

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská a dopravní technika: obchod, servis a služby

Katedra: Zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Problematika rozvoje elektromobilů kategorie M1 v České republice

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.

Autor bakalářské práce: Ondřej Tupý

České Budějovice, 2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta
Akademický rok: 2017/2018

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

Jméno a příjmení: **Ondřej TUPÝ**
Osobní číslo: **Z16123**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **ZDTb-17 - specializace Dopravní a manipulační technika**
Název tématu: **Problematika rozvoje elektromobilů kategorie M1 v České republice**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíl práce:

Cílem práce je stanovení faktorů, které negativně ovlivňují rozvoj elektromobility v České republice. Vypracování návrhu hlavních opatření k podpoře vyššího zájmu o elektromobily kategorie M1 v České republice.

Metodický postup:

1. Seznámení s dosaženým stupněm elektromobility v České republice.
2. Studium významu elektromobily pro rozvoj osobní dopravy.
3. Rozbor faktorů, působících pozitivně nebo negativně na rozvoj elektromobility v České republice.
4. Návrh opatření k podpoře vyššího zájmu o elektromobily kategorie M1.
5. Nástin předpovědi vývoje trhu s elektromobily v České republice do roku 2025.

Rozsah grafických prací: obrázky, fotografie, grafy dle potřeby

Rozsah pracovní zprávy: 50 - 60 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Dufek, J., Huzlík, J.: Metodika pro stanovení emisní zátěže látek znečišťujících ovzduší v České republice. Brno, Centrum dopravního výzkumu, 2001, 21 s.; Havránek, J. a kol.: Hluk a zdraví. Avicenum, Praha, 1990, 280 s. ISBN 80-201-0020-2; Fiala, J., Horálek, J.: Znečištění ovzduší částicemi aerosolu na dopravou ovlivněných stanicích. Ochrana ovzduší, 2003, roč. XV., č. 2, s. 3-4, ISSN 1211-0337; Hromádka, J.: Speciální spalovací motory a alternativní pohony. GRADA, 2012; Kameš, J.: Alternativní pohony automobilů. BEN, 2004; Martuzzi, M., Galasi, C., Ostro, B.: Health Impact Assessment of Air Pollution in the Eight Major Italian Cities. Roma, WHO, 2002, 61 p.; Memorandum o budoucnosti automobilového průmyslu v ČR, říjen 2017, Ministerstvo průmyslu a obchodu; Národní akční plán čisté mobility, říjen 2015, Ministerstvo průmyslu a obchodu; Šuta, M., Bencko, V.: Zdravotní rizika znečištění ovzduší nejvýznamnějšími automobilovými emisemi. Praktický lékař, 1998, roč. 78, č. 6 a 10, ISSN 0032-6739; Národní akční plán čisté mobility, říjen 2015, Ministerstvo průmyslu a obchodu; Metodika výpočtu emise CO₂ motorových vozidel podle U. S. Environmental Protection Agency; Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, § 4 odst. 2; Vyhláška č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší § 3 odst. 5; Rychlý nástup rozvoje elektromobilů ohrožuje automobilový průmysl v Evropě, ING Economist Department, červen 2017; https://www.ing.nl/media/ING_EBZ_breakthrough-of-electric-vehicle-threatens-European-car-industry_tcm162-128687.pdf.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: 4. ledna 2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2019

prof. Ing. Milošlav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 1998, 370 05 České Budějovice

doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 22. února 2018

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 11. 4. 2019

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Ivu Celjakovi, CSc. za vedení a odbornou pomoc při psaní bakalářské práce a také firmě HS AUTO za možnost půjčení elektromobilu Nissan Leaf.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá přínosem elektromobility pro udržitelný rozvoj osobní automobilové dopravy. Jsou zde uvedeny základní technické systémy pro provoz elektricky poháněných automobilů a možnost náhrady klasických automobilů se spalovacími motory elektromobily. V práci jsou popsány a vysvětleny základní principy a myšlenky elektromobility jako jedné možnosti řešení ochrany životního prostředí v České republice a zajištění energetické soběstačnosti v automobilové dopravě.

Klíčová slova:

elektromobilita, elektromobil, nabíjecí stanice, spalovací motor, baterie, elektromotor

ABSTRACT

This thesis deals with the benefits of operating electromobiles in terms of the sustainable development of automobile transportation. My thesis includes the description of basic technical operation systems of electrically-powered automobiles and the possibility of replacing the classical automobiles with combustion engines by electromobiles. In my thesis, there are listed and explained the basic principles and ideas of electromobility as one of the possible solutions of environmental protection in the Czech Republic, as well as ways of ensuring the energetic independence in the automobile transportation.

Keywords:

electromobility, electric car, charging station, combustion engine, battery, electric motor

OBSAH

Úvod.....	10
1 Historie elektromobilů.....	12
1.1 Vynález vozidla s elektrickým pohonem	12
1.2 Historie	12
2 Elektromobilita.....	16
2.1 Problematika.....	16
2.2 Nabíjecí stanice	16
2.2.1 Nabíjení v domácích podmínkách.....	17
2.2.2 Veřejné nabíjecí stanice	18
2.3 Rozvoj elektromobilů a budoucnost.....	19
2.3.1 Bezdrátové nabíjení.....	19
2.3.2 Možnost zvýšení dojezdu elektromobilu.....	21
2.3.3 Budoucnost elektromobilů	22
2.4 Nabíjení	23
2.4.1 Nabíjecí režimy	24
2.4.2 Konektory.....	25
2.4.3 Baterie	28
2.4.4 Popis a princip elektromotoru	30
3 Nabíjení elektromobilu.....	32
3.1 Základní části pohonu elektromobilu.....	32
3.2 Hlavní distributoři elektřiny a infrastruktura dobíjecích stanic v ČR	33
3.2.1 Infrastruktura nabíjení	34
4 Elektrická energie.....	36
4.1 Získávání elektrické energie.....	36
4.2 Distribuce a přenos elektrické energie	40
5 Elektromobily Tesla	41
5.1 Elon Musk	41
5.2 Tesla	41
5.2.1 Roadster.....	41
5.2.2 Model S	42
5.2.3 Model X.....	42
5.2.4 Model 3	42

5.2.5	Semi.....	43
6	Praktická část – testování elektromobilu.....	44
6.1	Metodika.....	44
6.1.1	Trasa.....	44
6.1.2	Popis trasy	44
6.1.3	Jízdní režimy	45
6.1.4	Vozidlo	46
6.1.5	Výpočet průměrné spotřeby	47
6.2	Výsledky.....	48
6.2.1	Ekonomický mód v minusových teplotách	48
6.2.2	Ekonomický mód v plusových teplotách	49
7	Diskuse	50
	Závěr	52
	Seznam použité literatury a zdrojů.....	54
	Seznam zkratek	59

ÚVOD

Tato bakalářská práce řeší problematiku rozvoje elektromobilů kategorie M1, tzn. kategorie osobních automobilů, v České republice. Neustále se zvyšující počet automobilů způsobuje problémy po celé Zemi, ať už se jedná o dopravní zácpy, parkování nebo v neposlední řadě o znečišťování ovzduší, které je zanedbatelné ve srovnání s lodní a leteckou dopravou. U automobilů se spalovacím nebo vznětovým motorem je největší problém v tom, že nelze jednoznačně určit, jaké množství zásob ropy je v současné době k dispozici. Ropa se dnes používá v mnoha odvětvích, od farmaceutického průmyslu, při výrobě plastových výrobků, je součástí stavebních prvků, dopravních tras, až po naftu s benzinem. S vysokou pravděpodobností její cena poroste, protože se bude postupně prodražovat její těžba a doprava. A to je hlavní důvod, proč se lidstvo elektromobilitou zabývá. Domnívám se, že je to budoucnost dopravy a proto jsem se rozhodl toto téma zpracovat v bakalářské práci.

Práci jsem rozdělil do deseti částí. První částí je tento úvod, kde je zmíněno téma práce. V druhé části je popis historie a vynález elektromobilu. Ve třetí části je řešena problematika základních vlastností, výhod a nevýhod elektromobilů, také důležitou součástí elektromobilů jsou nabíjecí stanice, proto je v této části zmínka i o nich. V závěru této části jsou uvedeny možnosti rozvoje elektromobility, technologií nabíjení, druhy baterií a princip elektromotoru. Čtvrtá část rozebírá projekty v elektromobilitě ze stran distributorů činných v České republice a dále popisuje základní části elektromobilu. Jedná se o společnosti jako je INNOGY, PRE, E.ON anebo ČEZ. V posledním období se ukazuje, že některé společnosti jsou velmi aktivní v tématu elektromobility a snaží se rozšířit síť nabíjecích stanic v co nejkratší době. Se získáváním elektřiny z různých zdrojů se seznamujeme v páté části. V šestém oddílu uvádím krátký životopis Elona Muska, kterého uznávám jako velkého průkopníka v elektromobilovém průmyslu. Za důležitou považuji i část, která je věnovaná jeho společnosti Tesla. V sedmé části jsou uvedeny cíle práce, metodika, popis trasy, jízdní režimy a samotné seznámení a popis elektromobilu, na kterém probíhalo měření. V osmé části jsou porovnány naměřené hodnoty z praktických poznatků provozu a nabíjení elektromobilů ze dvou ročních období a je zde poukázáno na problémy při provozu elektromobilů. Předposlední část obsahuje diskuzi, ve které jsou sepsány výsledky naměřené při provozu elektromobilu a

porovnané s údaji výrobce. Závěr je poslední částí, kde jsou shrnuty poznatky z celé bakalářské práce.

1 HISTORIE ELEKTROMOBILŮ

V této části se věnuji vynálezu a historii elektromobilu, protože názorně představuje problematiku elektricky poháněných vozidel, která má přesah až do současnosti.

1.1 Vynález vozidla s elektrickým pohonem

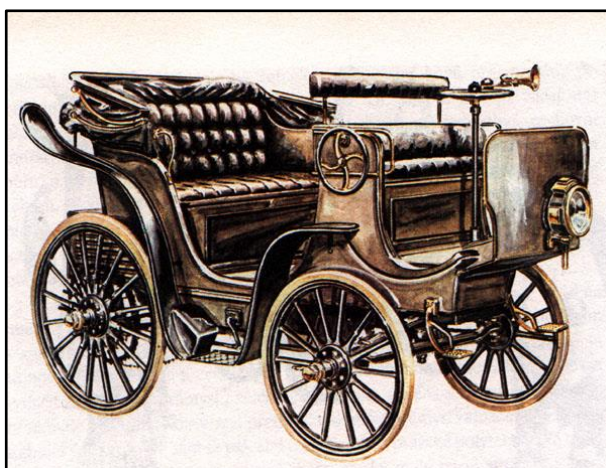
Elektromobil, elektroauto, elektrické vozidlo (EV), někdy též bateriové elektrické vozidlo (BEV) - tyto všechny názvy vystihují automobil poháněný elektrickou energií.

První elektromobily sestrojené v garážích vědců a nadšenců přitom pocházejí z doby ještě o několik desítek let starší – za nejstarší elektromobil je uváděn elektrický vozík Skota Roberta Andersona sestrojený mezi lety 1832-1839. Vznik opravdové tržní nabídky kočárových elektromobilů se však například v USA datuje až k roku 1893, kdy jich na chicagském autosalonu byla představena široká nabídka. (Vejbor, 2015)

1.2 Historie

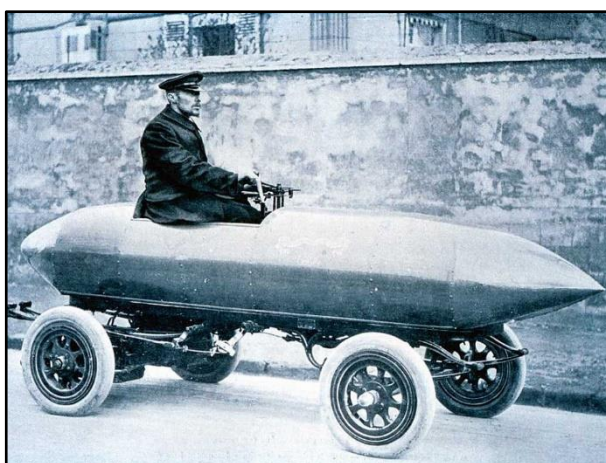
Elektromobily na americkém trhu vedly v tabulkách prodeje, roku 1900 byly předběhnuty pouze paromobily. Oproti těm však měly delší dojezd, menší náročnost řízení a za chladných rán nevyžadovaly ohřívání vody v kotli 45 minut před odjezdem. Ve srovnání s vozy vybavenými spalovacími motory, elektromobily nabízely čistý a vysoký cestovní standard od momentu nastartování, protože nevyžadovaly náročnou a často zdraví nebezpečnou práci se startovací klikou, nekouřily a nevyžadovaly řazení. Pro tyto výhody se elektromobily staly jasnou volbou i pro ženy řidičky. A tak byly často nazývány „women’s car“.

Prvním mužem, který u nás sestrojil elektromobil – elektrický kočár, byl František Křížík v roce 1895. Použil olověný akumulátor, který měl 42 článků a byl uložen v zadní části vozu. Sestrojil celkem 3 vozy, kdy ten poslední byl hybridní. Měl spalovací motor, který poháněl dynamo a od něj dva elektromotory na zadních kolech. (Vejbor, 2015)



Obrázek 1 - Elektromobil Františka Křižíka (Lasík, 2000)

Co však jedni považovali za výhodu, u druhých se paradoxně proměnilo v nevýhodu. Nic naplat, že to byl právě belgický elektromobil nazvaný „La Jamais Contente“ (Nikdy spokojená), se kterým konstruktér Camille Jénatzy reagoval na posměch benzinové konkurence a jako s prvním vozem na světě v roce 1899 překonal hranici 100 km/h. (Vejbor, 2015)



Obrázek 2 - La Jamais Contente (Deník.cz, 2013)

Výrobci sériových elektromobilů však museli kvůli peněžní dostupnosti činit kompromis mezi rychlostí a dojezdem. Například modelu Phaeton nabízený od roku 1902 firmou Woods and Baker disponoval hodnotami pouze 29 km a 22 km/h. Avšak v době, kdy se pořádné silnice vyskytovaly jen v centrech rušných měst, se jednalo o dostatečné výkony. (Vejbor, 2015)



Obrázek 3 - Woods and Baker (Khammas, 2017)

Možností okamžitého „dobití“ ropnými deriváty (byť při spalování s plýtvavou účinností max. 30 %) však spalovače nabídly cestu z měst, tedy něco, na co elektromobilisté ani paromobilisté nepomýšleli. Spalovací motory měly navíc efektivnější výzkum a vývoj, postupně beroucí trumfy obou jeho konkurentů. Za přelomový bývá v tomto směru označován vynález elektrického startéru Charlesem Ketteringem z roku 1911. (Vejbor, 2015)

Elektromobily do roku 1905 společně s paromobily dominovaly americkým cestám, ale vývoj baterií nezaznamenal žádný pokrok. A pro tyto nevýhody byly na desetiletí elektromobily upozaděny, což v USA ohlásil rok 1924, kdy na automobilových výstavách nebyl předváděn žádný zástupce elektromobilů. (Vejbor, 2015)

V roce 1910 se veřejnost již rozhodla pro spalovací automobil a začala si zvykat na hluk a výpary. Zvuk spalovacího motoru se stává symbolem síly, prestiže a pokroku. Silniční sítě se rozšiřují a stále více čerpacích stanic je k dispozici, což vede k touze po delší a rychlejší cestě. Objev nových ropných vrtů v Texasu dále snižuje cenu benzínu. Henry Ford pak začíná hromadnou výrobu spalovacích vozů, což vede k jednotkové ceně od 500 do 1000 dolarů. Na rozdíl od toho elektromobily nemohou být v těchto letech koupeny pod 1 750 dolarů. V USA výroba elektromobilů dosáhla svého vrcholu v roce 1912 a v roce 1913 je provozováno téměř 40 000 elektrických vozidel. Také General Motors (GMC) vyrábí v letech 1912 až 1917 elektricky poháněné kamiony. Zatímco v roce 1913 bylo vyrobeno nejméně 173 kusů, což

odpovídá přibližně 40 % ročních prodejů, dohoda končí v roce 1917 pouze jediným e-truckem. S nově vznikajícími palivově poháněnými vozidly již nelze soutěžit. Od roku 1913 roste počet čerpacích stanic a vzhledem k této skutečnosti, roste zájem o nákup spalovacích aut a zájem o elektromobily jak cenou automobilů, tak cenou benzínu i nedostatkem nabíjecích míst klesá. Hlavní nevýhodou elektrických automobilů této doby jsou baterie. Napájecí baterie se neustále vyvíjí, např. Faure, Brush, Volckmar, Swan, Sellon, Correns, Bersey a mnoho dalších. Nejdůležitější problémy jsou však stále nevyřešeny: elektrolyt obsahuje agresivní kyselinu sírovou a v případě úniku dochází ke korozi. Baterie stárnou, i když se nepoužívají a obvykle je třeba je vyměnit po 2 letech. Kromě toho jsou velmi hmotné. (Vejbor, 2015)

2 ELEKTROMOBILITA

Elektromobilitou se rozumí úmyslný pohyb dopravních zařízení pomocí elektrické energie (elektrickým pohonem). Pozemní elektromobilitou se rozumí pohyb silničních vozidel po předem stanovené pozemní dopravní trase, nebo po dráze, vyplývající z technologického postupu při realizaci pracovní operace. Elektromobilita je dlouhodobý proces zavádění a provozování EV do běžného provozu na pozemních dopravních a manipulačních trasách, včetně rozumně vybudované nabíjecí infrastruktury. Tento proces musí mít několik etap. Od pravdivého seznámení veřejnosti s problematikou elektromobility, až po vzbuzení svobodné volby občana k nákupu elektromobilu a jeho provozování.

V následujícím textu se věnuji problematice elektromobilů - jaké mají výhody, nevýhody. Nastíním i možný budoucí rozvoj elektromobility a zmíním se o nabíjecích stanicích.

2.1 Problematika

Dnešní elektromobily mají vlastně stejné problémy jako ty původní z 19. století. Malý dojezd, nedostatečnou síť nabíjecích stanic, delší nabíjecí čas, oproti spalovacím a vznětovým motorům.

2.2 Nabíjecí stanice

Nabíjecí stanice je zařízení, které nabije baterie automobilu elektrickou energií. V následujících podkapitolách vysvětlím základní rozdělení a představím některé typy nabíjecích stanic.

Veřejné nabíjecí stanice v České republice poskytují ti největší distributoři elektřiny jako je E.ON, ČEZ, Innogy, ale jsou zde i menší firmy, které také nabízejí ve svém sortimentu nabíjecí stanice výhradně pro použití na nabíjení v domácnostech. Například: Evmeter, Siemens. Z průzkumu vyplývá, že 80 % nabíjení většiny elektromobilu probíhá v domácích podmínkách.

2.2.1 Nabíjení v domácích podmínkách

Jedná se o využití klasické zásuvky, která má 230 V, z níž lze nabíjet prakticky jakýkoliv elektromobil včetně modelů americké automobilky Tesla. Při nabíjení z běžné domácí zásuvky používají elektromobily své nabíječky, které střídavý proud ze zásuvky transformují na proud stejnosměrný. Při nabíjení ze zásuvky se zvýší dojezd o 8 až 15 km za jednu hodinu nabíjení, záleží na spotřebě energie konkrétního elektromobilu. Další možností je nabíjení v domácích podmínkách využitím čtyřpólové 16A zásuvky. Tyto zásuvky jsou ve starších domcích nebo v garážích a dílnách, kde se většinou tyto zásuvky používaly k provozu míchaček nebo cirkulárek. S použitím této zásuvky se zvýší dojezd o 55 až 65 km za jednu hodinu dobíjení. Aby bylo možné tento typ zásuvek používat, je potřeba zakoupit speciální adaptér, například od firmy Mennekes. (Průvodce možnostmi nabíjení elektromobilu, 2018)



Obrázek 4 - Nabíjení z klasické zásuvky (Infrastruktura nabíjecích stanic pro elektromobily mění svět, 2017)

Další možností, jak nabíjet elektromobil v pohodlí domácí garáže, je nástěnná nabíjecí stanice, kdy se většinou jedná o zařízení s výkonem do 22 kW na střídavý proud. Ceny těchto nástěnných dobíjecích stanic se pohybují od 10 do 30 000 Kč, záleží na jejich výkonu a kvalitě. Většina nejlevnějších nástěnných nabíjecích stanic dokáže v porovnání s klasickou zásuvkou zkrátit nabíjení až na polovinu. Terminologie používaná v SAE (Society of Automotive Engineers) je nabíjení 240 V střídavého proudu (AC) uváděné jako nabíjení druhého stupně, od 500 V stejnosměrného proudu (DC) jej známe jako nabíjení 4 stupně tzv. rychlonabíjení. Lze říci, že stanice je rychlonabíjecí, pokud její výkon je od 40 kW stejnosměrného proudu (DC). (Průvodce možnostmi nabíjení elektromobilu, 2018)



Obrázek 5 - Nabíjení z nástěnné stanice (Nabíjecí stanice pro elektromobily, 2017)

2.2.2 Veřejné nabíjecí stanice

Veřejné nabíjecí stanice lze dělit do několika základních kategorií. Na takzvané běžné nabíjecí stanice a rychlonabíjecí stanice (Rapid charge, Fast charge, Quick charge, Supercharger nebo Ultra charger). Většina těchto nabíjecích stanic má výkon do 22 kW střídavého proudu a takovéto nabíjecí stanice dokážou za hodinu nabíjení zvýšit dojezd elektromobilu přibližně o 100 km. Mezi takovéto rychlonabíjecí stanice se řadí stanice od výkonu 40 kW a více. Dobře známá je rychlonabíjecí stanice od firmy Tesla Supercharger, která má titul nejvýkonnější nabíjecí stanice na světě s výkonem 135 kW. Tesla plánuje, že v budoucnu výkon zvýší a taková stanice dokáže během 30 minut dostat do baterie elektromobilu Tesla Model S energii až na ujetí 224 km. Více rozšířený typ rychlonabíjecích stanic je v rozmezí výkonů od 44 do 55 kW stejnosměrného proudu. Tyto stanice mohou nabít elektromobil z nuly na 80 % za 20 až 30 minut. (Průvodce možnostmi nabíjení elektromobilu, 2018)



Obrázek 6 – Tesla stanice (Tesla ukončí bezplatné dobíjecí stanice, 2016)

Inteligentní nabíjení (i-CHARGE)

Pokud je k dispozici na jednom stanovišti několik míst na nabíjení, tak při obsazení všech míst může celkový výkon přípojky být překročen. Pak jsou k dispozici tři základní systémy:

Lokální zátěžový energetický management

Zařízení, které má několik nabíjecích míst, může zátěžový management používat i při nižším připojovacím výkonu, než který je požadován (připojení více elektromobilů). Pokud je připojeno víc elektromobilů, nabíjecí výkon je automaticky snížen tak, aby nebyl překročen maximální výkon při odebrání elektrické energie. Většinou se to týká šesti míst na nabíjení. (Celjak, 2018)

Lokální balancování zátěže

Když na jedné nabíjecí stanici jsou dvě nabíjecí místa a je díky tomu překročen celkový výkon přípojky, tak systém nabíjecí stanice automaticky řídí nabíjení. Když je obsazeno pouze jedno nabíjecí místo, tak je nabíjení možné plným výkonem. Pokud jsou obsazena 2 nabíjecí místa, dojde k omezení výkonu při nabíjení. (Celjak, 2018)

Umožnění nabíjení uživatelům s povolením používat nabíjecí stanici

Nabíjení na nabíjecí stanici, která má omezený počet uživatelů, se může používat systém RFID (kdy každý uživatel má svůj RFID čip). Čtečka na nabíjecí stanici rozpozná uživatelův čip a okamžitě zjistí, jestli ji může používat (většinou do 100 uživatelů). (Celjak, 2018)

2.3 Rozvoj elektromobilů a budoucnost

2.3.1 Bezdrátové nabíjení

Existují tři možnosti, jak elektrické přístroje bezdrátově dobíjet: indukčním nabíjením, nabíjením s využitím rezonance a nabíjení rádiovými vlnami. V současné době se testuje nabíjení pomocí systému indukčního nabíjení. Indukce vychází z principu, že okolo vodiče, kterým prochází elektrický proud, vzniká magnetické pole a časové změny magnetického pole svými indukčními čárami obepínají vodič a tak vzniká ve vodiči elektrické napětí. V magnetickém poli mohou vznikat časové změny a ty mohou být způsobeny vznikem a zánikem, anebo zesílením a zeslabením. Pokud vodič tvoří uzavřenou smyčku, tak se v ní indukuje elektrický proud. Tento jev se

nazývá elektromagnetická indukce. Systém indukčního nabíjení je připojen na veřejnou síť. Elektrický proud prochází primární cívkou, která je zabudovaná v podložce (která je umístěna například na křižovatkách, místu na parkování, nebo v garáži). Sekundární cívka je vložena do spodní části elektromobilu, ale zároveň musí být vzdálenost dvou cívek při nabíjení co nejmenší. Při nabíjení budí primární cívka magnetické pole a díky tomu se začne indukovat elektrický proud v sekundárním obvodu, kdy poté dojde k nabíjení baterie. Podložka, která se používá k nabíjení, může být přenosná, nebo naopak pevně zabudovaná. (Šurkala, 2018)

Systém bezkontaktního nabíjení používá třeba firma BMW, která to vyřešila tak, že se nabíjecí deska (GroundPad) položí na podlahu a přijímací deska (CarPad) je namontovaná uvnitř vozu. Bezkontaktní přenos mezi GroundPadem a CarPadem je 8 cm. Podložka GroundPad vytváří magnetické pole, které se v CarPadu přeměňuje na elektrický proud, kterým se nabíjí vysokonapěťová baterie. (Šurkala, 2018)

Další, kdo se zajímá o bezkontaktní nabíjení, je firma Qualcomm Halo, která ovšem jde jinou cestou než firma BMW. Qualcomm Halo využívá přenos energie prostřednictvím využití rezonancí, která má výhodu, že může být větší vzdálenost mezi podložkou a přijímací deskou. Nabíjecí deska obsahuje soustavu několika cívek, které poskytují vysokou efektivitu přenosu energie a také vyšší nabíjecí výkon konkrétně 3,3 kW, 6,6 kW a 20 kW. (Fuglevič, 2017)



Obrázek 7 - Bezdrátové dobíjení (Horčík, 2017)

Bezdrátové (indukční) nabíjení za jízdy

Dalším možným druhem nabíjení elektromobilů je bezdrátové nabíjení za jízdy. Jejím studiem se zabývá prestižní univerzita University of Stanford. Měla by vypadat tak, že každých 32 km by byl v silnici vložen indukční nabíjecí pás, který by za jízdy

nabíjel baterie vozidel. Pouze by pro využití této technologie musela být omezena maximální rychlost na 64 km/h. Výzkum se zabývá možností vylepšení systému, které by umožnilo zvýšení rychlosti. (Celjak, 2018) (Záchrana pro elektromobily, 2017)

2.3.2 Možnost zvýšení dojezdu elektromobilu

Přívěsný vozík firmy Nomadic power

Elektromobily mají oproti klasickým spalovacím nebo vznětovým motorům nevýhodu v celkem malém dojezdu. Tento dojezd lze navýšit díky připojení přívěsného vozidla (vozíku), ve kterém budou umístěny baterie, které budou propojeny s elektromobilem pomocí kabelů ukrytých v oji vozíku. Vozík je velmi lehký a nízký a baterie na něm jsou zakryty krytem, který má velmi nízký odpor vzduchu. V praxi by to mohlo fungovat tak, že po vyčerpání baterie v elektromobilu se přepne na baterie z přívěsného vozíku a zvýší se dojezd. Díky tomu, že vozík je přípojné zařízení, mohl by se měnit v určitých výdejnách, v nichž by se vybitý vozík vyměnil za nabitý. V těchto výdejnách by zase vozíky byly okamžitě nabíjeny a poskytovány dalším zákazníkům. Zatím se jedná pouze o výzkum a zkoušení v praxi a vozíky se ještě nepoužívají. (Celjak, 2018)



Obrázek 8 - Přívěsný vozík s baterií (Tommü Design, 2016)

Nabíjení prostřednictvím kurýra

V rámci této služby by se jednalo o nabíjení z mobilního zdroje (třeba Battery boxu), který by k elektromobilu s vybitou baterií přijel v servisním voze a prostřednictvím obsluhy by byl během pár minut nabit a mohl by pokračovat v cestě. I když toto řešení spíše vidím jako záchranné v případě, že by si řidič nepohlídal dojezd vozu a došla by energie. (Celjak, 2018)

Battery box

Zařízení vyvinula společnost OIG Power, kterou z větší části vlastní bývalý ministr průmyslu a obchodu Martin Kuba (ODS). Jedná se o zařízení, ve kterém je nashromážděna a uskladněna elektrická energie na pozdější využití. (Janda, 2017)

Výměna baterií

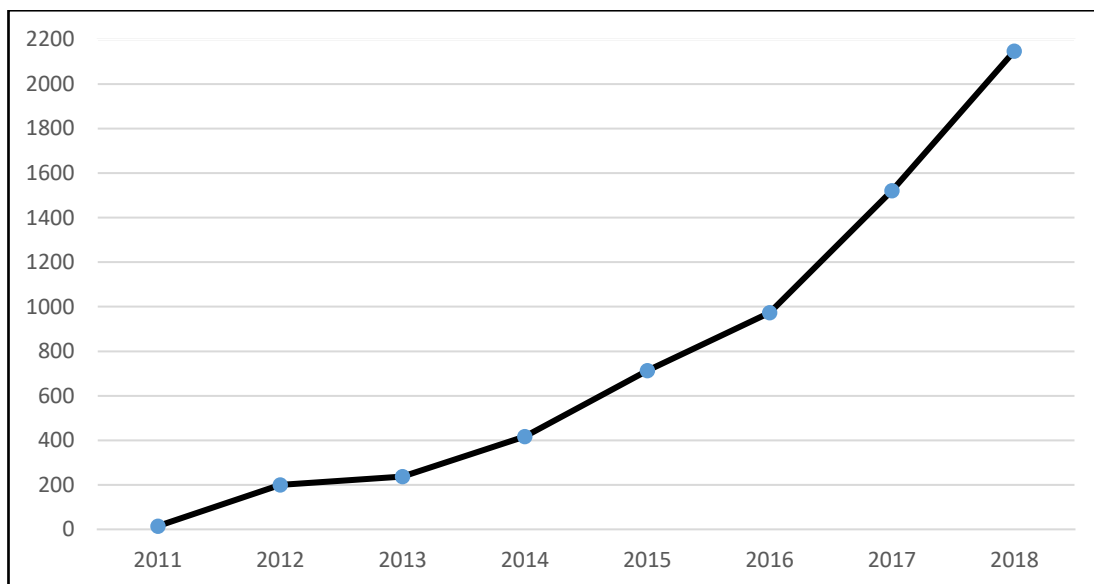
Dalším zajímavým řešením, které představila roku 2007 izraelská společnost Better place, je stanice, kde bude možné vyměnit baterie. K tomuto systému by bylo potřeba standardizovat rozměry baterií, jejich elektrický výkon, kapacitu napětí a hlavně by musely jít zasunout do elektromobilu ze spodní části vozu. Tyto baterie by byly nabíjeny z běžné sítě nebo různých úložišť, kam by byla ukládána elektrická energie. Podobný systém, jako měla společnost Better place, představil v roce 2013 Elon Musk se svou firmou Tesla, ale zatím se nepoužívá. V roce 2017 firma Batswap představila výměnou stanici pro elektromobily značky Nissan. Další možnosti tohoto systému se pouze prezentují na různých výstavách. (Celjak, 2018) (Horčík, 2009)

2.3.3 Budoucnost elektromobilů

V roce 2017 vláda České republiky oznámila chystaný nárůst a budování až 1200 stanic do roku 2020. Na základě průzkumu majitelů elektrických vozidel se zjistilo, že většinou nabíjí své vozidla ve firmě, u zaměstnavatele nebo v domácnostech, ovšem tento stav se změní s nabývajícím počtem provozovaných elektromobilů. Reálně se dá počítat jen s mírným nárůstem dobíjecích stanic. V roce 2019 by se měla infrastruktura zlepšit a vystavět dalších 500 nabíjecích stanic. Do roku 2020 by měla být také pokryta důležitá města, všechna města nad deset tisíc obyvatel budou pokryta do roku 2025. Bohužel je toto jen předpoklad. V praxi realizace vážne. Například v Českých Budějovicích bylo v roce 2017 postaveno 5 nákupních center, která mají parkoviště nad 50 automobilů, některá dokonce i více než pro 150 automobilů a na žádném z těchto parkovišť se nepostavil stojan pro nabíjení elektrických vozidel. Ovšem na druhou stranu je to pochopitelné, protože elektromobily zatím nedosahují velkých počtů. Předpokládá se vyšší nárůst elektromobilů do roku 2022 a s tím je potřeba upravit infrastrukturu rychlého nabíjení, protože v některých lokalitách je zatím nedostatečná. (Kastlová, 2018)

Jaký bude vývoj elektromobilu do roku 2025 lze přibližně odhadnout. Například v roce 2011 to bylo 15 elektromobilů v roce 2012 již 200, v roce 2013 – 237, v roce

2014 – 417, v roce 2015 bylo registrováno 713 elektromobilů, v roce 2016 už 974, v roce 2017 - 1521 a v roce 2018 2148 elektromobilů. Odhad pro rok 2030 předpokládá, že v České republice bude 250 000 kusů elektromobilů a že od roku 2030 se bude ročně prodávat 50 tisíc kusů elektromobilů. Lze také očekávat, že v roce 2040 bude jezdit přibližně 400 000 kusů elektromobilů v České republice. (Kastlová, 2018)



Graf 1 - Růst počtu elektromobilů v ČR (zdroj: autor)

2.4 Nabíjení

AC nabíjení

Při střídavém (AC) nabíjení je akumulátor vozidla možné dobíjet výkonem, který je buď omezen výkonem nabíjecího proudu, nebo palubní dobíječkou ve vozidle.

Zařízení pro AC dobíjení jsou zpravidla menších výkonů, jednodušší a levnější.

DC nabíjení

Stejnoseměrné (DC) nabíjení umožňuje dobíjení přímo do akumulátoru vozidla, který si také řídí nabíjecí výkon.

Zařízení pro stejnosměrné dobíjení jsou komplikovanější a dražší, ale dobíjení není omezeno výkonem palubní dobíječky, protože je dobíjen přímo akumulátor vozidla.

Důležitou podmínkou rozvoje elektromobility je rozšíření nabíjecích stanic, které jsou nepostradatelné stejně, jako čerpací stanice pro auta s konvenčními motory.

Odlišnosti v nabíjení elektromobilu jsou oproti tankování paliva do vozidla se spalovacím a vznětovým motorem, zejména v čase trvání tankování. Tankování trvá přibližně do pěti minut, nabíjení elektromobilu trvá několik desítek minut až několik hodin. Je třeba zdůraznit, že elektromobil se nepoužívá celý den a tak se nabíjení využívá jen v době, kdy elektromobil není používán. Například když je majitel na nákupu, po dobu nakupování elektromobil nabíjí, nebo když dojede do práce, tak může nabíjet tam. Podstatné je nabíjení v noci, kdy elektromobil není provozován a je na něj více času. S narůstajícím počtem elektromobilů je nutné určit základní parametry pro výrobce nabíjecích stanic, které musí být vhodné i pro automobilky vyrábějící různé typy elektromobilů. Mezinárodní elektrotechnická komise stanovila dvě základní normy definující 4 různé režimy nabíjení - připojení přívodního kabelu ke konektoru, připojení pro normální nabíjení příkonem od 3 kW do 7 kW od výrobce elektromobilu přímo uvnitř kabelu a je zkonstruován pro připojení do elektrické sítě jednofázové na 230 V nebo třífázově na 400 V střídavého napětí pro rychlé nabíjení od 22 kW do 43 kW se dle normy používají dvě následující řešení:

První řešení používá palubní nabíječku navrženou pro nabíjení od 3 kW do 43 kW při 230 V nebo 400 V střídavého napětí.

Druhé řešení je použití externí nabíječky, která převede střídavé napětí na stejnosměrné. Nabíjí elektromobil maximálním proudem 16A se střídavým napětím 230 V. Baterie s energií 30 kWh se nabije na 80 % za šest až osm hodin, oproti použití maximálního proudu 100 až 125 A. Při použití střídavého napětí 400 V až 500 V se baterie se stejnou dispoziční energií na stejná procenta nabije za 20 až 30 minut. (Kassakian, 2015)

2.4.1 Nabíjecí režimy

Celkem jsou používány 4 následující nabíjecí režimy:

1. režim využívá připojení ke standardní elektrické síti s napětím 230V, kdy je používána klasická elektrická zásuvka. Je nutné mít elektrickou instalaci v souladu s bezpečnostními předpisy, musí obsahovat uzemňovací systém, jistič pro ochranu proti přetížení a zkratu a ochranu proudovým chráničem, aby se tak zabránilo náhodnému kontaktu. Je také nutné mít zásuvky vybavené krytkami. Tento režim je snadno realizovatelné řešení a lze ho prakticky použít kdekoli, kde je přístup k elektrické síti. Existuje zde riziko při nabíjení. Může docházet k vyšším teplotám

kabelu a zásuvky při aktivnějším využívání po dobu několika hodin při překročení maximálního proudu, který je od 8 A do 16 A, mohou zkratovat a následně vzplanout.

2. režim - elektromobil se dobývá z distribuční sítě pomocí standardní domovní zásuvky. Nabíjet lze přes jednofázovou nebo třífázovou síť a instalaci zemního kabelu. Toto řešení je velmi nákladné z důvodu zabudovaného ochranného zařízení v kabelu a tedy díky jeho zvláštnosti.

3. režim nastává, když je elektromobil při nabíjení připojen přímo do elektrické sítě pomocí speciální zásuvky a zástrčky a jednoúčelového obvodu, na řízení jsou vymyšlené ochranné a ovládací funkce. Proto tento režim připojení nabíjení splňuje všechny platné standardy pro elektrické instalace.

4. režim umožňuje, aby elektromobil byl k síti připojen pomocí externího nabíjecího kabelu. Pro nabíjení slouží funkce na ovládání a ochranu trvale zabudovaného zařízení. Tento způsob je hlavně používán pro stejnosměrné nabíjení a tedy nabíjení velkým proudem. (Elektromobil, 2011)

2.4.2 Konektory

Pro nabíjení jsou určeny celkem čtyři konektory. Dva pro střídavý a dva pro stejnosměrný proud. Výjimku pouze tvoří automobilka Tesla, která nepoužívá ani jeden z popsaných konektorů, používá vlastní konektor, na který existují redukce.

Yazaki (typ 1 sae j1772 / iec 62196-2)

Typ tohoto konektoru pro nabíjení jednofázové se střídavým proudem je využit hlavně v Japonsku a USA. Má kruhový tvar a obsahuje 5 připojovacích kolíků, z toho jsou 2 zemnicí vodiče a 2 řídicí vodiče a poslední je nabíjecí. Lze s ním nabíjet maximálním výkonem 7,4 kW při 230 V a 32 A. (Nabíjecí kabely pro elektroauta, 2016)



Obrázek 9 - Yazaki [typ 1] (Nabíjecí kabely pro elektroauta, 2016)

Mennekes (typ 2 iec 62196-2)

Tento typ konektoru vyvinula německá firma, která má stejnojmenný název. Konektor umožňuje třífázové nabíjení střídavým proudem. Tvar konektoru je kruhový, na jedné straně zploštělý. Konektor obsahuje 7 připojovacích kolíků. Nabíjení třemi vodiči (3 fáze), 2 řídicí a 2 vodiče. Tento typ konektoru je nejpoužívanější nabíjecí konektor v Evropě. Můžeme nabíjet střídavým proudem až do 43,5 kW. (Kassakian, 2015)



Obrázek 10 - Mennekes [typ 2] (Nabíjecí stanice a mobilní nabíječky, 2016)

ChAdeMo

Název vznikl ze zkratky CHARGE de MOve, a to se překládá jako nabití pro pohyb. Vznikl v Japonsku v roce 2010 a můžeme s ním nabíjet vozidlo stejnosměrným proudem. Je využíván v elektromobilech Nissan Mitsubishi Toyota a dalšími asijskými automobilkami. Nabíjení stejnosměrným proudem do 62,5 kW. (Kassakian, 2015)



Obrázek 11 - CHAdeMO (Standard CHAdeMO, 2018)

System C

System zahrnuje dva druhy konektorů Combo 1 a Combo 2. Výrobci v USA a v Evropě roku 2012 uzavřeli dohodu o používání typu konektoru ve svých elektromobilech. Tyto systémy jsou kompatibilní se systémy typu 1 a typu 2. System C umožňuje nabíjení jednofázovým střídavým proudem, třífázovým střídavým proudem a zároveň možné i nabíjení stejnosměrným proudem. Toto vše je možné pomocí jednoho konektoru a jednoho řídicího systému ve vozidle. Combo 1 se příliš nepoužívá, zato Combo 2 je nejčastějším Evropským konektorem na nabíjení. Stejnosměrný proud pro nabíjení do 100 kW. (Elektromobil, 2011) (Kassakian, 2015)



Obrázek 12 - Combo 1 (Vehicle plug types)



Obrázek 13 - Combo 2 (Vehicle plug types)

2.4.3 Baterie

Baterie je jedna z nejdůležitějších částí elektromobilu. Její parametry určují, jak velkou rychlost a zrychlení vozidlo bude mít. Energetická hustota stanovuje, jaký bude mít elektromobil dojezd při určité hmotnosti, jaké nároky musí splňovat baterie, jako jsou dosažitelná pořizovací cena, bezúdržbovost, rychlé nabíjení a dlouhá životnost.

Součástí baterie jsou chemické zdroje elektrického napětí v podobě článků. Jeden článek obsahuje dvě elektrody, zápornou anodu a kladnou katodu. Kolem elektrod je elektrolyt, který je v tuhém, nebo kapalném stavu. Jelikož jednotlivé galvanické články vytváří řadové napětí v desetinách voltů, spojují se do skupin sériově. Moderní elektromobil má anodu (to je elektroda, z které elektrony proudí ke katodě) obsahující uhlík, katoda obsahuje oxid lithia a elektrolyt je lithiová sůl v organickém rozpouštědle. Současná užitková vozidla stále používají olovené baterie, některé dokonce i s kapalným elektrolytem. (Hromádka, 2012)

Olovená baterie (Pb)

Pokud je elektrolyt tekutý, napětí jednoho článku v baterii je 2 V. Tyto baterie mají přibližnou životnost okolo 700 nabíjecích cyklů, nebo přibližně staří 4 let. Když klesne teplota, u baterie dojde také k poklesu kapacity. Energetická hustota určuje dojezdovou vzdálenost.

Systémy na bázi olova mají velkou nevýhodu v životnosti, která je při opakování vybíjení a nabíjení nižší než u baterií s příměsí niklu a lithia. Úplné vybití přetěžuje systém a každé opakování vybíjecího a nabíjecího cyklu baterii ubírá množství kapacity a dochází tak k její snížení. Nabíjení je snadné, ale je třeba dodržovat určité mezní hodnoty. Důvody malé životnosti je koroze mřížky na kladné elektrodě a ztenčení vrstvy aktivního materiálu a zvětšení destiček kladné elektrody. Tyto akumulátory se nehodí k rychlému nabíjení. Olovo je toxické a ochránci životního prostředí by jej nejráději nahradili nějakým jiným chemickým materiálem. V Evropě se daří odstraňovat olovo z většiny výrobků a podobné snahy se budou objevovat i u startovacích baterií. Oproti jiným bateriím má výhodu v ceně, protože většina olovených akumulátorů se recykluje a díky tomu jsou malým rizikem pro životní prostředí. (Vlk, 2000)

Nikl-kadmium (NiCd)

Tato baterie je velmi odolná ohledně hlubokého vybití a nevádí jí ani skladování ve vybitém stavu. Velkým problémem je jedovatost kadmia, z kterého se skládá jedna z elektrod, dále je velmi nepříjemné, že se baterie samovolně vybíjí přibližně o 20 % za měsíc. Vyrábí se buď se zaplavenými elektrodami a kapalným elektrolytem, nebo jako hermetizované baterie. Ve srovnání s NiMH a Li-ion bateriemi mají relativně nižší měrnou kapacitu. Jsou vysoce spolehlivé a mají dobrou životnost, mohou mít odběr velmi vysokých proudů, jsou schopné rychlého nabíjení a mají dobrou univerzálnost. Mají také špatný paměťový efekt a jsou odolné vůči nárazům, mají dobrý rozsah pracovních teplot.

Nikl-metal hydridový (NiMH)

Tento druh baterie se dnes asi nejvíce používá, oproti NiCd baterii mají dvojnásobnou až trojnásobnou kapacitu. Její výhodou je tedy velká kapacita a možnost dodávat velký proud za přijatelnou cenu. Velké plus je i udržení si stejného napětí téměř až do úplného vybití baterie. Oproti NiCd bateriím netrpí efektem paměti, to je stav, kdy baterie ztrácí svou kapacitu a je potřeba ji nabíjet jen po částečném vybití. Výhodou je, že přestože při nižších teplotách okolo 5 °C baterie začne ztrácet energii, po ohřátí se zase vrátí. Nevýhodou je napětí pouze okolo 1,2 V, což může být pro některé elektronické přístroje nedostatečné. Oproti nikl-kadmiové baterii je zde místo toxického kadmia použita v záporné elektrodě speciální kovová slitina, obvykle složená z niklu, kobaltu, manganu nebo také hliníku a jiných vzácných kovů. Pro kladnou elektrodu je zde použit oxid hydroxidu niklitého a elektrolyt tvoří kapalným roztokem hydroxidu draselného.

Lithium-polymerové (LiFePo4)

Tato baterie je postavena na bázi lithium železo fosfátů. Má schopnost dodat vyšší proud než klasické lithium iontové baterie a při extrémních podmínkách (havárie vozidla) nevybuchne. Také tato baterie netrpí efektem paměti. Výhodou těchto baterií je velká kapacita při malém rozměru a minimálně se samovybíjí, přibližně 5 % za měsíc. Má velmi dlouhou životnost. Nevýhodou je hrozící možnost vznícení nebo výbuchu při zkratu, a proto je nutná interní ochrana. Při nepoužívání klesá energie, je dražší, a při poklesu napětí pod 2,7 V se může baterie nenávratně zničit a s přibývajícím časem se uvnitř baterie zvyšuje tlak.

Lithium- iontové baterie (Li-Ion)

Používají se ve spotřební elektronice a v poslední době u elektromobilů. Její hlavní výhodou je vynikající schopnost uskladnit energii při přijatelné hmotnosti, netrpí žádným efektem paměti, nebo pomalým samovybíjením. Při skladování přibližně v teplotě 20 °C může docházet ke ztrátě energie až o 20 % ročně, ale při teplotě 4 °C se ztrácí jen o 4 % za rok. NiCd a NiMH baterie mají o něco vyšší vnitřní odpor, a tak z nich není možné získat tak vysoký proud. (elektromobil.vseznamu.cz, 2019)

2.4.4 Popis a princip elektromotoru

Popis elektromotoru

Je to elektrický stroj, který slouží k přeměně elektrické energie na mechanickou práci. Většinou jsou současné elektromotory jako indukční stroje, které využívají účinky síly magnetického pole, bývají realizovány jako točivé elektrické stroje. Méně časté jsou netočivé elektromotory. Když elektrické stroje mění mechanickou práci na elektrickou, tak se označují jako generátor, alternátor a dynamo. Tyto stroje mohou samočinně přecházet z motorického do generátorického režimu a naopak. Díky tomu umožňují elektrické pohony brzdít pomocí rekuperace (vrácení elektrické energie zpět do zásoby). Jsou to nejjednodušší zařízení, která dokáží spolehlivě vytvářet otáčivý pohyb v místě, kde je ho třeba. U elektromotoru se uvádějí tyto základní parametry: výkon, otáčky, proudové zatížení, točivý moment, průměr statoru a účinnost. (Celjak, 2018)

Princip elektromotoru

Vytváří rotační pohyb prostřednictvím rotoru točivého elektrického stroje. K otáčení rotoru se využívá elektromagnetická indukce, díky které dochází k přeměně elektrické energie na mechanickou. Elektromobily jsou poháněné bezkomutátorovými elektromotory a jako zdroj elektrické energie využívají trakční baterie nebo kontakt pomocí pantografu s elektrickými vodiči umístěnými nad dopravní trasou, např. trolejové vedení. V současnosti se nejvíce používají třífázové motory s permanentními magnety. Výše zmíněné motory nemají mechanické díly, jako jsou kartáčky, komutátory, a proto je jejich životnost mnoho desítek let, nebo tisíce kilometrů bez jakékoliv údržby a poruchy. (Celjak, 2018)

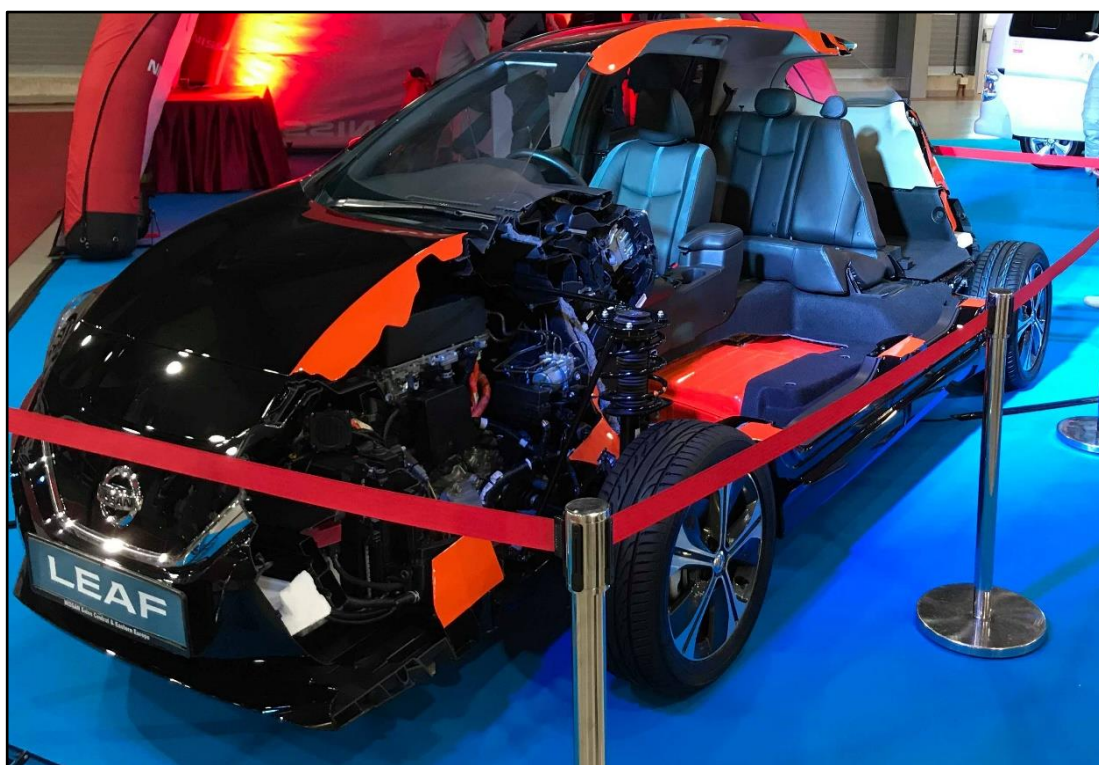
Elektromotor v elektromobilu

Když má elektromotor nulovou rychlost, dodává maximální hodnotu točivého momentu. Velmi rychle, už od nízkých otáček, dosáhne maximálního výkonu. Hodnota výkonu se vzrůstajícími otáčkami klesá pomalu. Elektromotor může poskytovat maximální točivý moment jen po určitou dobu (několik sekund). Maximální točivý moment spotřebovává vysoké hodnoty proudu, který se čerpá z baterie. Dochází k velkému nárůstu vysokých teplot ve výkonové elektronice a v elektromotoru. Řešením je chlazení a regulace, které zajistí ochranu komponent. Špičkový točivý moment je časově omezen, což umožní velké zrychlení vozidla, které má třeba elektromobil Tesla $9,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ - v porovnání s klasickým automobilem se spalovacím motorem, který má zrychlení za $2,52 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. (Celjak, 2018)

3 NABÍJENÍ ELEKTROMOBILU

3.1 Základní části pohonu elektromobilu

System pohonu elektromobilů je složen z řídicí soustavy (měnič, invertor), elektromotoru, výkonové elektroniky, soustavy pro uchování energie (palubní nabíječka, baterie, ochranná jednotka, řídicí systém baterie). Invertor umožňuje zvyšovat a snižovat napětí a obracet polaritu napětí. AC/DC-měnič převádí střídavé vstupní napětí a proud na stejnosměrné výstupní napětí a proud. DC/DC-měnič je měnič stejnosměrného proudu a jako elektronický měnič napětí určený pro změnu velikosti stejnosměrného napětí nebo proudu. Měnič frekvence je zařízení k přeměně elektrického proudu s určitou frekvencí na elektrický proud s jinou frekvencí. Umožňuje plynulou regulaci otáček asynchronního motoru. (Celjak, 2018)



Obrázek 14 - Řez elektromobilem Nissan Leaf (zdroj: autor)

Elektromobily lze rozdělit do několika skupin. Základními parametry pro rozdělení elektromobilů jsou: délka vozidla (mm), výkon motoru (kW), pohotovostní hmotnost (kg), dispoziční práce baterie (kWh), udávaný dojezd vozidla (km), šířka vozidla (mm). Z těchto parametrů lze určit celkem čtyři skupiny: Mini elektromobil, malý elektromobil, střední a velký elektromobil. (Celjak, 2018)

Tabulka 1 - Rozdělní skupin elektromobilů (zdroj: autor)

Parametry	Mini	Malý	Střední	Velký
Délka vozidla (mm)	2700-3200	3200-3800	3800-4500	4200-4700
Výkon motoru (kW)	12-37	37-80	80-150	150 a více
Pohotovostní hmotnost (kg)	600-900	900-1200	1200-1750	1750 a více
Dispoziční práce baterie (kWh)	6,5-12	12-24	24-60	60-160
Udávaný dojezd (km)	80-120	120-250	230-400	350-800
Šířka vozidla (mm)	1540-1630	1630-1680	1680-1800	1700-1930

3.2 Hlavní distributoři elektřiny a infrastruktura dobíjecích stanic v České republice

Skupina ČEZ

- již vlastní přes 100 nabíjecích stanic,
- U DC stanic si účtují 7,5 Kč/min bez DPH, s DPH 9 Kč/min,
- U AC stanic si účtují 1,5 Kč/min bez DPH, s DPH 1,8 Kč/min,
- maximální dobíjecí výkon 26 kW,
- 2 uzamykatelné zásuvky s krytem a měření odběru pro každou zásuvku samostatně,
- fakturační elektroměry,
- konfigurace umožňuje dodatečné zvýšení výkonu na úroveň 2x 32 A,
- používají konektor Mennekes pro stanice běžného dobíjení a pro rychlonabíjecí stanice na stejnosměrný proud jsou vybaveny CHAdeMO a Combo 2 (CCS).

(Dobíjecí stanice – jedeme budoucnosti naproti)

Innogy

- standardní nabíjení střídavým proudem poskytují výkon 3,7 až 43 kW,
- přípojku poskytují typ 1 nebo typ 2,

- pro rychlé nabíjení stejnosměrným proudem poskytují výkon 20 až 50 kW k tomuto nabíjení poskytují přípojku Combo 2 (CCS) nebo CHAdeMO,
- mají pouze 2 nabíjecí stanice, a to 1 je v Železné Rudě, standardní se střídavým proudem a druhá rychlonabíjecí je v Praze, ale určitě plánují zvýšení počtu nabíjecích stanic v následujících letech,
- nabíjení mají zdarma,
- pod společnost Innogy patří společnost RWE.

(Innogy, 2018)

PRE

- skupina PRE provozuje nabíjecí stanice od roku 2011,
 - přes 60 stanic nejen v Praze,
 - pro střídavý proud od 3,6 kW v 22 kW používají Mennekes,
 - pro stejnosměrný elektrický od 20 kW do 50 kW CHAdeMO,
 - první poplatek za každou nabíjecí kartu ve výši 30 Kč za čtvrtletí, cena za odebranou elektřinu je ve výši 2,50 Kč za kilowatthodinu a jako poslední se hradí cena za nabíjení ve výši 0,20 Kč za minutu. Uvedené ceny jsou bez DPH.
- (Nabíjení, 2015)

E.ON

- stanice normálního nabíjení 3,7 kW až 22 kW při použití přípojky Mennekes,
- při rychlonabíjení střídavým proudem 20 až 50 kW při použití CHAdeMO,
- v budoucnu zvládnou až 100 kW při rychlonabíjení střídavým proudem,
- 4,5 Kč za kilowatt hodinu,
- mají 20 veřejných nabíjecích stanic, ale plánují další.

(Eon.cz)

3.2.1 Infrastruktura nabíjení

Infrastruktura nabíjení je vlastně podobná infrastruktuře čerpacích stanic. Je důležitá pro nabíjení elektromobilů a bez jejího stálého rozšiřování by nebyl rozvoj elektromobility možný. Nabíjecí infrastruktura by měla být na nejvíce zatěžovaných

místech, tudíž by měla být na hlavních tazích, kde by měla být možnost strávit delší čas, který bohužel doprovází nabíjení elektromobilů. Logické je, že by u těchto nabíjecích stanic měla být možnost využití času, například možnost občerstvení a odpočinku. Dále by se měly zřizovat u obchodních středisek a firem (státních institucí), kde lidé pracují. V ČR jezdí více jak 3 200 elektromobilů, je zde přes 350 nabíjecích stanic a jejich počet každým rokem roste. První nabíjecí stanice byla vybudována v roce 2007 v Desné na Jablonecku. Nabíjecí stanice mohou provozovat fyzické osoby a firmy. Nabíjecí stojany lze nalézt na parkovištích ve firmách u penzionů a u hotelů. Přehled nabíjecích stanic je uváděn v aktualizovaných mapách nabíjecích stanic, které lze nalézt na internetu, buď přes webový prohlížeč, nebo přes aplikaci v telefonu (např. Chargemap, Polyfazer, eNabíjení). Platba za elektrickou energii, která byla odebrána, probíhá přes mobilní aplikaci v hotovosti nebo platební kartou. Existují i některá nabíjecí místa, kde se za nabití neplatí, například pokud je majitel elektromobilu ubytován v penzionu. Největšími provozovateli u nás jsou ČEZ, PRE a E.ON. (Celjak, 2018) (Veřejné dobíjecí stanice ČEZ)

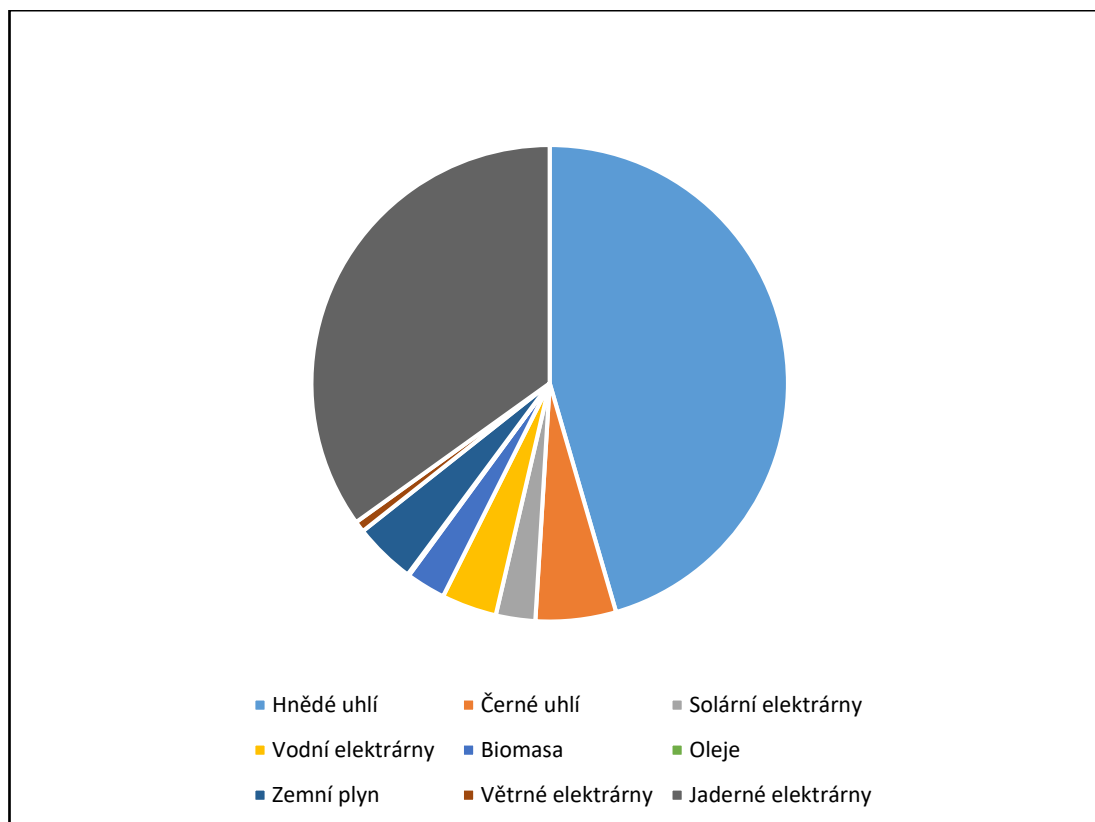
V Českých Budějovicích jsou v současné době vybudovány dvě nabíjecí stanice od společnosti E.ON, kde je nabíjení zcela zdarma. První je u hypermarketu Globus a druhá je nově otevřena u kavárny Lanna na Jiráskově nábřeží 45. Dále lze nabíjet v ulici F. A. Gerstnera, kde sídlí společnost City Green Park. Tam je ovšem dobíjení zpoplatněno 8 Kč na 1 kWh a odebraná energie se zaplatí spolu s parkovacím poplatkem v parkovacím automatu. Další možností, jak nabíjet elektromobil, je v domácích podmínkách za použití klasické zásuvky, která má 230 V, 16 A, do elektromobilu nabíjí výkonem 2,2 kWh. Při průměrné spotřebě 20 kWh na 100 km se prodlouží dojezd přibližně o 10 km za každou nabíjecí hodinu při optimální teplotě prostředí a baterie. Nabíjení z této zásuvky trvá 15 hodin (udává výrobce), a to ztlačně snižuje možné použití elektromobilu. Pokud majitel přijede s elektromobilem domů okolo 22. hodiny a ráno odjede v 6 hodin do práce, dojezd bude prodloužen pouze o 88 km. Problém lze vyřešit zakoupením wallboxu, který dokáže zkrátit nabíjení na dobu 6 až 8 hodin. Za alarmující považují řešení nabíjecích stanic, které nedisponují ani bezbariérovostí, ani nemají k dispozici obsluhu. Je podivné, že v dnešní moderní době není umožněno samostatné tankování osobám s handicapem.

4 ELEKTRICKÁ ENERGIE

4.1 Získávání elektrické energie

Základní druh energie, který lidstvo potřebuje k životu, je elektrická energie. Na výrobu elektřiny je nutná existence elektráren, ve kterých je získávána přeměnou energie vázané ve zdroji (např. uhlí, jaderné palivo). Tato energie se přeměňuje na energii tepelnou, poté pohybovou (turbína), která následně pohání generátor. Ten pracuje na podobném principu jako elektromotor s rozdílem, že energii nespotřebovává, ale vyrábí ji. Vytváří ji pomocí rotoru, který vykonává otáčivý pohyb. Obor, který se zabývá výrobou elektřiny, se nazývá Energetika.

Ve výrobě elektřiny celosvětově převažují fosilní paliva a jaderná energie.



Graf 2. Výroba elektrické energie v ČR (zdroj: autor)

Vodní elektrárny

Energie z vody je v České republice maximálně využívána už několik století (vodní hamry, mlýny). V současné době je používána zejména pro výrobu elektřiny.

Vodní elektrárny se dělí na dvě kategorie: malé do 10 MW a velké nad 10 MW. Nejvíce vodních elektráren je na řece Vltavě, kde tvoří Vltavskou kaskádu.

Ve vodních elektrárnách proud vody roztáčí přes lopatky turbíny generátor, ze kterého je elektřina přenášena do rozvodné sítě nebo skladiště elektřiny. Maximální využití vyrobené elektřiny nabízejí přečerpávací vodní elektrárny. Mají 2 nádrže, mezi nimiž je výškový rozdíl, V době, kdy je přebytek elektrické energie (v noci) se voda čerpá do výše položené nádrže a odtud během dne, kdy je poptávka po elektrické energii větší, se pouští opět zpět přes turbíny, které roztáčí generátor a vyrábí elektřinu. V České republice se nachází 3 velké přečerpávací vodní elektrárny - Štěchovice, Dlouhé Stráně a Dalešice. Malé vodní elektrárny lze nejčastěji vidat na místech, kde dříve byly jezy nebo mlýny. Většinou jsou tyto zdroje elektrické energie jen pouhou sezónní záležitostí, protože průtok vody během roku kolísá. Ovšem mají výhodu v pokrytí vlastní spotřeby a zároveň elektrickou energii lze prodávat do sítě. Nevýhodou bývá závislost na počasí, náročnost technické instalace a také investice, která je vložena do výstavby vodní elektrárny, má dlouhodobou návratnost.

V zahraničí lze energii vody využívat i jinými způsoby, třeba při přílivu a odlivu, kde se využívá zvedání a pokles mořské hladiny, nebo energii mořského příboje a také energii vodních proudů. (Vodní energie, 2013)

Tepelné elektrárny

K výrobě tepelné energie slouží tepelné elektrárny, které k výrobě elektrické energie používají fosilní paliva.

Nejčastějším palivem pro tyto elektrárny je hnědé a černé uhlí, ropa (olej, mazut), nebo plynná paliva třeba zemní plyn, které se spalují v elektrárnách, které se nazývají paroplynové. U všech tepelných elektráren se vyrábí elektrická energie stejně. Palivo, které je do elektráren dodáno, slouží k vytvoření velkého množství tepelné energie a díky němu se ohřívá voda v parním kotli a vzniká tak pára. Pára se ještě ohřeje v tepelném výměníku a vysuší, aby se tak z ní získalo více energie, poté putuje do turbíny, kde se vlivem rozdílu tlaku páry před turbínou a za ní roztáčí. Díky otáčkám turbíny vzniká v turbogenerátoru elektrický proud. Za turbínou se pára ochladí, přičemž se dosáhne zkondenzování páry opět na vodu. K tomuto účelu bývají v elektrárnách vybudovány obrovské chladičí věže a to, co z věží vychází jako bílý dým je jen čistá vodní pára. Zkondenzovaná voda se opět vrací do kotle. V České

republice je deset velkých uhelných elektráren, které mají výkon nad 200 MW a také několik menších. (Tepelné elektrárny, 2013)

Jaderné elektrárny

Jadernou energii také někdy lze nazývat jako atomová. Je to energie, která je ve vnitřní struktuře chemických prvků, a k získání dochází při jaderných reakcích, kdy se atomové jádro vhodným způsobem mění. K reakcím může docházet buď samovolně, nebo působením jiných částic. Pro jadernou energetiku se používá reakce štěpení. Atomová jádra uranu, plutonia nebo thoria jsou ostřelována neutrony, kdy po nárazu jádro rozštěpí na dceřinná jádra, ta se od sebe rozletí, získají energii a srážejí se s dalšími atomy. Jejich pohybová energie se mění na energii tepelnou. Energie z jádra patří mezi neobnovitelné zdroje energie. Z pohledu energetiky je elektrárna, která využívá energie z jádra, brána za tepelnou elektrárnu. Princip získávání elektrické energie je hodně podobný až na rozdíl, že místo kotle, ve kterém se pálí uhlí a ohřívá voda, která pohání v podobě páry turbínu, se v jaderné elektrárně zdrojem tepla stává jaderný reaktor a jeho palivo jsou radioaktivní tyče. V České republice jsou v provozu dvě jaderné elektrárny - Temelín o výkonu 2 000 MW a Dukovany, které mají výkon 1 897 MW. (Jaderná energie, 2013)

Paroplynové elektrárny

Zemní plyn je uložen spolu s ropou v horninách nebo se také vyskytuje při těžbě uhlí. Před přepravou zemního plynu je potřeba upravit jeho kvalitu. Není jedovatý a je původně bez zápachu. Typický zápach se přidává záměrně, aby bylo možné poznat jeho únik, protože je výbušný. Lze ho používat k vytápění, k vaření nebo ohřevu vody. V současné době zastává také funkci zdroje tepla při spalování v tepelných elektrárnách. V České republice se plyn spaluje jen v paroplynových elektrárnách ve Vřesové a Počeradech. Na rozdíl od jiných fosilních zdrojů je zemní plyn a energie z něj považována za ekologické palivo. Má totiž velkou výhodu, že po spálení nezanechává popel, snadno se dá regulovat a při správném spalování zanechává ve vzduchu méně škodlivin než uhlí nebo ropa. V České republice jsou naleziště zemního plynu společně s ropou na Jižní Moravě. Na Severní Moravě je ve společnosti černého uhlí. Při těžbě uhlí lze získat zemní plyn pomocí metody zvané odplynění. Bývá přepravován plynovody, které mnohdy měří tisíce kilometrů. (Zemní plyn, 2013)

Větrné elektrárny

Využívají sílu větru k výrobě elektřiny. Princip spočívá v tom, že prouděním větru se otáčejí lopatky rotoru, které jsou pomocí převodu pospojovány až k elektrickému generátoru. Nejvíce se používají elektrárny s vodorovnou osou otáčení, kde vítr pohání lopatky s podobným vzhledem jako letecké vrtule.

Dělí se na malé (do 40 kW), střední (40-500 kW) a velké (nad 500 kW). Největší uskupení větrných elektráren v České republice je lokalita u obce Pchery na Kladensku, kde je vystavěna dvojice větrných elektráren, kdy každá z nich má výkon 3 MW a zároveň jsou to nejvyšší větrné elektrárny v ČR. Jejich rotor má průměr 100 metrů a výška stožáru dosahuje 88 metrů. V ČR je větrná energetika spíše okrajovou záležitostí, není zde tolik lokalit, které by byly pro umístění větrných elektráren vhodné. Místa pro výstavbu větrných elektráren byla nalezena například na Jesenicku, Krušnohorskou a na Českomoravské vrchovině. Tyto elektrárny jsou kontroverzním zdrojem elektřiny, protože mají řadu odpůrců zastávajících názor, že narušují vzhled krajiny a obtěžují hlukem. (Větrná energie, 2013)

Sluneční (fotovoltaické) elektrárny

V těchto elektrárnách se využívají sluneční paprsky, které lze díky moderním technologiím využít třeba pro vytápění, ohřev vody nebo k výrobě elektřiny.

Elektřinu ze slunečních paprsků získáváme díky fotoelektrickému jevu, ten funguje na principu dopadu fotonů na polovodičový materiál, kde se vysráží elektrony a vytvoří se elektrické napětí.

Sluneční elektrárny jsou zkonstruovány z několika řad fotovoltaických panelů, kdy každý obsahuje několik desítek článků. V České republice je přibližně 110 velkých elektráren s výkonem od 3-5 MW a 40 solárních parků s výkonem 5-38 MW. Fotovoltaiku lze také použít k drobné výrobě elektřiny pro domácnost. Největší sluneční park v Ralsku vlastní skupina ČEZ.

Pro výrobu elektřiny je důležitá intenzita a doba slunečního záření. Česká republika je v tomto ohledu podprůměrnou zemí. Podle průzkumů je u nás evidováno 13 019 slunečních elektráren, které v součtu mají výkon, kterým disponuje jaderná elektrárna Temelín. Solární energii lze používat jednoduchou přeměnou. Díky solárnímu kolektoru na energii tepelnou - lze tak přitápět a ohřívat vodu. Kolektory využívají skleníkový efekt. Teplo se zachytává pod skleněným krytem v absorbéru,

který se ohřeje a teplo odevzdá do teplotnosného média, kterým je například vzduch nebo voda. Tepelné účinky záření ze slunce se mohou využívat i v solárních termálních elektrárnách, kdy pracují na soustředění energie ze slunečních paprsků pomocí sluneční sběračů nebo soustavy zrcadel do jednoho místa, ve kterém se odehrává ohřev kapaliny a ta pak přenesete teplo. (Sluneční energie, 2013)

Biomasa

Biomasa je nejstarším zdrojem energie. Jedná se o souhrn látek tvořících těla všech organismů, jako jsou bakterie, houby, sinice, rostliny nebo živočichové. Získávat energii z forem biomasy lze, pokud jsou tvořené uhlíkem a jejich chemické vazby obsahují energii. Je to obnovitelný zdroj energie. Oproti spalování fosilních paliv má biomasa výhody ve skoro nulových emisích. Pro energetické využití je štěpkována a poté lisována do pelet a briket. Patří sem dřevo, sláma a velké množství jednoletých a dvouletých rostlin, jako je třeba konopí, nebo čičorka. Lze využít i rychle rostoucí plodiny jako jsou topoly, platany, vrby. (Jak funguje výroba energie z biomasy, 2019).

4.2 Distribuce a přenos elektrické energie

Přenosová soustava

Je zkonstruována pomocí příhradových ocelových stožárů. Rozměry celého stožáru určuje počet vodičů na jedné fázi, výkon, který přenáší, a napěťová hladina. Je sestavena ze sítí 220 kV a tvoří páteř elektrizační soustavy. Tato soustava hlavně přenáší výkony na velké vzdálenosti a zajišťuje propojení elektrizační soustavy se soustavami zahraničních států. Také slouží k vyvedení výkonu z velkých systémových elektráren.

Distribuční soustava

Účelem je distribuce výkonu odběratelům. Je tvořena sítěmi, které mají 110 kV i sítěmi s nižší úrovní napětí. Jsou do ní připojeny elektrárny, které mají nižší výkony a je určena k přenášení výkonu na kratší vzdálenosti. (Celjak, 2018)

5 ELEKTROMOBILY TESLA

5.1 Elon Musk

Narodil se 28. června 1971 v Jihoafrické republice. V roce 1998 založil Alone Musk spolu s dalšími čtyřmi zakladateli v USA firmu jménem PayPal, kterou v roce 2002 prodali firmě eBay. Firma PayPal se zabývá internetovými platbami. Díky penězům z prodeje firmy PayPal získal finanční kapitál na založení kosmické společnosti SpaceX a stal investorem v automobilce Tesla. Nyní vede automobilku Tesla a zároveň je předsedou ve společnosti Solarcity, která v USA zajišťuje instalace solárních panelů. Sám Musk přišel s nápadem na založení společnosti, ale provedení přenechal svému bratranci Lyndonu Riveovi, který je ředitelem společnosti Solarcity. Elon Musk získal bakalářský titul v oboru obchod na The Wharton School a druhý titul bakalářský z fyziky na University of Pennsylvania. Také jsme mohli Alona Muska vidět v seriálu Simpsonovi nebo Teorie velkého třesku a zahrál si dokonce i ve filmu Iron Man 2. (Vance, 2015)

5.2 Tesla

Firmu v roce 2003 založil Martin Eberhard a Marce Tharpenning. V roce 2004 se k firmě přidali další investoři, mezi kterými byl Elon Musk, který do Tesly nejprve investoval sedm a půl milionu dolarů a postupem času další desítky milionů dolarů. (Vance, 2015)

5.2.1 Roadster

První elektrický model automobilky byl Roadster Tesla. Dokonce v roce 2009 Simon Hackett dokázal s Roadsterem ujet 504 km dlouhý úsek australského každoročního závodu ekologických aut, který se jmenuje Global Green Challenge, na jedno nabití. Předlohou Tesla Roadsteru byl Lotus Elise. Dokonce byl Tesla Roadster první automobil, který byl vynesena raketou Falcon Heavy od společnosti Space X do vesmíru. Je to sportovní model a jeho dnešní generace prý zvládne dojet až 900 km bez nabití a má čtyři místa k sezení. (Roadster, 2019)

5.2.2 Model S

Má 5 dveří a jedná se o luxusní automobil s karoserií Liftback. Automobil se nabízí s akumulátorem o kapacitě 100 kWh, kdy můžete mít konfiguraci základní nebo performance.

Přibližný dojezd:

100 kWh ZÁKLADNÍ VERZE

539 km/h

100 kWh PERFORMANCE

506 km/h

Tato konfigurace má sice menší dojezd než základní konfigurace, ale má větší zrychlení.

Předlohou Modelu S byl model od značky Mercedes Benz třídy CLS. (Model S, 2019)

5.2.3 Model X

První elektrické SUV pro 7 osob upoutá svou zvláštností - má Falcon wings, což jsou vyklápěcí dveře pro druhou a třetí řadu sedadel. Model X pochází z platformy Modelu S. Momentálně se model nabízí s kapacitou baterie 100 kWh, kdy model je v konfiguraci základní anebo performance.

Přibližný dojezd:

100 kWh ZÁKLADNÍ VERZE

474 km/h

100 kWh PERFORMANCE

465 km/h

Tato konfigurace má sice menší dojezd než základní konfigurace, ale má větší zrychlení. (Model X, 2019)

5.2.4 Model 3

Model 3 řadíme mezi elektromobily střední třídy s karoserií sedan, na rozdíl od Modelu S by měl být cenově dostupnější. Designově je velmi podobný Modelu S, pouze je o jednu pětinu menší. Tento model můžeme mít ve třech konfiguracích

- performance, long range, mid-range. Zmíněné konfigurace performance a long range se odlišují od mid-range tím, že mají dva motory.

Přibližný dojezd:

MID RANGE

424 km/h

LONG RANGE

498 km/h

PERFORMANCE

498 km/h

(Model 3, 2019)

5.2.5 Semi

Stal se prvním prototypem tahače od automobilky Tesla s elektrickým pohonem, který byl předveden v roce 2017 v prostorách SpaceX v kalifornském Hawthorne. Měl by se začít vyrábět již tento rok, tedy 2019. Předpokládaný dojezd by měl být 482 km až 800 km. Měl by mít čtyři motory umístěné na zadní nápravě. (Semi, 2019).

6 PRAKTICKÁ ČÁST – TESTOVÁNÍ ELEKTROMOBILU

Cílem měření bylo srovnání spotřeby elektrické energie elektromobilu během dvou jízdních režimů v různých podmínkách. Při těchto měřeních byla použita stejná trasa, která vedla zčásti v městském provozu a zčásti mimo město. Jízdy se uskutečnily při různých teplotách ovzduší. Dílčím cílem bylo porovnání zjištěných parametrů o spotřebě energie s údaji výrobce. Dále byly posouzeny klady a zápory elektromobilu v každodenním užívání. K tomuto měření byl zvolen elektromobil Nissan Leaf, který se jeví jako ideální elektromobil pro každodenní využívání.

6.1 Metodika

Výběr vhodné trasy byl důležitým předpokladem pro splnění úkolu, a proto mu byla věnována náležitá pozornost. Trasa simulovala každodenní cestu do zaměstnání běžného občana. Neméně důležitý byl správný výběr typu elektromobilu s palubním počítačem, ze kterého bylo možné získávat on-line informace nutné k vyhodnocení měření a následně k porovnání s údaji od výrobce.

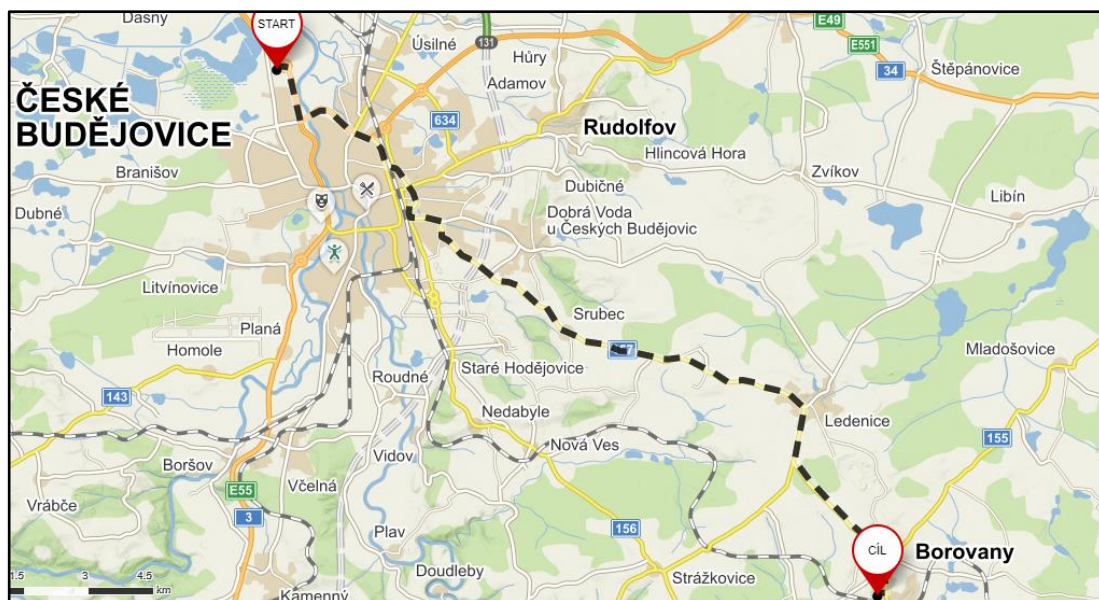
6.1.1 Trasa

Trasa se skládala z 11,4 km dlouhého úseku po městě a 11 kilometrového úseku mimo město České Budějovice.

6.1.2 Popis jízdy na trase

Jízda s elektromobilem byla zahájena od nabíjecího stojanu u hypermarketu Globus, pokračovala do ulice U Staré trati až na křižovatku s odbočením vlevo, po ulici Strakonická, která přechází v ulici Nádražní. Z té na světelnou křižovatku s odbočením vlevo do ulice Pekárenská, kde se po 200 m odbočilo na světelné křižovatce vpravo do ulice Vodní. Na další světelné křižovatce se odbočilo doleva do ulice Dobrovodská, po níž se pokračovalo až na křižovatku s ulicí Ledenická, do které se odbočilo vpravo. Ledenická ulice přechází v silnici číslo 157 až k obci Ledenice. Měření pokračovalo v obci Ledenice ulicí Budějovická, na kruhovém objezdu se odbočilo do ulice Trocnovská, po níž se pokračovalo až do obce Borovany, do ulice Nádražní až na křižovatku s ulicí Okružní, kde se odbočilo vpravo. Na křižovatce s ulicí Dlouhá se odbočilo vlevo, kde byl před rodinným domem cíl zkušební trasy. Výškový profil trasy byl vybrán, aby odpovídal trase běžné dopravní trase, po které

jezdí většina občanů každodenně dojíždějících do zaměstnání. Nejnižší bod byl ve výšce 378 m n.m. a naopak nejvyšší byl v 550 m n.m. Je patrné, že trasa nebyla příliš náročná a nebylo zde velké převýšení terénu. Trasa celkem měřila 22,4 km (viz obrázek 15).



Obrázek 15 – Mapa zkušební trasy (zdroj: autor)

6.1.3 Jízdní režimy

K testu a následnému zjištění hodnot byl vybrán jeden jízdní režim. Jízda na dané trase byla absolvována dvakrát s obsazením automobilu dvěma osobami o celkové hmotnosti 142 kg.

Ekonomický mód v minusových teplotách

Během jízdy byl uvnitř vozidla řidič a spolujezdec, který zapisoval hodnoty zjištěné před jízdou a při jízdě: stav nabití baterie, celková délka trasy, spotřeba energie a dojezdová vzdálenost od začátku a vždy po 5 kilometrech jízdy. Elektromobil byl před jízdou nabit na 100 % hodnoty dispoziční energie baterie. Z důvodu nepřízně počasí trvalo nabíjení baterie déle, protože nízké venkovní teploty nepříznivě působí na baterii z důvodu chybějícího vyhřívání/klimatizace baterie. Při této jízdě bylo zapnuto vyhřívání předních sedadel, volantu a topení s nastavenou teplotou na komfortních 23 °C. Celá jízda byla v režimu ECO se snahou co nejvíce rekuperovat, aby byl prodloužen dojezd. Celá jízda byla v souladu s pravidly silničního provozu, velmi poklidná a bez zbytečného zrychlování. Test byl prováděn při teplotě -3° C. Cílem bylo simulovat podmínky každodenního využívání elektromobilu v zimním

období. Dbáno bylo na komfort cestujících uvnitř automobilu, což se projevilo na délce dojezdu, který byl menší než v plusových teplotách. Získané informace z testu byly použity k vypočítání průměrné spotřeby energie a teoretického dojezdu, výsledky jsou zpracované v tabulkách 2 a 3.

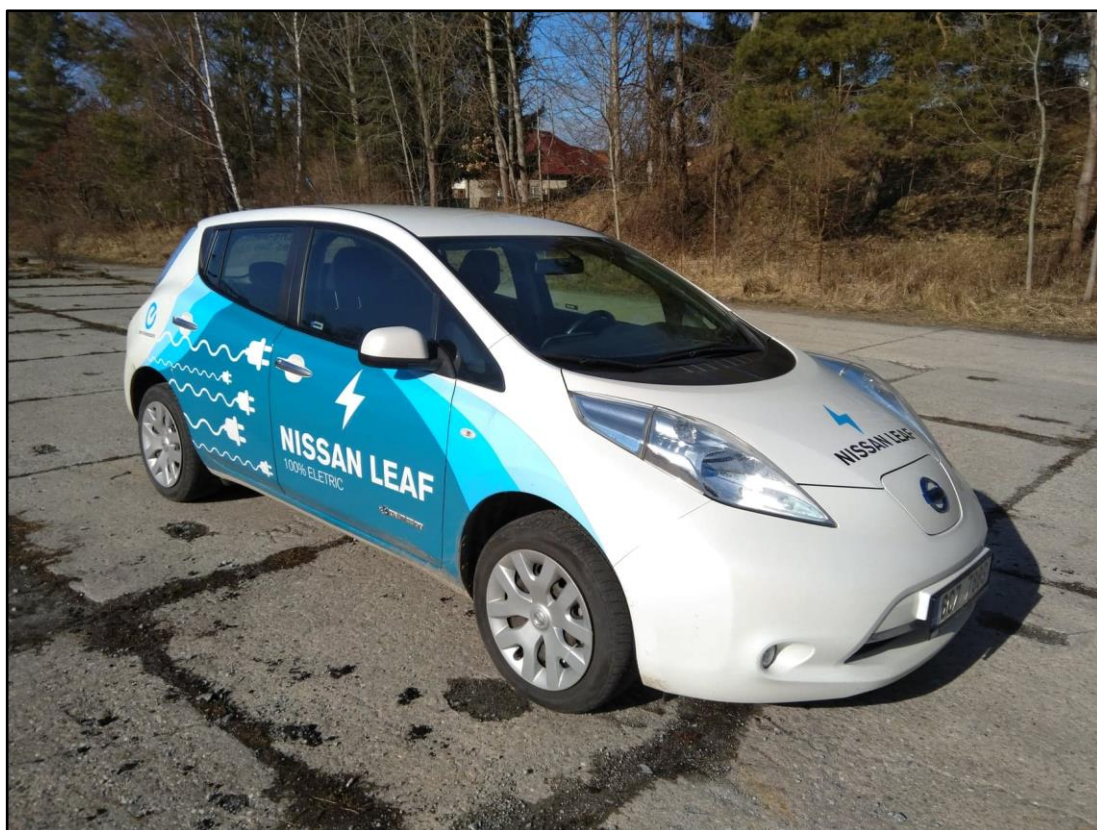
Ekonomický mód v plusových teplotách

Během jízdy byl uvnitř vozidla řidič a spolujezdec, který zapisoval hodnoty zjištěné před jízdou a při jízdě: stav nabití baterie, celková délka trasy, spotřeba energie a dojezdová vzdálenost od začátku a vždy po 5 kilometrech jízdy. Elektromobil před jízdou byl nabit na 100 % kapacity baterie na nabíjecí stanici u hypermarketu Globus konektorem ChaDeMo o výkonu 50 kWh. Po připojení k automobilu řídicí jednotka zvolila vhodný režim dobíjení. Nabíjení trvalo podstatně kratší dobu, a to až o 27 minut než při mínusové teplotě. Při této jízdě nebylo zapnuto vyhřívání sedadel a teplota uvnitř byla nastavena na 19°C. Tato trasa byla ujeta v režimu ECO a i při této jízdě byla využívána rekuperace, jízda probíhala v souladu s pravidly silničního provozu. Venkovní teplota byla 13° C. I při této jízdě byly simulovány podmínky každodenního provozu elektromobilu v běžném životě. Všechny zjištěné hodnoty byly využity pro výpočet dojezdu a průměrné spotřeby energie. Zpracovány jsou v tabulkách 4 a 5.

6.1.4 Vozidlo

Elektromobil, který byl použit, je Nissan Leaf. Automobil byl vyroben v roce 2013. Vozidlo při testu bylo použito v módu Eco. Tento mód lze používat i v režimu D, který vozidlo zpomaluje a vozidlo se přitom chová, jako když řidič sundá nohu z pedálu plynu. Tím, jak pomalu vozidlo zpomaluje, dochází k rekuperaci. Nedochozí však k omezení akcelerace. Dále zde lze použít režim B, při kterém vozidlo zpomaluje více, než v režimu D. Vozidlo se chová podobně, jako když se podřadí o jeden rychlostní stupeň u klasického automobilu se spalovacím motorem s manuálním řazením. Při tomto režimu také není omezená akcelerace.

Vozidlo, které bylo použito při měření je jedno z nejvíce prodávaných elektrických aut na světě. S oficiálními parametry, které udává výrobce, bychom s ním měli ujet až 199 km, kdy maximální rychlost tohoto vozidla je 144 km.h⁻¹ s energií baterie 24 kWh, zrychlení z nuly na 100 km.h⁻¹ je za 11,5 s a maximální výkon je 80 kW. Toto konkrétní vozidlo je na následujícím obrázku.



Obrázek 16. Testovací vozidlo Nissan Leaf (zdroj: autor)

6.1.5 Výpočet průměrné spotřeby

Vypočet byl proveden jako podíl nabitě energie a ujeté dráhy podle vztahu 2.

$$E_s = \frac{E_d}{S} \times 100 \quad (2)$$

kde:

E_s spotřebovaná energie [kWh.100⁻¹]

E_d nabitá energie [kWh]

S ujetá vzdálenost [km]

6.2 Výsledky

6.2.1 Ekonomický mód v minusových teplotách

Naměřené veličiny z testu jsou uvedeny v tabulce 2:

Tabulka 2 - Naměřené veličiny a výsledek průměrné spotřeby (zdroj: autor)

Údaje z konce měření	
Dojezd [km]	127
Ujetá vzdálenost [km]	22,4
Stav baterie [%]	70,5
Průměrná rychlost [km/h]	43
Průměrná spotřeba [kWh.100 ⁻¹]	25,4
Dobitá energie [kWh]	5,7
Čas jízdy [min]	33
Teplota ovzduší [°C]	-3

Nejkratší dojezd byl hned zaznamenán po 5 km, a to kvůli zapnutí vyhřívání volantu, sedadel a nastavení teploty na topení na 23 stupňů. Tento zvýšený odběr energie z baterie ubral dojezd o 60 km.

Tabulka 3 – Naměřené veličiny z palubního počítače (zdroj: autor)

Ujetá vzdálenost [km]	Okamžitý dojezd [km]	Stav baterie [%]
0	182	100
5	122	67,7
10	144	80
15	137	76,1
20	129	71,6
22.4	127	70,5

6.2.2 Ekonomický mód v plusových teplotách

Tabulka 4 – Naměřené veličiny a výsledek průměrné spotřeby (zdroj: autor)

Údaje z konce měření	
Dojezd [km]	170,3
Ujetá vzdálenost [km]	22,4
Stav baterie [%]	94,6
Průměrná rychlost [km/h]	39
Průměrná spotřeba [kWh.100 ⁻¹]	16,5
Nabitá energie [kWh]	3,7
Čas jízdy [min]	33
Teplota ovzduší [°C]	13

Tabulka 5 - Naměřené veličiny z palubního počítače (zdroj: autor)

Ujetá vzdálenost [km]	Okamžitý dojezd [km]	Stav baterie [%]
0	186	100
5	179	99,4
10	177	98,3
15	173	96,1
20	171	95
22.4	170,3	94,6

7 DISKUSE

Svémi testovacími jízdami elektromobilem jsem získal výsledky, z nichž je patrné, že největší dojezd v elektromobilu je v plusových teplotách ovzduší, kdy se tolik nezatěžuje elektromobil odběrem energie v podobě vyhřívání předního skla, topením v kabině a vyhříváním sedaček. I když tento odběr není velký, tak zásadní vliv na spotřebu elektromobilu má nízká teplota, která působí na baterie. Elektromobil, který jsem používal v testu, nedisponoval vyhříváním (klimatizováním) baterie, a proto se významně zmenšil dojezd. Tento problém se dá vyřešit tím, že buď bude elektromobil v garáži, kde neklesá teplota pod bod mrazu, nebo po nastartování elektromobilu se dojede k rychlonabíječce, kde se nechá chvíli připojený, aby se baterie nabíjením v rychlém režimu ohřála. Dále se domnívám, že vhodnější je vybrat elektromobil s tepelným čerpadlem, aby nebylo vozidlo zatěžováno elektrickým topením.

Měření, které jsem provedl v plusových a minusových teplotách, ukázalo, že výsledky redakčních a odborných testů se moc nelišily od mnou naměřených hodnot. Z měření vyplývá, že elektromobily v minusových teplotách mají dojezd o 30 až 40 % menší, než v plusových teplotách. Na spotřebu energie vozidla má velký vliv také charakter trasy. Závisí na převýšení na dané trase, zda je trasa ve městě, či mimo něj. Dané vozidlo, které jsem měl na testování k dispozici, vykazovalo vyšší spotřebu energie, než udává výrobce v ekonomickém módu v plusových teplotách ovzduší o 1,5 kWh a o 10,4 kWh v nízkých teplotách ovzduší.

Při jízdě je nutné dbát na okolí, a to zejména na chodce, kteří elektromobil nemusí slyšet, respektive nejsou zvyklí na zvuk, který vydává. Elektromobil při rychlosti do 30 km za hodinu vydává zvuk, který lze přirovnat ke hvizdu. Ve vyšších rychlostech se k tomuto hvizdu přidává ještě hučení pneumatik. Elektromobil v dnešní době už je schopen plnit úkoly každodenního používání jako primárního vozidla v rodině. Svou možnou dojezdovou vzdáleností umožní odvoz dětí do školy, nebo rodičů do práce. Argumentace odpůrců, že elektromobil má krátký dojezd - maximálně 500 km a je pro provoz nevhodný, je zavádějící vzhledem ke skutečnosti, že většina uživatelů takovou vzdálenost pojede jen několikrát za rok. Pokud se opravdu stane, že uživatel pojede například 800 kilometrovou trasu, po 400 km bude nucen nabíjet, může využít síť

rychlónabíjecích stanic. Během 30 minut si odpočine, vozidlo se nabije na 80 a více procent a může pokračovat v jízdě.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo teoretické seznámení s problematikou elektromobility včetně souvisejících témat, jako jsou historická fakta, technické údaje elektromobilů, možnosti a problémy s nabíjením, nebo zdroje elektrické energie. Za nejzajímavější pasáž považuji praktickou část práce, ve které jsem se snažil porovnat spotřebu elektrické energie elektromobilu za minusových a plusových teplot a své výsledky konfrontovat s výsledky výrobce.

Myslím si, že k rozvoji elektromobilů v České republice i ve světě by určitě přispělo zvýšení počtu nabíjecích stanic a snížení ceny elektromobilů na dostupnější úroveň. Díky podpoře státu se stávají elektromobily dostupnější a levnější zatím jenom pro firmy, ale je na čase, aby stát začal motivovat dotacemi i občany ke koupi elektromobilu. Určitě by se mělo také více šířit povědomí o elektromobilech mezi veřejností a seznámit ji s pozitivy i negativy těchto automobilů. Je vidět, že elektromobilita stále roste a dle zpráv by se do roku 2020 měla v každém městě České republiky nad 10 000 obyvatel objevit nabíjecí stanice. Dalším důkazem, že to automobilky s elektromobily myslí vážně, jsou různá oznámení o ukončení vývoje spalovacích motorů do roku 2040 a již v brzké době bude mít každá automobilka ve svém portfoliu jeden elektromobil.

Díky této práci jsem hlouběji pronikl do tématu elektromobility a začal se o něj více zajímat. Dříve jsem vlastně zastával názor, že elektromobily jsou jen další marketingový tah výrobců, jak z lidí vylákat peníze. Ovšem v průběhu této práce jsem změnil názor a líbí se mi celkově koncepce elektromobilů, jejich nízké provozní a servisní náklady. Diskutabilní je však druhá stránka věci – snížení emisí. Přímé emise jsou samozřejmě nižší, ale nepřímé emise mohou být vyšší, záleží na způsobu získávání energie pro jejich elektrický pohon. Podle energetického mixu je to v ČR především z tepelných a jaderných elektráren, které velmi znečišťují ovzduší a zatěžují planetu jaderným odpadem, pominu-li bezpečnostní riziko, které bezpochyby jaderné elektrárny představují. Domnívám se, že se situace mění, zvyšuje se počet velkých solárních elektráren a stále se rozšiřují i v domácnostech.

Poměr vyrobené elektrické energie z OZE (+JE) a v elektrárnách spalujících plyn, HU, ČU biomasu a odpady, a tím také emise, například CO₂, se každou denní hodinu mění a výrazně se mění v závislosti na dni v týdnu. Velmi záleží, který den, kterou

hodinu a jak dlouho se EM nabíjí. Například dne 13. 1. 2019 v 10 hodin byla bilance následující: 4353 MW (OZE+JE) : 4020 MW (Fosilní). Výroba z vybraných zdrojů: FVE: 206 MW, VE: 187 MW, JE: 3679 MW, SE HU: 3480 MW, SE ČU: 259 MW, Spalování odpadu: 18 MW, spalování biomasy: 263 MW). Dne 17.1.2019 ve 4,00 hodin vyráběly SE HU: 3819 MW, ale 18.1.2019 v 10,00 hod to bylo 5304 MW. Dne 18.1.2019 se poměr obrátil. Jaderné elektrárny vyrábějí stále v přibližně stejné bilanci 3680 MW.

Celkově si myslím, že elektromobily jsou dobrý nápad, ale je to jen první část, jak přestat znečišťovat planetu dopravními prostředky, protože nejvíce škodlivá je lodní doprava spolu s leteckou.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

CELJAK, Ivo. *Konstrukce, technické systémy a provoz elektricky poháněných automobilů* [online]. České Budějovice: Zemědělská fakulta JU [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2019/02/Skripta-Konstrukce-a-provoz-elektromobil%C5%AF_v4.pdf

Dobíjecí stanice - jedeme budoucnosti naproti. In: *Elektromobilita.cz* [online]. [cit. 2019-02-22]. Dostupné z: http://www.elektromobilita.cz/edee/content/file-other/elektromobilita/partneri/tk_dobijeci_stanice.pdf

Elektromobil. Připojení systému k nabíjecí stanici – klíčový prvek pro elektromobily, In: *Smartev.cz* [online]. 2011 [cit. 2019-02-16]. Dostupné z: http://www.smartev.cz/wp-content/uploads/2017/02/Schneider_theorie.pdf

Eon.cz [online]. [cit. 2019-02-23]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/drive>

FUGLEVIČ, Daniel, BMW bude jako první nabízet bezdrátové nabíjení vozu. Dostane ho hybridní řada 5. *Deník.cz* [online]. 30.9.2017 [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: <https://www.denik.cz/auto/bmw-bude-jako-prvni-nabizet-bezdratove-nabijeni-vozu-dostane-ho-hybridni-rada-5-20170926.html>

HORČÍK, Jan, Better Place předvedli stanici pro výměnu baterií elektromobilů. In: *Hybrid.cz* [online]. 15 Květen 2009 [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/novinky/better-place-predvedli-stanici-pro-vymenu-baterii-elektromobilu>

HORČÍK, Jan, Plug-in hybrid BMW 530e iPerformance nabídne bezdrátové nabíjení. In: *Hybrid.cz* [online]. 11 Květen 2017 [cit. 2019-02-13]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/plug-hybrid-bmw-530e-iperformance-nabidne-bezdratove-nabijeni>

HROMÁDKO, Jan. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4455-1.

Infrastruktura nabíjecích stanic pro elektromobily mění svět, In: *Hybrid.cz* [online]. 25 Srpen 2017 [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/infrastruktura-nabijecich-panic-pro-elektromobily-meni-svet> dne

INNOGY. *Čistá mobilita*. Innogy, 2018.

Jaderná energie. In: *Vitejtenazemi.cz* [online]. 2013 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=jaderna_energie_sep&site=energie

Jak funguje výroba energie z biomasy. In: *Cez.cz* [online]. 2019 [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/biomasa/flash-model-jak-funguje-vyroba-energie-z-biomasy.html>

JANDA, Jiří, Domy jako ze sci-fi. Můžete je mít třeba už příští rok.

In: *Deník.cz* [online]. 20.9.2017 [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: <https://www.denik.cz/ekonomika/domy-jako-ze-sci-fi-muzete-je-mit-treba-uz-pristi-rok-20170919.html>

KASSAKIAN, John G., ed. *Overcoming Barriers to Deployment of Plug-in Electric Vehicles* [online]. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2015 [cit. 2019-02-16]. ISBN 978-0-309-37217-6. Dostupné z: <https://www.nap.edu/read/21725>

KASTLOVÁ, Olga a Radek HOUŠŤ. *Ročenka dopravy České republiky 2017* [online]. Praha: Ministerstvo dopravy, 2018 [cit. 2019-02-13]. ISSN 1801-3090. Dostupné z: https://www.sydos.cz/cs/rocenka_pdf/Rocenka_dopravy_2017.pdf

Model 3. *Tesla.com* [online]. 2019 [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: <https://www.tesla.com/model3>

Model S. *Tesla.com* [online]. 2019 [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: <https://www.tesla.com/models>

Model X. *Tesla.com* [online]. 2019 [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: <https://www.tesla.com/modelx>

Nabíjecí kabely pro elektroauta, *Evexpert: Technology for a better world* [online]. 2016 [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/p/227/phenix-contact-nabijeci-kabel-typ2-typ1-32a-1faze>

Nabíjecí stanice a mobilní nabíječky, *Evexpert: Technology for a better world* [online]. 2016 [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/p/237/chytra-prenosna-ac-nabijicka-typ2-5kolik-32a>

Nabíjecí stanice pro elektromobily: Mějte energii pro Váš elektromobil stále po ruce, In: *T-POWER* [online]. 2017 [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: <https://www.t-power.cz/produkty/nabijeci-stance-elektromobily/>

Nabíjení. In: *Premobilita.cz* [online]. 2015 [cit. 2019-02-22]. Dostupné z: <https://www.premobilita.cz/cs/nabijeni/>

Průvodce možnostmi nabíjení elektromobilu, In: *EcoFuture - energie pro budoucnost* [online]. 23.2.2018 [cit. 2019-02-09]. Dostupné z: <https://www.ecofuture.cz/clanek/pruvodce-moznostmi-nabijeni-elektromobilu>

Roadster. *Tesla.com* [online]. 2019 [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: <https://www.tesla.com/roadster>

Semi. *Tesla.com* [online]. 2019 [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: <https://www.tesla.com/semi>

Sluneční energie. In: *Vitejtenazemi.cz* [online]. 2013 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=slunecni_energie&site=energie

Standard CHAdeMO, In: *Elektromobilnosc24.pl* [online]. 06-03-2018 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://elektromobilnosc24.pl/artukul/269-standard-chademo>

ŠURKALA, Milan, BMW uvádí podložku pro bezdrátové nabíjení plug-in hybridů. In: *Svět mobilně* [online]. 28.5.2018 [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <https://www.svetmobilne.cz/bmw-uvadi-podlozku-pro-bezdratove-nabijeni-plug-in-hybridu/6435>

Tepelné elektrárny. In: *Vitejtenazemi.cz* [online]. 2013 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=tepelne_elektrarny&site=energie

Tesla ukončí bezplatné dobíjecí stanice, In: *Novinky.cz* [online]. 8. listopadu 2016 [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/auto/420057-tesla-ukonci-bezplatne-dobijeci-stanice.html>

TOMMŮ DESIGN, Přívěsné vozíky s bateriemi. In: *Tommü: prodej a servis* [online]. 16.02.2016 [cit. 2019-02-13]. Dostupné z: <http://www.tommu.cz/aktuality-karta&id=516>

VANCE, Ashlee. *Elon Musk: Tesla, SpaceX, and the quest for a fantastic future*. New York, NY: Ecco, an imprint of HarperCollinsPublishers, 2015. ISBN 9780753555637.

Vehicle plug types, In: JET CHARGE [online]. [cit. 2019-02-05]. Dostupné z: <https://jetcharge.com.au/resources/ev-guide/vehicle-plug-types>

VEJBOR, Jan, 2015. *Stručná historie elektromobilů* [online]. 2015 [cit. 2019-02-08]. Dostupné z: <http://www.elektromobily-os.cz/stru%C4%8Dn%C3%A1-historie-elektromobilu>

Veřejné dobíjecí stanice ČEZ. In: *Elektromobilita.cz* [online]. [cit. 2019-02-23]. Dostupné z: <http://www.elektromobilita.cz/cs/dobijeni-na-cestach.html>

Větrná energie. In: *Vitejtenazemi.cz* [online]. 2013 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vetrna_energie&site=energie

VLK, František. *Koncepce motorových vozidel: koncepce vozidel, alternativní pohony, komfortní systémy, řízení dynamiky, informační systémy*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000. 367 s. ISBN 80-238-5276-0.

Vodní energie. In: *Vitejtenazemi.cz* [online]. 2013 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vodni_energie&site=energie

Záchrana pro elektromobily: Už funguje nabíjení za jízdy, *Novinky.cz* [online]. 20. května 2017 [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/auto/438360-zachrana-pro-elektromobily-uz-funguje-nabijeni-za-jizdy.html>

Zemní plyn. In: *Vitejtenazemi.cz* [online]. 2013 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=zemni_plyn&site=energie

Baterie v elektromobilech [online]. [cit. 2019-02-22]. Dostupné z:

<http://elektromobil.vseznamu.cz/baterie-v-elektromobilech>

SEZNAM ZKRATEK

%	procento
°C	stupeň Celsia
s. r. o.	společnost s ručením omezeným
EM	elektromobil
Kč	koruna česká
Kg	kilogram
km.h ⁻¹	kilometr za hodinu
kWh	kilowatthodina
km	kilometr
kWh.km ⁻¹	kilowatthodina na kilometr
kW	kilowatt
Nm	Newton metr
V	volt
S	sekunda
A	ampér
Kč.kWh ⁻¹	koruna česká za kilowatthodinu
DPH	daň z přidané hodnoty
AC	střídavý proud
DC	stejnoseměrný proud
Min	minuta
Mm	milimetr
Kč.min ⁻¹	koruna česká za minutu
NS	nabíjecí stanice