

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta elektrotechnická

Katedra elektroenergetiky

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Aplikovaná elektrotechnika



**Zmapování potenciálu rozvoje rychlonabíjecích stanic
na území Prahy**

**Mapping the development potential of fast - charging
stations in Prague**

Bakalářská práce

Vypracoval: Roman Mrzena

Vedoucí práce: Ing. Václav Vodrážka

2017

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Mrzena** Jméno: **Roman** Osobní číslo: **434900**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra elektroenergetiky**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Zmapování potenciálu rozvoje rychlonabíjecích stanic na území Prahy

Název bakalářské práce anglicky:

Mapping the development potential of fast - charging stations in Prague

Pokyny pro vypracování:

Osnova:

1. Legislativa EU a ČR týkající se E-mobility
2. Technologie nabíjení
3. Oblasti využití elektromobility
4. Výpočet objemu rychlonabíjení pro jednotlivé oblasti využití s ohledem na scénáře NAP ČM a NAP SG
5. Popis distribuční sítě PRE a podmínky připojení dobíjecích stanic
6. Mapování vhodného umístění rychlonabíjecích stanic na území PREdi

Seznam doporučené literatury:

- [1] Heinhold L.: Power cables and their application Part 1, Siemens Aktiengesellschaft 1990
- [2] Heinhold L.: Power cables and their application Part 2, Siemens Aktiengesellschaft 1993
- [3] Anders G.J.: Rating of electric power cables (Ampacity computations for Transmission, Distribution and Industrial Applications), McGraw-Hill, The institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. New York and Ontario Hydro Technologies 1997

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Václav Vodrážka, PREdistribuce, a. s

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **20.02.2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **26.05.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2018**

Podpis vedoucí(ho) práce

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem o dodržování etických principů při 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 24. 5. 2017

Roman Mrzena

Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Václavovi Vodrážkovi, za ochotu, cenné rady a věnovaný čas. Dále bych chtěl poděkovat Institutu plánování a rozvoje hl. m. Prahy a Technické správě komunikací hl. m. Prahy za poskytnutá data. A v neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu během celé doby studia.

Roman Mrzena

Abstrakt

Práce se zabývá rozvojem infrastruktury nabíjecích stanic pro elektromobily. V úvodu je rozebrán koncept rozvoje elektromobility a legislativní činnosti v návaznosti na NAPČM. Podrobněji je pojednáno o technologii nabíjení a možnostech využití v různém odvětví dopravy. Následuje současný přehled o stavu elektromobilů v České republice a výpočet objemu nabíjení s ohledem na uvedené scénáře v NAPČM. V další části je popsáno mapování území Prahy pro výstavbu rychlonabíjecích stanic. S tím je spojena problematika rychlého dobíjení a možného dopadu na distribuční síť PREDi.

Klíčová slova

Elektromobilita, NAPČM, rychlonabíjecí stanice, distribuční síť

Abstract

The thesis describes development of charging infrastructure for electric vehicles. In the introduction is described the concept of development of e-mobility and legislative operation in connection with NAPČM. The charging technology and the possibilities of using in various transport sectors are described. This is followed by overview of current state of electric vehicles in the Czech Republic and calculation of charging in relation to NAPČM scenarios. The next part describes the mapping of the Prague area for fast charging stations. This relates to the issue of fast charging stations and possible impact on the PREDi distribution grid.

Key words:

E-mobility, NAPČM, fast charging stations, distribution grid

Obsah

1. Úvod.....	1
1.1 Cíle práce	1
2. Legislativa.....	2
2.1 EU – směrnice a nařízení	2
2.1.1 Směrnice o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva	2
2.2 ČR – aplikace směrnic	4
2.2.1 Národní akční plán čisté mobility	4
2.2.1.1 Predikce trhu s elektromobily a faktory ovlivňující jejich rozvoj	4
2.2.1.2 Rozvoj veřejné dobíjecí infrastruktury	5
2.2.1.3 Jak je to s emisemi v dopravě	8
2.2.2 Novela zákona č. 311/2006 Sb. O pohonných hmotách a čerpacích stanicích.....	10
3. Technologie nabíjení.....	12
3.1 Pomalé nabíjení.....	15
3.1.1 Mennekes	15
3.2 Rychlé nabíjení	17
3.2.1 CHAdeMO.....	17
3.2.2 CSS/Combo 2	18
3.2.3 Tesla Supercharger.....	19
3.3 Výměna baterií.....	20
4. Oblasti využití elektromobility	22
4.1 Individuální doprava	22
4.2 Přeprava zboží.....	23
4.3 Hromadná městská doprava.....	25
4.4 Lodní doprava	26
5. Vhodnost technologie nabíjení pro výše uvedené oblasti využití elektromobility	27
5.1 Výpočet objemu nabíjení – současná situace.....	28
5.2 Výpočet objemu nabíjení s ohledem na scénáře NAPČM.....	30
6. Popis distribuční sítě PREDi	32
6.1 Souhrné statistiky.....	33
6.2 Možnosti připojení výkonů do sítě (s ohledem na kategorie technologií nabíjení).....	34
7. Mapování vhodného umístění rychlonabíjecích stanic.....	35
7.1 Výběr potřebných dat.....	35
7.1.1 Hustota obyvatel	36
7.1.2 Parkovací místa a čerpací stanice	36
7.1.3 Distribuční síť	37
7.1.4 Dopravní infrastruktura.....	37
7.1.5 Veřejně přístupná místa	37
7.1.6 Nákupní centra a stravovací zařízení	37
7.1.7 Hustota dopravy	37
7.2 Postup.....	37
7.3 Zhodnocení výsledků	40
8. Problémy spojené s rychlým dobíjením (odhadovaný dopad na síť PREDi).....	41
8.1 Možné způsoby řešení.....	43
8.1.1 Akumulace energie	43
8.1.2 Vzdálená kontrola	43
9. Závěr	44

Seznam použitých zdrojů.....	46
Přílohy.....	50

Seznam Obrázků

<i>Obrázek 1: Rozdíly mezi hybridem, plug-in hybridem a elektromobilem.....</i>	<i>3</i>
<i>Obrázek 2: Koncept Well-to-Wheel</i>	<i>8</i>
<i>Obrázek 3: Přehled hlavních emisních driverů v jednotlivých částech.....</i>	<i>9</i>
<i>Obrázek 4: Porovnání emisí z různých zdrojů energie.....</i>	<i>10</i>
<i>Obrázek 5: Rozhraní, kdy je a není elektřina definována jako palivo.....</i>	<i>11</i>
<i>Obrázek 6: Rozdíly v nabíjení elektromobilů.....</i>	<i>13</i>
<i>Obrázek 7: Konektor typu 2 Mennekes.....</i>	<i>16</i>
<i>Obrázek 8: Závislost nabíjecího výkonu na čase.....</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek 9: Konektor CHAdeMO (nalevo), zásuvka (napravo).....</i>	<i>18</i>
<i>Obrázek 10 Konektor Combo (vlevo), zásuvka (uprostřed), konektor typu 2 (vpravo).....</i>	<i>19</i>
<i>Obrázek 11: Supercharger Tesla.....</i>	<i>19</i>
<i>Obrázek 12: Technologie výměny baterií</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek 13: OPPCharge, otočený pantograf.....</i>	<i>26</i>
<i>Obrázek 14: Graf meziročního nárůstu počtu elektromobilů v ČR.....</i>	<i>30</i>
<i>Obrázek 15: Mapa umístění dobíjecích stanic v Praze</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 16: Statistika nabíjení u PREpoint</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 17: Vývoj spotřeby elektřiny z PREpointů v jednotlivých rocích</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 18: Výsledky průzkumu o umístění rychlodobíjecích stanic.....</i>	<i>36</i>
<i>Obrázek 19: Vytvoření vektorové mřížky.....</i>	<i>38</i>
<i>Obrázek 20: Aplikace Bufferu na vrstvu elektrické sítě.....</i>	<i>38</i>
<i>Obrázek 21: Váha vstupní vrstvy dat.....</i>	<i>39</i>
<i>Obrázek 22 Porovnání harmonického zkreslení u DC a AC nabíjení</i>	<i>42</i>

Seznam Tabulek

<i>Tabulka 1: Kvantifikace úspory emisí pro základní scénář Zdroj: Analýza Roland Berger</i>	<i>9</i>
<i>Tabulka 2: Režimy nabíjení Zdroj: IEC 61851.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabulka 3: CHAeMO specifikace Zdroj: CHAdeMO</i>	<i>17</i>
<i>Tabulka 4: Combo 2 specifikace Zdroj: IEA</i>	<i>18</i>
<i>Tabulka 5: Připojované výkony k distribuční soustavě PREDi Zdroj: PRE</i>	<i>34</i>

Seznam Příloh

<i>Příloha č. 1: Současný stav registrovaných elektromobilů k 1. 3. 2017 v České republice</i>	
<i>Příloha č. 2: Možné scénáře meziročního nárůstu elektromobilů v České republice do roku 2025</i>	
<i>Příloha č. 3: Přehled rychlodobíjecích stanic firmy ABB</i>	
<i>Příloha č. 4: Průběhy proudu a napětí na stanici Terra 51</i>	
<i>Příloha č. 5: Výsledky měření na stanici Terra 51</i>	
<i>Příloha č. 6: Mapa předpokládaného zatížení do roku 2030</i>	
<i>Příloha č. 7: Potenciálně výhodné oblasti pro umístění veřejné dobíjecí infrastruktury</i>	
<i>Příloha č. 8: Potenciálně výhodné oblasti pro umístění rychlodobíjecích stanic</i>	
<i>Příloha č. 9: Potenciálně výhodné oblasti pro umístění rychlodobíjecích stanic</i>	

1. Úvod

Automobilová doprava je součástí našeho každodenního života. S tím úzce souvisí obavy ze zvyšování cen pohonných hmot a závislosti na fosilních palivech. Vozidla s elektrickým pohonem se zdají být perspektivním řešením, jak tyto obavy zmírnit a zároveň přispět ke snižování emisí v sektoru dopravy.

Práce se zabývá rozvojem elektromobility a dobíjecí infrastruktury se zaměřením na zmapování vhodného umístění rychlodobíjecích stanic na území Prahy. Cílem je vytipovat vhodné lokality na výstavbu potřebné dobíjecí infrastruktury a její začlenění do distribuční sítě PREDi.

1.1 Cíle práce

1. Legislativa spojená s rozvojem elektromobility v České republice

Nastínit současnou situaci v České republice, aplikaci směrnic Evropské unie a směřování k nízkouhlíkovým technologiím s ohledem na NAPČM.

2. Technologie nabíjení a využitelnost elektromobility v různých sektorech dopravy

Využívané technologie k nabíjení elektromobilů s uvedenými příklady použití v sektorech dopravy. S přehledem o standardizaci jak v rychlém, tak pomalém způsobu nabíjení.

3. Výpočet spotřeby elektrické energie s ohledem na scénáře NAPČM

Dalším cílem je vypočítat energii potřebnou k dobíjení elektromobilů v současné době a výhledově do roku 2030. Určení počtu elektromobilů, průměrného dojezdu a kapacity baterie.

4. Distribuční síť PREDi

S ohledem na budoucí využitelnost elektromobilů je třeba myslet na distribuční síť a možnosti připojení výkonů do sítě. Uvést současné poznatky z dobíjecích stanic PREpoint.

5. Mapování vhodného území pro rychlodobíjecí infrastrukturu

Vybrat potenciálně zajímavé lokality pro umístění rychlodobíjecích stanic. Zároveň počítat s možnými dopady rychlého nabíjení na distribuční síť PREDi a navrhnout způsob řešení.

2. Legislativa

Vzhledem ke vzrůstajícím obavám o kvalitu životního prostředí ve snaze omezit závislost na dodávkách ropy, se jeví elektromobily jako slibné řešení. K naplnění jejich budoucího potenciálu je třeba vytvořit společný rámec, kterým se bude Evropská unie (dále jen EU) a členské státy ubírat na příštích několik let. Cílem je vybudovat jednotnou legislativu, která vymezí důležité pojmy, normy a nařízení. Společný záměr je zbavit se závislosti na dodávkách ropy a omezit produkci skleníkových plynů v dopravě.

2.1 EU – směrnice a nařízení

Nejdříve je potřeba si vyjasnit rozdíl mezi směrnicí a nařízením. Směrnice EU je právním nástrojem, který slouží především ke stanovení závazků a předpisů pro členské státy. Plnění závazků může být určeno všem státům, nebo jen některým. Záleží však čistě na jednotlivých státech, jaké zákony přijmou a jak budou cíle směrnice realizovat [1].

Oproti tomu nařízení jsou platná v celém svém znění a musí se striktně dodržovat. Členské státy se tak zavazují k dodržování obsahu nařízení ode dne, kdy vyjde v platnost, bez nutnosti vytvářet potřebné zákony, jak je tomu u směrnice [2].

EU vydala důležité směrnice, které jsou spojené s rozvojem elektromobility a dobíjecí infrastruktury s jasným cílem. Omezit závislost na dodávkách ropy a snížit emise skleníkových plynů. Každý členský stát by měl mít jasnou vizi o naplnění směrnic a postupně ji realizovat.

2.1.1 Směrnice o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva

V celém znění „*Směrnice evropského parlamentu a rady 2014/94/EU o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva*“. Schválením této směrnice vznikl společný závazek k zařazení alternativních paliv v sektoru dopravy. Vymezily se základní pojmy a pravidla, která se budou dodržovat při jejich rozvoji. Dále se určily minimální požadavky na rozvoj infrastruktury, které mají členské státy splnit [3].

Alternativní paliva mají výhledově nahradit ropu a přispět k snižování emisí v dopravě. Konkrétně je navržen cíl snížit emise skleníkových plynů v dopravě o 60 % do roku 2050 [4]. Byla proto vybrána paliva s největším potenciálem tuto ideu uskutečnit.

Alternativními palivy se rozumí:

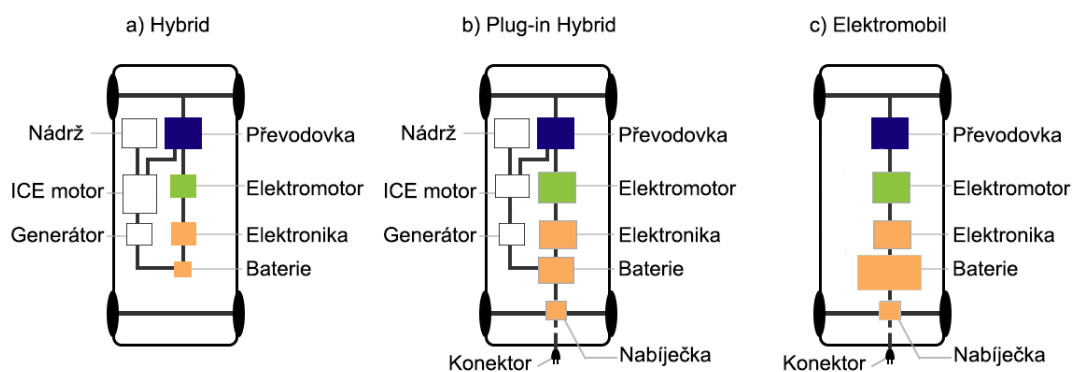
- Elektřina
- Vodík
- Biopaliva
- Zemní plyn (LNG a CNG)
- Zkapalněný ropný plyn (LPG)

Pro alternativní paliva je nutné vybudovat síť dobíjecích a plnicích stanic tak, aby docházelo k rovnovážnému rozvoji, bez diskriminace jednotlivých druhů paliv. Z důvodu zaměření na elektromobilitu a dobíjecí stanice se nebudeme ostatními alternativními palivy zabývat.

Směrnice 2014/94/EU definuje dobíjecí stanici jako rozhraní schopné dobíjet v reálném čase jeden elektromobil nebo stanici schopnou provést výměnu baterie [3]. Cílem je vytvoření veřejně přístupných dobíjecích stanic, které umožní nabíjet uživatelům z celé EU, pokud splní podmínky používání [3]. Dále rozlišuje dobíjecí stanice dle výkonu.

Běžná dobíjecí stanice – umožňuje dobíjení s výkonem 22 kW a nižším. Za dobíjecí stanici nejsou považovány zdroje s výkonem menším než 3,7 kW, které jsou umístěny v domácnostech a jejich hlavním účelem není dobíjet elektromobil [3].

Rychlonabíjecí stanice – umožňuje dobíjet elektromobil s výkonem vyšším než 22 kW [3]. Dále směrnice definuje **elektromobil**, jako motorové vozidlo s elektrickým pohonem, které je vybaveno měničem energie se systémem ukládání energie, jenž je výhradně dobíjen externě [3]. Znázorněno na (obrázku č.1) z čehož plyne, že hybridní vozidlo nespadá do kategorie elektromobil.



Obrázek 1: Rozdíly mezi hybridem, plug-in hybridem a elektromobilem

2.2 ČR – aplikace směrnic

Pro Českou republiku jako členský stát EU plynou požadavky spojené s přijetím směrnic EU. Nejdříve je nutné implementovat směrnici do právního řádu. Tam se stanoví prostředky a metody, které povedou k úspěšnému výsledku naplnění směrnice [5].

2.2.1 Národní akční plán čisté mobility

Národní akční plán čisté mobility (dále NAPČM), vychází z požadavku směrnice 2014/94/EU na zavedení infrastruktury pro alternativní paliva. Jde o výhledový plán do roku 2030, který obsahuje důležitá opatření, studie, statistiky a předpokládaný vývoj v oblasti elektromobility.

CÍLE NAPČM:

- Implementace směrnice 2014/94/EU o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva
- Rozvoj alternativních paliv zejména v silniční dopravě v návaznosti na environmentální a energetické cíle ČR
- Časový plán realizace, dotační programy a standardizace do roku 2020
- Snížení emisí v dopravě
- Průběžná aktualizace stávajícího plánu

Jedním ze specifických cílů je strategie rozvoje veřejných dobíjecích stanic. V této strategii je důležité zohlednit faktory ovlivňující použití elektromobilů, jejich počet a v neposlední řadě i chování uživatelů. Zvážit místa, na kterých je výhodné stavět rychlodobíjecí stanice, a naopak kde vystačí pouze ty běžné. Jenže je těžké odhadnout chování uživatelů, kteří mohou preferovat dobíjení elektromobilů doma a veřejnou infrastrukturu brát jen jako záchranný bod. V tomto případě je investice do dobíjecí infrastruktury prodělečnou záležitostí, jenže bez ní se rozvoj trhu s elektromobily neposune.

2.2.1.1 Predikce trhu s elektromobily a faktory ovlivňující jejich rozvoj

Predikce počtu elektromobilů je důležitý faktor pro výstavbu dobíjecí infrastruktury. Jelikož bez ní mají elektromobily limitující dojezdovou vzdálenost. Proto NAPČM předkládá analýzu a klíčové faktory, které ovlivňují koupi elektromobilu.

FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KOUPI ELEKTROMOBILU:

1. **Dojezd** – současný průměrný dojezd 150 km na jedno nabití limituje používání elektromobilů, proto se zpočátku počítá s používáním hybridů.
2. **Mobilita** – požadavek flexibility (jistota, že vždy dojedu do cíle), proto se počítá s elektromobilem jako s druhým automobilem v domácnosti.
3. **Infrastruktura** – využívání elektromobilu je do jisté míry ovlivněno infrastrukturou dobíjecích stanic. Určitou roli může hrát i čas potřebný k dobití akumulátorů.

Predikce počtu elektromobilů

Analýza odhadu prodeje elektromobilů počítá s nulovou podporou od státu. Počítají se domácnosti vlastníci automobil se spalovacím motorem, kde pořízení elektromobilu je druhým vozidlem v domácnosti.

Na konci roku 2020 je předpokládán počet vozidel na elektrický pohon 17 000 (z toho 7000 elektromobilů a 10 000 hybridů).

K urychlení rozvoje elektromobility může pomoci angažovanost státu. Byly definovány 4 scénáře, nazvané „Zapojení vlády“

1. **Bezplatné parkování** – elektromobilům by bylo umožněno parkovat zdarma v centru měst, jezdit v pruhu pro autobusy a taxi.
2. **Monetární pobídka** – příspěvek na koupi elektromobilu, aby se co nejvíce snížily cenové rozdíly oproti automobilům se spalovacím motorem.
3. **Dobíjecí infrastruktura** – urychlení rozvoje dobíjecích stanic s cílem snížit strach řidičů z omezeného dojezdu elektromobilů.
4. **Snížení spotřební daně** – v důsledku substituce uhlovodíkových paliv za elektřinu.

2.2.1.2 Rozvoj veřejné dobíjecí infrastruktury

Jedním ze specifických cílů NAPČM je rozvoj dobíjecí infrastruktury pro motorová vozidla, který vychází z požadavku směrnice 2014/94/EU. Z té vyplývá, že státy mají zajistit, aby veřejné dobíjecí stanice byly stavěny s dostatečným pokrytím. To umožní provozovat elektromobily alespoň ve velkých městech či hustě obydlených oblastech. Dále je třeba stanovit počet dobíjecích stanic s ohledem na odhadovaný počet elektromobilů na konci roku 2020 [3][7].

Určení počtu elektromobilů je jen orientační záležitost a bude průběžně aktualizována. Lze jen těžko odhadnout, do jaké míry budou uživatelé veřejnou dobíjecí infrastrukturu využívat. Při odhadu jsou brána v potaz tato kritéria.

KRITÉRIA DOBÍJECÍ INFRASTRUKTURY:

- 80 % dobíjení bude realizováno doma nebo v práci.
- Pouze 20 % elektromobilů bude nabíjeno z veřejné infrastruktury.
- Předpokládaný průměrný dojezd na jedno nabití je 120 km.
- Průměrný denní nájezd činí 50 km.
- Průměrná kapacita akumulátoru umístěného ve vozidle je 20 kWh

V úvahu připadají dva směry rozvoje, které musí zohlednit vhodnost umístění dobíjecí stanice a její typ. Nelze vycházet z aktuálních požadavků na rozmístění dobíjecích stanic, ale koncipovat ho s prvotním rozvojem ve velkých městech a až poté ve zbytku ČR.

SMĚRY ROZVOJE VEŘEJNÉ DOBÍJECÍ INFRASTRUKTURY:

1. Pokrytí hlavních silničních tahů a velkých měst rychlodobíjecími stanicemi s minimálním výkonem 50 kW. Výhledově se počítá s výkonem 150 kW a vyšším. Vytvoří se tak hlavní síť, která umožní rychlé dobíjení elektromobilů a sníží nevýhody omezené dojezdové vzdálenosti.
2. Budování běžných dobíjecích stanic k doplnění hlavní sítě. Zde je potřeba dopředu přemýšlet o umístění dobíjecích stanic. Vzít v potaz turistická místa, obchodní centra, nebo parkoviště.

Plán realizace

K rovnoměrnému pokrytí celé ČR počítá NAPČM s vytvořením páteřní sítě dobíjecích stanic. Předpokládá výstavbu 500 rychlodobíjecích stanic, které budou doplněny o 800 běžných dobíjecích stanic. S pokrytím ve velkých městech a městech do 15 000 obyvatel. V návaznosti na směrnici 2014/94/EU by měla být dostatečně pokrytá síť TEN-T (transevropská dopravní síť), dálnice a silnice 1.třídy.

HARMONOGRAM REALIZACE

- **Období do roku 2020** – předpoklad průměrného dojezdu činí 150-200 km/dobití. Dobíjecí infrastrukturou budou pokryta města s více jak 100 tis. obyvateli, krajská města a dálniční trasy. Převažovat bude rychlé dobíjení.

- **Období (2021-2025)** – předpokládá se růst průměrného dojezdu na 200 km/dobití a další rozvoj dobíjecí infrastruktury. Předpoklad 35 tis. elektromobilů a 66 tis. hybridů.
- **Období (2026-2030)** – postupující rozvoj dobíjecí infrastruktury. Odhadovaný počet 250 tis. vozidel s elektrickým pohonem.
- **Období po roce 2030** – Rozvoj dobíjecích stanic je na takové úrovni, jako čerpací stanice v dnešní době. Elektromobilita bude vnímána jako standardní technologie. Předpoklad 400 tis. automobilů s elektrickým pohonem.

Karty opatření

NAPČM obsahuje karty opatření, které mají omezit problémy se zaváděním elektromobilů a dobíjecí infrastruktury. U každého opatření je uveden harmonogram s konkrétním zaměřením a odpovědností. Připravují se důležitá opatření spojená s jednotnou metodikou při schvalování výstavby dobíjecí infrastruktury, nebo zavedení poznávacích značek pro elektromobily. Toto opatření se vztahuje na připravované výhody plynoucí z využívání elektromobilů (např. jízda v pruhu pro autobusy a taxi, nebo snížené poplatky za silniční daň). Dalším připravovaným opatřením je požadavek na elektrotechnickou kvalifikaci pracovníků, dle (vyhlášky č. 50/1978 Sb.), kteří by pracovali na elektrickém vozidle. Jako finanční podpora infrastruktury a elektromobilů od státu, jsou vypisovány operační programy.

OPERAČNÍ PROGRAMY:

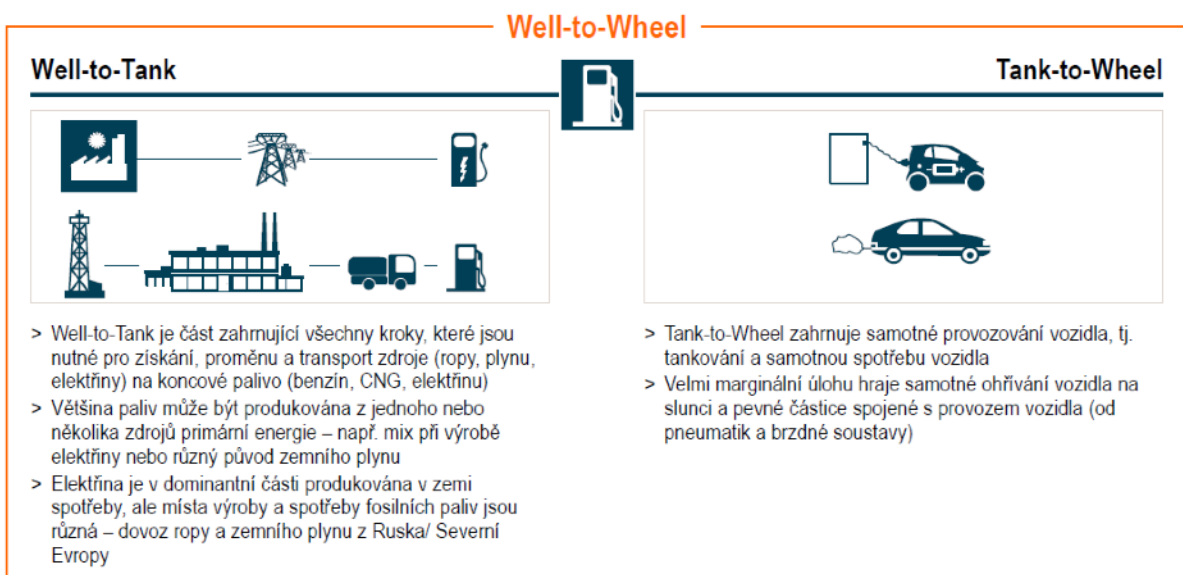
- **IROP** – vypisuje Ministerstvo pro místní rozvoj a jedná se o podporu elektrobuses ve veřejné dopravě. S tím souvisí pořízení dobíjecích stanic pro dopravní podniky.
- **OPD** – vypisuje Ministerstvo dopravy pro provozovatele dobíjecích stanic na podporu dobíjecí infrastruktury pro elektromobily.
- **Národní program ŽP** – vypisuje Ministerstvo životního prostředí pro obce a kraje na pořízení elektromobilu. Cílem je vzbudit zájem o elektromobilitu.
- **OPPIK** – vypisuje Ministerstvo průmyslu a obchodu na podporu pořízení elektromobilu a dobíjecí infrastruktury pro podnikatelské subjekty.

EU přišla s návrhem na změnu směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov. Od roku 2025 by ve všech nebytových budovách s více než 10 parkovacími místy, bylo jedno vybaveno dobíjecí stanicí.

2.2.1.3 Jak je to s emisemi v dopravě

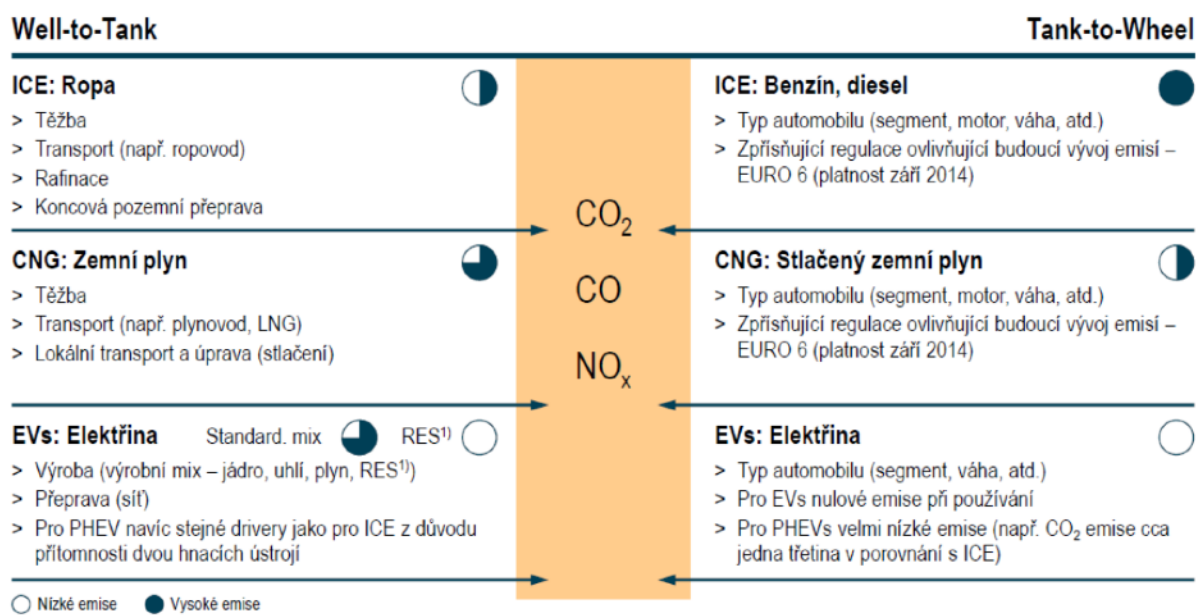
Z předpokládaného rozvoje elektromobilů v ČR vyplývá, že v roce 2020 bude na českých silnicích jezdit okolo 7000 elektromobilů. A do roku 2030 se počítá s nárůstem až na 250 tis. vozidel s elektrickým pohonem. Jak to tedy bude s úsporami emisí v dopravě?

Abychom zjistili přínos elektromobility k životnímu prostředí, je třeba analyzovat celý proces, tzv. *Well-to-Wheel* koncept. Tento koncept počítá se dvěma částmi, které se dělí na (*Well-to-Tank* a *Tank-to-Wheel*). *Well-to-Tank* je část zahrnující jak těžbu, tak přeměnu a transport paliva na místo určení, tedy čerpací či dobíjecí stanici. V případě dobíjecí stanice se jedná o složení energetického mixu. Druhá část *Tank-to-Wheel*, uvažuje emise vzniklé provozováním vozidla od natankování, nebo dobítí. V případě elektromobilů je tato část bezemisní. U elektromobilů by šlo dosáhnout bezemisní části *Well-to-Tank*, v případě výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů.



Obrázek 2: Koncept Well-to-Wheel Zdroj: Analýza Roland Berger

Dále jsou uvedeny hlavní emisní drivery, které se podílejí na celkových emisích ve dvou zmíněných částech.



Obrázek 3: Přehled hlavních emisních driverů v jednotlivých částech Zdroj: Analýza Roland Berger

Při výpočtu emisní náročnosti byla využita data o výrobě elektřiny skupiny ČEZ, kde se počítá i s dlouhodobou predikcí palivového mixu. Pro srovnání je udávána i úspora emisí v případě výroby z čistě obnovitelných zdrojů energie (OZE).

Elektromobilita výrazně sníží emise CO₂, CO a NO_x, ale díky složení palivového mixu v ČR, kde je elektrická energie primárně vyráběna z uhlí se v krátkém horizontu zvýší emise SO₂. Snížení se předpokládá se změnou palivového mixu. [7]

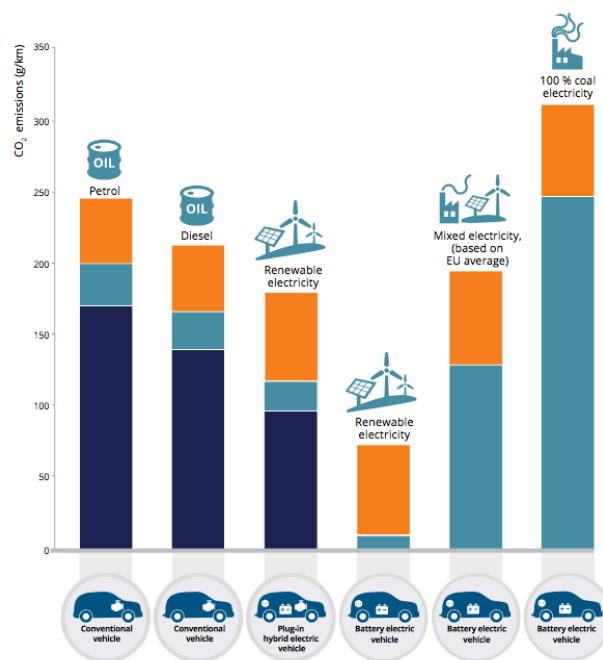
Škodlivina	ČEZ MIX		OZE	
	2015-2020	2015-2040	2015-2020	2015-2040
CO ₂ (kt)	-35	-6 041	-70	-10 867
CO (t)	-86	-13 351	-111	-17 271
NO _x (t)	-1	-1 317	-32	-4 865

Tabulka 1: Kvantifikace úspory emisí pro základní scénář Zdroj: Analýza Roland Berger

Pokud mluvíme o emisích je třeba zmínit i fakt, že elektromobil je za dobu své existence tak čistou technologií, jak čistý je zdroj pro získání elektřiny. Jakýkoliv budoucí nárůst elektromobilů povede po většího poptávce elektřiny a schopnosti distribuční sítě zvládnout větší výkony.

V tomto případě se přesunou emise ze sektoru dopravy, do sektoru výroby elektrické energie. Jelikož elektrárny jsou většinou budovány mimo hustě obydlené oblasti, nevěnuje se tomu taková pozornost. Na obrázku č.4 je porovnání množství emisí CO₂/km, které vypouští automobily s různým typem pohonu.

Problémem u elektromobilů je do jisté míry i recyklace baterií, které už skončili dobu své životnosti. Lithium-iontové baterie se sice jeví jako snadno recyklovatelné, ale zatím neexistuje jejich recyklace ve velkém měřítku [20].



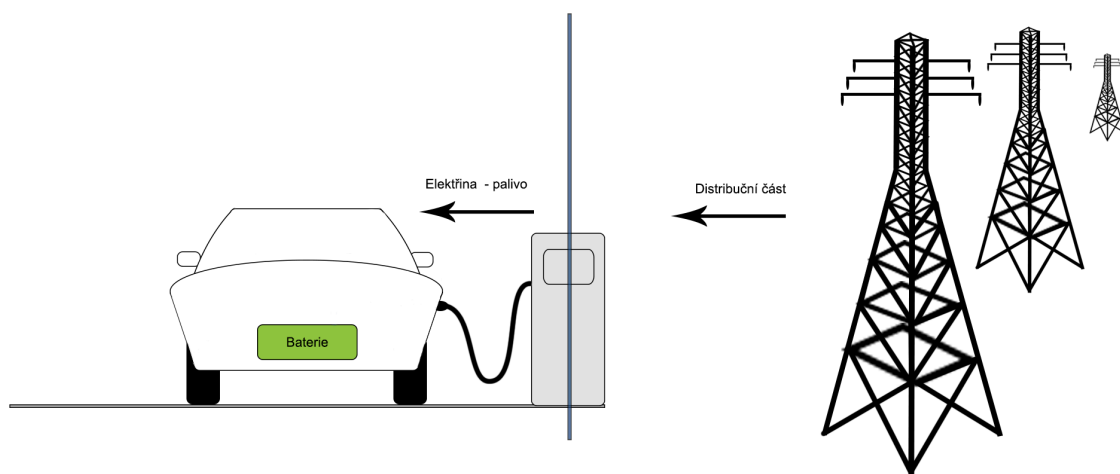
Obrázek 4: Porovnání emisí z různých zdrojů energie Zdroj:EEA

2.2.2 Novela zákona č. 311/2006 Sb. O pohonných hmotách a čerpacích stanicích

Dne 19. 4. 2017 byla schválena novela zákona o pohonných hmotách a čerpacích stanicích (č. 311/2006 Sb.). Jedná se o zavedení Evropské směrnice s cílem sjednocení pravidel při budování a provozování dobíjecích stanic. Byly přidány důležité části, které vymezují jak standardy, tak požadavky a povinnosti provozovatelů dobíjecích stanic.

Podobně jako ve směrnici 2014/94/EU se rozdělují dobíjecí stanice na běžné a vysoce výkonné. Běžnou stanicí se rozumí stanice, která dokáže přenést výkon v rozmezí (3,7 - 22 kW). Vysoce výkonná, též rychlodobíjecí stanice, dokáže nabíjet s výkonem vyšším než 22 kW. Dále jsou zde podmínky pro provozovatele veřejných dobíjecích stanic. Ti musí zajistit, aby uživatelé

mohli veřejnou dobíjecí stanici využívat nediskriminačním způsobem. Provozovatel musí evidovat a zveřejňovat ceny elektrické energie na dobíjecích stanicích, které musí splňovat povinný evropský standard konektorů. Od 18. 11. 2017 má být každá nově vystavěná dobíjecí stanice vybavena konektorem Mennekes (Type 2) a Combo II (CCS). Použití dalších konektorů záleží čistě na výrobci dobíjecí stanice. Důležitou povinností je zajištění kompatibility a nezaměnitelnost zásuvky a konektoru na střídavý a stejnosměrný proud. Nově se elektřina pro potřeby elektromobility definuje jako palivo [22].



Obrázek 5: Rozhraní, kdy je a není elektřina definována jako palivo

3. Technologie nabíjení

S rozvojem elektromobilů přichází na řadu i volba technologie nabíjení, která do jisté míry určí jejich využitelnost. Pouhým porovnáním doby, kterou potřebují automobily se spalovacím motorem k doplnění nádrže a elektromobily k dobití akumulátoru, plyne jasný závěr. U běžných automobilů trvá doplnění nádrže řádově několik minut. S elektromobily se pohybujeme řádově v desítkách minut, nebo hodin. Omezená dojezdová vzdálenost u elektromobilů znamená, že volba dobíjecí technologie a čas potřebný k nabití baterie jsou klíčovými faktory.

Rozhodujícím faktorem je i kapacita akumulátoru umístěného v elektromobilu. Ta rozhoduje o vzdálenosti, kterou jste schopni urazit na jedno nabití. S malou kapacitou akumulátoru bude spojena častější potřeba dobíjení a naopak. Zde budou důležitou roli hrát rychlodobíjecí stanice.

DĚLENÍ PODLE POUŽITÉ TECHNOLOGIE [20]

1. Plug-in charging
2. Bezdrátové dobíjení
3. Výměna baterie

Rozlišujeme 3 základní způsoby, jak dobít baterii elektromobilů. Přičemž jedinou komerčně využívanou technologií je nabíjení pomocí nabíjecího kabelu, anglicky *Plug-in charging*. Elektromobil je vodivě propojen se zdrojem elektrické energie, kterou poskytuje nabíjecí stanice, nebo běžná elektrická zásuvka.

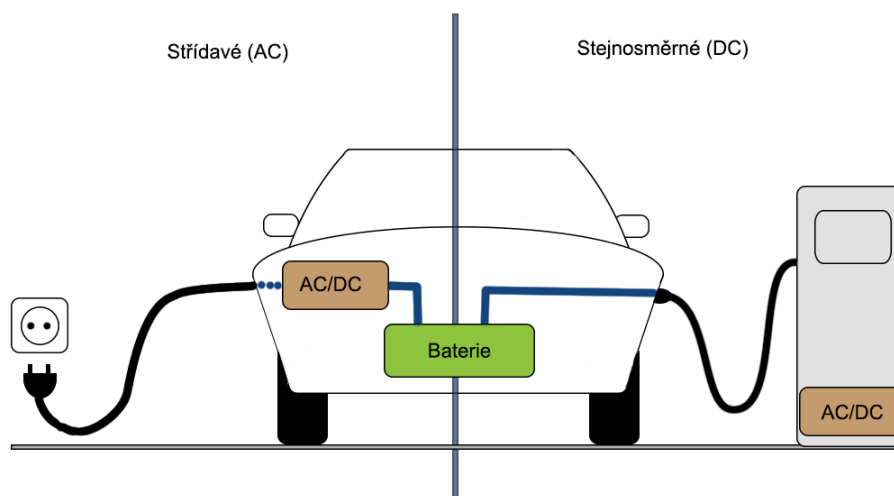
Druhým způsobem je bezdrátové dobíjení elektromobilu, které nevyžaduje vodivé spojení se zdrojem elektrické energie. Nabíjecí systém vytváří elektromagnetické pole a baterie se dobíjí pomocí indukce. Tento způsob dobíjení je zatím realizován v rámci pilotních projektů.

Posledním typem, který nabízí nejrychlejší způsob, jak dobít baterii v elektromobilu je její výměna. K tomu slouží speciální výměnné stanice, které vybitou baterii vymění za novou. Bylo realizováno několik projektů, které neuspěly. Hlavním důvodem byla chybějící standardizace baterií a podpora automobilových společností.

DĚLENÍ PODLE NABÍJECÍHO PROUDU [20]

- Stejnsměrný (DC)
- Střídavý (AC)

Nabíjení elektromobilu nebo plug-in hybridu pomocí vodivého spojení lze rozdělit podle nabíjecího proudu na stejnosměrné (DC) a střídavé (AC). Nabíjení střídavým proudem se označuje jako pomalý způsob dobíjení, např. v domácnostech. Pokud mluvíme o rychlém dobíjení, vždy se jedná o dobíjení stejnosměrným proudem.



Obrázek 6: Rozdíly v nabíjení elektromobilů

Jelikož baterie umístěná v elektromobilu vyžaduje dobíjení stejnosměrným proudem a elektrická síť poskytuje zdroj střídavé energie, je zapotřebí využít AC/DC usměrňovač, který lze umístit přímo do vozidla, tzv. *On-board*. Kde se střídavá energie přemění na stejnosměrnou (Obr č.6). Druhou možností je umístit AC/DC usměrňovač přímo do nabíjecí stanice. Ta přenáší stejnosměrnou energii přímo do baterie. V tomto případě hovoříme o rychlodobíjecích stanicích, které dokážou přenést vysoké výkony (Obr č.6).

Oba způsoby dobíjení se liší výkonem, který jsou stanice i kabely schopné bezpečně přenést. To závisí na maximální velikosti proudou a napětí. Od toho se odvíjí i délka času potřebného k dobití baterie na její plnou kapacitu. Mezinárodní elektrotechnická komise (IEC) rozděluje dobíjecí infrastrukturu podle nabíjecího výkonu do 4 režimů [23].

DĚLENÍ PODLE NABÍJECÍHO VÝKONU [21]

	Režim 1		Režim 2		Režim 3		Režim 4
Počet fází	I	III	I	III	I	III	DC
Max. výkon	3,7 kW	11 kW	7,4 kW	22 kW	16,1 kW	43,5 kW	240 kW
Maximální proud	16 A		32 A		70 A (I), 63 A (III)		400 A (DC)

Tabulka 2: Režimy nabíjení Zdroj: IEC 61851

Režim 1 – nabíjení z běžné domácí zásuvky střídavým proudem (16 A), za použití nezbytných ochran. Zde se reálně nabíjí 10-12 A, jelikož domácí zásuvky vydrží 16 A jen krátkodobě. Nicméně tímto nabíjecím režimem trvá dobití baterie okolo 6-8 hodin.

Režim 2 – podobný režimu 1 s tím, že dovoluje využít střídavý proud (32 A). Pro tento druh nabíjení musí být dimenzován přívod, včetně zásuvek. K tomu je zapotřebí speciální kabel, tzv. *Cable Control Box*, který zajišťuje nezbytnou ochranu a monitoring výkonu, tak aby nedošlo ke zkratu, nadproudu či přehřátí.

Režim 3 – dobíjecí stanice jako zdroj elektrické energie s využitím speciálních zařízení, tzv. *Electrical Vehicle Supply Equipment*. Ty zvyšují bezpečnost a umožňují obousměrnou komunikaci mezi nabíjecí stanicí a elektromobilem. To vyžaduje speciální konektor i zásuvku, kde byl stanoven povinný evropský standard konektoru typu 2, Mennekes (IEC 62196-2).

Režim 4 – stejně jako v režimu 3 se jedná o využití dobíjecí stanice, jako zdroje elektrické energie. Vzhledem k vysokému napětí 600 V a proudu až 400 A, není nabíjení prováděno palubní nabíječkou, jak je tomu u předchozích režimů, ale externí umístěnou ve stanici. Ta usměrní střídavý proud na stejnosměrný a dodá ho přímo do baterie. I v tomto případě jsou nutná ochranná zařízení, speciální typy konektorů a zásuvek. Pro režim 4 je stanoven povinný evropský standard konektoru Combo II (CCS) (IEC 62196-3).

3.1 Pomalé nabíjení

Pomalé nabíjení lze rozdělit podle dostupnosti na soukromé a veřejné. Za soukromé lze považovat místa v domácnostech nebo práci, která jsou vybavena běžnou zásuvkou či nabíjecím boxem (Wall box). Tento způsob nabíjení je běžný v příměstských či venkovských oblastech, kdy má majitel soukromou garáž nebo přístup k elektrické zásuvce. Nabíjení doma je pohodlnou volbou, protože k používání není potřeba dalších poplatků či registrací, jak je tomu u veřejného nabíjení. U veřejného nabíjení se předpokládá využití ve městech, kde jsou vozidla parkována na ulicích či veřejných parkovištích. Bohužel neexistuje jednotný systém registrace, ani účtování za dobitou energii. Pokud tedy chcete používat veřejnou dobíjecí síť, musíte splnit požadavky, které si stanoví provozovatel.

Pomalé nabíjení chápeme jako dobíjení střídavým proudem, který je usměrněn v palubní nabíječe. Jenže zde narážíme na problém, jakým typem palubní nabíječky je elektromobil vybaven. Pokud není elektromobil vybaven nabíječkou, která dokáže naplno využít dodávaný výkon, máme smůlu. Jediným způsobem, jak rychle dobít baterii je použít rychlonabíjecí stanici se stejnosměrným proudem. Např. pokud bude vybaven elektromobil palubní nabíječkou 3,3 kW, tak při nabíjení z 22 kW (AC) stanice, využije jen zmíněných 3,3 kW.

Proč tedy výrobci elektromobilů nepoužívají výkonnější palubní nabíječky? Odpověď je jednoduchá, je to cena a rozměry, které jsou limitujícími faktory.

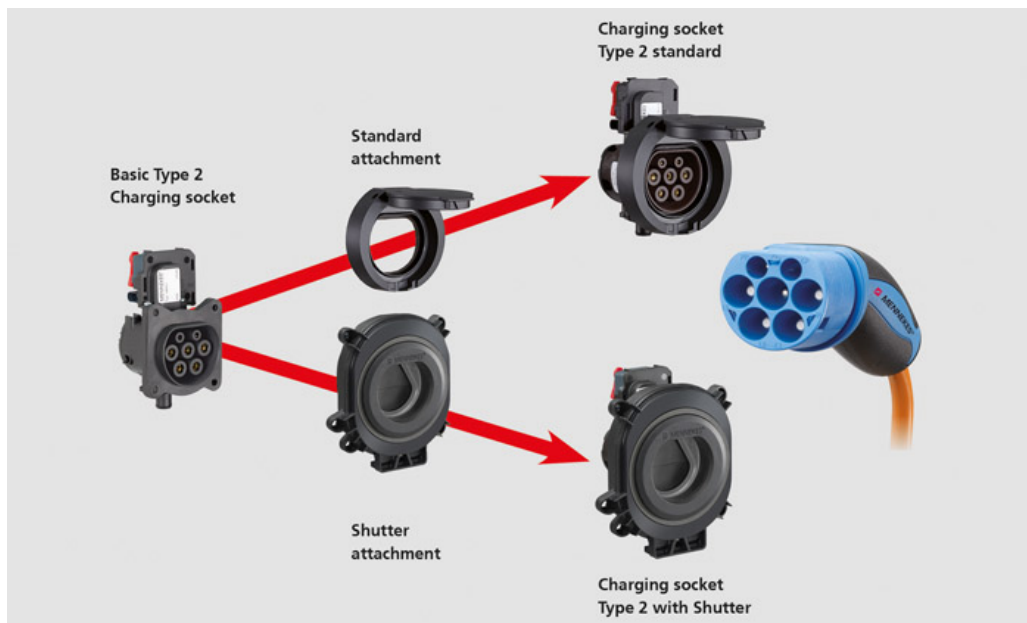
Pokud bychom vlastnili elektromobil Nissan Leaf se standardní 3,3 kW nabíječkou a rozhodli se nabíjet ze standardní zásuvky, tak 24 kWh baterii nabijeme zhruba za 7 a půl hodiny. Pokud si připlatíme za 6,6 kW nabíječku, trvá nabíjení okolo 4 hodin. Což nemusí být omezující záležitost v případě, že nabíjíme přes noc [24].

3.1.1 Mennekes

V současné době jsou používány 3 typy konektorů, které splňují povinné standardy dle (IEC 62196-2). Hlavním cílem v Evropě bylo sjednocení a volba jediného typu konektoru. Oproti používání redukci, kdy by uživatelé elektromobilů museli být vybaveni kabelem s různým typem konektoru, kdyby chtěli přejíždět v rámci států EU.

TYPY KONEKTORŮ [21]

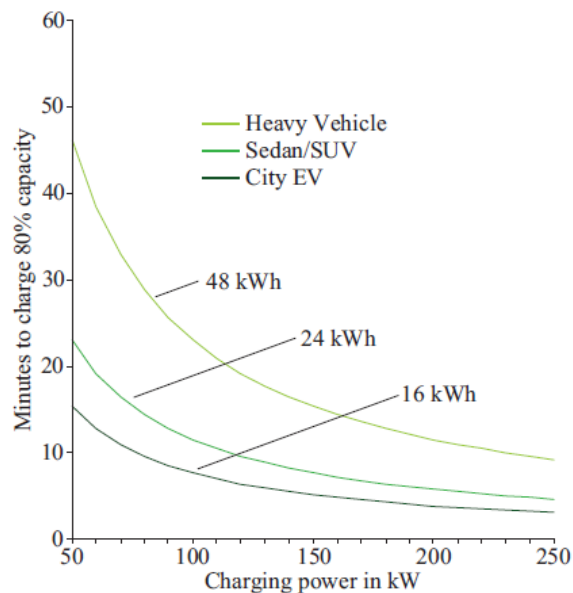
- **Typ 1 (SAE J1772-2009), Yazaki** – konektor standardně používaný pro dobíjení elektromobilů v Severní Americe nebo Japonsku. Tímto typem jsou vybaveny i evropské elektromobily od japonských výrobců. Umožňuje nabíjet pouze 1.fázovým střídavým proudem a splňuje požadavky pro nabíjení režimem 1-2.
- **Typ 2, Mennekes** – v Evropě byl schválen pro střídavé nabíjení konektor typu 2 (Mennekes), který umožňuje jak 1.fázové, tak 3.fázové nabíjení. Je kompatibilní s nabíjecími režimy 1-3 a dovoluje nabíjet s maximálním proudem 63 A s výkonem 43,5 kW.
- **Typ 3, Scame** – konektor shodný s typem 2, který se používá ve Francii a vyžaduje použití bezpečnostních prvků proti možnému dotyku. Jelikož je snaha mít jeden standardní konektor v celé Evropě, upustilo se od typu 3.



Obrázek 7: Konektor typu 2 Mennekes Zdroj: Mennekes

3.2 Rychlé nabíjení

Rychlé nabíjení je alternativou k pomalému nabíjení, kdy uživatel elektromobilu nemá čas dobít doma, nebo potřebuje urazit delší vzdálenost. Rychlodobíjecí stanice umožní dobít baterie ve velmi krátkém čase, respektive 80 % kapacity za 15-20 minut¹. V současné době existují 2 dobíjecí standardy: CHAdeMO a Combo II (Combined Charge System – CCS).



Obrázek 8: Závislost nabíjecího výkonu na čase Zdroj: IA-HEV Task 20 "Quick Charging Technology"

3.2.1 CHAdeMO

Rychlodobíjecí standard CHAdeMO, vyvinutý japonskou společností se od roku 2010 stal nejrozšířenějším ve světě. K zajištění interoperability mezi nabíjecími stanicemi a elektromobily se jedná o jediný certifikovaný rychlodobíjecí systém na světě. CHAdeMO disponuje komunikačním protokolem (CHAdeMO protokol), který využívá CAN sběrnici pro komunikaci elektromobilu s nabíjecími stanicemi. Při nabíjení vyžádá elektromobil požadavek prostřednictvím protokolu, kde jsou specifikovány přesné hodnoty napětí a proudu.

CHAdeMO	
Max. proud	120 A (DC)
Max. napětí	500 V (DC)
Max. výkon	50 kW

Tabulka 3: CHAdeMO specifikace Zdroj: CHAdeMO

¹ To odpovídá nabíjecímu výkonu 50 kW, pro nabíjecí výkon 240 kW je čas ještě nižší

CHAdEMO specifikuje pouze část konektoru, která se připojuje do zásuvky (splňuje normu IEC 62196-3), zbytek konstrukce konektoru je na výrobci stanice.



Obrázek 9: Konektor CHAdEMO (nalevo), zásuvka (napravo) Zdroj: CHAdEMO

3.2.2 CSS/Combo 2

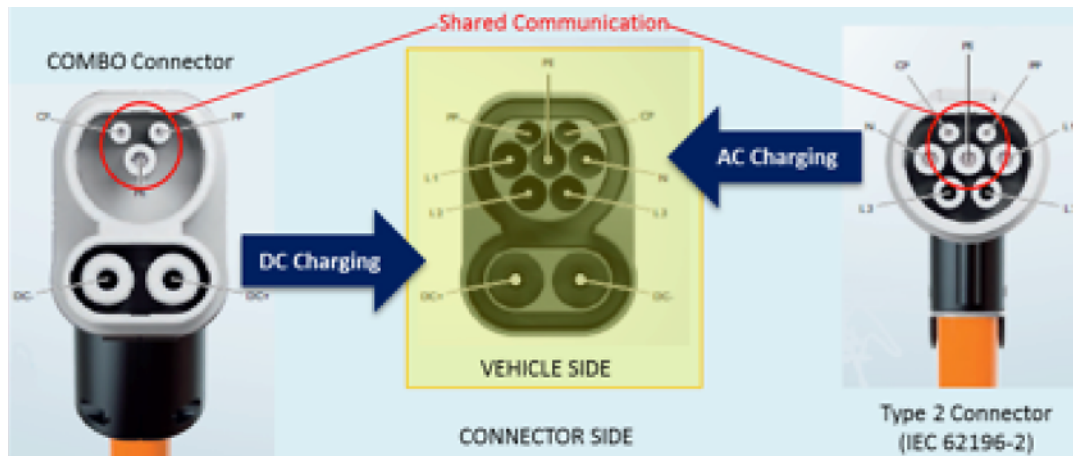
Standard CHAdEMO je určen pouze pro rychlé dobíjení (DC) a využívá pouze nabíjecí režim 4. Elektromobil se standardem CHAdEMO, tak vyžaduje samostatnou zásuvku, která podporuje nabíjecí režimy 1-3 (AC). Oproti tomu konektor Combo dovoluje využít všechny 4 nabíjecí režimy, bez nutnosti dvou individuálních zásuvek. CSS/Combo 2 se stal evropským standardem v rychlém dobíjení (IEC 62196-3).

CSS/Combo 2			
	DC	AC	
Max. Proud [A]	200	70	63
Max. napětí [V]	500	230	400
Max. výkon [kW]	170	13	44

Tabulka 4: Combo 2 specifikace Zdroj: IEA

Evropská asociace (ACEA – European Automobile Manufacturer's Association) uvedla, že nově vyrobené elektromobily od roku 2017 budou vybaveny standardem Combo II. Komunikaci s elektromobilem a nabíjecí stanicí zajišťuje protokol (HomePlug Green Phy), který umožňuje vysokorychlostní přenos dat, díky komunikaci PLC (Power Line Communication).

S příchodem standardu Combo se automobilové společnosti (zvláště v Evropě) obávaly, že musí vyvinout novou řadu vozidel, které budou podporovat nový standard. Brzy se ukázalo, že koexistence obou standardů je bezproblémová, jelikož (90 až 95 %) výrobních nákladů je společných. Takže není problém udělat dobíjecí stanici, která podporuje oba standardy dobíjení [19].



Obrázek 10 Konektor Combo (vlevo), zásuvka (uprostřed), konektor typu 2 (vpravo) Zdroj: Phoenix Contact

3.2.3 Tesla Supercharger

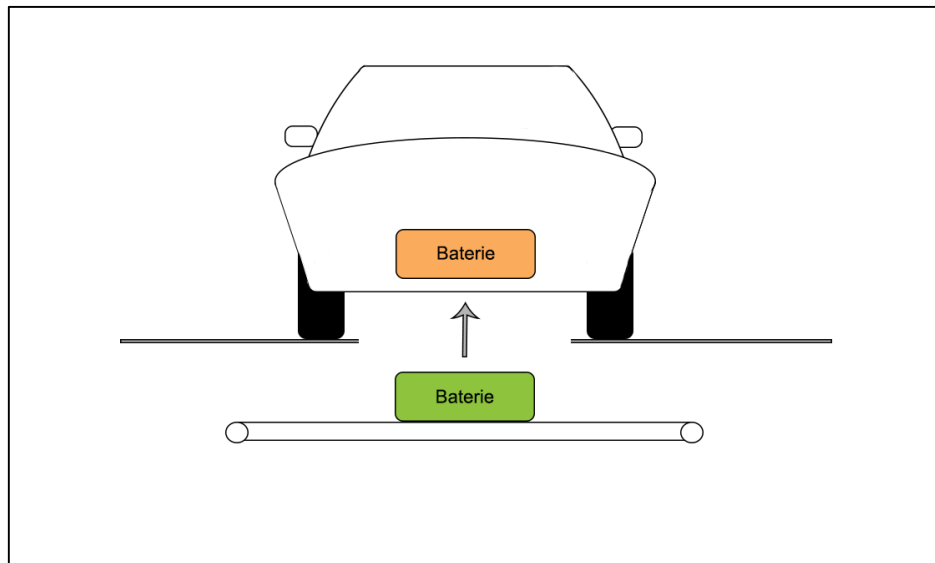
Jedná se o dobíjecí stanici automobilky Tesla, která pro uživatele jejich elektromobilů buduje síť rychlodobíjecích stanic, tzv. *Superchargerů*. Ty umožní dobíjet vysokokapacitní baterie s výkonem až 120 kW. Bohužel ostatní majitelé konkurenčních značek tyto stanice nevyužijí. V České republice je v provozu momentálně 6 superchargerů, které se nachází nedaleko Humpolce u dálnice D1. Projekt vznikl ve spolupráci se společností E.On [27].



Obrázek 11: Supercharger Tesla Zdroj: Tesla

3.3 Výměna baterií

Principem je nahrazení vybité baterie za novou ve speciální výměnné stanici, čímž se uspoří doba potřebná k jejímu nabití. To umožní velmi rychle „dobít“ elektromobil a pokračovat dále v cestě bez čekání, než se baterie dobije. Výměna baterie je jediná technologie, která dokáže „dobít“ elektromobil rychlostí srovnatelnou s natankováním nádrže u automobilů se spalovacím motorem.



Obrázek 12: Technologie výměny baterií

V současné době se dá hovořit spíše o pilotních projektech než komerčním využití. V Evropě dnes žádná společnost neprovozuje speciální výměnné stanice a má to své důvody, které technologii výměny baterií zatím odsouvají na slepou kolej. K plnohodnotnému rozšíření této technologie by bylo zapotřebí, aby elektromobily podporovali možnost rychlé výměny baterie. Byla by potřebná standardizace napříč automobilovými výrobci o typu a velikosti použité baterie. V neposlední řadě hrají důležitou roli vysoké náklady spojené s výstavbou stanice a nutností vlastnit baterie v zásobě [9].

Jedním z průkopníků v této oblasti byla společnost BetterPlace, která chtěla rozvinout trh s elektromobily v Dánsku a Izraeli. Cílem bylo vybudovat síť dobíjecích a výměnných stanic, kde by se baterie elektromobilu dokázala vyměnit do 2 minut. Přičemž baterie vlastnila společnost BetterPlace a uživatelé si dle zvoleného tarifu mohli baterii dobít, nebo vyměnit. Společnost tak chtěla bojovat proti vysokým cenám baterií a urychlit rozvoj elektromobilů. I přes všechnu snahu společnost vyhlásila v roce 2013 bankrot.

Jedním z možných příčin neúspěchu byla špatná volba státu a neochota spolupracovat. Jiná studie tvrdí, že snaha vyřešit problém s omezeným dojezdem a co nejrychlejším dobíjecím časem, nemusí být tím důležitým faktorem pro rozvoj elektromobilů. Z technického hlediska je dojezd na jedno nabití dostačující pro převážnou část uživatelů. Průzkumy ukázaly, že nabíjecí čas je méně podstatný než zvýšení kapacity baterie. Část vnímá omezenou dojezdovou vzdálenost jako problém a jiným to vyhovuje. Faktem zůstává, že výměna baterie je jedinou technologií, která dokáže „dobít“ elektromobil rychlostí srovnatelnou s automobily se spalovacím motorem [10].

Do technologie výměny baterií se pustila i automobilka Tesla. Ta nabízela uživatelům možnost využívat výměnné stanice. Celý proces výměny baterie je automatizovaný a trvá okolo 3 minut. Robot tedy vaši vybitou baterii vymění za novou. Mělo to však háček, baterie patří automobilce Tesla a vy ji máte pouze vypůjčenou. Po čase ji tedy musíte vrátit na stejnou stanici a vyzvednout si svou. Jaká byla reakce uživatelů? Výměnné stanice skoro nevyužívali, a proto šéf automobilky Tesla Motors oznámil, že ve výměně baterií nevidí budoucnost. Necháme se však překvapit, jestli další modely značky Tesla budou podporovat výměnu baterií či nikoliv [11][12].

V současné době vzniká v České republice projekt s názvem *BattSwap*, který se zabývá systémem výměny baterie. Jedná se startupový projekt, jehož zakladatelem je Radek Janků. Podobně jako předešlé projekty cílí na dnes vysoké ceny baterií a pomalé nabíjení. Oproti zmíněným projektům se snaží zacílit na korporátní flotily automobilů a nabídnout jim řešení. Vozidla vybavená systémem výměny baterie spolu s výměnnými stanicemi bude vlastnit firma. Ve výměnné stanici budou uloženy náhradní baterie, které bude možné vyměnit za 30 vteřin. Tím odpadá problém s jejím vlastnictvím. Tento systém by tak bylo možné využít ve vozidlech taxislužby, logistických společnostech, nebo v rámci městské veřejné dopravy. Uvidíme nakolik projekt zaujme a jestli se nezařadí mezi další neúspěšné pokusy [26].

4. Oblasti využití elektromobility

Elektromobily našly uplatnění již v 19. století a zdatně konkurovaly tehdejším automobilům se spalovacími motory. Jenže s potřebou překonávat dlouhé vzdálenosti byly elektromobily postupně vytlačovány. Důvodem byla klesající cena ropy a sériová výroba vozidel se spalovacími motory. Později byly elektromobily využívány pro specifické účely jako golfové nebo vysokozdvizné vozíky. Dnešní doba však ukázala nesporné výhody elektromobilů v nulové produkci emisí z jízdy, což může vyřešit problém se špatným ovzduším a hlukem ve městech. S příchodem nových technologií se oblast využití elektromobilů rozrůstá. V této kapitole bude pojednáno o současném využití a možném budoucím potenciálu elektromobilů [13].

4.1 Individuální doprava

V současné době téměř všechny automobilové společnosti nabízejí alespoň jeden model s elektrickým pohonem, nebo plánují zařazení do výroby. Jako je to například u automobilky Škoda, která plánuje představit elektromobil do roku 2020. [38]

V současné době elektromobily zaujímají segment lehkých užitkových vozů, ale najdou se i výjimky. Příkladem může být automobilka Tesla, která nabízí luxusní řadu elektromobilů s dojezdem až 613 km² [37].

Omezená dojezdová vzdálenost

Ve spojitosti s elektromobily se často hovoří o omezené dojezdové vzdálenosti. I automobily s konvenčním typem motoru mají omezenou dojezdovou vzdálenost, která je dána objemem nádrže a spotřebou paliva. Stejně tomu je i u elektromobilů, kde je hlavním problémem velikost baterie a její kapacita, která určuje dojezdovou vzdálenost. Jenže v případě elektromobilů neexistuje tak hustá síť dobíjecích stanic v porovnání s čerpacími. Tedy míst, kde by bylo možné baterii ihned dobít a pokračovat dále v cestě. Nabíjení trvá nějakou dobu, a tak se uživatel musí přizpůsobit a plánovat trochu dopředu. Faktem zůstává, že elektromobilita je ve stádiu vývoje i když to vypadá, že je individuální doprava nejrozvinutějším sektorem. Bude ještě nějakou dobu trvat, než se dostane na úroveň dnes běžných konvenčních automobilů. Řešením v tomto případě může být pořízení Plug-in hybridu, který má po vyčerpání energie z baterií v záloze konvenční pohon, takže je schopný dojezdovou vzdálenost prodloužit.

² Tato vzdálenost závisí na kapacitě baterií, způsobu jízdy a okolním prostředí. Podle americké společnosti EPA je dojezd okolo 504 km.

Pro a proti

Mezi výhody elektromobilů patří tichý provoz, ale i okamžitá akcelerace díky elektromotoru, která překvapí mnohé uživatele. Dále to mohou být malé náklady na provoz a údržbu elektromobilu. Cena elektřiny je v porovnání s benzínem či naftou podstatně levnější a náklady spojené s údržbou vozu také, protože odpadnou pravidelné servisní prohlídky a výměny oleje. Pokud pomineme potřebu výměny baterie elektromobilu, poté co ztratí potřebnou kapacitu. Další již zmíněnou věcí jsou nulové emise z jízdy, které díky zpřísňujícím limitům nahrávají do karet elektromobilům a tlačí na automobilky přejít k jejich výrobě.

Tedy k nevýhodám elektromobilů, již vzpomínaná omezená dojezdová vzdálenost, kterou by šlo řešit dostatečným pokrytím dobíjecí infrastruktury. Určitou roli hraje i roční období, kdy je potřeba udržovat baterie zahřáté, takže je spotřeba trochu vyšší. Pak je tu dlouhý čas potřebný k dobití baterií v případě pomalého nabíjení. Určitou roli hraje i pořizovací cena, která je v případě elektromobilů vyšší, a tak běžný uživatel zvolí raději automobil s konvenčním typem pohonu. To může být spojeno i s malým výběrem modelů, byť jich je v dnešní době na trhu několik.

Zde bych rád zmínil i nedostatečnou informovanost veřejnosti a zbytečné předsudky vůči elektromobilitě, která je teprve v začátcích.

4.2 Přeprava zboží

Použití bezemisních vozidel v sektoru nákladní přepravy a doručovacích služeb je řešením negativních dopadů dopravy ve městech. Je potřeba zvážit i budoucí výhody elektromobilů plynoucí z možnosti vjezdu do centra, bezplatného parkování, či odpuštění silniční daně. Přechod od vozidel s konvenčními motory k elektricky poháněným je velkou výzvou.

V Evropě vznikl projekt s názvem FREVUE. Tento projekt demonstruje zapojení elektrických vozidel v 8 evropských městech (Amsterdam, Lisabon, Londýn, Madrid, Milán, Oslo, Rotterdam a Stockholm). Kde elektrické dodávky, nebo kamiony rozváží poštu, balíčky, nebo zásobují obchody v centrech města.

Oblast použití

Využití ve městech má důvod hlavně kvůli omezené dojezdové vzdálenosti elektrických vozidel. U malých a středních elektrických vozidel se dá hovořit o plnohodnotném nahrazení konvenčních automobilů. Zatímco využitelnost velkých elektrických vozidel je limitována.

Nabíjení vozidel probíhá prioritně přes noc v areálu společnosti. Projekt ukázal, že v případě dobíjení více elektrických vozidel najednou mohou vznikat problémy s nedostatkem výkonu. Byla tak potřeba investice do zlepšení distribuční sítě.

Plánování

Současným cílem je nalézt vhodné využití elektrických vozidel v městské logistice. To ve většině případů vyžaduje plánování a úpravu trasy. Optimální řešení se ukázalo v doručování zboží a pošty, kdy se jedná obvykle o krátké cesty s častými zastávkami. Vozidlo vyjíždí plně naložené ze skladu a po objížděcí trasy se vrací zpět do areálu firmy. Problémem se ukázaly být neplánované zastávky, potřebná údržba po skončení rozvážky, nebo náklad vozidla. Tyto činnosti zabírají čas potřebný k dobití baterií. Takže musí probíhat v místě, kde je elektrické vozidlo nabíjeno.

Existují však případy, kde se elektrická vozidla nedají použít kvůli omezené dojezdové vzdálenosti. V takové situaci je možné vybudovat síť přepravních stanic, která sebou nese riziko spojené s vysokou finanční investicí.

Finanční zhodnocení

Požizovací ceny elektrických vozidel jsou v porovnání s konvenčními automobily několikanásobné. Na druhé straně uspoří finance spojené s údržbou a provozem. Tak například pořizovací cena menší dodávky (do 3,5 t) je dvojnásobná, dodávky (od 3,5 - 7,5 t) až čtyřnásobná. U trucků (od 7,5 do 19 t) jsou pořizovací ceny až pětinašobek, jelikož jsou vyráběny na zakázku. Ze zprávy FREVUE vyplývá, že elektrická vozidla od 3,5 t výše nejsou dosud vhodnou technologií a řešením ke komerčnímu využití.

Realizace a reakce na elektrická vozidla

V současné době se jedná o zkušební projekty, které pokud získají podporu mohou být realizovány i v širším měřítku. Zkušenosti z projektu však ukazují, že bude potřeba nezbytná podpora a standardizace. Většina vozidel je totiž zkonstruována na zakázku.

Vnímání veřejnosti i samotných řidičů je vcelku pozitivní. Z průzkumu vyplývá, že řidiči nevnímají problém omezeného dojezdu, jelikož důležitou roli hraje stabilní a předem stanovená trasa. Společnosti účastníci se projektu FREVUE poznamenali, že v současné době nelze nahradit všechny konvenční automobily za elektrické. Nicméně v kategorii vozidel do 3,5 t jsou vážným uchazečem, pokud by se optimalizovaly podmínky jejich používání [14].

4.3 Hromadná městská doprava

Využívání elektrických autobusů podporuje přechod k čistější dopravě. V některých městech České republiky se osvědčil koncept trolejbusů. Ty jsou připojeny pomocí pantografu k trakčnímu vedení, které limituje použití trolejbusů pouze na elektrifikovaných trasách. Zbylé trasy obstarávají naftové autobusy, přičemž mnohde je snaha nahradit je autobusy využívající jako zdroj energie alternativní paliva. Příkladem je použití elektrobuseů, které oproti trolejbusům nejsou závislé na trakční síti, ale kapacitě baterií.

Existují dva koncepty dobíjení baterií. První počítá s pomalým nabíjením elektrobuseů přes noc v depu, nebo při dlouhých zastávkách na trase. Tento systém vyžaduje velkou kapacitu baterie, aby elektrobuse mohl fungovat celý den. Druhý případ počítá s rychlým dobíjením na trase. Tento systém je lehčí a baterie má menší kapacitu. Rychlodobíjecí systémy využívají buď vodivého, nebo indukčního dobíjení baterie. V případě vodivého spojení lze přenést výkon až 500 kW a indukčním okolo 200 kW.

Studie zaměřené na umístění dobíjecí infrastruktury pro sektor individuální dopravy musí předpovídat chování uživatelů. V oblasti hromadné městské dopravy je chování uživatelů známo, jelikož autobusy mají předem stanovené trasy a časy příjezdu/odjezdu. Proto připadá v úvahu umístění dobíjecí infrastruktury na autobusová nádraží, nebo zastávky. Ty se často nacházejí mimo centrum města, kde je výstavba dobíjecí infrastruktury snadnější. Zvažuje se i umístění systému bezdrátového nabíjení na trati k průběžnému dobíjení.

Problémy spojené s využíváním energie z baterií mohou nastat v létě a zimě, kdy je potřeba použít klimatizaci nebo vytápění. Další kritérium je počet cestujících k přepravě. Snížením počtu cestujících lze zvýšit kapacitu baterií a tím snížit i požadavky na dobíjecí infrastrukturu. Cílem je tedy najít vhodný kompromis pro využití elektrobuseů v městské hromadné dopravě [15].

Dopravní podnik hl. města Prahy zařadil 1. září 2015 do městské hromadné dopravy první elektrobuse s cílem testování. Po roce v běžném provozu a více než 70 000 najetými kilometry předčil očekávání v porovnání s naftovým autobusem. Elektrobuse je provozován na lince 213 a 163. Standardní dojezd za běžného provozu s cestujícími se pohybuje v rozmezí (265-350 km) v závislosti na provozních podmínkách. Dobíjení baterií probíhá přes noc v garážích depa a přes den z trolejového vedení pomocí pantografového sběrače. Uvidí se, zda po ukončení zkušební doby provozu začnou elektrobuse průběžně nahrazovat stávající naftové autobusy [25].

Za zmínku stojí i projekty společnosti ABB, která nabízí komerční řešení do měst s cílem nahradit naftové autobusy. Spočívá to ve výstavbě dobíjecích stanic na zastávkách hromadné městské dopravy, kde se elektrobuses dobíjí v době přestávky. Používají systém otočeného pantografu, kdy je pantograf umístěn na dobíjecí stanici místo na vozidle. Má to rozumné důvody, místo toho, aby osazovali pantografem každý elektrobuses, což by bylo cenově dosti nákladné. Výhodou je i lepší přístup při servisu [28].



Obrázek 13: OPPCharge, otočený pantograf Zdroj: ABB

4.4 Lodní doprava

I v lodní dopravě se setkáme s využitím elektrických lodí, které by v případě zprísnění emisních limitů mohly být použity ve velkých městech či na přehradách. Omezováním emisí v dopravě může dosáhnout i stavu, kdy výletní lodě a parníky s naftovými motory budou zakázány. Pokud hovoříme o mapování dobíjecí infrastruktury na území Prahy, je dobré zmínit tuto skutečnost. Poté by bylo nutné nahradit stávající lodě alternativním řešením – a v úvahu by připadala elektrická plavidla. Výhodou by zde byla stanovená doba využívání, kdy by se elektrická plavidla přes noc dobila. Přes den by v případě potřeby na pravidelné zastávce dobila baterie. V současné době se můžeme setkat s využitím elektročlunů na Lipenské přehradě, kde díky projektu „Ekologicky na Šumavě“ provozují 5 elektroloď. Člun má k dispozici 2 baterie, z nichž jedna je záložní. Člun uveze až 6 pasažérů a dokáže brázdit hladinu až 6 hodin. Pokud jsou nepříznivé podmínky a silný vítr je provozní doba menší [26].

Nezůstaneme jen u člunů a podíváme se do Norska, kde realizovali projekt elektrického trajektu. Loď dlouhá 80 metrů dokáže převést 360 pasažérů a 120 automobilů. Během ročního provozu uspoří (570 tun CO₂ a 15 tun NO_x). Na jeho palubě nalezneme 10 tun vážící baterii, kterou je schopné dobít okolo 10 minut. Využívá se při tom stejná baterie umístěná na pevnině, která trajekt dobíjí, když kotví v přístavu

5. Vhodnost technologie nabíjení pro výše uvedené oblasti využití elektromobility

Pro výše uvedené oblasti použití elektrických vozidel jsou vhodné různé technologie dobíjení. Z dlouhodobého hlediska se jediným komerčním řešením zdá použití dobíjecích stanic, ať už vysoce výkonných, tak běžných v kombinaci s dobíjením v domácnostech. Nejistota rychlého nástupu elektromobilů může vést k náhlé potřebě nabíjet velký počet elektromobilů. To ovlivňují těžko odhadnutelné faktory jako cena ropy, baterií a chování uživatelů elektromobilů. Z toho plynou problémy pro operátory distribučních sítí na zvýšení zatížení sítě v případě potřeby rychlého dobíjení. Důležitý je počet elektromobilů, ale i chování jejich uživatelů. Příkladem může být nabíjení několika elektromobilů současně z rychlodobíjecí infrastruktury při špičkovém zatížení sítě. Což by mohlo mít negativní následky na provoz distribuční sítě a její stability.

SEKTORY DOPRAVY

- **Individuální doprava** – předpokládá se, že většina uživatelů bude dobíjet elektromobil doma přes noc. S částečným využíváním veřejné sítě dobíjecích stanic k prodloužení dojezdové vzdálenosti. Co se týká hlavních silničních tahů, ty se bez rychlodobíjecí infrastruktury neobejdou.
- **Přeprava zboží** – zde hraje důležitou roli cena poskytnuté služby zákazníkovi, který nejspíš nebude ochotný zaplatit vyšší částku v případě doručení zboží elektromobilem. Potřebné je zmínit i omezené využití ve městech s předem naplánovanou trasou, kvůli omezenému dojezdu. Proto je snaha propojení pomalého dobíjení přes noc v garážích firmy s rychlým dobíjením přes den. Nevylučuje se ani technologie výměny baterií, která je však finančně nákladná a nese s sebou vysoká investiční rizika.
- **Hromadná městská doprava** – pro využití hromadné městské dopravy v širokém měřítku by byla potřeba rychlodobíjecí infrastruktura. Dobíjení baterií přes noc nestačí na celodenní provoz, a proto je třeba baterie v průběhu dne dobíjet. V úvahu připadá i technologie bezdrátového dobíjení na zastávkách hromadné městské dopravy, kdy se elektrobuses během celé trasy bude dobíjet a na konečné zastávce využije rychlodobíjecí stanici.
- **Lodní přeprava** – sektor dopravy, který se teprve rozvíjí a v České republice může najít uplatnění v případě zpřísnění emisních limitů. Poté by došlo k nahrazení stávajících plavidel na hlavních tocích či přehradách. Jednalo by se nejspíš o používání

elektročlunů, výletních lodí či parníků. Kde by zásadní roli hrála míra využití daného dopravního prostředku. Ten by měl nejspíš pravidelnou dobu využívání, kde by postačovala běžná dobíjecí infrastruktura.

5.1 Výpočet objemu nabíjení – současná situace

Abychom vůbec mohli počítat, kolik energie je nutné pro dobití baterií v elektromobilech, musíme znát jejich počet, kapacitu baterie a jejich spotřebu. Potřebná data byla čerpána z registru vozidel, který spravuje Ministerstvo dopravy ČR a ze statistik Svazu dovozců automobilů [29][30] (viz. Příloha 1). Aktuální počet k 1. 3. 2017 je 1268 registrovaných elektromobilů.

- VÝPOČET PRŮMĚRNÉ KAPACITY BATERIE

$$\text{průměrná kapacita}^3 = \frac{\sum_{i=1}^n \text{kapacita}_i}{\sum_{i=1}^n \text{pocet}_{2017_i}} = \frac{22938}{1099} = 20,9 \text{ kWh} \quad (1)$$

$$\text{průměrná kapacita}^4 = \frac{\sum_{i=1}^n \text{kapacita}_i}{\sum_{i=1}^n \text{pocet}_{2017_i}} = \frac{37303}{1268} = 29,4 \text{ kWh} \quad (2)$$

Kapacita baterií v elektromobilech značky Tesla několikanásobně převyšuje baterie ostatních značek. Proto jsou zde uvedeny 2 výpočty pro znázornění, jak moc tyto elektromobily ovlivňují celkový průměr. Do budoucna se předpokládá rostoucí kapacita baterií, která se bude přibližovat k vypočteným 29,4 kWh. Pro výpočet průměrné spotřeby byly zahrnuty i elektromobily Tesla.

- VÝPOČET PRŮMĚRNÉ SPOTŘEBY

$$\text{průměrná spotřeba} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{spotřeba}_i * \text{pocet}_{2017_i}}{\sum_{i=1}^n \text{pocet}_{2017_i}} = \frac{20638,3}{1268} = 16,3 \text{ kWh/100 km} \quad (3)$$

Průměrně elektromobil spotřebuje 16,3 kWh/100 km, ale je potřeba brát v úvahu i ztráty při dobíjení baterií. Účinnost dobíjení se pohybuje v rozmezí (65 - 95 %) v závislosti na typu použitého akumulátoru [16][13]. Pokud s elektromobilem nejezdíme, dochází k samovybíjení

³ Průměrná kapacita baterie elektromobilu bez vozidel Tesla

⁴ Průměrná kapacita baterie včetně elektromobilů Tesla

akumulátoru (řádově 0,5 - 1 % za den). Abychom zjistili jednotlivé účinnosti dobíjení, museli bychom analyzovat každý elektromobil. Budeme tedy počítat s 80% účinností dobíjení, kde je zahrnuté i samovybíjení. S předpokládanou účinností 80 % budeme potřebovat k dobití průměrného elektromobilu 20,4 kWh energie na 100 km. Ze statistik vyplývá, že průměrný řidič ujede kolem 10 000 - 20 000 km za rok. Přesnější číslo nám nabízí statistika Ministerstva Dopravy ve srovnání přepravních výkonů, kdy průměrný řidič ujede za den 32 km, což dělá 11 680 km ročně [18].

- VÝPOČET POTŘEBNÉ ENERGIE/ROK PRO 1 ELEKTROMOBIL

$$\text{potřebná energie} = 20,4 * 11\,680 = 2,38 \text{ MWh} \quad (4)$$

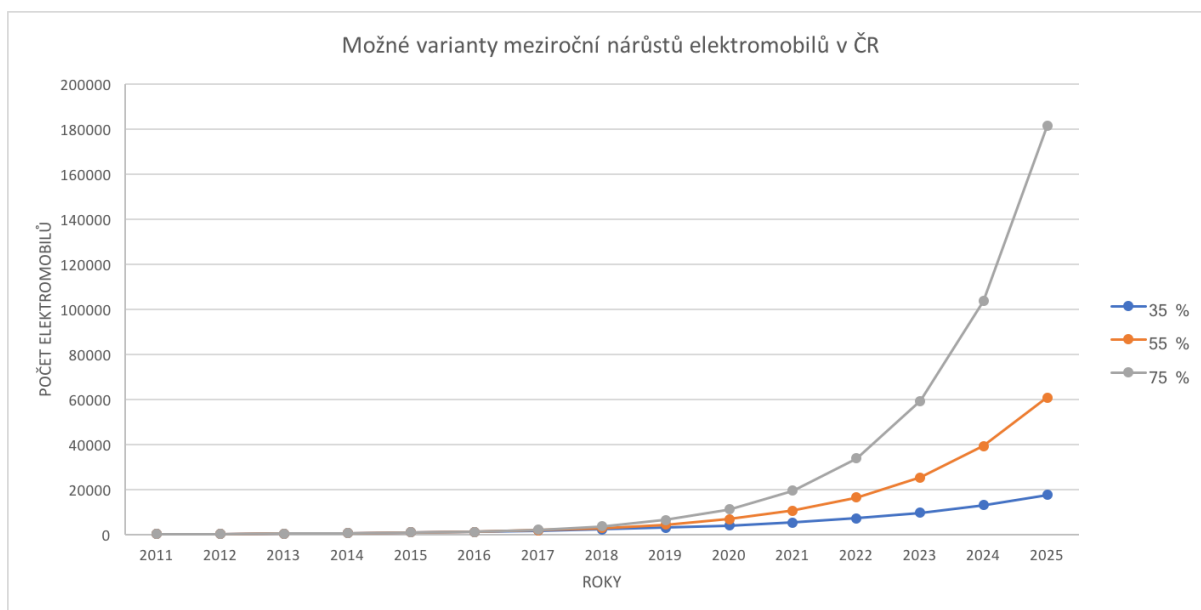
Vychází nám energie 2,38 MWh, která je potřeba vyrobit k dobití elektromobilu se spotřebou 20,4 kWh/100 km při průměrném nájezdu 11 680 km/rok. Při aktuálním počtu 1268 elektromobilů to znamená 3,02 GWh elektrické energie. Jaká je vlastně realita?

Podle mluvčího společnosti ČEZ spotřebovaly elektromobily 2,3 GWh ročně [17]. To lze přirovnat k průměrné spotřebě 920 českých domácností. Porovnáním vypočtené a reálné spotřeby zjišťujeme, že skutečná spotřebovaná energie odpovídá 76 % energie vypočtené výše. Což pravděpodobně znamená, že chování řidičů elektromobilů je mírně odlišné a nevíme přesně jaká data vstupovala do statistiky.

Statistika

Ze současného nárůstu počtu elektromobilů od roku 2011 do 2016 je patrný tříletý trend, kdy první dva roky došlo k výraznému nárůstu elektromobilů v rozmezí (78 % – 95 %). A třetím rokem k výraznému poklesu, kdy byl nárůst v rozmezí pouhých (23 % – 33 %). Nejpravděpodobnější příčinou je pozdní vypsání operačních programů na pořízení elektromobilů. Z čehož plyne závěr, že podpora od státu hraje velkou roli v rozvoji elektromobility. Dá se tak předpokládat výrazný nárůst v počtu elektromobilů v případě angažovanosti státu.

Podíváme se na současný počet elektromobilů a možné scénáře nárůstu do roku 2025. Vycházíme z dat v příloze č.2, která byla extrapolována v závislosti na třech možných scénářích meziročního nárůstu (35 %, 55 %, 75 %). Tento nárůst reprezentuje graf na obrázku č.14.



Obrázek 14: Graf meziročního nárůstu počtu elektromobilů v ČR

V případě meziročního růstu 75 % bychom na konci roku 2025 měli na českých silnicích téměř 182 000 elektromobilů. Což je skoro nepředstavitelné číslo vzhledem k současnému počtu 1268 elektromobilů k 1. 3. 2017. Sám se přikláním k meziročnímu nárůstu někde mezi 35 % – 55 %, což odpovídá počtu elektromobilů někde mezi 17 000 - 61 000. Důvodem je současný trend nárůstu, který není lineární a bude ho ovlivňovat nespočet faktorů, jako výše zmíněná podpora od státu na koupi elektromobilu.

5.2 Výpočet objemu nabíjení s ohledem na scénáře NAPČM

Predikce NAPČM stanovuje k roku 2020 na českých silnicích 7000 elektromobilů. Dále počítá s 35 000 elektromobily do roku 2025 a 250 tis. elektrickými vozidly do roku 2030. Kolik elektřiny bude potřeba k dobití elektromobilů a bude to mít dopady na zatížení distribuční sítě? To zjistíme výpočtem. Kde uvažujeme potřebnou energii 2,38 MWh vypočtenou výše.

- VÝPOČET S OHLEDEM NA SCÉNÁŘE NAPČM:

$$\text{potřebná energie 2020} = 2,38 * 7000 = 16,66 \text{ GWh} \quad (5)$$

$$\text{potřebná energie 2025} = 2,38 * 35\,000 = 83,3 \text{ GWh} \quad (6)$$

$$\text{potřebná energie 2030} = 2,38 * 250\,000 = 595 \text{ GWh} \quad (7)$$

Potřebná data o celkové vyrobené a spotřebované energii na území České republiky poskytuje Energetický regulační úřad (ERU) ve své roční zprávě o provozu elektrizační soustavy. Za rok 2016 bylo v České republice vyrobeno 77 411, 8 GWh elektrické energie a spotřebováno 59 710,7 GWh elektrické energie [31].

Pokud bychom uvažovali scénář 250 000 elektromobilů, které by k dobíjení potřebovali 595 GWh, je to necelé 1 % celkové spotřebované energie v České republice za rok 2016. Podíváme se na rozdíl celkového dovozu a vývozu elektřiny za rok 2016, který činí 10 974,4 GWh pro vývoz [31]. Což by stačilo k nabití přibližně 4,6 milionu elektromobilů, zdá se tedy, že Česká republika s výrobou energie pro nabíjení elektromobilů mít problém nebude. Takový počet elektromobilů by už nemusela vydržet distribuční soustava, pokud by byl v jeden okamžik velký požadavek po rychlém dobíjení. Jenže předpokládá se s nabíjením hlavně přes noc s malým odběrem (3,7 kW), což by nemělo způsobit problémy. Berme v úvahu i fakt, že auto neřídíme každý den a zvyšující kapacita baterií povede k menší potřebě často dobíjet.

Do této doby jsme uvažovali jen osobní automobily, které lze bez problému dobít doma. Horší scénáře by mohly nastat v potřebě dobíjet vozidla městské hromadné dopravy či nákladní automobily, které by měli mnohonásobně vyšší kapacitu baterie a vyžadovaly by rychlé dobíjení. To by se samozřejmě promítlo i do celkové spotřebované energie a nutnosti regulovat rychlé dobíjení, taková situace však nenastane skokově.

V budoucnu se navíc počítá s elektromobily k využití regulace sítě, kde bude možné energii z baterie spotřebovat, nebo vrátit zpět do sítě. Takový koncept se nazývá V2G (Vehicle to grid), jenže z pohledu dnešních elektromobilů podporuje tento koncept pouze Nissan Leaf [32]. V budoucnu tedy může nastat i případ, že elektromobil bude zdrojem elektrické energie pro váš dům nebo chatu.

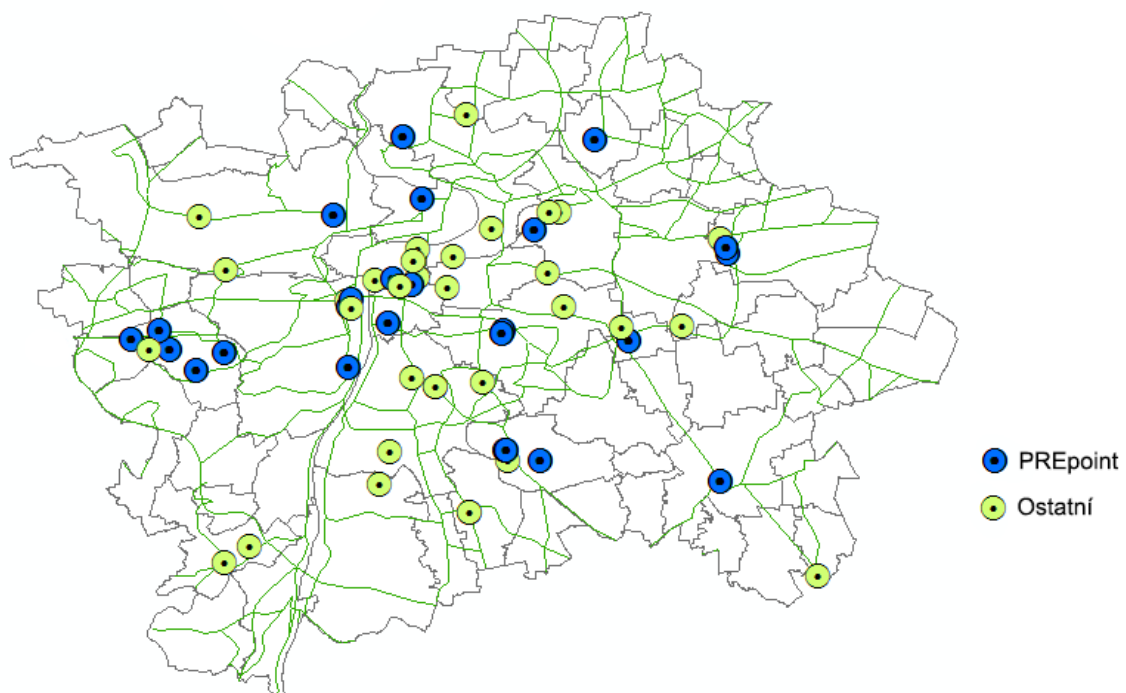
6. Popis distribuční sítě PREdi

Společnost PRE distribuce, dále PREdi je držitelem licence na distribuci elektřiny na území Prahy a města Roztoky. Kde spravuje distribuční síť a zajišťuje kvalitu dodávky elektrické energie. Distribuční sítí se myslí část navazující na přenosovou soustavu, která slouží k rozvodu elektrické energie z rozvodnů až ke koncovému uživateli. Jedná se o soubor propojených kabelových vedení a zařízení na napěťových hladinách VN a NN, sloužící pro distribuci elektřiny včetně systémů ochran, měření, řízení a telekomunikací.

DĚLENÍ PODLE NAPĚŤOVÉ HLADINY [33]

- **110 kV** – nadřazená síť pro městské a průmyslové sítě (VVN).
- **35 kV, 22 kV, 10 kV, 6 kV** – nadzemní a podzemní vedení vysokého napětí (VN), které přivádí elektrickou energii do transformátoroven VN/NN.
- **1 kV, 400 V** – síť NN pro distribuci elektrické energie ke spotřebitelům.

Mimo jiné se zabývá i rozvojem dobíjecí infrastruktury pro elektromobily, kde buduje na území Prahy veřejnou dobíjecí infrastrukturu (PREpointy). V současné době provozuje 29 nabíjecích míst v Praze a okolí. Kdy se jedná jak o běžné dobíjecí stanice s výkonem do 22 kW, tak o rychlodobíjecí stanice, které zatím provozuje 2 (Černý most a Chodov). Jejich umístění je patrné z obrázku č. 15.



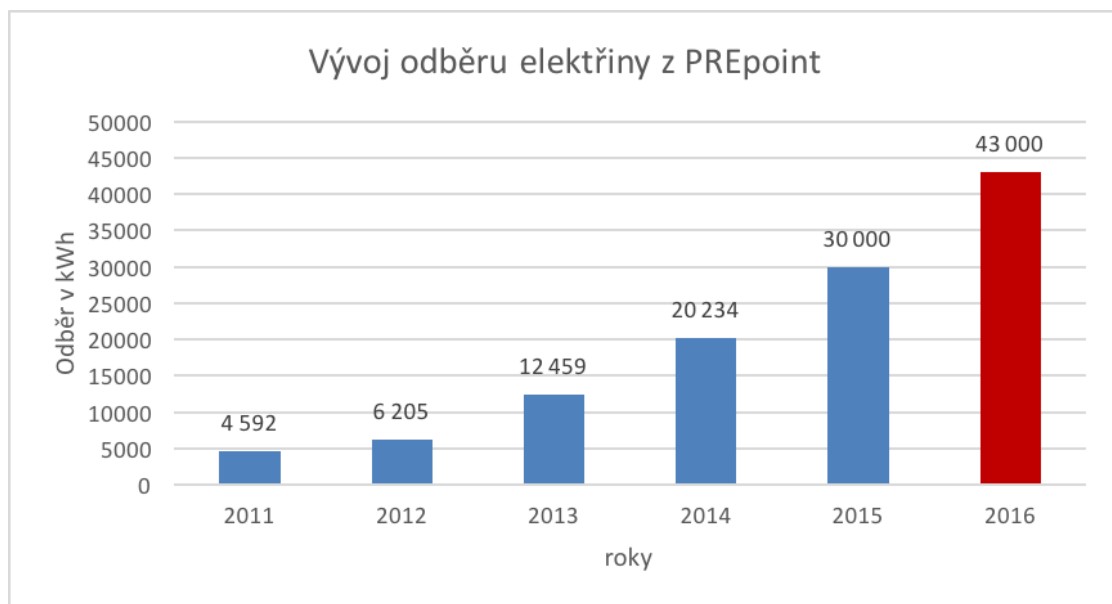
Obrázek 15: Mapa umístění dobíjecích stanic v Praze

6.1 Souhrné statistiky

Pro přehled uvádím statistiky z dobíjecích míst (PREpointů) od roku 2011, spolu s vývojem odběru elektřiny z dobíjecích míst. Sběrem dat o nabíjení lze snadněji odhadnout chování uživatelů, např. délku nabíjení, nejfrekventovanější místo a přizpůsobit tomu počet dobíjecích míst.



Obrázek 16: Statistika nabíjení u PREpoint Zdroj: PRE



Obrázek 17: Vývoj spotřeby elektřiny z PREpointů v jednotlivých rocích Zdroj: PRE

Pokud bychom to porovnali s uvedenou roční spotřebou skupiny ČEZ [17]. Z které vyplývá, že elektromobily spotřebovaly 2,3 GWh za rok, tak téměř 1,9 % spotřeby tvoří odběr ze stanic PREpoint. Co se týče celkového odběru elektřiny v Praze za rok 2016, kdy spotřeba činila 6 241 GWh, tvoří elektromobily jen velmi nepatrnou část spotřeby.

6.2 Možnosti připojení výkonů do sítě (s ohledem na kategorie technologií nabíjení)

Pokud se chce žadatel připojit k distribuční síti, musí podat žádost o připojení. Pokud splňuje podmínky stanovené provozovatelem dostane smlouvu o připojení a ve stanovené lhůtě bude připojen. Pokud by podmínky nesplňoval, může provozovatel požadovat o tzv. studii připojitelnosti, která posoudí vlivy připojení na distribuční nebo přenosovou síť. Pokud by nebylo možné připojit žadatele v daném místě, navrhne provozovatel alternativní řešení. Podrobnější informace o podmínkách připojení jsou stanoveny ve vyhlášce 16/2016 Sb. o podmínkách připojení k elektrizační soustavě [34].

Stejně se musí postupovat i v případě dobíjecích stanic pro elektromobily, kdy je potřeba zažádat o připojení. Zde záleží na velikosti požadovaného příkonu v místě připojení. PREDi rozlišuje obecně připojované výkony na napěťových hladinách NN a VN [39].

Úroveň sítě z níž bude výkon připojen	Požadovaná hodnota rezervovaného příkonu
NN – napěťová soustava 3x400/230 V	do 60 kW
NN – napěťová soustava 3x400/230 V, vývod z distribuční transformovny 22/0,4 kV	nad 60 kW do 200 kW (350 kW)
VN – napěťová soustava 22 kV, distribuční úroveň	nad 350 kW (200 kW) do 2 000 kW

Tabulka 5: Připojované výkony k distribuční soustavě PREDi Zdroj: PRE

S ohledem na kategorie nabíjení nejen pro elektromobily, ale například veřejnou hromadnou dopravu, kde se předpokládá s rychlým dobíjením až 500 kW, bude nutné předem vytipovat místa vhodná pro připojení. Může se ukázat, že ve vhodné lokalitě není odpovídající rozvodné zařízení vzhledem k úrovni sítě, kde by byla dobíjecí stanice připojena.

Současné rychlodobíjecí stanice se standardem CHAdeMO/ Combo 2 poskytují nabíjecí výkon 50 kW, takže je možné připojení do distribuční sítě NN. Pro přehled uvádím dostupné rychlonabíjecí stanice firmy ABB (viz. Příloha č.3).

7. Mapování vhodného umístění rychlonabíjecích stanic

Cílem bakalářské práce je zmapovat území Prahy a vybrat místa vhodná pro výstavbu rychlodobíjecí infrastruktury pro elektromobily. Výstavbu nelze přizpůsobit aktuálním požadavkům, ale počítat s rozvojem ve spolupráci s místními organizacemi a dopředu tak vědět o potenciálně výhodném místě. V současné době je jen málo uživatelů elektromobilů, takže odhadnout jejich chování a požadavky je obtížné, proto je dobré inspirovat se z ostatních Evropských států, kde je elektromobilita na vysoké úrovni, např. (Německo, Norsko, Holandsko, Francie) [36].

Použitý postup vychází ze studie o optimálním umístění dobíjecí infrastruktury ve městech a regionech navržený EU [35]. Kde použitá metodika identifikuje místa s vysokým potenciálem pro umístění nabíjecí stanice. Výstupem je tedy mapa Prahy, kde budou vyznačeny oblasti vhodné pro umístění veřejné dobíjecí infrastruktury.

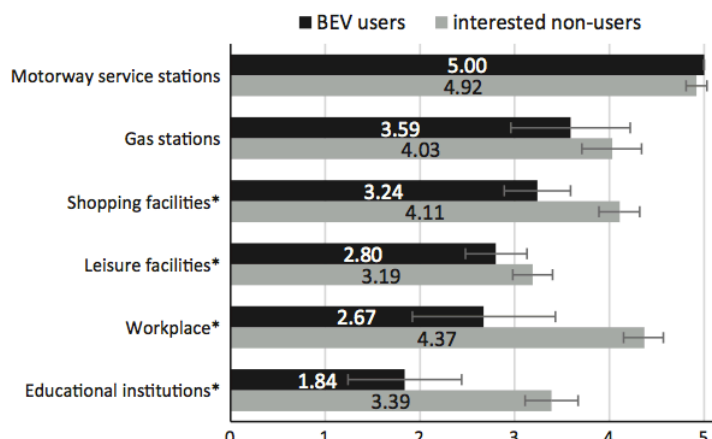
Metoda spočívá ve výběru potřebných vektorových dat, která jsou převedena do rastrových formátů. Jednotlivé vrstvy se rozdělí na síť o velikosti jedné buňky 100 x 100 m. Poté se ohodnotí jednotlivé buňky na základě různé váhy, kde jsou váhy přidávány jednotlivým prvkům, které mohou ovlivnit výstavbu nabíjecí stanice (blízkost frekventovaných silničních tahů, dostupnost elektrické sítě, druh vyžití uživatele během nabíjení např. muzea, nákupní centra atd.). Ohodnocené vrstvy jsou následně sečteny. Vznikne tak mapa s vyznačenými oblastmi, které jsou optimální pro výstavbu nabíjecí infrastruktury dle konkrétní váhy. V následující kapitole budou uvedena potřebná data, která je nutné získat před zahájením samotného procesu, jenž bude prováděn v softwaru ArcGIS.

7.1 Výběr potřebných dat

Potřebná vstupní data, je nutné před analýzou získat nejlépe ve formátu geodatabase či shapefile. Ne všechna data jsou veřejně přístupná a pro jejich získání je potřeba oslovit organizace spravující či poskytující data.

Jen krátce k tomu, jaká data vstupují do analýzy a proč je považuji za důležitá. Vycházel jsem ze studie pro umístění dobíjecí infrastruktury ve městech navržené Evropskou unií, ale prolnul jsem i poznatky, které jsou obsaženy v průzkumu o umístění rychlodobíjecích stanic [40].

Tohoto průzkumu se zúčastnilo 252 respondentů z nichž 75 uvedlo, že používá elektromobil. Dále uvedli, že nejdůležitější kritériem je umístění rychlodobíjecí infrastruktury na dálnicích a čerpacích stanicích. Menší zájem byl o rychlodobíjecí infrastrukturu v obchodních centrech, veřejně přístupných místech či v práci. Důležitým poznatkem je, že majitelé elektromobilů měli rozdílný názor na umístění rychlodobíjecích stanic než zbytek dotázaných. Tyto výsledky jsou patrné z (obrázku č.18), kde číslo 5 značí největší zájem o dané místo.



Obrázek 18: Výsledky průzkumu o umístění rychlodobíjecích stanic Zdroj:R. Philipsen et al. / Transportation Research Part F 40 (2016) 119–129

Zároveň je potřeba brát v úvahu, že 252 respondentů je jen malý vzorek k tomu, aby se dalo přesně určit nejlepší místo pro rychlodobíjecí stanici. Dále následuje přehled vstupních dat a zdroje, ze kterých je získat.

7.1.1 Hustota obyvatel

Tato data se používají k nalezení hustě obydlených oblastí, kde se předpokládá, že uživatelé nemají možnost dobíjet automobil v soukromé garáži. S největší pravděpodobností budou tedy využívat veřejnou nabíjecí infrastrukturu. V našem případě využijeme hustotu obyvatel pro jednotlivé městské části Prahy. Zdroj dat: Český statistický úřad.

7.1.2 Parkovací místa a čerpací stanice

Vstupními daty jsou jak patrová, tak podzemní i běžná parkoviště a čerpací stanice. Kde záleží na velikosti a počtu míst na stání. U čerpacích stanic se předpokládá výhoda blízkosti pozemní komunikace a návyk uživatelů, takže se jeví jako nejlepším řešením pro umístění dobíjecích stanic. Zdroj dat: OpenStreetMap

7.1.3 Distribuční síť

Tato data slouží k nalezení vhodných míst, kde by se dobíjecí stanice mohly připojit k elektrické síti. Cílem je vymežit oblast dostupného pokrytí. Do naší analýzy vstupují data o elektrické síti napětíové hladiny NN, která byla získána z Institutu Plánování a rozvoje hl. m. Prahy.

Zdroj dat: IPR (Institut plánování a rozvoje hl. m. Prahy)

7.1.4 Dopravní infrastruktura

Vzhledem k zavádění elektrobuses do veřejné hromadné dopravy je počítáno s výstavbou dobíjecích stanic v blízkosti autobusových a vlakových nádraží, letišť či míst stání vozidel taxislužby. *Zdroj dat: OpenStreetMap*

7.1.5 Veřejně přístupná místa

Zde byla vybrána místa, kam chodí lidé za zábavou, kulturou, volnočasovými aktivitami, nebo vyhledávají pomoc. Vstupní data obsahují: kina, nemocnice, knihovny, muzea, pošty, veřejné budovy, hotely, sportovní centra, divadla a univerzity. *Zdroj dat: OpenStreetMap*

7.1.6 Nákupní centra a stravovací zařízení

Soubor dat obsahuje místa, jako obchodní domy, fastfoody, nákupní centra, hospody, restaurace a supermarkety. Předpokládá se s velkou hustotou zařízení na jednom místě, kde lidé při potřebě nakoupit nebo se občerstvit, využijí možnost dobítí elektromobilu. *Zdroj dat: OpenStreetMap*

7.1.7 Hustota dopravy

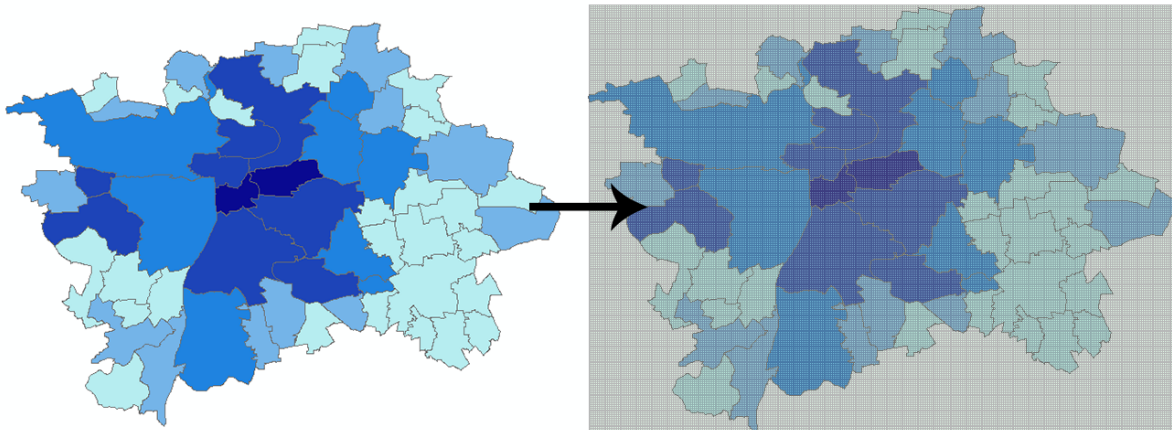
Cílem je určit frekventované silniční tahy, kde umístění rychlodobíjecí infrastruktury dává smysl. Sběr dat není prováděn na všech silnicích v Praze, a proto do analýzy vstupují jen data z měřených úseků. *Zdroj dat: Technická správa komunikací hl. m. Prahy*

7.2 Postup

Postup se skládá z jednotlivých kroků, které na sebe navazují. Nejprve je nutné zkontrolovat všechna potřebná data, zda obsahují informace, které potřebujeme a zároveň zda jsou tyto

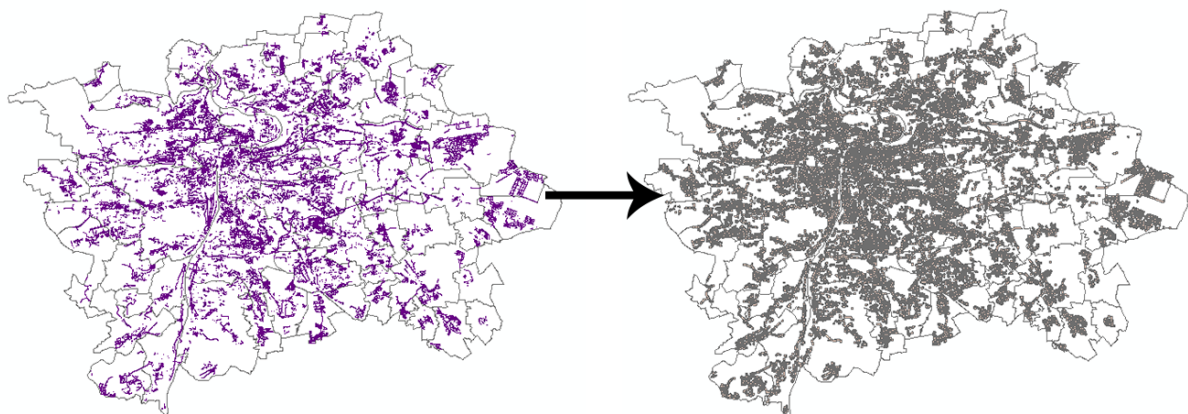
informace relevantní. Zmíněný postup byl prováděn v softwaru ArcGIS v. 10.2 v programu ArcMap.

1) Vytvoření vektorové sítě – nad vybraným územím Prahy vytvoříme vektorovou polygonovou síť o velikosti buňky 100 x 100 m. Tato mřížka se stává základem k propojení jednotlivých vrstev.



Obrázek 19: Vytvoření vektorové mřížky

2) Buffer – na jednotlivé vstupní vrstvy aplikujeme funkci buffer, která vytvoří efektivní vzdálenost kolem elektrické sítě a důležitých bodů zájmu⁵. Tuto vzdálenost je třeba zvolit v nastavení bufferu. Maximální vzdálenost, z které lze připojit dobíjecí stanici k elektrické síti je definována jako 50 m, protože větší vzdálenost by mohla vyžadovat vyšší finanční náklady na připojení. U zbylých bodů zájmu volíme efektivní vzdálenost 100 m.



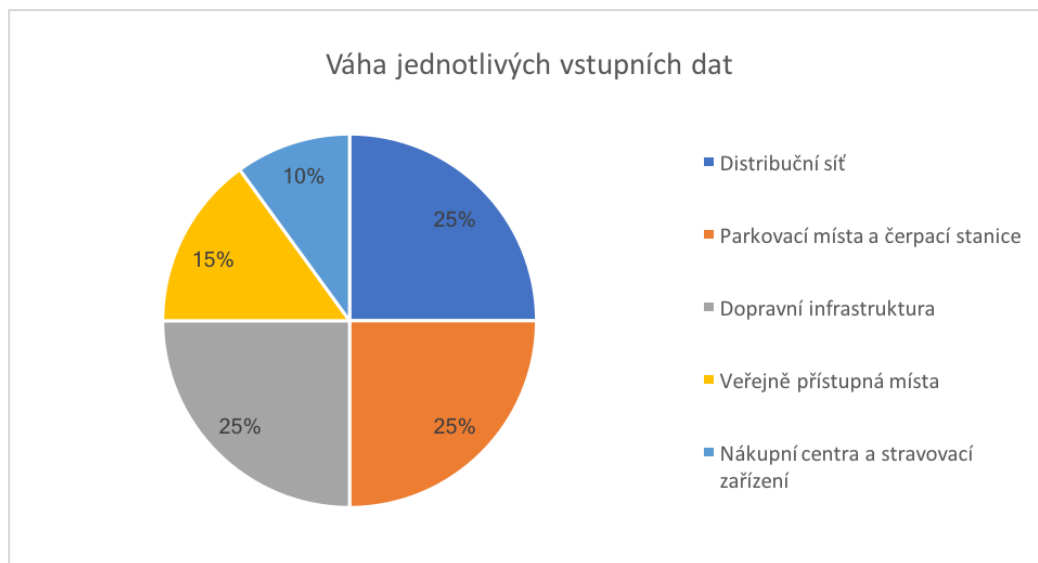
Obrázek 20: Aplikace Bufferu na vrstvu elektrické sítě

3) Spojení vrstev s vektorovou mřížkou – polygonové vrstvy, jednu po druhé propojíme se sítí. Takto získáme ohodnocenou síť, kde je jakýkoliv dotek jednotlivého polygonu se sítí

⁵ Body zájmu jsou myšlena jednotlivá vstupní data, např. parkoviště, nákupní centra, autobusová nádraží atd.

ohodnocen číslem 1 a více, toto číslo znázorňuje počet polygonů dotýkajících se jednotlivé buňky mřížky. Buňky, kterých se nedotýká žádný polygon mají hodnotu 0. Takto vznikne několik stejných mřížek, které odpovídají jednotlivým vrstvám. Následně jsou buňky v jednotlivých mřížkách ohodnoceny na základě váhy, viz následující kapitola.

4) Stanovení váhy – v případě, že má buňka nenulovou hodnotu, je její hodnota vynásobena odpovídající vahou. Buňka tak dostává celkové skóre podle toho, kolik vstupních dat figuruje v daném rozmezí buňky. Jednotlivé váhy jsou stanoveny níže.



Obrázek 21: Váha vstupní vrstvy dat

5) Převedení polygonové vrstvy na rastr – vektorovou mřížku převedeme tak, že jedna buňka mřížky tedy čtverec o velikosti 100 x 100 m bude odpovídat velikosti jednoho pixelu. Tento pixel je totožný s buňkou mřížky. Vektorová prezentace nám dále umožní počítat jednotlivé buňky = pixely a tím získat místa, která jsou z hlediska vymezených kritérií a vah vhodná k výstavbě veřejné dobíjecí infrastruktury.

7.3 Zhodnocení výsledků

V této části budou zhodnoceny mapové výstupy z programu ArcMap, které zobrazují potenciálně výhodné oblasti pro umístění dobíjecích stanic. Výsledky jsou rozděleny do 3 skupin:

1. Oblasti vhodné pro výstavbu veřejné dobíjecí infrastruktury
2. Oblasti výhodné pro výstavbu rychlodobíjecí infrastruktury
3. Oblasti s již vybudovanou dobíjecí infrastrukturou

ad 1) Oblasti vhodné pro výstavbu veřejné dobíjecí infrastruktury

Mapa zobrazuje oblasti, které byly určeny jako výhodné pro výstavbu veřejných dobíjecích stanic (viz. Příloha 7). Nejlepší lokalitou se zdá být centrum Prahy, kde je soustředěno velké množství veřejně přístupných míst, stravovacích zařízení a obchodů. Červeně a oranžově vyznačené oblasti jsou výhodné jak pro umístění rychlodobíjecích, tak běžných stanic. Místa znázorněná zelenou a žlutou barvou jsou vhodná pro umístění běžných dobíjecích stanic.

Ad 2) Oblasti výhodné pro výstavbu rychlodobíjecích stanic

V této mapě jsou zobrazeny oblasti vhodné pro umístění rychlodobíjecích stanic (viz. Příloha 8). Jak bylo zmíněno v průzkumu, uživatelé nejvíce oceňují rychlodobíjecí infrastrukturu na čerpacích stanicích a dálnicích. V tomto případě měla největší váhu hustota dopravy a nebylo počítáno s veřejně přístupnými místy, nákupními centry a stravovacími zařízeními. Vynikla tak místa zejména okolo frekventovaných silničních tahů.

Ad 3) Oblasti s již vybudovanou dobíjecí infrastrukturou

V Praze existují místa, kde již dobíjecí infrastruktura stojí, proto je vhodné eliminovat tato místa při hledání nových. Mapa je rozdělena na městské části podle hustoty obyvatel, kde jsou vyznačeny již stávající dobíjecí stanice (viz. Příloha 9). Znázorněny jsou dobíjecí stanice PREpoint a ostatní, které provozuje např. skupina ČEZ, RWE, Siemens.

Ačkoliv jsou na mapě zobrazená místa vhodná pro výstavbu dobíjecí infrastruktury, v praxi tomu tak být nemusí. Je potřeba zvážit různé faktory ovlivňující dané místo a ve spolupráci s místními organizacemi vybrat to nejideálnější. Výhodou těchto mapových výstupů je možnost zaměřit se pouze na konkrétní oblasti Prahy.

8. Problémy spojené s rychlým dobíjením (odhadovaný dopad na síť PREDi)

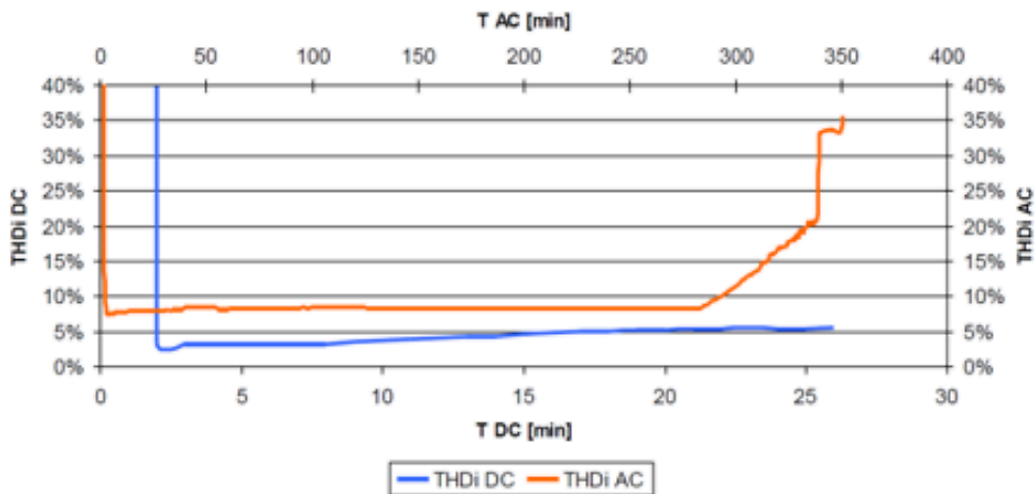
Rychlodobíjecí infrastruktura je nezbytná pro rozšíření elektromobility a možnosti cestování na dlouhé vzdálenosti při dnešní kapacitě baterií. S větším pokrytím však rostou nároky na distribuční síť, zejména v místě připojení. Problémy lze specifikovat na:

- Zhoršení kvality elektrické energie v místě připojení rychlodobíjecí stanice
- Zatížení distribuční soustavy

Zhoršení kvality elektrické energie způsobují zejména výkonové součástky používané v usměrňovačích. Jedná se diody a tyristory používané v AC/DC usměrňovačích, nebo tranzistory používané v napěťových střídačích a ovlivňují tak parametry elektrické sítě. Může se jednat o zhoršení účinníku, či zavedení nežádoucích vyšších harmonických proudů a napětí, úbytek v místě odběru, zhoršení frekvence.

Zdrojem vyšších harmonických jsou zařízení obsahující výkonové součástky, tzv. zařízení odebírající při sinusovém napájecím napětí nesinusový proud. Přítomnost vyšších harmonických může negativně ovlivnit odběratele i připojená zařízení. Způsobují přídavné ztráty, které se podílí na zahřívání prvků distribuční soustavy. Zde však platí zákon, který nařizuje odběrateli elektrické energie, aby úroveň harmonického rušení nepřekročila hranici stanovenou provozovatelem distribuční sítě.

V dnešní době skoro všechny rychlodobíjecí stanice splňují normu (IEC 61000-3-12), která stanovuje limity harmonický složek proudů připojených zařízení k síti nízkého napětí. Obsah vyšších harmonických v napájecím napětí, lze vyjádřit pomocí THD (celkového činitele zkreslení). Z obrázku č.12 je patrné, že nabíjení stejnosměrným proudem obsahuje menší počet harmonických než střídavé. [19] [41]



Obrázek 22 Porovnání harmonického zkreslení u DC a AC nabíjení

Druhým zmíněným problémem je zatížení distribuční sítě. Zejména vysokým odběrem elektrické energie za poměrně krátkou dobu. Graf v (příloze č.4) znázorňuje průběh proudu a napětí při rychlém dobíjení na stanici Terra 51. Tento průběh je typický pro rychlé dobíjení, kde se plným výkonem dobíjí jen na začátku a poté nabíjecí výkon klesá.

Z měření provedené od 31. 8. - 7. 9. 2016 (PREměření), uvedené v příloze č.5, kde byly zaznamenány hodnoty napětí a proudu ve všech fázích za dobu měření. Vychází, že rozdíl dosažených proudových maxim mezi jednotlivými fázemi je do 1 V a naměřený průběh napětí ve všech třech fázích je v toleranci.

Pokud by došlo k masivnímu rozšíření rychlodobíjecích stanic, mohlo by vést pravděpodobně ke zvýšení zatížení distribuční sítě. Záleželo by na faktorech, které by se v daný okamžik sešly. Pokud by přijelo více elektromobilů a začaly by nabíjet ve stejný okamžik, tak jim oběma nelze poskytnout plný výkon. Je třeba si uvědomit, že i když není elektromobil zrovna dobíjen, musí se počítat s vyhrazeným výkonem v každém okamžiku. V další části jsou uvedeny možné způsoby řešení zatížení sítě.

Cílem práce není řešit problematiku rychlého dobíjení a dopady na distribuční soustavu, ale jen tyto problémy nastínit a vědět, že existují.

8.1 Možné způsoby řešení

Výše byly popsány problémy spojené s rychlodobíjecími stanicemi a zároveň uvedena data z PReměření, která zaznamenala, že jednotlivé průběhy proudů a napětí jsou v pořádku. Co se týče zatížení sítě, v příloze č.6 je uvedena mapa Prahy s předpokládaným zatížením do roku 2030. V červeně vyznačených oblastech by mohlo být problematické připojení rychlodobíjecí stanice, vzhledem k předpokládanému vysokému zatížení. Možným řešením by byla inovace distribuční sítě, nebo minimalizace dopadu rychlého nabíjení na celkové zatížení. Budou popsány 2 způsoby řešení.

ZPŮSOBY ŘEŠENÍ [19]

- Akumulace energie
- Vzdálená kontrola

8.1.1 Akumulace energie

Jedním řešením problému zvýšeného zatížení sítě je připojení rychlodobíjecích stanic k systému akumulace energie. Tento systém bude ukládat energii do baterií, které budou v případě zatížení sítě prostřednictvím řízení spotřeby dodávat část výkonu tak, aby se snížil dopad rychlého nabíjení na síť. Baterie se mohou částečně dobíjet přes noc, kdy je nižší zatížení sítě oproti špičkovému odběru. Možnou variantou je i dobíjení ze zdrojů obnovitelné energie, např. fotovoltaiky, nebo větrné elektrárny.

8.1.2 Vzdálená kontrola

Druhým řešením je vzdálená kontrola průběhu nabíjení. Provozovatel by v případě přetížení sítě omezil výkon nabíjecí stanice. Rychlodobíjecí stanice 50 kW, by tak byla schopná poskytnout výkon, třeba jen 20 kW. Což je lepší varianta než nenabíjet vůbec.

Podobná situace by mohla nastat v případě, že se sejde více elektromobilů na jednom místě, které je vybaveno dvěma dobíjecími body. Rozdělí si výkon v určitém poměru vzhledem k tomu, v jaké fázi dobíjení se nachází. Pokud by jeden ze řidičů spěchal a nemohl si dovolit čekat potřebnou dobu, než oba dobijí, existovalo by možné řešení připlatit si za plný dobíjecí výkon.

9. Závěr

Stanovené cíle se podařilo splnit. Ve spolupráci s PREDistribucí ,a.s. byly navrženy oblasti potenciálně výhodné pro umístění dobíjecích stanic.

Úvodní rešerše zmiňuje současnou i budoucí situaci rozvoje elektromobily a implementaci směrnic Evropské unie do právního řádu České republiky. Zde jsou vymezeny důležité pojmy (např. dobíjecí stanice, elektromobil atd.). Následuje výhledový plán NAPČM, kde jsou zmíněna potřebná opatření a stanoven předpokládaný počet elektromobilů do roku 2030, který bude dále využit pro výpočet potřebné energie k nabíjení baterií. Dále byla nastíněna problematika spojená s emisemi v dopravě a celkové směřování k nízkouhlíkovým technologiím. Se závěrem, že elektromobilita nemusí být tak bezemisní technologií, jak se na první pohled může zdát. Záleží na složení energetického mixu, který je v tomto případě zdrojem emisí.

Dalším cílem bylo zmínit sektory dopravy, kde se elektromobily využívají, nebo se s využitím výhledově počítá. Nejvíce rozvinutý je sektor individuální dopravy, který limituje nedostatečné pokrytí dobíjecí infrastrukturou. I přesto je k 1. 3. 2017 v České republice registrováno 1268 elektromobilů, které většinou spadají do kategorie lehkých užitkových vozů. Zajímavé se zdá využití elektromobilů v sektoru doručovacích služeb, zejména ve městech, kde by se uspořily emise a snížil hluk. Tento koncept však podléhá přesnému plánování. Nejméně rozvinuté sektory jsou nákladní, lodní a městská hromadná doprava. Nákladní doprava má zatím mnoho limitujících faktorů. V městské hromadné dopravě se zatím testují elektrobusy a ty vykazují slibné výsledky, takže se nejspíš dočkáme širšího rozvoje.

V návaznosti na předchozí kapitoly je srovnán aktuální stav počtu elektromobilů s výhledem do roku 2030. Bylo zjištěno, že aktuálně spotřebují elektromobily k dobíjení 2,3 GWh elektrické energie a v roce 2030 by to mělo být 595 GWh, což činí skoro 1 % celkové spotřeby České republiky. Jelikož jsme více exportní zemí, tak není nutné zvyšovat výrobu elektrické energie.

Obavy je třeba mít při rozvoji rychlodobíjecí infrastruktury, která může nepříznivě zatěžovat síť vysokým odběrem. V takovém případě by v úvahu připadla akumulace energie v daném místě pro zmírnění zatížení. Druhým řešením by bylo snížení dobíjecího výkonu stanice vzdálenou kontrolou. Takže by uživatel nemohl naplno využít rychlodobíjecí stanici, ale je to lepší než nenabíjet vůbec. Závěrem chci říci, že elektromobilita se rozvíjí postupným tempem a tomu se přizpůsobuje i distribuční síť. V každém případě je dobré vytipovat si oblasti, kde by rychlé dobíjení mohlo být problematické a zatěžovat síť.

V závěru je popsán způsob, jak jsem postupoval při výběru vhodných lokalit k výstavbě dobíjecí infrastruktury. Od nezbytného získání dat, až po mapové výstupy v softwaru ArcGIS. I když jsem vycházel ze studie Evropské unie, vzal jsem v úvahu i průzkumy a svůj postoj k dané problematice. Konkrétní místo výstavby záleží na mnoha dalších faktorech, ale tato studie vyměřuje oblasti, na které je vhodné se zaměřit. Usnadní tak práci při budování veřejné dobíjecí infrastruktury v rámci skupiny PRE.

Seznam použitých zdrojů

[1] *Směrnice Evropské unie* In: EUR-Lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=uriserv:l14527>

[2] *Nářízení Evropské unie* In: EUR-Lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=uriserv:l14522>

[3] *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/94/EU ze dne 22. října 2014 o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva* In: EUR-Lex [právní informační systém]. Evropský parlament, Rada Evropské unie [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=uriserv:l14522>

[4] *SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnice 2001/77/ES a 2003/30/ES* In: EUR-Lex [právní informační systém]. Evropský parlament, Rada Evropské unie [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX:32009L0028>

[5] NAVRÁTILOVÁ, Markéta. Implementace směrnic ve vnitrostátním právu část. I. – rozsah implementační povinnosti. epravo.cz [online]. 2004 [cit. 16.5.2017]. Dostupné z: https://www.epravo.cz/top/clanky/implementace-smernic-ve-vnitrostatnim-pravu-cast-i-rozsah-implementacni-povinnosti-25334.html#_ftnref3

[6] Amsterdam Roundtable Foundation and McKinsey & Company The Netherlands. *Electric vehicles in Europe Gearing up for a new phase*. [online] Amsterdam Roundtable Foundation, 2014 [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: http://www.mckinsey.com/~media/mckinsey%20offices/netherlands/latest%20thinking/pdfs/electric-vehicle-report-en_as%20final.ashx

[7] Ministerstvo průmyslu a obchodu Odbor 31300, *Národní akční plán čistá mobilita*. [online]. říjen 2015 [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/54377/62106/640972/priloha001.pdf>

[8] European Environment Agency, *Electric vehicles in Europe*, EEA Report No 20/2016 [online]. 2016 [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: http://espas.eu/orbis/sites/default/files/generated/document/en/Electric-vehicles2016_THAL16019ENN.pdf

[9] NOEL, Lance a Benjamin K. SOVACOOOL. Why Did Better Place Fail?: Range anxiety, interpretive flexibility, and electric vehicle promotion in Denmark and Israel. *Energy Policy* [online]. 2016, 94, 377-386 [cit. 16. 5. 2017]. DOI: 10.1016/j.enpol.2016.04.029. ISSN 03014215. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421516301987>

[10] HORČÍK, Jan. Tesla předvedla výměnu baterií v elektromobilu Model S . Hybrid.cz [online]. 2013 [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/tesla-predvedla-vymenu-baterii-v-elektromobilu-model-s>

- [11] HORČÍK, Jan. Výměna baterií u elektromobilů Tesla nemá budoucnost. Hybrid.cz [online]. 2013 [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/vymena-baterii-u-elektromobilu-tesla-nema-budoucnost>
- [12] ELEKTROMOBILITA. „Baterii v elektromobilu vyměníme za 30 vteřin,“ říká Radek Janků, zakladatel startupu BattSwap. [online]. 2017 [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <https://www.ecofuture.cz/clanek/baterii-v-elektromobilu-vymenime-za-30-vterin-rika-radek-janku-zakladatel-startupu-battswap-2>
- [13] *Historie elektromobilismu*. elektromobil.vseznamu.cz [online]. 2009 [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <http://elektromobil.vseznamu.cz/historie-elektromobilismu>
- [14] QUAK, Hans et al. Zero Emission City Logistics: Current Practices in Freight Electromobility and Feasibility in the Near Future. *Transportation Research Procedia*. 2016, vol. 14, s. 1506-1515. [cit. 16. 5. 2017]. ISSN 2352-1465.
- [15] ROGGE, Matthias, Sebastian WOLLNY a Dirk Uwe SAUER. Fast Charging Battery Buses for the Electrification of Urban Public Transport-A Feasibility Study Focusing on Charging Infrastructure and Energy Storage Requirements. *Energies* [online]. 2015, vol. 8, no. 5, s. 4587-4606.
- [16] TOŠER, Pavel. *Náklady na akumulaci elektřiny v sekundárních člancích*. [online]. 2013 [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/10362-naklady-na-akumulaci-elektřiny-v-sekundarnich-clancich>
- [17] ČTK, *V Česku poklesly registrace elektromobilů. Kolik se jich prodalo?* [online]. 2017 [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/v-cesku-poklesly-registrace-elektromobilu-kolik-se-jich-prodalo-104472>
- [18] MINISTERSTVO DOPRAVY. *Mezioborové srovnání přepravních výkonů osobní dopravy* [online]. 2016 [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <https://www.mdcz.cz/Statistiky/Souhrne-ukazatele/Osobni-doprava/Mezioborove-srovnani-prepravnich-vykonu-osobni-dop>
- [19] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. IA-HEV Task 20 “Quick Charging Technology” - Final Report [online]. 2015 [cit. 16. 5. 2017] Dostupné z: http://www.ieahev.org/assets/1/7/IEA_Final_Report_Task_20.pdf
- [20] EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. *Electric vehicles in Europe* [online]. 2016 [cit. 16. 5. 2017] Dostupné z: http://espas.eu/orbis/sites/default/files/generated/document/en/Electric-vehicles2016_THAL16019ENN.pdf
- [21] MEZINÁRODNÍ ELEKTROTECHNICKÁ KOMISE, *IEC 62196 - Plugs, socket-outlets, vehicle couplers and vehicle inlets – Conductive charging of electric vehicles* [online]. 2004 [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <http://saso.gov.sa/ar/eservices/tbt/TBTNoteDoc/e357.pdf>
- [22] Poslanecká sněmovna parlamentu České republiky. Novela zákona č. 311/2006 Sb., o pohonných hmotách a čerpacích stanicích pohonných hmot a o změně některých souvisejících

zákonů (zákon o pohonných hmotách). [online]. 2017. [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <http://www.psp.cz/sqw/historie.sqw?T=861&O=7>

[23] SJOERD, Bakker. *Standardization of EV Recharging Infrastructures* [online]. 2013 [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: http://archive.northsearegion.eu/files/repository/20140805153226_StandardizationofEVRecharginginfrastructure.pdf

[24] HORČÍK, Jan. *Nabíjecí stanice pro elektromobily, druhy a použití. Jak nenaletět*. Hybrid.cz [online]. 2014 [cit. 16. 5. 2017] Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/nabijeci-stanice-pro-elektromobily-druhy-pouziti-jak-неналетет>

[25] Dopravní podnik hl. města Prahy. *Testování elektrobuse SOR nyní na linkách číslo 163 a 21*. [online]. 2017 [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <http://www.dpp.cz/elektrobus-sor-zamiril-do-bezneho-provozu-s-cestujicimi/>

[26] SVITÁK, Marek. *Lipno nabízí nové možnosti ekologické přepravy*. [online]. 2015 [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/5129.html>

[27] BUREŠ, David. *Majitelé tesel se dočkali, u Humpolce otevřel první supercharger v ČR*. [online]. 2016 [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/majitele-tesel-dockali-u-humpolce-otevrel-prvni-supercharger-cr-96696>

[28] KUŽELKA, Miroslav. *Průběžné dobíjení elektrobuse v MHD*. [online] 2017. [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/data-ftp-user/konference/2017/Perspektivy_emobility_Amper_2017/_03-E-BUs_Kuzelka.pdf

[29] Ministerstvo Dopravy. *Centrální registr vozidel*. [online] 2016. [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <https://www.mdcr.cz/Statistiky/Silnicni-doprava/Centralni-registr-vozidel>

[30] Svaz dovozců automobilů. *Statistiky do března roku 2017*. [online] 2017. [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <https://www.sda-cia.cz/repository-volnedostupna?lang=CZ&m=3>

[31] Energetický regulační úřad. *Roční zprávy o provozu*. [online]. 2017 [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/elektrina/statistika-a-sledovani-kvality/rocnizpravy-o-provozu>

[32] HORČÍK, Jan. *Elektromobil jako zásobárna energie: Nissan zkouší pilotní projekt*. Hybrid.cz [online]. 2015 [cit. 16. 5. 2017] Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/elektromobil-jako-zasobarna-energie-nissan-zkousi-pilotni-projekt>

[33] Studijní podklady Elektroenergetika 1. *Přenos a rozvod elektrické energie*. [online] [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <https://www.powerwiki.cz/wiki/EN1Podklady>

[34] ERU, *Vyhláška č. 51/2006 Sb. o podmínkách připojení k elektrizační soustavě*. [ONLINE] 2016. [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/documents/10540/463080/Vyhláška+o+podmínkách+připojení%20k+elektrizační%20soustavě/e40a8453-37b6-4b06-848e-c4eac97a886a>

[35] GKATZOFLIAS Dimitrios, DROSSINOS Ioannis, ZUBARYEVA Alyona, ZAMBELLI Pietro, DILARA Panagiota, THIEL Christian. *Optimal allocation of electric vehicle charging*

infrastructure in cities and regions. [online]. 2016 [cit. 16. 5. 2017]. ISSN: 1831-9424, DOI: 10.2790/353572. Dostupné z: http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC101040/allocatechargingpoints_sciencepolreport_eurreport_online.pdf

[36] EAFO, statistiky pro Evropu. [online] 2017. [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <http://www.eafo.eu>

[37] HOŘČÍK, Jan. *Tesla Model S P100D: dojezd 613 km, zrychlení 2,5 sekundy*. Hybrid.cz [online] 2016. [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/tesla-model-s-p100d-dojezd-613-km-zrychleni-25-sekundy>

[38] DVOŘÁK, František. *Škoda vyvíjí elektromobil, představí ho po roce 2020*. [online] 2016. [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: http://auto.idnes.cz/elektromobil-skoda-0o0-/automoto.aspx?c=A160317_230314_automoto_fdv

[39] PREDi. Připojení k distribuční soustavě. [online] [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <https://www.predistribuce.cz/cs/potrebuji-zaridit/zakaznici/pripojeni-k-distribucni-soustave/#45DB4803C775DDE37C15D4F71E6A583A>

[40] PHILIPSEN, R. et al. Fast-charging station here, please! User criteria for electric vehicle fast-charging locations. *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour*. 2016, [cit. 16. 5. 2017] vol. 40, s. 119-129. ISSN 1369-8478.

[41] TESAŘOVÁ, M. *Rušivé jevy v průmyslových sítích (energetické rušení)*. [online] 2010. [cit. 16. 5. 2017]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~tesarova/PE/Soubory/Kap8.pdf>

Přílohy

Příloha č. 1 – Současný stav registrovaných elektromobilů k 1. 3. 2017 v České republice

značka	typ	kapacita	spotřeba	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	kapacita
		[kWh]	[kWh/100 km]											celkem [kWh]
Aixam	aixam+mega	6,1	8			1	2	2	3	3	4	6	6	37
BMW	i3	22	15,2						3	63	157	244	275	6050
Citroen	Berlingo, saxo	17	14,4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	136
Citroen	C-zero	16	14,7				13	39	45	45	45	45	45	720
German e-cars		19,2	17			1	2	2	2	2	2	2	2	38
Hyundai	Ioniq	28	13,47				1	5	6	8	17	20	20	560
Kia	Soul EV	27	17,8							2	12	18	20	540
Mercedes-benz	Vito e-cell	36	22				1	5	6	6	7	11	11	396
Mercedes-benz	B Electric Drive	28	21							1	6	8	8	224
Mitsubishi	i-MiEV	16	14,4			1	7	9	9	10	11	11	11	176
Nissan	Leaf	24	16,7				4	7	19	64	153	222	240	5760
Nissan	NV200	24	18							2	10	19	23	552
Peugeot	106	12	15,9	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	324
Peugeot	iOn	14,5	15				23	76	84	85	86	88	88	1276
Peugeot	Partner electric	22,5	17,7							3	6	10	10	225
Renault	Kangoo Z.E.	22	17,1				2	4	5	5	5	5	5	110
Renault	Twizy	6,1	9,2					6	11	11	11	11	11	67
Smart	Smart	17,6	15,6					2	5	9	18	18	18	317
Škoda	Eltra	10	20	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	160
Tazzari	Zero	12,3	14,2			2	5	5	5	6	6	6	6	74
Tesla	model S, X	85	21,2		1	2	2	6	18	44	104	167	169	14365
Think	Think city	23	15			2	4	4	4	4	4	4	4	92
Volkswagen	e-UP!	18,7	13,1							63	121	144	150	2805
Volkswagen	Golf	24,2	16,6							12	55	69	95	2299
CELKEM [ks]				51	52	60	117	223	276	499	891	1179	1268	37303
MEZIROČNÍ ZMĚNA [%]					2,0	15,4	95,0	90,6	23,8	80,8	78,6	32,3		

Příloha č. 2 – Možné scénáře meziročního nárůstu elektromobilů v České republice do roku 2025

počet automobilů v daném roce	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
scénář 35 %	117	223	276	499	891	1179	1592	2149	2901	3916	5287	7137	9635	13007	17560
scénář 55 %	117	223	276	499	891	1179	1827	2833	4390	6805	10548	16349	25342	39280	60883
scénář 75 %	117	223	276	499	891	1179	2063	3611	6319	11058	19351	33864	59263	103709	181491

Příloha č. 3 – Přehled rychlodobíjecích stanic firmy ABB, Zdroj: ABB

						
Terra 53 C DC Highway Charger	Terra 53 CT DC+AC Highway Charger	Terra 53 CG DC+AC Highway Charger	Terra 53 CJ DC Highway Charger	Terra 53 CJG DC + AC Highway Charger	Terra 53 CJG DC + AC Highway Charger	Terra 53 CJT DC+AC Highway Charger
50kW DC CCS-2	50kW DC CCS-2 22kW AC	50kW DC CCS-2 43kW AC	50kW DC CCS-2 50kW DC CHAdeMO	50kW DC CCS-2 50kW DC CHAdeMO 43kW AC	50kW DC CCS-2 50kW DC CHAdeMO 22kW AC	50kW DC CCS-2 50kW DC CHAdeMO 22kW AC
15-30 min.	15-30 min.	15-30 min.	15-30 min.	15-30 min.	15-30 min.	15-30 min.

Input: 3x 400V



Příloha č. 4 – Průběhy proudu a napětí na stanici Terra 51, Zdroj: PRE



Příloha č. 5 – Výsledky měření na stanici Terra 51, Zdroj: PRE

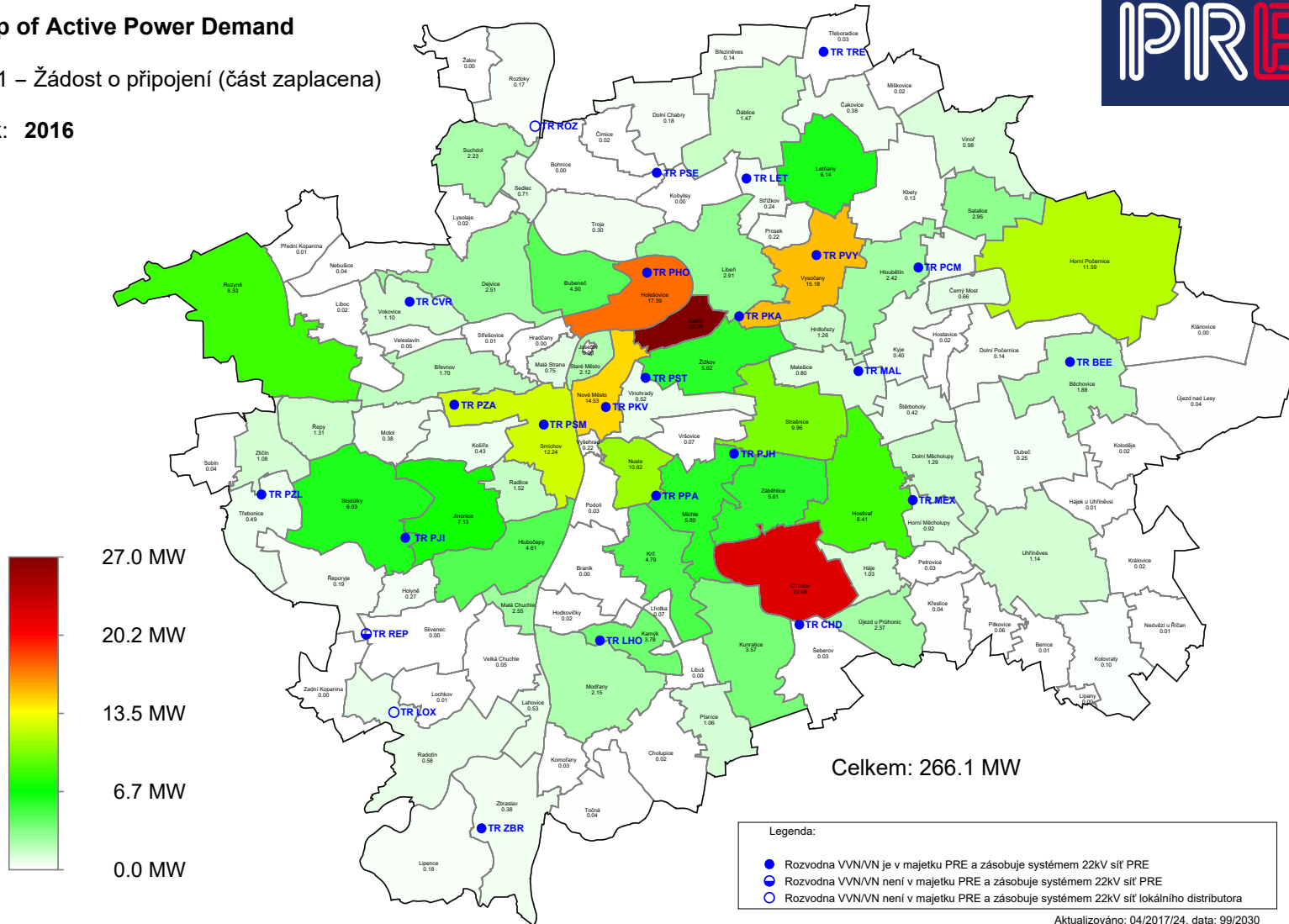
Souhrnné výsledky IKEA Černý Most [IKEA_Černý_Most_nabíjecí_sloupek.PQ1]				
ČSN EN 50160 Záznamník Události U Hlavička Graf				
Test				
DOBA	Od	Do		
Doba zpracování	30.8.2016 23:59:53	7.9.2016 1:00:42	PF R	
Pro dry týdne	Všechny			
Pro hodiny dne	Všechny			
NAPĚTÍ	L 1 [V]	L 2 [V]	L 3 [V]	
Průměr	233,0	233,8	233,8	
Maximum	237,2	237,8	237,9	
Kdy	1.9.2016 6:55:38	3.9.2016 6:35:36	3.9.2016 6:35:36	
Minimum	228,6	229,4	229,3	
Kdy	2.9.2016 9:02:35	2.9.2016 9:02:35	2.9.2016 9:02:35	
PROUD	L 1 [A]	L 2 [A]	L 3 [A]	
Průměr	6,45	6,44	6,35	
Maximum	73,95	74,20	73,25	
Kdy	2.9.2016 12:58:20	2.9.2016 12:58:20	2.9.2016 12:58:20	
1/4 hod. max	72,90	73,18	72,19	
Kdy	2.9.2016 12:59:26	2.9.2016 12:59:48	2.9.2016 12:59:48	
ČINNÝ VÝKON	L 1 [kW]	L 2 [kW]	L 3 [kW]	Vývod [kW]
Průměr	-0,17	-0,20	-0,10	-0,46
Maximum	-16,99	-17,13	-16,84	-50,96
Kdy	2.9.2016 12:58:20	2.9.2016 12:58:20	2.9.2016 12:58:20	2.9.2016 12:58:20
1/4 hod. max	-16,73	-16,87	-16,58	-50,18
Kdy	2.9.2016 12:59:37	2.9.2016 12:59:48	2.9.2016 12:59:48	2.9.2016 12:59:48
JALOVÝ VÝKON	L 1 [kVA_r]	L 2 [kVA_r]	L 3 [kVA_r]	Vývod [kVA_r]
Průměr	0,01	0,04	0,06	0,10
Maximum	2,14	2,15	2,25	6,55
Kdy	2.9.2016 13:11:32	6.9.2016 15:30:11	6.9.2016 15:30:11	6.9.2016 15:30:11
1/4 hod. max	2,05	2,04	2,14	6,22
Kdy	2.9.2016 13:11:54	2.9.2016 13:15:01	6.9.2016 12:33:48	2.9.2016 13:11:54

Príloha č. 6 – Mapa predpokládaného zatížení do roku 2030, Zdroj: PRE

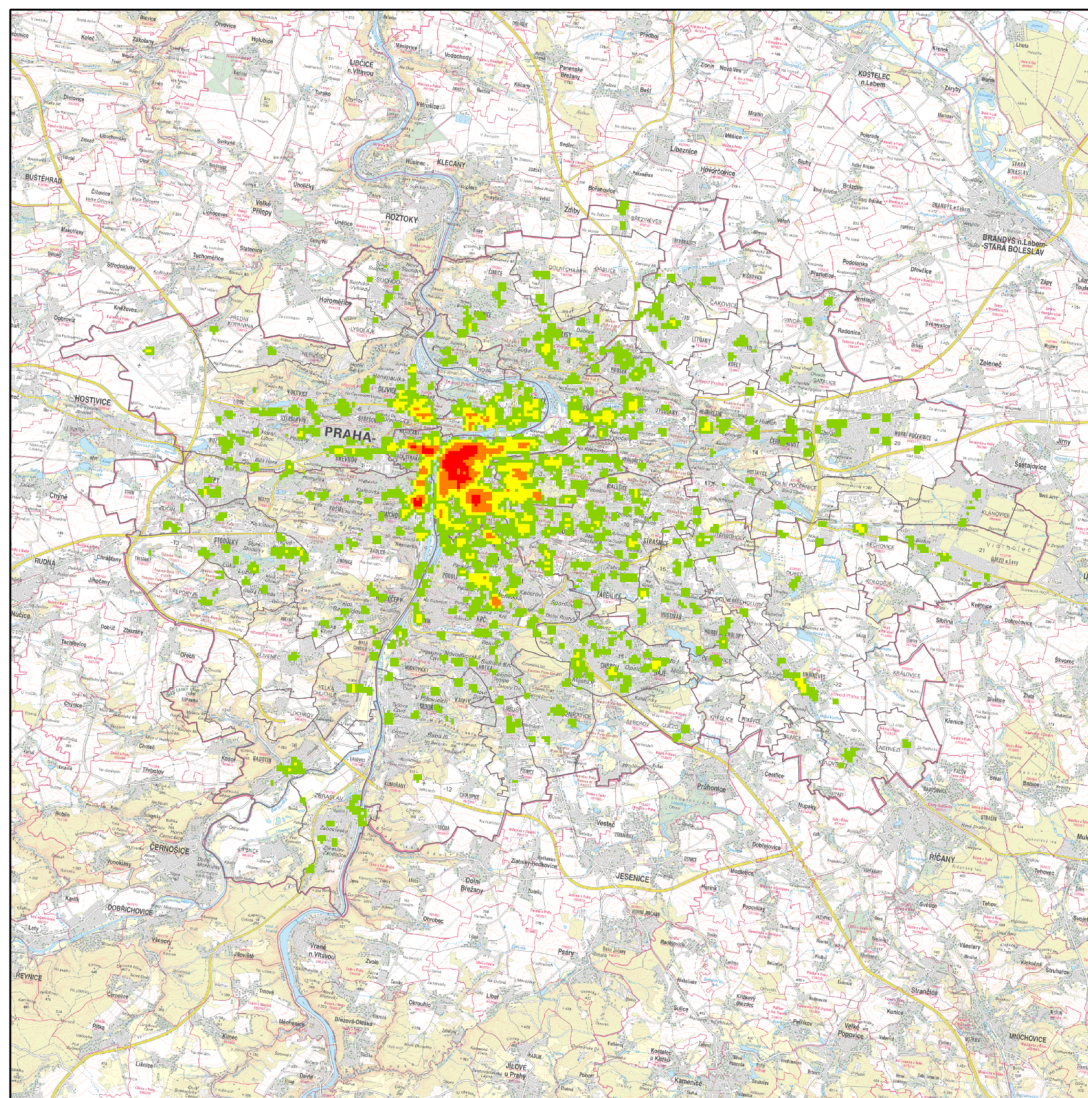
Map of Active Power Demand

B1.1 – Žádost o připojení (část zaplacená)

Rok: 2016



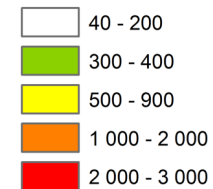
Příloha č. 7 – Potenciálně výhodné oblasti pro umístění veřejné dobíjecí infrastruktury



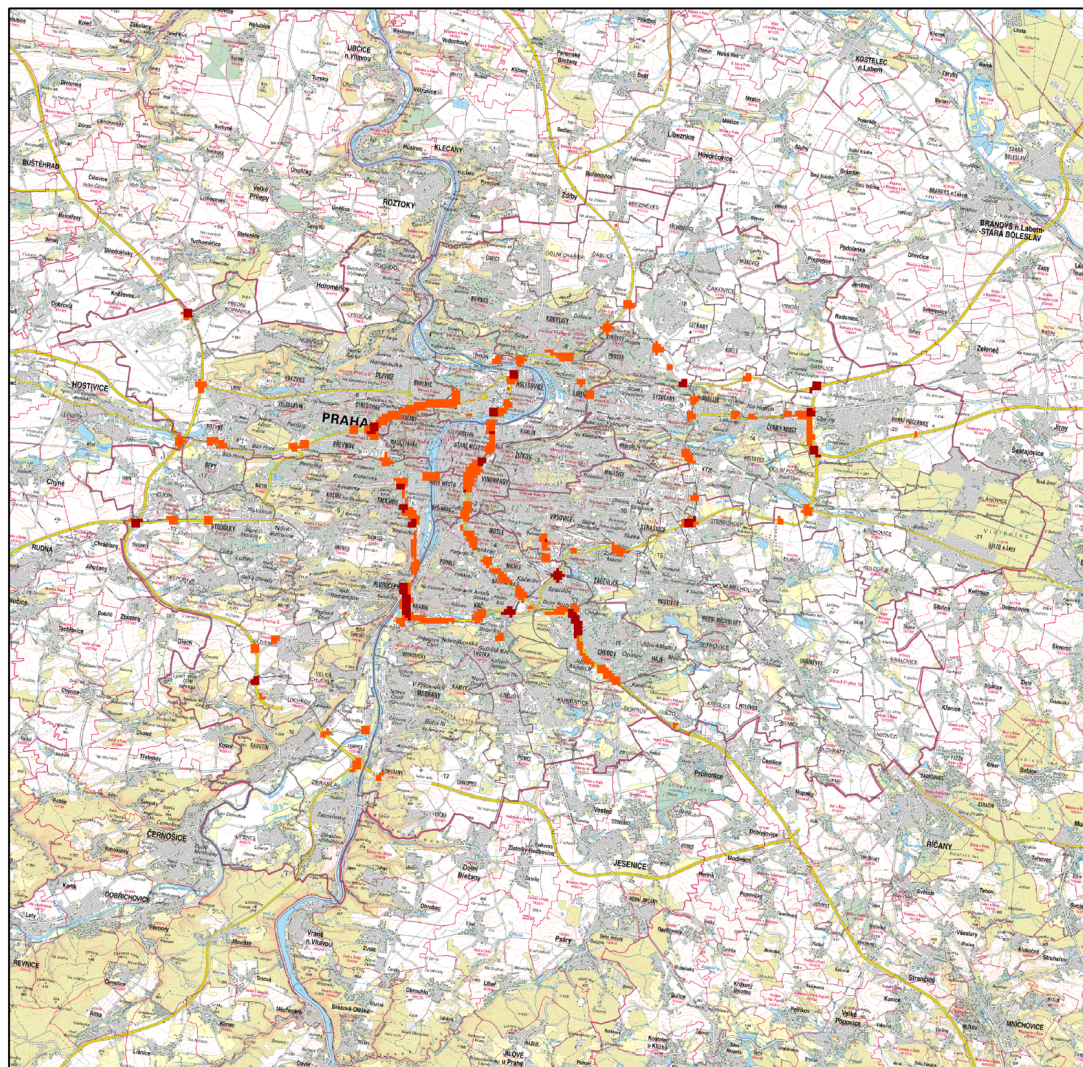
Potenciálně výhodné oblasti pro umístění dobíjecích stanic



Vhodnost umístění nabíjecí stanice



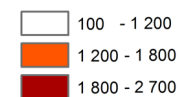
Příloha č. 8 – Potenciálně výhodné oblasti pro umístění rychlodobíjecích stanic



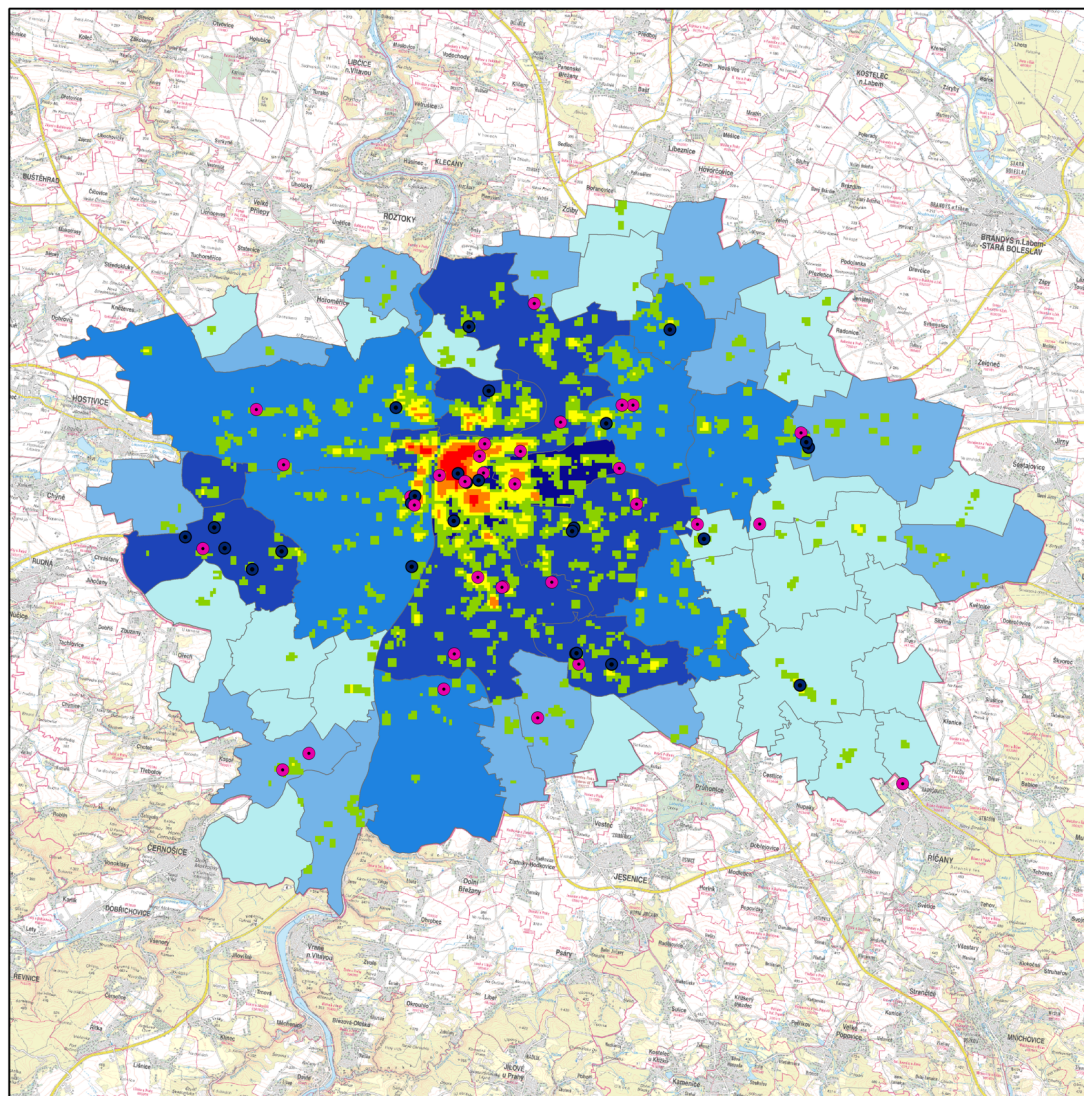
Potenciálně výhodné oblasti pro umístění rychlodobíjecích stanic



Vhodnost umístění rychlodobíjecí stanice



Příloha č. 9 – Potenciálně výhodné oblasti s již postavenými dobíjecími stanicemi



Potenciálně výhodné oblasti s již postavenými stanicemi



Provozovatel dobíjecí stanice

- Ostatní
- PRE

Vhodnost umístění dobíjecí stanice

- 40 - 200
- 300 - 400
- 500 - 900
- 1 000 - 2 000
- 2 000 - 3 000

Hustota obyvatel

- 71 - 731
- 732 - 1943
- 1944 - 4229
- 4230 - 7880
- 7881 - 11778

0 8 km