jedoucích ze směru od Strahova vede právě ulicí Zborovská, ve které jsem v rámci simulace vytvářel scénáře procentuálního zastoupení elektromobilů v tomto dopravním proudu a zjišťoval vliv na hlavní dopravní směr vedoucí ulicí Dienzenhoferovy sady

9.2.1 Dopravní průzkum intenzit

Cílem dopravního průzkumu opět bylo zjistit špičkové hodnoty intenzity dopravy. Tyto naměřené hodnoty byly pro účely simulace zprůměrovány a poté použity jako výchozí hodnota intenzit v simulaci. Průzkum proběhl ve třech dnech od 23.4. do 25.4. v odpolední dopravní špičce mezi půl pátou a půl šestou.

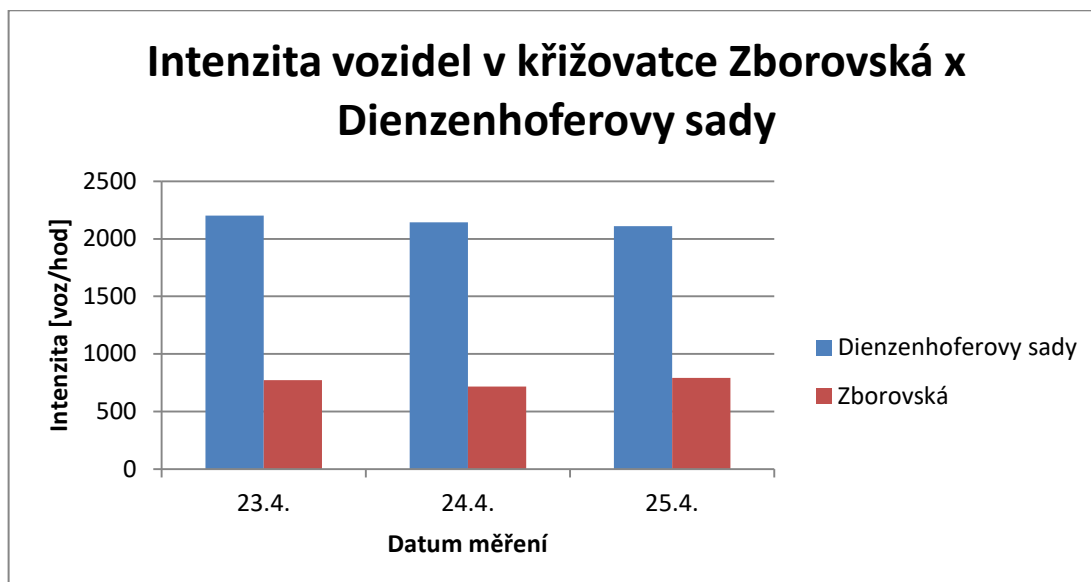
V následujícím obrázku 48 můžeme vidět umístění stanoviště dopravního průzkumu, ze kterého bylo dobře vidět do obou příjíždějících směrů. Průzkum byl opět proveden mnou a přizvaným pozorovatelem, kvůli minimalizaci chyby z důvodu zahlcení.



Obrázek 48: Označení stanoviště dopravního průzkumu na křižovatce Zborovská x Dienzenhoferovy sady

[26]

Oproti předchozí křižovatce Plzeňská x Podbělohorská v této křižovatce Zborovská x Dienzenhoferovy sady můžeme z následujícího obrázku 49 vidět větší podíl dopravy z vedlejší ulice. V tomto případě z ulice Zborovské. Výsledné průměrné intenzity pak vidíme v tabulce 8.



Obrázek 49: Graf intenzit vozidel v křižovatce Zborovská x Dienzenhoferovy sady v 16:30-17:30

Tabulka 8: Průměrná intenzita vozidel v odpolední špičce v křižovatce Zborovská x Dienzenhoferovy sady

Průměrná intenzita vozidel v křižovatce Zborovská x Dienzenhoferovy sady	
Název ulice	Intenzita [voz/hod]
Zborovská	2151
Dienzenhoferovy sady	760

9.2.2 Tvorba simulace

Pro vytvoření simulace jsem opět využil simulačního programu Vissim a postupoval jsem obdobně jako u předchozího případu. Nejdříve bylo nutné definovat dopravní síť na základě čeho jsem později vytvořil signální plán s dynamickým řízením křižovatky. K tomuto účelu bylo také nutné stanovit kolizní plochy, zobrazené v obrázku 50, a následně vypočítat tabulku mezičasů zobrazenou na další straně v tabulce 9. Směr z ulice Dienzenhoferovy sady jsem označil písmenem A a směr vedený z ulice Zborovské byl označen písmenem B, jak můžeme vidět v následujícím obrázku. Zaokrouhlování mezičasů je opět asymetrické s hranicí 0,15 sekundy. Samotná logika dynamického řízení byla opět vytvořena v modulu

VisVap. Maximální délka signálu volno v hlavním směru byla stanovena na 60 sekund a minimální délka činila 22 sekund. Délka signálu volno ve vedlejším směru byla stanovena na 13 sekund s možným maximálním prodloužením na základě výzvy po dobu 5 sekund.

Směrování vozidel bylo nastaveno podle následujících zjištění. V hlavním směru z ulice Dienzenhoferovy sady 84% vozidel jelo rovně a 16% odbočovalo doleva. Ze směru ze Zborovské ulice 83% vozidel jelo rovně a 17% vozidel odbočovalo doprava.



Obrázek 50: Příklad kolizní plochy směru A[^] a B[^] v křižovatce Zborovská x Dienzenhoferovy sady [26/vlastní]

Tabulka 9: Tabulka mezičasů křižovatky Zborovská x Dienzenhoferovy sady [vlastní]

Vyklízí	Najíždí	Lv	Ln	Vv	Vn	Tv	Tn	Tb	Tm
A [^]	B [^]	19,96	6,83	9,7	9,7	2,521649	0,704124	2	3,82
B [^]	A [^]	16,77	12,44	9,7	9,7	2,192784	1,282474	2	2,91
A<	B [^]	12,46	15,52	7	9,7	2,422857	1,6	2	2,82
B [^]	A<	25,02	24,3	9,7	7	3,043299	3,471429	2	1,57
A [^]	B>	17,36	7,37	9,7	7	2,253608	1,052857	2	3,20
B>	A [^]	20,8	27,69	7	9,7	3,614286	2,854639	2	2,76

9.2.3 Vyhodnocení simulace

Vyhodnocení simulace probíhalo opět až po uběhnutí zahřívací periody v rozsahu 0-600 sekund, jelikož data ze začátku simulace nemůžeme považovat za zcela objektivní. Samotného vyhodnocení tedy nastalo až v časovém rozsahu 600-4200 sekund. V rámci

simulace jsem si vložil body pro generování dat v podobě 'travel times' a zdržení vozidel. Díky programu Microsoft Excel jsem opět aplikoval filtry a funkce pro zpracování těchto surových dat ze souboru ve formátu .rsr.

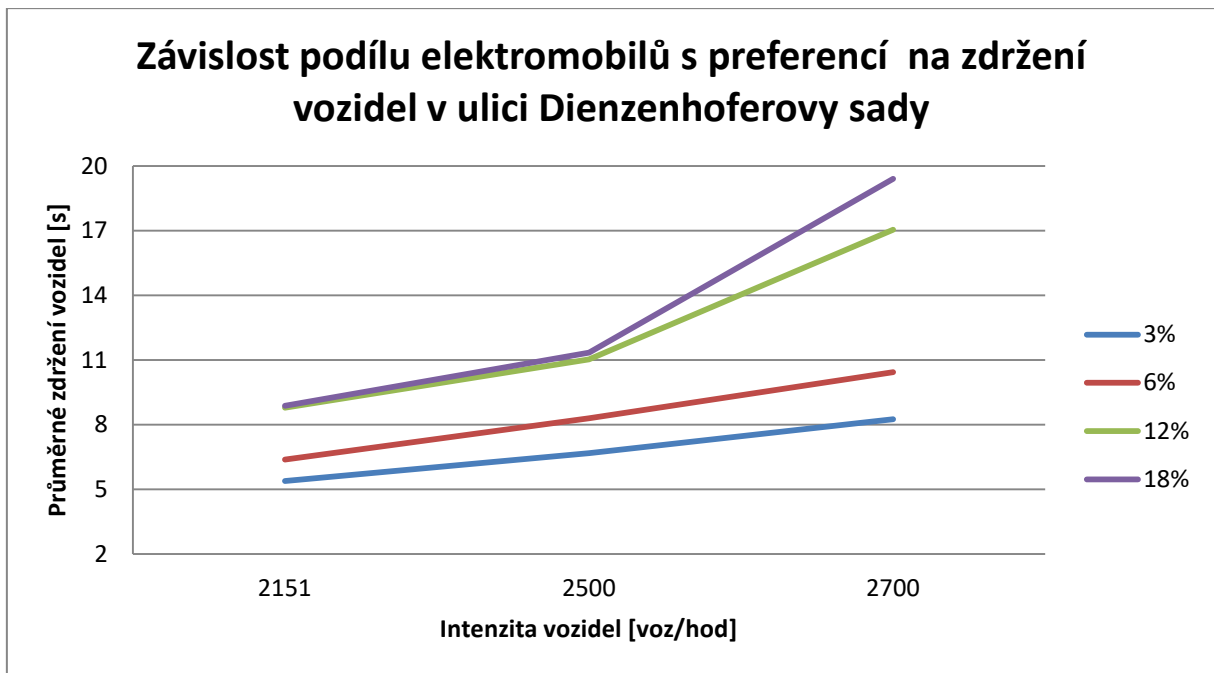
9.2.3.1. Dopady preference na dopravní proud

V simulaci byly stanoveny čtyři scénáře procentuálního zastoupení elektromobilů v dopravním toku ulice Zborovské. Preference městské hromadné dopravy v této oblasti není ovlivněna, jelikož v rámci navrhované preference má hromadná doprava vyšší prioritizaci. Zároveň zde ve špičce jezdí pouze pár vozidel jedné linky.

Konkrétní procentuální škálu zastoupení elektromobilů jsem pro tuto simulaci zvolil v rozsahu 3-18%, jelikož zde jsou intenzity ve vedlejší směru téměř dvojnásobné, oproti předchozímu případu testované křižovatky. Samotné scénáře simulovaných intenzit jsou opět tři. V prvním scénáři vychází intenzita z mnou provedeného průzkumu dopravy 2151 voz/hod a v následných scénářích z odhadu možného růstu dopravy v oblasti. Výsledné průměrné zdržení v závislosti na intenzitě a procentu preferovaných elektromobilů je zobrazeno v tabulce 10 a následujícím obrázku 51.

Tabulka 10: Průměrné zdržení vozidel v ulici Dienzenhoferovy sady v závislosti na podílu elektromobilů a intenzit v dopravním proudu

Ulice Dienzenhoferovy sady	Procentuální zastoupení elektromobilů s preferencí v dopravním proudu					
	Scénář	Intenzita [voz/hod]	3%	6%	12%	18%
			Průměrné zdržení [s]	Průměrné zdržení [s]	Průměrné zdržení [s]	Průměrné zdržení [s]
1	2151	5,39	6,39	8,79	8,88	
2	2500	6,69	8,3	11,03	11,34	
3	2700	8,25	10,44	17,04	19,4	



Obrázek 51: Graf závislost podílu elektromobilů na zdržení vozidel v ulici Dienzenhoferovy sady

Z tabulek a výsledného grafu můžeme vyčíst několik zajímavých skutečností. Hranice citelného ovlivnění dopravy vychází v této křižovatce také okolo 10% elektromobilů v dopravním proudu. V malých intenzitách vidíme okolo dvanácti procent hranici, za kterou ani následný růst penetrace elektromobilů neznamená nárůst zpoždění v křižovatce. To je dáno vyšší intenzitou dopravy ve sledovaném preferovaném směru ulice Zborovské. Elektromobily totiž dosáhnou určité početní hranice nasycení, za kterou neznamená větší počet elektromobilů více preferenčních fází. Křižovatka je totiž již za hranicí možné preference. Tato hranice může být ovlivněna a je také stanovena již při samotném návrhu dynamického řízení. Musí se totiž stanovit určitá minimální délka signálu volno pro hlavní dopravní směr, aby doprava při vyšších intenzitách nekolabovala. Při takto frekventovaných křižovatkách není možné uplatnit absolutní preferenci, jelikož by došlo k negativnímu ovlivnění dopravy v ostatních směrech křižovatky.

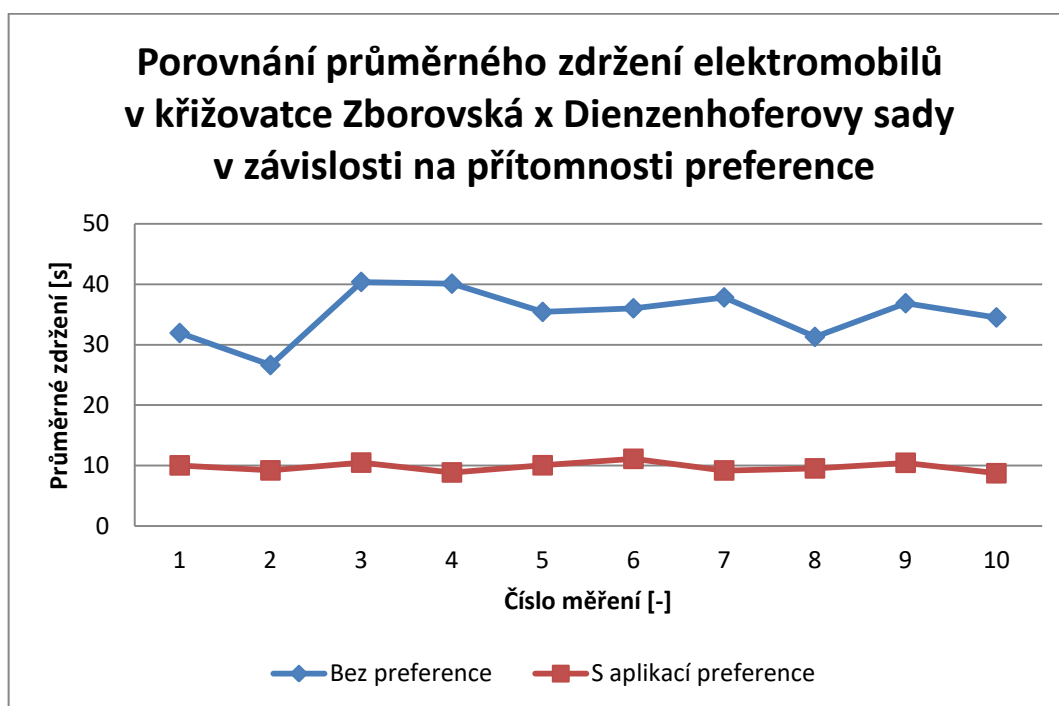
Dalším efektem, který je v grafu názorně zobrazen je ovlivnění dopravního proudu ve vyšších intenzitách. Toto ovlivnění ve vyšších intenzitách je charakteristické strmějším růstem křivky pro vyšší procentuální zastoupení elektromobilů v dopravním proudu. Jelikož v těchto procentuálních hodnotách jsme již dosáhli preferenčního maxima křižovatky, můžeme předpokládat, že narůstající zdržení dopravního proudu je v důsledku vzniklých kongescí. V nižších podílech elektromobilů v dopravním proudu je růst zdržení se zvyšující se intenzitou téměř lineární, tudíž nedochází k exponenciálnímu růstu zdržení, jak v podílech elektromobilů nad hranicí cca 10%.

9.2.3.2. Účinnost preference v křižovatce

Následně jsem v další části simulace ověřil samotný efekt preference, tj. zrychlení průjezdu elektromobilů křižovatkou. Metodologicky byl opět zachován způsob testování jako v předešlé simulaci. Aby byl každý pokus jedinečný, bylo nutné měnit hodnoty Random Seed. Samozřejmě bylo také zachováno zahřívací období v rozsahu 0-600 sekund, kdy samotné vyhodnocování dat začalo až po uplynutí této stanovené doby.

Tabulka 11: Zdržení elektromobilů v křižovatce v závislosti na preferenci

Průměrné zdržení elektromobilů v křižovatce Zborovská x Dienzenhoferovy sady [s]											
Číslo simulace	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr
Bez preference	31,92	26,62	40,37	40,08	35,41	36,01	37,81	31,28	36,85	34,5	35,09
S preferencí	10,03	9,20	10,49	8,86	10,05	11,11	9,19	9,53	10,46	8,73	9,77

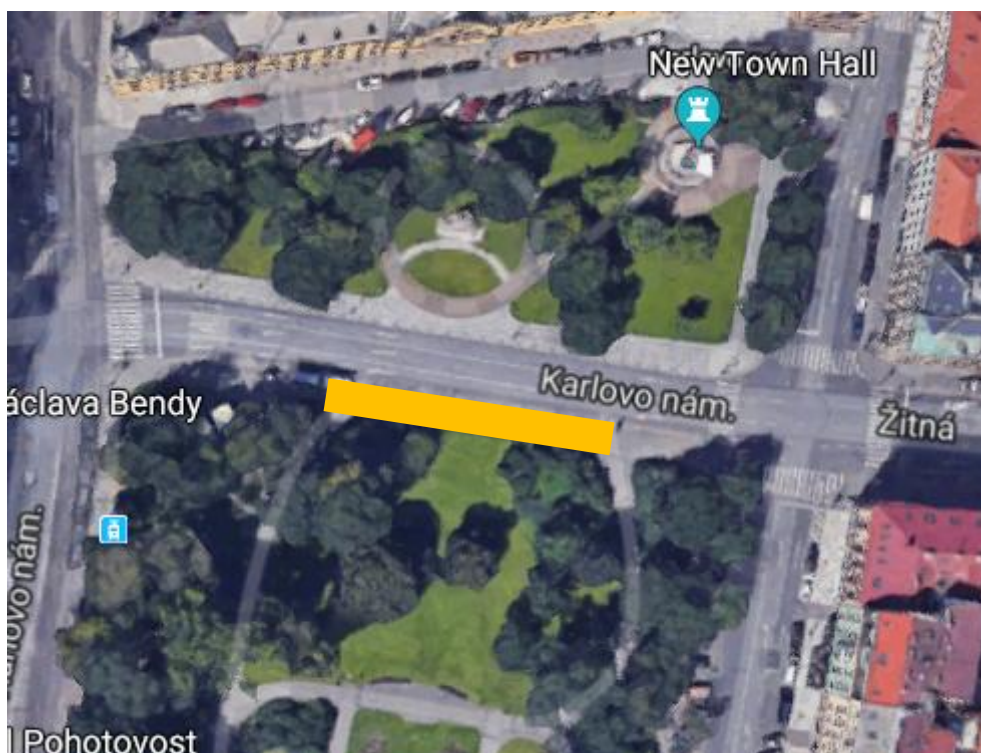


Obrázek 52: Porovnání průměrného zdržení elektromobilů v křižovatce Zborovská x Dienzenhoferovy sady

Z výsledků průměrného zdržení elektromobilů v křižovatce, zobrazených v tabulce 11 a graficky poté v obrázku 52, můžeme jednoznačně říci, že aplikovaná preference má svůj pozitivní přínos na průjezd elektromobilů touto křižovatkou. Řidiči elektromobilů tak v průměru při průjezdu této křižovatky uspořili téměř 0,5 minuty.

9.3 Ověření vlivu parkujících vozidel na dopravní proud

Pro ověření vlivu nabíjecího stanoviště a parkujících řidičů na přilehlý dopravní proud je vhodné zvolit v rámci navrhovaných stanovišť takové, které bude v oblasti s vysokými intenzitami a tím pádem i největší předpoklad k ovlivnění dopravního proudu. Jako jedno z vhodných stanovišť jsem si vybral stanoviště na Karlově náměstí, viz. obrázek 53. Kolem tohoto stanoviště proudí většina objemu dopravy přivedeného ulicemi Žitná.



Obrázek 53: Lokace nabíjecího stanoviště na Karlově náměstí[26]

Velkým rizikem pro dopravní proud jsou řidiči hledající místa k zaparkování. Nevěnují se dostatečně okolní dopravě, jelikož část své pozornosti mají zaměřenou na hledání parkovacích míst. Jejich reakce jsou často nepředvídatelné a volné místo spatřují až na poslední chvíli a to hlavně v případech, pokud jim kryjí výhled například větší vozidlo. Z mého průzkumu vyplynulo, že řidič který hledá parkovací místo a neví o něm dopředu, ovlivňuje dopravní proud v průměru osmi sekundami. Čas jsem začal měřit ve chvíli, kdy začal svým chováním ovlivňovat volný dopravní proud. Samozřejmě jsou tací řidiči, kteří si v rámci parkovacího manévru špatně zvolí parkovací trajektorii a tím pádem ovlivňují dopravní proud mnohem déle. Abychom předešli takovému jednání řidiče, je zavedeno značení nabíjecích stanovišť, které dynamicky v čase zobrazuje, které místo je volné či obsazené. Tím se předchází mnoha krizovým situacím. V praxi jsem si pozorováním ověřil, že ovlivnění dopravního proudu řidičem, který včas ví o volném parkovacím místě, se v průměru pohybuje okolo pěti sekund. Zároveň řidiči v orientaci může pomoci příslušná

mobilní aplikace, ve které je navigace na volná nabíjecí místa součástí. Předchozí hypotézy byly uplatňovány na podélná stání. Třetí možností pro optimalizaci ovlivnění dopravního proudu parkujícími vozidly je stavební úprava stání. Tato varianta by mohla být ve smyslu dostatečné délky stání, aby mohli příjíždějící řidiči zaparkovat bez nutnosti couvání v rámci dopravního proudu. Další možností je například přestavba podélného stání na šikmé s možným čelním výjezdem z místa, které by řidiče z nabíjecích stanovišť poté navedlo zpátky do dopravního proudu. Ovlivnění dopravního proudu zajíždějících vozidel na šikmé stání jsem díky pozorování stanovil na dvě vteřiny. Tato třetí varianta je časově nejpřívětivější, avšak nese sebou i dodatečné náklady k úpravě komunikace.

9.3.1 Simulace parkování

Při tvorbě simulace jsem opět využil mikrosimulačního programu Vissim. Základní postup tvorby dopravní sítě se neliší od předchozího popsaného modelování. Aby se opět více přiblížil model realitě, využil jsem redukovaných rychlostních zón i obecné přizpůsobení rychlosti v daném úseku. V samotném návrhu jsem vycházel z parametrů z průzkumu popsaného výše. Také jsem využil dat Technické správy komunikací z roku 2016.[18] V datech sčítání dopravy je v tomto úseku Karlova náměstí uvedena průměrná denní intenzita 838 voz/hod. Tuto průměrnou denní intenzitu jsem v rámci simulace považoval za minimální hodnotu, kterou jsem doplnil o tři vyšší špičkové intenzity, 1800 voz/hod, 2500 voz/hod a 3000 voz/hod, pro zjištění dopadů v rámci silnějšího provozu v tomto úseku o třech jízdních pružích.

Máme tedy stanoveny čtyři intenzity pro tři zkoumané scénáře. První scénář je parkovací stání zcela bez dynamického značení volného stání. Druhý scénář je doplněn touto proprietou a umožňuje zavčas řidiči reagovat na volné nabíjecí stání. Třetí scénář je ještě vylepšený o možnou úpravu stání pro ještě větší plynulost parkovacího manévru a tím pádem menšího ovlivnění dopravního proudu.

Vyhodnocení simulace je zobrazeno v tabulkách 12-14 a graficky v obrázku 54.

9.3.2 Vyhodnocení simulace parkování - nabíjecí stanoviště Karlovo náměstí

Tabulka 12: Ovlivnění dopravního proudu parkujícími řidiči do míst bez indikace volného stání

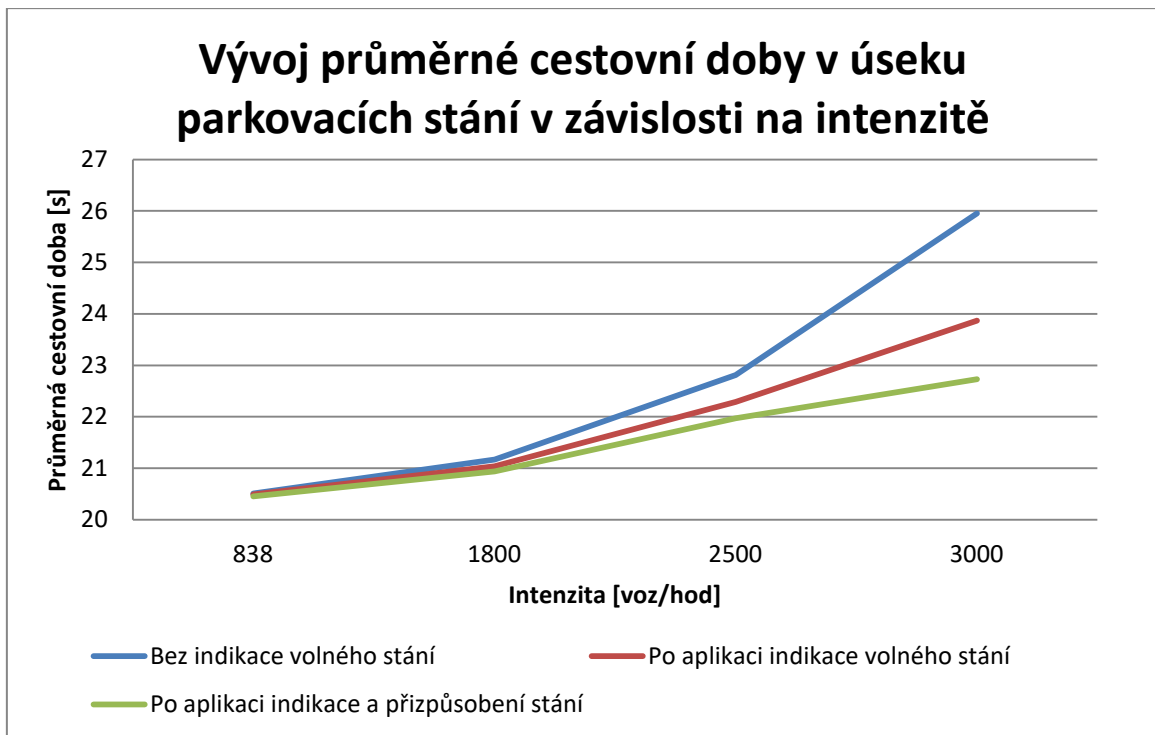
Karlovo náměstí - směr z Žitné	Bez indikace obsazenosti stání			
	Scénář	Intenzita [voz/hod]	Průměrná cestovní doba [s]	Průměrné zdržení [s]
	1	838	20,51	0,15
	2	1800	21,17	0,67
	3	2500	22,81	2,22
4	3000	25,95	5,43	

Tabulka 13: Ovlivnění dopravního proudu parkujícími řidiči do míst s indikací volného stání

Karlovo náměstí - směr z Žitné	Po aplikaci indikace volného stání			
	Scénář	Intenzita [voz/hod]	Průměrná cestovní doba [s]	Průměrné zdržení [s]
	1	838	20,49	0,12
	2	1800	21,04	0,55
	3	2500	22,29	1,73
4	3000	23,87	3,3	

Tabulka 14: Ovlivnění dopravního proudu parkujícími řidiči do upravených míst s indikací obsazenosti

Karlovo náměstí - směr z Žitné	Po aplikaci indikace volného stání a stavebních úpravách			
	Scénář	Intenzita [voz/hod]	Průměrná cestovní doba [s]	Průměrné zdržení [s]
	1	838	20,45	0,09
	2	1800	20,94	0,42
	3	2500	21,97	1,4
4	3000	22,73	2,12	



Obrázek 54: Graf závislosti průměrné cestovní doby v úseku parkovacích stání na intenzitě

Výsledky simulace nám potvrdily hypotézu, že výraznější ovlivnění provozu parkujícími vozidly nastává až s vyššími intenzitami dopravy. Investování do zmíněných opatření ulehčujících řidičům orientaci při hledání parkovacího místa je velmi žádoucí právě na těchto vytížených úsecích, jako je toto stanoviště na Karlově náměstí. Z výsledků vyplývá, že průměrné zdržení v dopravním proudu se zmenšilo více než dvakrát po aplikaci dynamického značení spojeného s přizpůsobením stání. Růst křivek nám také indikuje výraznější nárůst průměrné cestovní doby u scénáře bez indikace volného stání oproti zbývajícím dvěma scénářům s navrhovanými opatřeními.

Při návrhu nabíjecího stanoviště na Karlově náměstí je tedy velmi žádoucí počítat se značením volného stání, který řidičům umožní jednodušší orientaci v prostoru. Jelikož k dnešku na tomto místě žádný nabíjecí terminál není, bude nutné stanoviště budovat celé. Tím se ušetří případné prostředky na nutnou přestavbu, jelikož se může rovnou s těmito parametry počítat při samotné výstavbě.

10 Shrnutí

V rámci výběru vhodné lokality pro provoz elektromobilů byl navržen univerzitní carsharingový systém, který v první fázi propojuje jednotlivé hlavní budovy ČVUT. V dalších fázích růstu je uvažováno rozšíření o další součásti ČVUT či rozšíření na další pražské univerzity.

Mezi těmito hlavními body zájmu jsou navrženy jednotlivé preferované dopravní směry, ve kterých byl proveden návrh nejrůznějších preferenčních opatření. Pro ověření dopadů preference elektromobilů v dopravních uzlech jsem si vybral směr z kolejí Strahov na kampus na Albertově a Karlově náměstí. V rámci tohoto směru jsem zvolil dvě vhodné trasy spojující tyto oblasti. Řidič by tak v případě místních kongescí měl možnost volby mezi další preferovanou trasou ve stejném směru.

V křižovatkách Podbělohorská x Plzeňská a Zborovská x Dienzenhoferovy sady byly provedeny dopravní průzkumy, na základě kterých byly vytvořeny simulační modely, ve kterých jsem zjišťoval dopady preference elektromobilů v křižovatkách s potencionálním růstem preferovaných elektromobilů i intenzit. Hodnoty intenzit v průzkumu činily na křižovatce Podbělohorská x Plzeňská v hlavním směru 1727 voz/hod, ve vedlejších směrech ulice Podbělohorské 229 voz/hod a ulice Prachnerovy 104 voz/hod. V křižovatce Zborovská x Dienzenhoferovy sady byla naměřena intenzita 2151 voz/hod v hlavním směru ulice Dienzenhoferovy sady a ve vedlejší směru ulice Zborovské hodnota 760 voz/hod.

Z výsledků simulace vyplývá, že zvyšující se procento preferovaných elektromobilů v dopravním proudu od určité hranice citelně ovlivňuje dopravní proud. Znatelnější ovlivnění dopravy nastává již s podílem 10% preferovaných elektromobilů v dopravním proudu. Do této mezní hodnoty se elektromobily v navrhovaném carsharingu vejdou s dostatečnými rezervami. Pokud by se však tato preferenční opatření uvolnila i pro využití elektromobily soukromých vlastníků, bude nutné vývoj počtu elektromobilů v Praze sledovat, aby nedocházelo k překračování únosné hranice ovlivnění dopravy jednotlivých dopravních uzlů s preferencí. V blízké budoucnosti totiž předpokládáme růst počtu elektromobilů. Také můžeme říci, že je vhodné vypracovat detailní model chování dopravy v úseku pro každou křižovatku, ve které bychom chtěli zavádět preferenci elektromobilů. Na základě výsledků simulace totiž pozorujeme specifické chování dopravy v jednotlivých křižovatkách.

Navigace na volná parkovací místa na nabíjecích stanovištích je vytvořena pomocí informačních panelů v rámci preferovaných dopravních směrů. Další naváděcí složkou je zabudovaná navigace v aplikaci carsharingu. Tato aplikace umožňuje nejenom přímou navigaci na volná místa nabíjecích stanovišť, ale uživateli nabízí i možnost rezervace.

Samotná nabíjecí místa indikují svoji obsazenost LED svítilny, která umožní řidičům včasné rozpoznání volného místa. Samotná obsazenost místa je detekována na základě připojení konektoru do dobíjecí stanice a zároveň je v nabíjecím stání instalován feromagnetický detektor ve vozovce, který slouží pro upozornění řidičů, kteří zapoměli po odstavení vozidla zapojit elektromobil do nabíjecí stanice. Tato redundance minimalizuje pravděpodobnost toho, že by řidič elektromobilu byl navigován k nabíjecí stanici, ve které by bylo nabíjecí místo nějakým způsobem blokováno.

Navigace a včasná indikace volného stání redukuje délku ovlivnění dopravního proudu. To je způsobeno řidiči, kteří hledají volné nabíjecí stanoviště a například ho pozdě zaregistrují. Tyto situace a chování řidičů začnou v dopravním proudu způsobovat neočekávané situace. Tento předpoklad byl ověřen v simulacích, ze kterých vyplynulo, že díky aplikaci indikace volného místa s vhodnou úpravou stání lze dosáhnout redukce průměrného zdržení přilehlého dopravního proudu o desítky procent v závislosti na intenzitě. Ze simulace také vyplynulo charakteristické zvyšování zdržení dopravního proudu v závislosti na intenzitě, které je nejstrmější ve scénáři bez indikace volného stání. Z těchto dvou zjištění tedy vyplývá, že zavedení naváděcích prvků a indikací má smysl především v místech s vysokou intenzitou dopravy, kde je vyšší pravděpodobnost vzniku nebezpečných situací, kterým díky těmto opatřením předejdeme.

11 Doporučení

Ze závěrů této diplomové práce vyplývá několik doporučení jak v oblasti samotné elektromobility a rozvoje preference, tak v oblasti carsharingu, komunikace vozidel či využití dat k řízení dopravy.

Při budování infrastruktury a komunikačního prostředí pro elektromobily je nutné se držet směrnice Evropského parlamentu a rady 2014/94/EU, která stanovuje mantinely pro zavádění infrastruktury pro vozidla s alternativními palivy. Hlavním cílem je tak dosažení jednotné infrastrukturní sítě, která bude vybavena inteligentními energetickými měřicími systémy poskytující údaje v reálném čase. Při rozvoji nových typů pohonu by se nemělo zapomínat také na vodíkové palivové články. Jednotný rozvoj tohoto segmentu by měl být zajištěn díky evropským normalizačním organizacím, které by měly navrhnout opatření podle zásad článku 10 nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1025/2012.

Zkušenosti z Mnichova nám také ukázaly, že je dobré spouštět volný elektrocarsharing až ve chvíli, kdy je v rámci dané provozní lokality vybudováno dostatek nabíjecích stanic. V Mnichově jich bylo při spuštění pouze 8. V Berlíně jejich počet dosáhl 75, tudíž se zde neprojevil efekt, že by se uživatelé obávali o možnosti dalšího nabití a pohybovali se v krátkých vzdálenostech. Při zavedení free-float sdílení je také nutné analyzovat lokalizační data vozidel. Pomocí zónových algoritmů a finančních benefitů pro uživatele se pak snažíme předcházet nahromadění vozidel v ne příliš frekventovaných lokalitách či právě naopak vozidla koncentrujeme ve velkých dopravních uzlech, kde je jejich profitabilita daleko větší.

Pokud se zaměříme na dobíjení elektromobilů, zde je jednoznačným doporučením stanice vybavovat převážně stejnosměrným rychlodobíjením. U vozidel tím dojde k minimalizaci provozní hmotnosti, jelikož nebudou muset být vybavena usměrňovačem, který by byl nutný u střídavého napětí. Při přibližném rozmístění stanic v území je možné využít lokalizačních algoritmů s podporou GIS systémů. Samotné nabíjecí stanice je vhodné budovat v rámci Smart Grid konceptu s využitím a uložením energie z obnovitelných zdrojů. Umístění stanic je preferováno v méně dopravně zatížených ulicích, kvůli negativnímu ovlivnění dopravního proudu zájezdovými řidiči. Případně je třeba budovat stanice podle zásad, které jsem definoval a ověřil v simulacích.

Na základě evropské směrnice 2014/94/EU byl vydán v České republice zákon č. 311/2006 Sb. o povinnosti vybavit při výstavbě nabíjecí stanice povinným EU standardem, a to v podobě konektoru IEC62196-3 či IEC62196-2.

V oblasti vzájemné komunikace a preference elektromobilů je jednoznačně doporučeno rozšiřování C-ITS systémů. Ve spolupráci s operátory je výhodné využít stávající buňkové LTE sítě s hlavním zaměřením na budoucí 5G sítě, které se budou pohybovat ve dvou frekvenčních sekcích. První sekce v Evropě bude v rozmezí 3,4 - 3,8 GHz. Druhá sekce se bude pohybovat v Evropě v hodnotách 24,25 - 27,5 GHz, které však pro pokrytí prostoru s překážkami nejsou příliš vhodné.[7] Na základě této technologie se můžou dále rozvíjet optimalizační algoritmy dopravního toku s potenciálem úspory energie vozidel a také kooperativní až postupně autonomní systémy. Rozvoj v této oblasti bude také možný i díky pokročilé architektuře v moderních online vozidlech s přenosovou rychlostí v řádu desítek Mbps, ve kterých postupně dochází k náhradě staršího standardu CAN sběrnice s maximální rychlostí 1 Mbps. Při samotné preferenci elektromobilů v dopravním proudu je nutné do přenášeného protokolu zakomponovat znak elektromobilů. To následně i zjednoduší případné sledování růstu a ovlivnění dopravy tímto segmentem.

Finanční pobídky a daňová zvýhodnění jsou formami státní podpory rozvoje elektromobility. Na příkladu Norska můžeme vidět, jak opatření zafungovala. Díky odpuštění daně z přidané hodnoty z nákupu vozidla v hodnotě 25% a registrační daně, jejíž výše závisí na typu vozidla, vznikla velká poptávka a tím pádem i silný trh, který do země přilákal řadu automobilových značek a například v roce 2009 již v Norsku automobilové značky nabízeli 38 elektrifikovaných modelů.[22]

Při návrhu aplikace a komunikačního rozhraní je nutné se zaměřit a v rámci struktury uvažovat využití online dat z plovoucích vozidel pro možnosti řízení dopravy. Samotná aplikace pak musí uživatelům nabídnout přehledné rozhraní, které zajistí snadnou využitelnost všech funkcí. Především je nutné klást důraz na inovativní funkce jako je navigace na volná nabíjecí místa a jejich možná rezervace.

Preference elektromobilů v dopravních uzlech je velmi efektivní. V simulacích vyšlo zrychlení průjezdu elektromobilů křižovatkou v rozmezí 25 - 40 sekund. Preference má smysl především na frekventovaných křižovatkách, v rámci kterých je velký rozsah intenzity dopravy mezi jednotlivými rameny křižovatky. Benefity preference elektromobilů jsou největší právě v případech, kdy je předpokládaná trasa elektromobilů vedena vedlejším ramenem křižovatky, které má intenzitu ideálně do 1/3 intenzity hlavního dopravního proudu. Za běžného bezpreferenčního stavu mají totiž vozidla z tohoto směru, oproti hlavnímu směru, minimální podíl signálu volno v rámci jednoho cyklu.

Při uvolnění preferenčních opatření běžným elektromobilům mimo navrhovaný carsharing, je nutné sledovat vývoj segmentu elektromobility, jelikož byl v simulaci prokázán výraznější vliv preference na okolní dopravu při hodnotách penetrace elektromobilů 10% a více.

12 Závěr

Závěrem této práce je navržený systém univerzitního sdílení elektromobilů s definovanými potenciály rozvoje. V první fázi propojuje carsharing hlavní body zájmu ČVUT. V druhé fázi jsou zapojeny i další méně frekventovaná místa ČVUT. Ve třetí fázi je uvažováno rozšíření mezi další pražské univerzity s potenciální přeměnou do podoby free-float carsharingu.

V území byly vytyčeny čtyři nabíjecí stanoviště. Koleje Strahov, kampus Dejvice, kampus Albertov a Karlovo náměstí. Mezi těmito oblastmi byly stanoveny preferované trasy, na kterých byla doporučena různá preferenční opatření. V okolní oblasti těchto stanovišť byla také navržena navigace vozidel na volná nabíjecí stání.

Navigace vozidel na volná nabíjecí stání probíhá i pomocí navržené mobilní aplikace. Ta uživatelům umožňuje nejenom navigaci, ale při plánování trasy mohou také využít i funkci rezervace vozidla či konkrétního nabíjecího stání. Navržené komunikační rozhraní carsharingu navíc otevírá možnosti využití sdílených vozidel jako plovoucích vozidel v dopravním proudu a tím tak přispět k získání dalších vhodných dat k řízení dopravy.

V rámci navrženého preferovaného směru koleje Strahov - Albertov bylo v simulacích provedeno ověření dopadů preference elektromobilů na dopravní proud. V trase číslo 1 (viz. obrázek 32) v křižovatce Plzeňská x Podbělohorská a v trase číslo 2 v křižovatce Zborovská x Dienzenhoferovy sady, ve které po aplikaci preference elektromobilů došlo k jejich zrychlení v průměru o 25,32 sekundy. V první jmenované křižovatce došlo v průměru ke zrychlení dokonce o 39,63 s. Křižovatka Plzeňská x Podbělohorská je jedna z křižovatek, ve které se nasazení preference elektromobility nabízí. Vozidla z vedlejší Podbělohorské ulice mají totiž ve špičce intenzitu v průměru pouze 229 voz/hod, tudíž v signálním plánu je většinu času přiřazen signál volno Plzeňské ulici, a to díky průměrné intenzitě 1727 voz/hod.

Ze simulací také vyplynulo podstatné zjištění. Od hranice 10% preferovaných elektromobilů v dopravním uzlu dochází k výraznějšímu ovlivnění dopravního proudu. Pro potřeby elektrocarsharingu je tato hranice dostatečná, avšak při případném zpřístupnění preferenčních opatření i soukromým majitelům elektrických vozidel může nastat problém. Je proto nutné sledovat případný růst tohoto segmentu a podle aktuálního stavu upravit preferenční algoritmy. V simulacích byly také ověřeny dopady signalizace volných nabíjecích stání a vhodných stanovišť, díky kterým se dá zmenšit vliv parkujících řidičů v podobě zdržení přilehlého dopravního proudu o desítky procent v závislosti na intenzitě.

Diplomová práce se nevěnuje ekonomické stránce řešení, ale čistě technickému návrhu. Při samotné realizaci je třeba věnovat pozornost i ekonomickým možnostem daných rozpočtem. Jinak ale můžeme práci brát jako shrnutí technických doporučení při budování carsharingu, nabíjecích stanic i preference elektromobilů.

Reference

- [1] SAUERWALD, Mark. *CAN bus, Ethernet, or FPD-Link: Which is best for automotive communications?* [online]. [cit. 2.12.2018]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/an/slyt560/slyt560.pdf>
- [2] Projekt Zeeus, Zero Emission Urban Bus System [online]. [cit. 10.4.2019] Dostupné z: <https://zeeus.eu/>
- [3] Texas Instruments. *FPD-link III* [online]. [cit. 5.12.2018]. Dostupné z: <https://www.nexty-ele.com/english/product/detail/texas-instruments/>
- [4] FlexRay Consorciium. *FlexRay Communications System Protocol Specification Version 3.0.1*, [online]. 2010 [cit. 5.12.2018] Dostupné z: <https://svn.ipd.kit.edu/nlrp/public/FlexRay/FlexRay%E2%84%A2%20Protocol%20Specification%20Version%203.0.1.pdf>
- [5] GUOA Qiangqiang, Li Lib, Xuegang Bana. *Urban traffic signal control with connected and automated vehicles: A survey* [online]. [cit. 14.12.2018]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X18311641>
- [6] BOUWMAN, K.R., T.H. Pham, S. Wilkins, T. Hofman. *Predictive Energy Management Strategy Including Traffic Flow Data for Hybrid Electric Vehicles*, [online]. 2017 [cit. 14.12.2018]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896317323959>
- [7] 3GPP. *5G – Briefing for Evaluation Groups* [online]. 2018 [cit. 23.4.2018]. Dostupné z: https://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1987-imt2020_workshop
- [8] HU, Yan, Wenli Chen, Jingjing Feng. *A LTE-Cellular-Based V2X Solution to future vehicular network* [online]. 2016 [cit. 17.1.2019]. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7572192>
- [9] SEUNGBOK, Byun, Kang Sangpil, Hong Choulhee, Kim Heeyoung, Kim Yoongi. *Design of V2X Vehicle Antenna* [online]. 2018 [cit. 10.2.2019]. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8627862>
- [10] Pražská integrovaná doprava, *Katalog preferenčních opatření pro veřejnou hromadnou dopravu* [online]. [cit. 12.2.2019]. Dostupné z: <https://pid.cz/wp-content/uploads/2017/10/Katalog-preferencnich-opatreni.pdf>

- [11] MUHAMMAD, Mujahid, Ghazanfar AliSafdar. *Survey on existing authentication issues for cellular-assisted V2X communication* [online]. 2018 [cit. 14.2.2019]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214209617302267>
- [12] PEASE, Christopher. *An Overview of Monte Carlo Methods* [online]. 2018 [cit. 18.2.2019]. Dostupné z: <https://towardsdatascience.com/an-overview-of-monte-carlo-methods-675384eb1694>
- [13] BĚLINOVÁ, Zuzana. *Telematické systémy a služby* [online]. [cit. 18.2.2019]. Dostupné z: <http://www.lss.fd.cvut.cz/vyuka/tss/soubory/7-kooperativni-systemy.pdf>
- [14] KUŽELKA, Miroslav. *Rychlodobíjecí infrastruktura, vývoj a trendy* [online]. 2017 [cit. 22.2.2019]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista_mobilita_seminar/\\$FILE/SOPSPZP-rychlodobijeci_infrastruktura-20170314.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista_mobilita_seminar/$FILE/SOPSPZP-rychlodobijeci_infrastruktura-20170314.pdf)
- [15] Ministerstvo životního prostředí. *Elektromobilita - osvětový materiál* [online]. [cit. 22.2.2019]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista_mobilita_seminar/\\$FILE/SOPSPZP-Elektro_osvetovy_material-20171031.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista_mobilita_seminar/$FILE/SOPSPZP-Elektro_osvetovy_material-20171031.pdf)
- [16] Operátor ICT. *Koncepce Smart Prague 2030* [online]. [cit. 28.2.2019]. Dostupné z: https://www.smartprague.eu/files/koncepce_smartprague.pdf
- [17] Dopravní podnik hlavního města Prahy. *Dopravní podnik otestuje hybridní autobus Volvo 7900 LAH* [online]. [cit. 1.3.2019]. Dostupné z: <http://www.dpp.cz/dopravni-podnik-otestuje-hybridni-autobus-volvo-7900-lah/>
- [18] Technická správa komunikací. *Sčítání dopravy 2016* [online]. [cit. 4.3.2019]. Dostupné z: <https://www.tsk-praha.cz/wps/wcm/connect/www.tsk-praha.cz20642/9cf6d9b7-ea80-441a-a00e-8a067e113019/tsk-udi-intenzity-2016.xlsx?MOD=AJPERES>
- [19] MÜLLER, Johannes, Stefan Schmöller, Flemming Giesel. *Identifying Users and Use of (Electric) Free-Floating Carsharing in Berlin and Munich* [online]. 2015 [cit. 6.3.2019]. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7313505/>
- [20] SCHMÖLLER, Stefan, Simone Weikl, Johannes Müller, Klaus Bogenberger. *Empirical analysis of free-floating carsharing usage: The Munich and Berlin case* [online]. 2015 [cit. 6.3.2019]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X1500087X>

- [21] DIAMOND David. *The impact of government incentives for hybrid-electric vehicles: Evidence from US states* [online]. 2009 [cit. 16.3.2019]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421508005466>
- [22] ZSUZSA, Lévy Petra, Drossinos Yannis, Thiel Christian. *The effect of fiscal incentives on market penetration of electric vehicles: A pairwise comparison of total cost of ownership*; [online]. 2017 [cit. 17.3.2019]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421517301404>
- [23] MERSKY, Avi Chaim, Sprei Frances, Samaras Constantine, Qian (Sean) Zhen. Effectiveness of incentives on electric vehicle adoption in Norway [online]. 2016 [cit. 20.3.2019]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920916000407>
- [24] Energy facts, Norway. *Electricity production, Norway* [online]. [cit. 22.3.2019]. Dostupné z: <https://energifaktanorge.no/en/norsk-energiforsyning/kraftproduksjon/>
- [25] ZÁHORA, Jiří. *Automotive control unit with CAN and FlexRay*. 2018. [cit. 24.3.2019]. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta elektrotechnická.
- [26] Mapy Google [online] [cit. 26.2.2019] Dostupné z: <https://www.google.cz/maps>
- [27] HOWARD, Bill. *Hyundai will sell a hydrogen fuel cell SUV in 2014, 300-mile range expected* [online]. [cit. 25.3.2019]. Dostupné z: <https://www.extremetech.com/extreme/171299-hyundai-will-sell-a-hydrogen-fuel-cell-suv-in-2014-300-mile-range-expected>
- [28] Combined Charging System; [online]. [cit. 26.3.2019]. Dostupné z: https://www.google.com/search?q=dc+combo+2&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewin9JL_gYXiAhXJKVAKHWBDDTgQ_AUIDigB&biw=1707&bih=838&dpr=1.13#imgrc=2xap5nFPrK2uEM:
- [29] Type 2 Connector; [online]. [cit. 26.3.2019]. Dostupné z: https://www.google.com/search?biw=1707&bih=838&tbm=isch&sa=1&ei=LyzPXJqWD-ydlwSw6onYBw&q=ac+mennekes+type+2&oq=ac+mennekes+type+2&gs_l=img.3...3956.7667..7905...0.0..0.119.643.5j2.....0....1..gws-wiz-img.IWC_axlth0k#imgrc=xom3mzqmQroIDM:
- [30] HOŘČÍK, Jan. *Tesla ukázala Superchager V3, díky výkonu 250 kW a dalším vylepšením zkrátí nabíjení na polovinu* [online]. [cit. 20.4.2019] Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/tesla-ukazala-superchager-v3-diky-vykonu-250-kw-dalsim-vylepsenim-zkrati-nabijeni-na-polovinu>

- [31] SRB, Luboš. Nabíjení elektromobilu: využijte všechny možnosti, zn. chytře [online]. [cit. 22.4.2019] Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/nabijeni-elektromobilu-vyuzivejte-vsechny-moznosti-zn-chytre>
- [32] BeeZero: První car sharing palivočlánkových automobilů na světě má Mnichov [online]. [cit. 12.4.2019] Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/smart-city/15.php>
- [33] Levi, Ziv. *Automotive Ethernet: The Future of In-Car Networking?* [online]. [cit. 27.4.2019] Dostupné z: <https://www.electronicdesign.com/automotive/automotive-ethernet-future-car-networking>
- [34] TAHARA Hayato, Urasaki Naomitsu, Senjyu Tomonobu. EV Charging Station Using Renewable Energy; [online]. 2016 [cit. 1.4.2019]. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7413708/>
- [35] Projekt E-ROAD Písek – Deggendorf [online]. [cit. 10.4.2019] Dostupné z: <https://go-eroad.eu/cs/>
- [36] PTV. Vissim user manual [online]. [cit. 12.4.2019] Dostupné z: <http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-uk/training-support/support/ptv-vissim/>
- [37] LIU, Guanghui. Wiedemann following model, how it works, [online]. [cit. 15.4.2019] Dostupné z: <http://w99demo.com/>
- [38] BENSMANN, Thomas. Charging your Tesla [online]. [cit. 20.4.2019] Dostupné z: <https://bensmann.no/tesla/charging>
- [39] JEČMEN, Aleš. *Monitorování dopravního proudu plovoucími vozidly*. 2015. [cit. 22.4.2019]. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní.
- [40] HRUBEŠ, Pavel, Martin LANGR, Přemysl DERBEK, Dušan SAIKO, Martin VOLNÝ *Zmapování služeb a dat v oblasti FCD (Floating Car Data) pro využití v rámci informačních systémů ŘSD*. [online]. 2010 [cit. 25.4.2019] Dostupné z: http://www.lss.fd.cvut.cz/Members/langr/uaemka/fcd/at_download/file

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1: POČET VOZIDEL NA 1000 PRAŽANŮ V JEDNOTLIVÝCH LETECH[16]	10
OBRÁZEK 2: HYUNDAI IX35 S VODÍKOVÝM POHONEM[27]	12
OBRÁZEK 3: DC ZÁSTRČKA[28]	15
OBRÁZEK 4: AC ZÁSTRČKA[29]	15
OBRÁZEK 5: AC/DC ZÁSUVKA[28]	15
OBRÁZEK 6: DC NABÍJECÍ STANICE S DVĚMA MOŽNÝMI TYPY ZÁSTRČEK [15].....	16
OBRÁZEK 7: AC NABÍJECÍ STANICE S DVĚMA MOŽNÝMI TYPY ZÁSTRČEK[15]	17
OBRÁZEK 8: BĚŽNÉ PŘEVODNÍ RŮZNÝCH TYPŮ AC ZÁSUVK[15]	18
OBRÁZEK 9: UMÍSTĚNÍ NABÍJECÍ SOUSTAVY-KOLMÉ STÁNÍ[15]	19
OBRÁZEK 10: UMÍSTĚNÍ NABÍJECÍ SOUSTAVY-KOLMÉ STÁNÍ[15]	19
OBRÁZEK 11: UMÍSTĚNÍ NABÍJECÍ SOUSTAVY-GARÁŽOVÉ STÁNÍ[15]	20
OBRÁZEK 12: VODOROVNÉ DOPRAVNÍ ZNAČENÍ PRO EKOLOGICKÉ VOZY[15].....	20
OBRÁZEK 13: NYNĚJŠÍ UPLATNĚNÍ A BUDOUCÍ TRENDY NABÍJECÍCH SYSTÉMŮ[14]	21
OBRÁZEK 14: NABÍJECÍ STANICE S VYUŽITÍM OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ[34]	22
OBRÁZEK 15: UMÍSTĚNÍ MAJÁKU V KŘIŽOVATCE[10]	24
OBRÁZEK 16: INFRAČERVENÝ MAJÁK[10]	24
OBRÁZEK 17: C-ITS KOMUNIKACE[11]	25
OBRÁZEK 18: TYPICKÉ SYSTÉMOVÉ NÁROKY PRO C-ITS KOMUNIKACI[8]	26
OBRÁZEK 19: SCÉNÁŘ SIMULACE [8]	27
OBRÁZEK 20: VÝSLEDNÉ HODNOTY SIMULACE [8]	27
OBRÁZEK 21: GRAFICKÝ NÁVRH UMÍSTĚNÍ JEDNOTLIVÝCH ANTÉN VOZIDLA[9]	28
OBRÁZEK 22: VÝVOJ NABÍDKY MODELŮ ELEKTROMOBILŮ A TRŽNÍHO PODÍLU V JEDNOTLIVÝCH ZEMÍCH[22].....	29
OBRÁZEK 23: POROVNÁNÍ FINANČNÍCH POBÍDEK, PODÍLU REGISTRACÍ ELEKTROMOBILŮ A HDP NA OBYVATELE V DANÉM STÁTĚ[22].	30
OBRÁZEK 24: TRŽNÍ PODÍL HYBRIDŮ V ZÁVISLOSTI NA CENĚ POHONNÝCH HMOT[21]	30
OBRÁZEK 25: APLIKACE CAN SBĚRNICE[1]	32
OBRÁZEK 26: ROZHRANÍ FPD-LINK STANDARDU PRO PŘENOS OBRAZOVÝCH DAT[3].....	33
OBRÁZEK 27: HLAVNÍ LOKALITY UNIVERZITNÍHO E-CARSHARINGU[26].....	35
OBRÁZEK 28: UMÍSTĚNÍ NAVÁDĚCÍCH PANELŮ A PARKOVACÍCH STÁNÍ V KAMPUSU DEJVICE[26].....	36
OBRÁZEK 29: UMÍSTĚNÍ NAVÁDĚCÍCH PANELŮ A PARKOVACÍCH STÁNÍ NA KARLOVĚ NÁMĚSTÍ[26].....	37
OBRÁZEK 30: UMÍSTĚNÍ NAVÁDĚCÍCH PANELŮ A PARKOVACÍCH STÁNÍ V KAMPUSU ALBERTOV[26].....	38
OBRÁZEK 31: UMÍSTĚNÍ NAVÁDĚCÍCH PANELŮ A PARKOVACÍCH STÁNÍ V AREÁLU STRAHOV[26]	39
OBRÁZEK 32: PREFEROVANÉ TRASY V RÁMCI E-CARSHARINGU[26]	40
OBRÁZEK 33: NÁVRH KOMUNIKAČNÍCH PERIFERIÍ [VLASTNÍ]	45
OBRÁZEK 34: INFORMAČNÍ TOK DAT [VLASTNÍ]	46
OBRÁZEK 35: FUNKČNÍ BLOKY MOBILNÍ APLIKACE [VLASTNÍ]	47
OBRÁZEK 36: SCHÉMA KOMUNIKAČNÍCH PANELŮ SIMULAČNÍHO PROSTŘEDÍ PTV VISSIM[36].....	48

OBRÁZEK 37: WIEDEMANNŮV CAR-FOLLOWING MODEL [37]	49
OBRÁZEK 38: GRAF MAXIMÁLNÍ AKCELERACE V PROGRAMU VISSIM [VLASTNÍ SIMULACE]	50
OBRÁZEK 39: VOLBA TYPU MODELU V PROGRAMU VISSIM [VLASTNÍ SIMULACE]	50
OBRÁZEK 40: OZNAČENÍ STANOVIŠTĚ DOPRAVNÍHO PRŮZKUMU NA KŘIŽOVATCE PLZEŇSKÁ X PODBĚLOHORSKÁ [26]	51
OBRÁZEK 41: GRAF INTENZITY VOZIDEL V KŘIŽOVATCE PLZEŇSKÁ X PODBĚLOHORSKÁ V 16:30-17:30	52
OBRÁZEK 42: PŘÍKLAD KOLIZNÍ PLOCHY SMĚRU A ^A A B ^A V KŘIŽOVATCE PLZEŇSKÁ X PODBĚLOHORSKÁ [26/VLASTNÍ]	53
OBRÁZEK 43: VYMODELOVANÁ STRUKTURA KŘIŽOVATKY V PROSTŘEDÍ PROGRAMU VISSIM [VLASTNÍ SIMULACE]	54
OBRÁZEK 44: DYNAMICKÝ SIGNÁLNÍ PLÁN S VÝZVOU A PRODLOUŽENÍM V PROGRAMU VISSIM [VLASTNÍ SIMULACE]	55
OBRÁZEK 45: PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ MODULU VISVAP [VLASTNÍ SIMULACE]	55
OBRÁZEK 46: GRAF ZÁVISLOSTI PODÍLU PREFEROVANÝCH ELEKTROMOBILŮ NA ZDRŽENÍ V ULICI PLZEŇSKÉ	58
OBRÁZEK 47: POROVNÁNÍ PRŮMĚRNÉHO ZDRŽENÍ ELEKTROMOBILŮ V KŘIŽOVATCE PLZEŇSKÁ X PODBĚLOHORSKÁ V ZÁVISLOSTI NA PŘÍTOMNOSTI PREFERENCE	60
OBRÁZEK 48: OZNAČENÍ STANOVIŠTĚ DOPRAVNÍHO PRŮZKUMU NA KŘIŽOVATCE ZBOROVSKÁ X DIENZENHOFEROVY SADY [26]	61
OBRÁZEK 49: GRAF INTENZIT VOZIDEL V KŘIŽOVATCE ZBOROVSKÁ X DIENZENHOFEROVY SADY V 16:30-17:30	62
OBRÁZEK 50: PŘÍKLAD KOLIZNÍ PLOCHY SMĚRU A ^A A B ^A V KŘIŽOVATCE ZBOROVSKÁ X DIENZENHOFEROVY SADY [26/VLASTNÍ]	63
OBRÁZEK 51: GRAF ZÁVISLOST PODÍLU ELEKTROMOBILŮ NA ZDRŽENÍ VOZIDEL V ULICI DIENZENHOFEROVY SADY	65
OBRÁZEK 52: POROVNÁNÍ PRŮMĚRNÉHO ZDRŽENÍ ELEKTROMOBILŮ V KŘIŽOVATCE ZBOROVSKÁ X DIENZENHOFEROVY SADY	66
OBRÁZEK 53: LOKACE NABÍJECÍHO STANOVIŠTĚ NA KARLOVĚ NÁMĚSTÍ[26]	67
OBRÁZEK 54: GRAF ZÁVISLOSTI PRŮMĚRNÉ CESTOVNÍ DOBY V ÚSEKU PARKOVACÍCH STÁNÍ NA INTENZITĚ	70
OBRÁZEK 55: DISTRIBUCE VĚKU UŽIVATELŮ CARSHARINGU[19]	84
OBRÁZEK 56: LOKALITA BYDLIŠTĚ UŽIVATELŮ CARSHARINGU V BERLÍNĚ A MNICHOVĚ[19]	84
OBRÁZEK 57: PRŮMĚRNÝ POČET VYUŽITÍ REZERVACÍ CARSHARINGU V RÁMCI TÝDNE[20]	85
OBRÁZEK 58: POROVNÁNÍ PRŮMĚRNÉHO POČTU VYUŽITÍ CARSHARINGU A BĚŽNÝCH JÍZD (PŘERUŠOVANÁ ČÁRA) VE VŠEDNÍ DNY (MODŘE) A O VÍKENDECH (ZELENĚ)[20]	86
OBRÁZEK 59: DŮVODY VYUŽITÍ CARSHARINGU V ZÁVISLOSTI NA ČINNOSTI A DNI V TÝDNU[19]	87
OBRÁZEK 60: DŮVODY POUŽITÍ ELEKTROMOBILŮ V RÁMCI CARSHARINGU[19]	88
OBRÁZEK 61: DŮVODY NEPOUŽITÍ ELEKTROMOBILŮ V RÁMCI CARSHARINGU[19]	88
OBRÁZEK 62: NASTAVENÍ PARAMETRU 'DESIRED ACCELERATION'	89
OBRÁZEK 63: NASTAVENÍ PARAMETRU 'MAXIMUM DECELERATION'	89
OBRÁZEK 64: NASTAVENÍ PARAMETRU 'DESIRED DECELERATION'	90
OBRÁZEK 65: NASTAVENÍ PARAMETRU 'WEIGHT DISTRIBUTION'	90
OBRÁZEK 66: : NASTAVENÍ PARAMETRU 'POWER DISTRIBUTION'	91
OBRÁZEK 67: NASTAVENÍ PARAMETRU 'DESIRED SPEED DISTRIBUTION' PRO 50 KM/H	91
OBRÁZEK 68: NASTAVENÍ PARAMETRU 'DESIRED SPEED DISTRIBUTION' PRO 40 KM/H	92
OBRÁZEK 69: NASTAVENÍ PARAMETRU 'DRIVING BEHAVIORS'	92
OBRÁZEK 70: NASTAVENÍ PARAMETRU 'LINK BEHAVIOR TYPES'	92

Seznam tabulek

TABULKA 1: PRŮMĚRNÁ INTENZITA VOZIDEL V ODPOLEDNÍ ŠPIČCE V KŘIŽOVATCE PLZEŇSKÁ X PODBĚLOHORSKÁ.....	52
TABULKA 2: TABULKA MEZIČASŮ KŘIŽOVATKY PLZEŇSKÁ X PODBĚLOHORSKÁ [VLASTNÍ].....	53
TABULKA 3: VÝSLEDKY SIMULACE PRO 5% ZASTOUPENÍ ELEKTROMOBILŮ.....	56
TABULKA 4: VÝSLEDKY SIMULACE PRO 10% ZASTOUPENÍ ELEKTROMOBILŮ.....	57
TABULKA 5: VÝSLEDKY SIMULACE PRO 20% ZASTOUPENÍ ELEKTROMOBILŮ.....	57
TABULKA 6: VÝSLEDKY SIMULACE PRO 30% ZASTOUPENÍ ELEKTROMOBILŮ.....	57
TABULKA 7: ZDRŽENÍ A CESTOVNÍ DOBY ELEKTROMOBILŮ V KŘIŽOVATCE V ZÁVISLOSTI NA PREFERENCI	59
TABULKA 8: PRŮMĚRNÁ INTENZITA VOZIDEL V ODPOLEDNÍ ŠPIČCE V KŘIŽOVATCE ZBOROVSKÁ X DIENZENHOFEROVY SADY.....	62
TABULKA 9: TABULKA MEZIČASŮ KŘIŽOVATKY ZBOROVSKÁ X DIENZENHOFEROVY SADY [VLASTNÍ].....	63
TABULKA 10: PRŮMĚRNÉ ZDRŽENÍ VOZIDEL V ULICI DIENZENHOFEROVY SADY V ZÁVISLOSTI NA PODÍLU ELEKTROMOBILŮ A INTENZIT V DOPRAVNÍM PROUDU	64
TABULKA 11: ZDRŽENÍ ELEKTROMOBILŮ V KŘIŽOVATCE V ZÁVISLOSTI NA PREFERENCI	66
TABULKA 12: OVLIVNĚNÍ DOPRAVNÍHO PROUDU PARKUJÍCÍMI ŘIDIČI DO MÍST BEZ INDIKACE VOLNÉHO STÁNÍ.....	69
TABULKA 13: OVLIVNĚNÍ DOPRAVNÍHO PROUDU PARKUJÍCÍMI ŘIDIČI DO MÍST S INDIKACÍ VOLNÉHO STÁNÍ.....	69
TABULKA 14: OVLIVNĚNÍ DOPRAVNÍHO PROUDU PARKUJÍCÍMI ŘIDIČI DO UPRAVENÝCH MÍST S INDIKACÍ OBSAZENOSTI	69

Seznam příloh

Příloha A: Analýza využití carsharingu v Berlíně a Mnichově

Příloha B: Nastavení parametrů simulace v programu Vissim

A. Analýza využití carsharingu v Berlíně a Mnichově

Berlín a Mnichov jsou si strukturou městské hromadné dopravy a jejího využití velmi podobná města. Samozřejmě Berlín má téměř třikrát více obyvatel, ale procentuální využití městské hromadné dopravy na počet uskutečněných cest je u Berlína 26% a u Mnichova 21%. Využití individuálních motorových vozidel se také pohybuje v podobné míře, tj. 33% cest obyvatel v případě Berlína a 37% cest v případě Mnichova.[19]

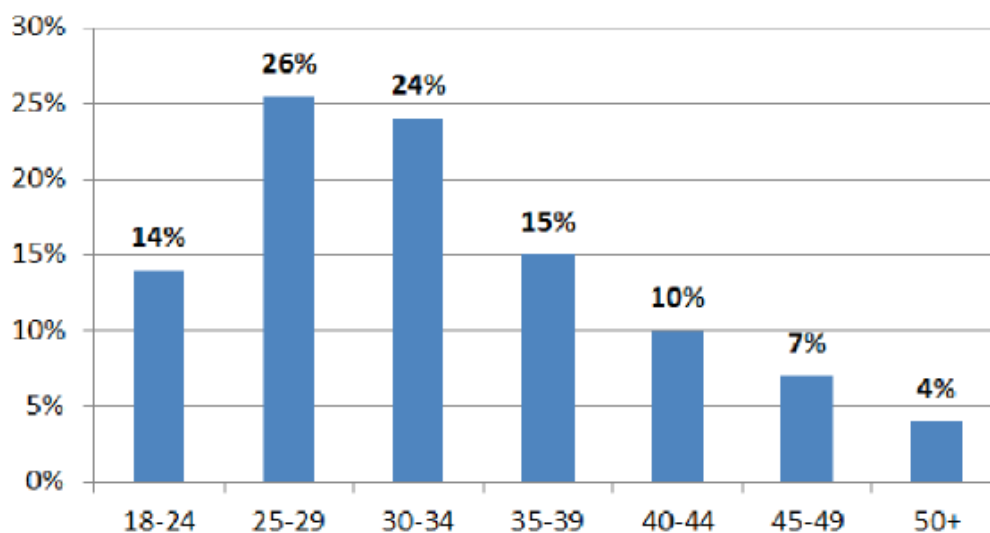
V září roku 2013 proběhla v těchto městech studie u provozovatele DriveNow na vzorku 4182 uživatelů této služby. Z tohoto počtu dalších 1600 lidí se účastnilo online vyhodnocení, které podrobněji zkoumalo jejich sociodemografické pozadí, vlastnictví vozidel a také jejich využití carsharingu a elektrocarsharingu.[19]

V průběhu celého roku 2013 byla sbírána data všech jízd. Jednalo se o data polohy, času a začátku i konce jejich cesty. Flotila v Berlíně v době studie čítala 900 vozidel a v Mnichově 300 vozidel. V obou městech bylo navíc od června roku 2013 30 elektromobilů v rámci carsharingu.[19]

A.1 Demografická charakteristika uživatelů carsharingu

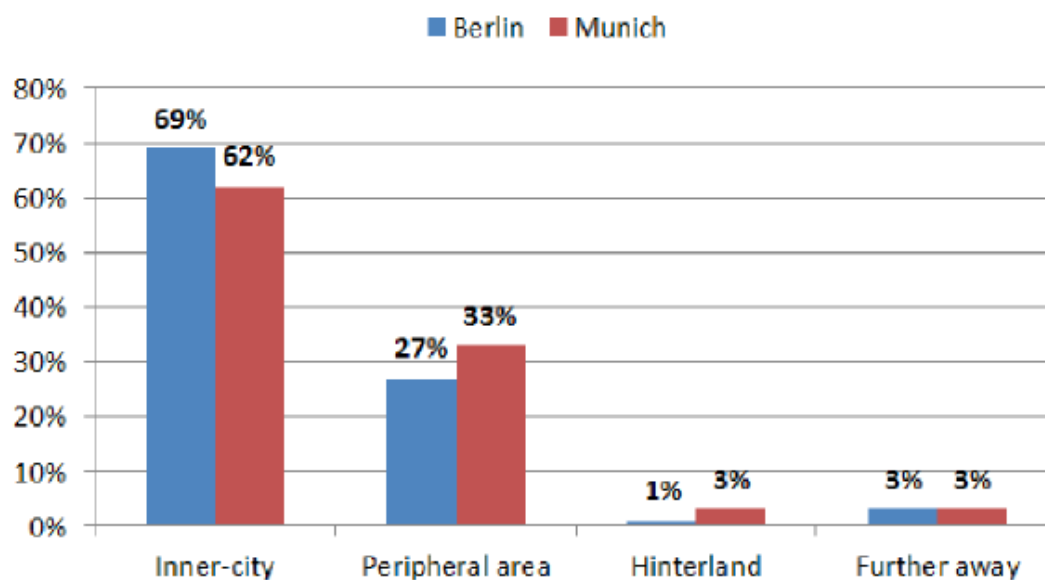
Věk uživatelů se podle předpokladu pohybuje v nižších hodnotách vycházející z analýzy v Mnichově i v Berlíně. Průměrný věk uživatelů činí 33 let a z níže uvedeného obrázku můžeme vyčíst, že 64% uživatelů je věku 18-34 let. Nad 50 let jsou zastoupeny pouze 4% všech uživatelů. Překvapivým zjištěním je, že 75% všech uživatelů jsou muži.[19]

Tři čtvrtiny respondentů uvedli, že mají vyšší odborné či vysokoškolské vzdělání a 73% uživatelů jsou v dlouhodobém pracovním poměru. Příjmy domácností tohoto vzorku se také pohybují nad průměrem.[19] Z těchto zjištění vyplývá, že typický uživatel je mladý muž s nadprůměrným vzděláním a příjmy.



Obrázek 55: Distribuce věku uživatelů carsharingu[19]

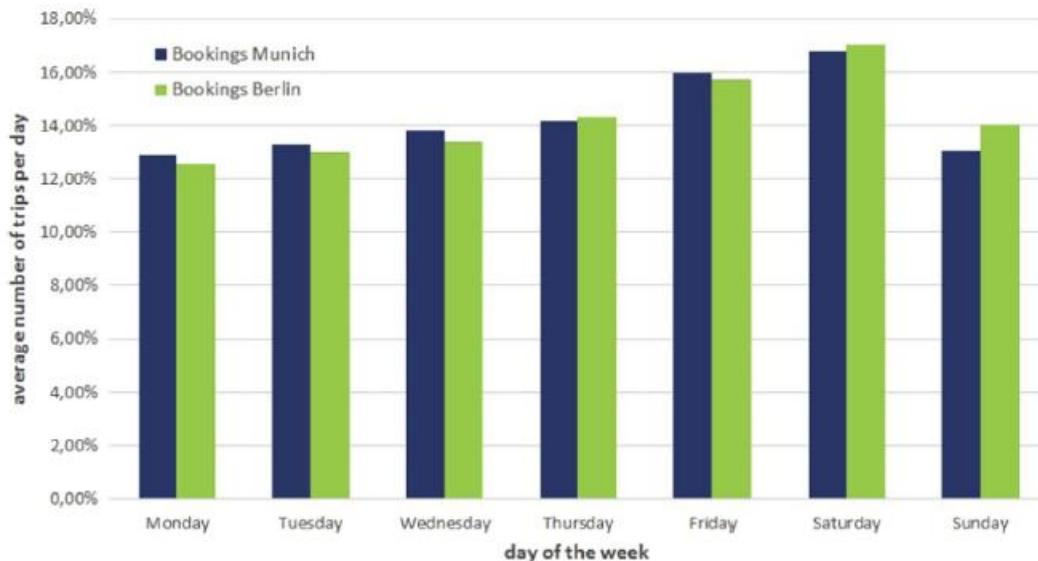
Bydliště uživatelů carsharingu je ve velké míře v rámci provozní oblasti DriveNow. V Berlíně tato míra činí 90% a v Mnichově 84%.[19] Z následujícího obrázku můžeme také vyčíst, že většina uživatelů carsharingu v Berlíně i Mnichově bydlí v centru daných měst.



Obrázek 56: Lokalita bydliště uživatelů carsharingu v Berlíně a Mnichově[19]

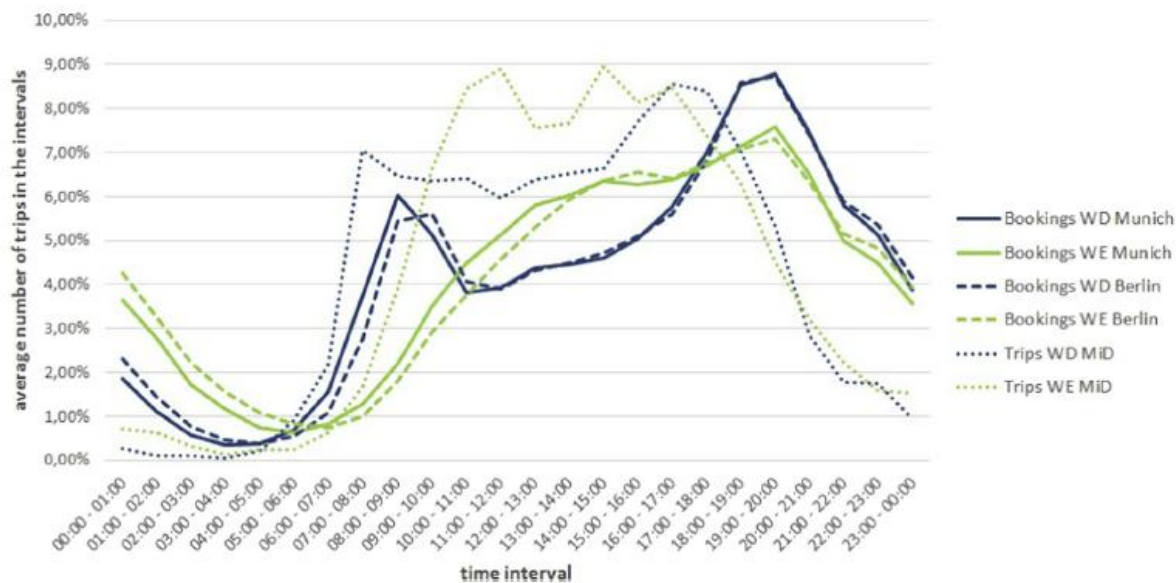
A.2 Využití carsharingu v čase

V grafu níže vidíme, že přes 30 % jízd je v rámci carsharingu uskutečňováno v pátek a v sobotu. Z tohoto faktu můžeme číst jednoznačný trend, kdy uživatelé právě v tyto dny využívají vozidla ve větší míře i pro volnočasové aktivity. Například ve večerních hodinách využijí carsharing pro jednosměrnou jízdu, jelikož vědí, že budou konzumovat alkohol, avšak nechtějí jet na místo městskou hromadnou dopravou.



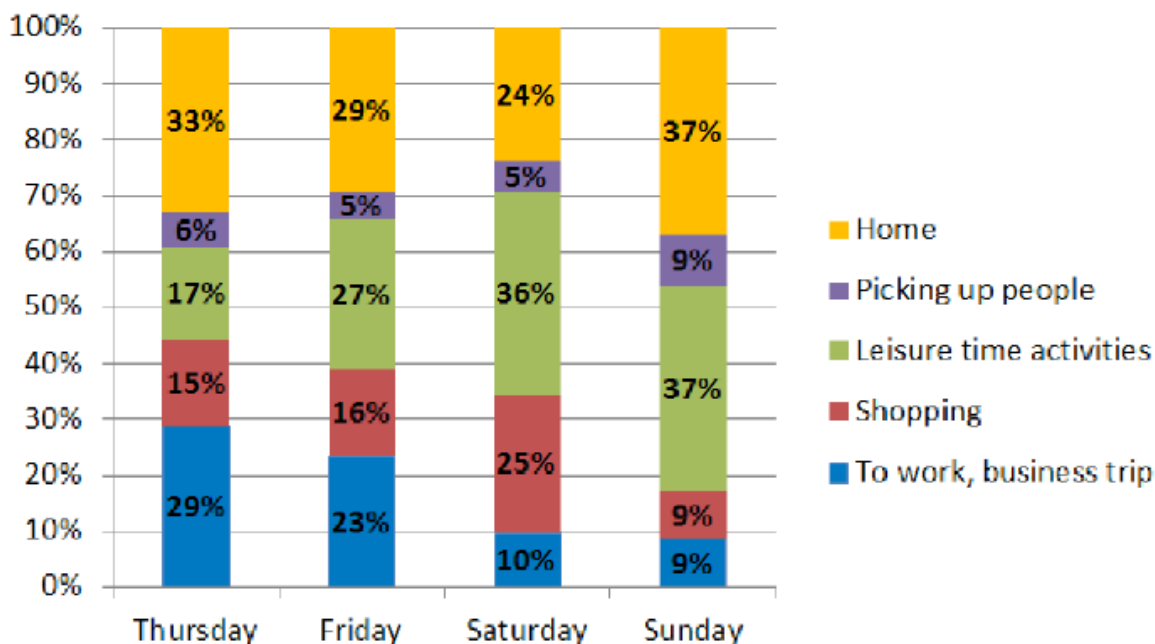
Obrázek 57: Průměrný počet využití rezervací carsharingu v rámci týdne[20]

V následujícím grafu jsou znázorněny průměrné počty jízd v Berlíně a v Mnichově v porovnání s údaji z plošné studie mobility v Německu neboli MiD z měst nad 0,5 milionu obyvatel. Výsledný graf je v poměru k celkovému počtu jízd o víkendech a zvláště o pracovních dnech. Značí nám, že špička využití carsharingu je až ve večerních hodinách. Oproti běžné dopravě se toto značně liší, jelikož odpolední špička v dopravě nastává v pozdních odpoledních hodinách, nikoliv ve večerních. I tento graf nám spolu s předchozím potvrzují teorii, že carsharing uživatelé využívají i k dopravě na volnočasové aktivity, nikoliv pouze na dojíždění do práce a domů.



Obrázek 58: Porovnání průměrného počtu využití carsharingu a běžných jízd (přerušovaná čára) ve všední dny (modře) a o víkendech (zeleně)[20]

Předchozí hypotéza se nám potvrzuje v následujícím grafu využití carsharingu v závislosti na činnosti. Zde můžeme vyčíst víkendové zvýšení podílu aktivit spojených s trávením volného času. V rámci carsharingového systému nám tedy růst poptávky po využití carsharingu na volnočasové aktivity kompenzuje pokles poptávky po dojíždění do práce o víkendech. Také je zde vidět zvýšení poptávky po nákupech v sobotu, jelikož v Německu jsou obchody v neděli zavřené.

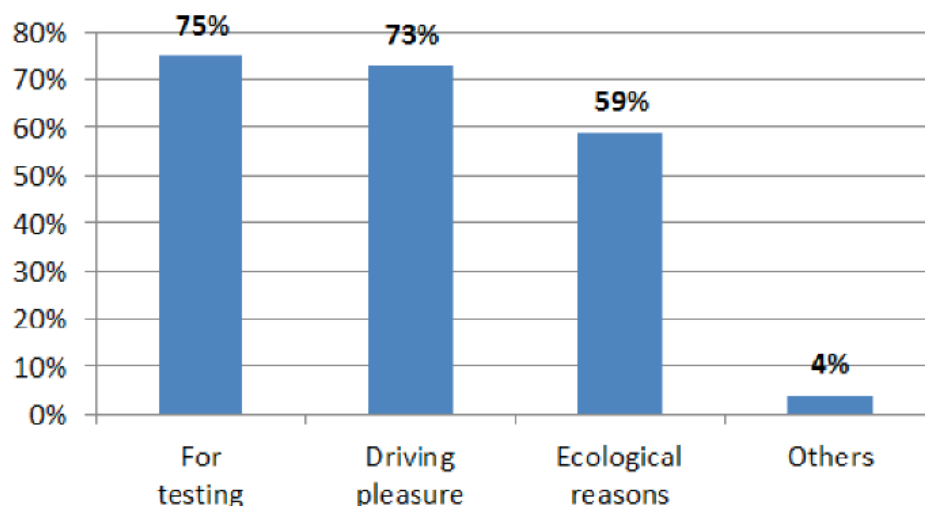


Obrázek 59: Důvody využití carsharingu v závislosti na činnosti a dni v týdnu[19]

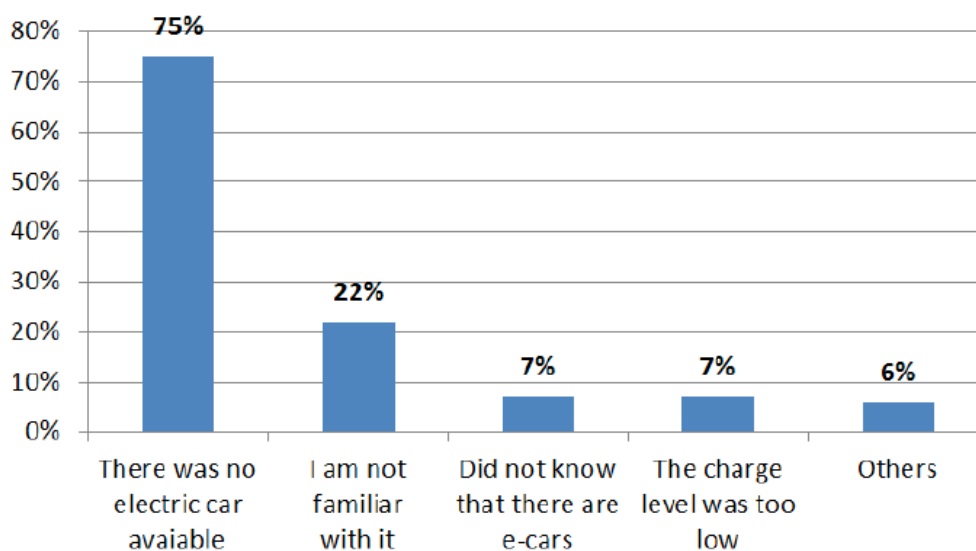
A.3 Využití elektromobilů pro carsharing

Při zavádění elektromobilů v rámci carsharingu se očekávaly problémy spojené s jejich nabíjením a vozidla s úplně vybitými bateriemi zanechanými mimo nabíjecí stanoviště. Ale ukázalo se, že elektrická vozidla nevykazují žádné zásadní odchylky oproti běžným vozidlům v rámci carsharingu. Pouze v Mnichově docházelo při spuštění elektrocarsharingu k větší hustotě pohybu okolo nabíjecích stanic, jelikož jich z počátku bylo spuštěno pouze 8. V Berlíně bylo při otevření hned k dispozici 75 nabíjecích stanic. Nabíjení vozidel v Berlíně bylo nutné v průměru po každé 18. jízdě, avšak v Mnichově po každé 10. jízdě. To potvrzuje závěry průzkumu carsharingu, kde průměrná vzdálenost jedné jízdy v Berlíně činí 8,17 km a v Mnichově 13,16 km.[19] Tento rozdíl je způsoben převážně jiným charakterem používání služby, kdy v Mnichově většina uživatelů využívá carsharing pro cesty do centra města, avšak v Berlíně se používají více vozidla k přesunu po rozsáhlejšímu centru.

Samotné jízdy elektromobilů jsou v průměru kratší než jízdy s regulárními vozidly, jelikož jsou uživatelé více omezeni dojezdem vozidel na bateriový pohon, který činí v tomto případě v plném nabití 150 km. Uživatelé dojíždějící z předměstí tedy nedeformují vzdálenostní průměr jízdy elektromobilů svými delšími jízdami, jelikož ke svému přesunu v rámci carsharingu využívají vozidla se spalovacím motorem. V následujících grafech jsou uvedeny důvody použití či nepoužití elektromobilů v rámci carsharingu.



Obrázek 60: Důvody použití elektromobilů v rámci carsharingu[19]



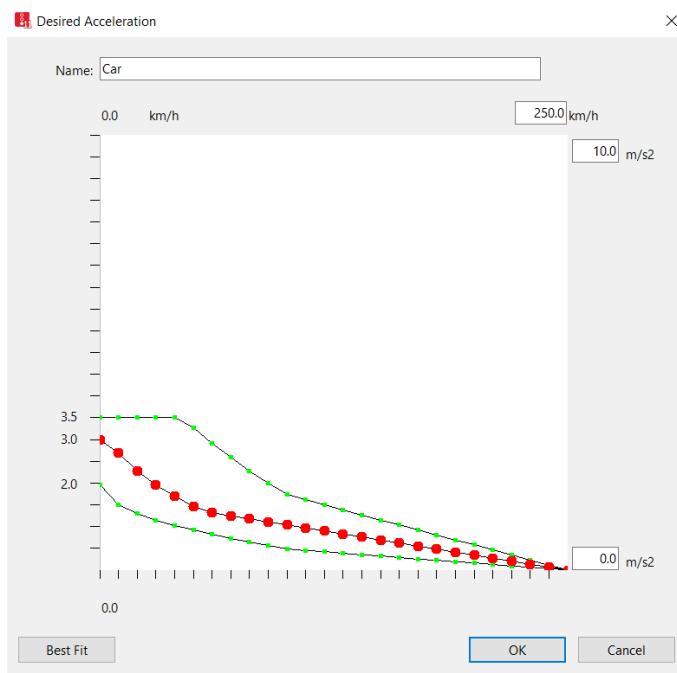
Obrázek 61: Důvody nepoužití elektromobilů v rámci carsharingu[19]

Z výsledných grafů průzkumu uživatelů vyplývá, že 75% uživatelů carsharingu by využilo elektromobil při své jízdě, avšak jejich poptávka byla v daném místě větší než nabídka. Pouze pro 22% uživatelů nepřipadala tato možnost v úvahu. V grafu uživatelů, kteří elektromobily vyzkoušeli je překvapující, že 73% z nich vyzdvihli jízdní vlastnosti elektromobilů a pouze 59% z nich uvedli jako důvod využití ekologické vlastnosti. Toto je možná způsobeno i tím, že se stále více rozšiřuje osvěta o energetickém mixu zemí a tlaku na jednotlivé vlády k ukončení výroby elektrické energie z neobnovitelných zdrojů. Část lidí si totiž uvědomuje, že jízda elektrickým vozidlem nabitým z nepříznivého energetického mixu dané země, není tak ekologická, jak se zdá. Znečištění totiž neprobíhá v místě spotřeby energie vozidlem, ale už při její výrobě.

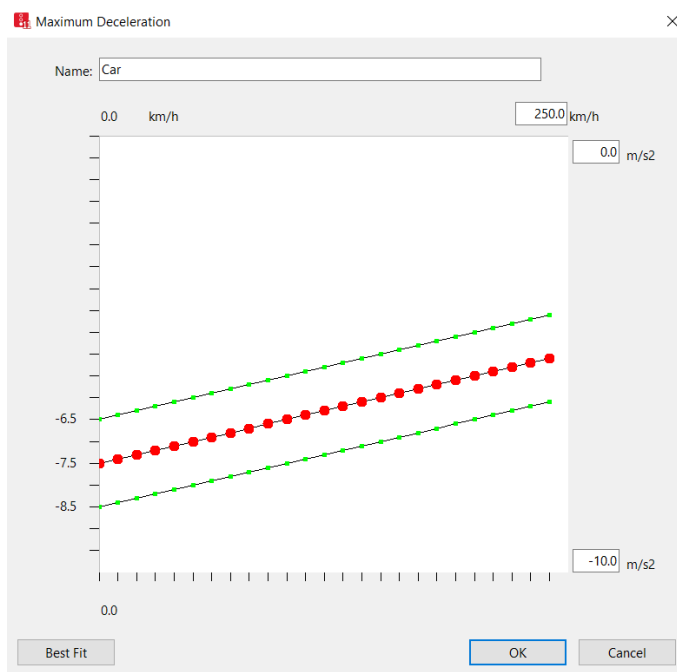
Příloha B:

B. Nastavení parametrů simulace v programu Vissim

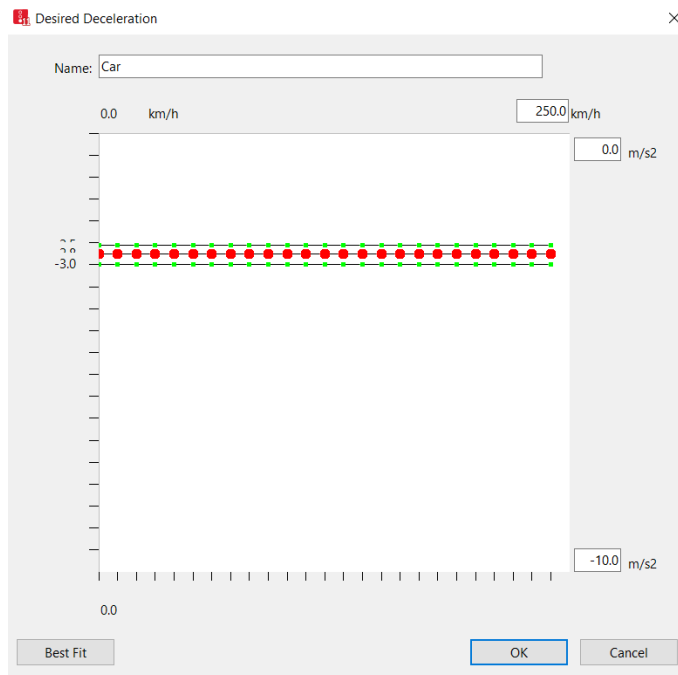
V této příloze názorně popisují nastavení simulačního programu Vissim u použitých simulací. V rámci jednotlivých simulací nebyla tato nastavení měněna. Jednotlivé parametry jsou zobrazeny v obrázcích 62 - 70.



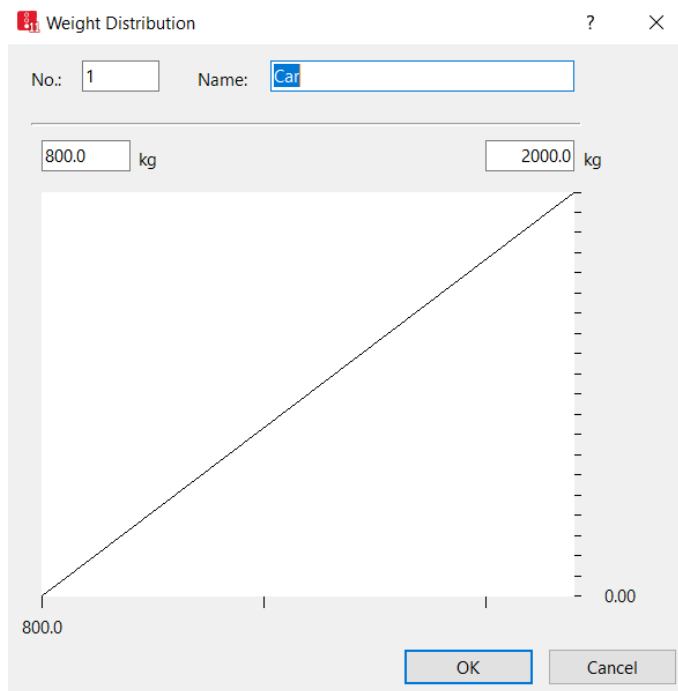
Obrázek 62: Nastavení parametru 'Desired Acceleration'



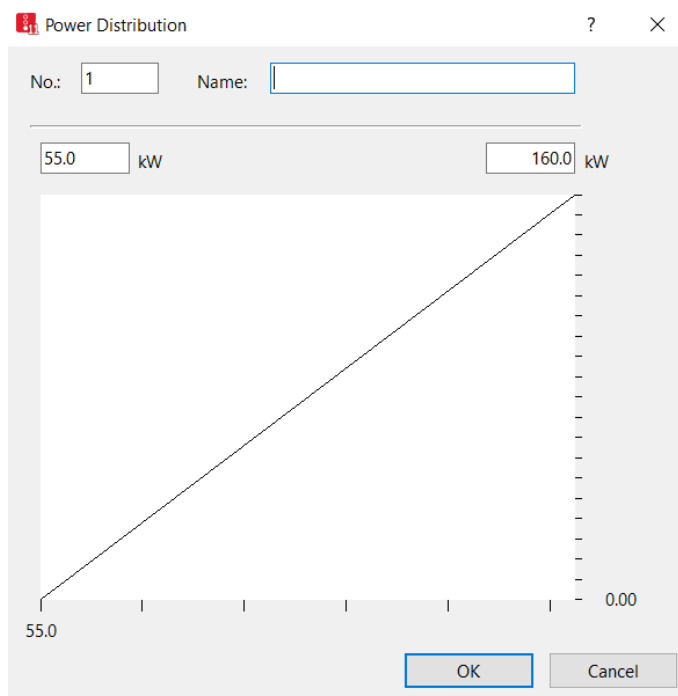
Obrázek 63: Nastavení parametru 'Maximum Deceleration'



Obrázek 64: Nastavení parametru 'Desired Deceleration'

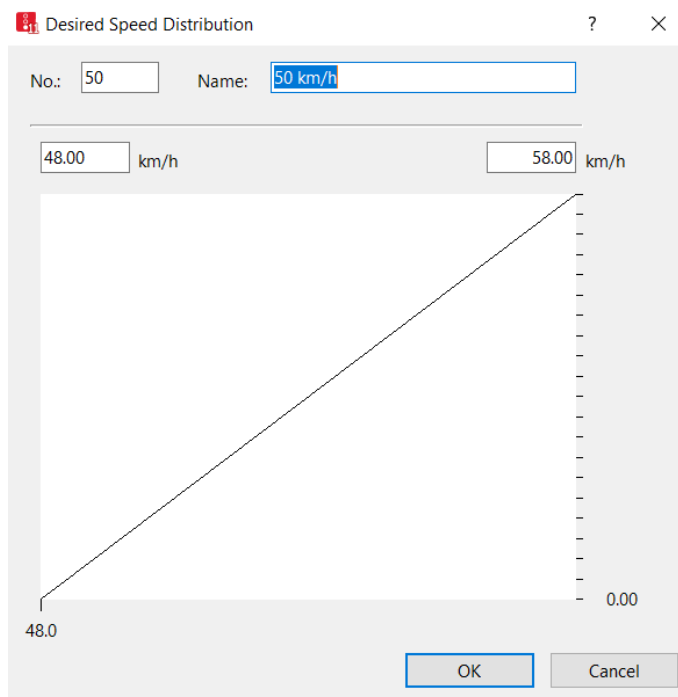


Obrázek 65: Nastavení parametru 'Weight Distribution'

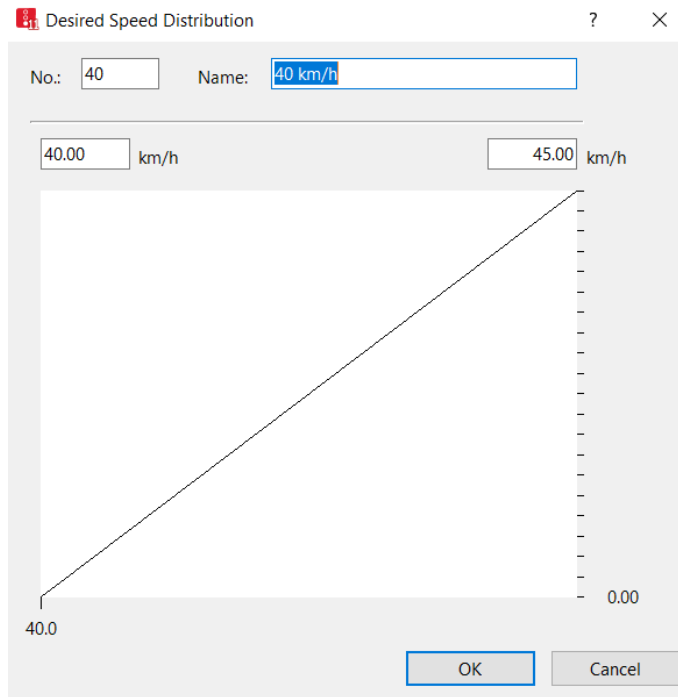


Obrázek 66: : Nastavení parametru 'Power Distribution'

Nastavení následujících parametrů se týká rychlosti. Požadovaná rychlost byla nastavena na 50km/h a v redukováných zónách na 40 km/h.



Obrázek 67: Nastavení parametru 'Desired Speed Distribution' pro 50 km/h



Obrázek 68: Nastavení parametru 'Desired Speed Distribution' pro 40 km/h

Count	No	Name	NumInteractObj	StandDistSFix	StandDist	CarFollowModType	W74bxAdd	W74bxMult	LnChgRule	AdvMerg	DesLatPos	OvrlDef	OvrDef	LatDistDrivDef	LatDistStandDef
1	1	Urban (motorized)	4	<input type="checkbox"/>	0,50	Wiedemann 74	2,00	3,00	Free lane selection	<input checked="" type="checkbox"/>	Middle of lane	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,00	0,20

Obrázek 69: Nastavení parametru 'Driving Behaviors'

Count	No	Name	DrivBehavDef
1	1	Urban (motorized)	1: Urban (motorized)

Obrázek 70: Nastavení parametru 'Link Behavior Types'