



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

STUDIE NABÍJENÍ ELEKTROMOBILŮ

A STUDY OF ELECTRIC VEHICLE RECHARGING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Adam Solař

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Adam Solař**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojího inženýrství
Vedoucí práce: **prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.**
Akademický rok: 2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Studie nabíjení elektromobilů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Analýza problematiky nabíjení elektrických vozidel.

Cíle bakalářské práce:

Vytvořit přehled a porovnání nabíjecích možností elektromobilů s ohledem na dobu nabíjení a dostupnost daného nabíjecího místa.

Seznam literatury:

STONE, Richard. Introduction to Internal Combustion Engines. 3rd edition. Hampshire: Palgrave, 1999. ISBN 0-333-74013-01999.

SKOTSKY, Alexander A. Automotive Engines. Springer Verlag, 2009, ISBN 978-3-642-00163-5.

JAN, Zdeněk a ŽDÁNSKÝ, Bronislav. Automobily (3): Motory. Brno: Avid, spol. s r.o., 2009. ISBN 978-80-87143-15-5

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty



ABSTRAKT

Předmětem této bakalářské práce na téma *Studie nabíjení elektromobilů* je vyhodnocení problematiky nabíjení elektrických vozidel. Cílem práce bylo sepsat rešeršní studii týkající se historie elektromobilů, možnosti nabíjení elektromobilů a vyhodnotit dostupnost nabíjecích míst u nás i ve světě. Dále také zpracovat přehled dostupných elektromobilů na trhu a zpracovat typy nabíjecích zařízení a možnosti nabíjení.

Bylo zjištěno velké množství způsobů a možností nabíjecích zařízení. Dále byla vyhodnocena přibližná doba nabíjení s ohledem na typ nabíjení a zpracována dostupnost nabíjecích míst. V práci byly zmíněny i některé nevýhody elektrických vozů např. pomalé nabíjení, zpoplatněné rychlonabíjecí stanice nebo zatím vysoká cena těchto vozů. I přes zatím převažující nevýhody se elektromobily začínají více objevovat na silnicích.

KLÍČOVÁ SLOVA

Elektromobil, nabíjení, doba nabíjení, nabíjecí místa, nabíječka, zásuvka

ABSTRACT

The subject of this thesis on the topic of the study of the electric vehicle charging. The aim was to draw up a research study on the history of the electric vehicles, the options of their charging and to assess the availability of the charging points in our country and abroad. Additionally, this study provides overview of the electric vehicles available on the market and the types of charging devices and charging options.

In conclusion, a large number of the ways and charging types were discovered. Furthermore, we calculated the approximate charging time with regard to the type of charging device and convenience of the charging points. This work also mentions some disadvantages of the electric vehicles, such as the long charging time, charges for the fast charging station use or currently high retail prices of these cars. Despite the prevailing drawbacks, the electric cars are becoming more visible on the roads.

KEYWORDS

Electric vehicle, charging, time of charging, charging stations, charger, plug



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SOLAŘ, Adam. *Studie nabíjení elektromobilů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 38 s. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením prof. Ing. Václava Píštěka, DrSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. května 2016

.....
Adam Solař



PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce prof. Ing. Václavu Píštěkovi, DrSc. za pomoc a rady při vypracovávání této práce.

Další komu patří poděkování, je moje rodina a zejména bych chtěl poděkovat mým rodičům za finanční podporu a pochopení v době mého studia.

Dále bych chtěl poděkovat svému strýci Ing. Martinu Solařovi za pomoc při výběru zadání bakalářské práce, za odborné konzultace, rady a připomínky týkající se obsahu této práce.



OBSAH

Úvod	9
1 Stručný přehled historie elektromobilů	10
1.1 Počátky historie elektromobilů	10
1.2 Historie elektromobilů v ČR	11
1.3 Historie elektromobilů ve světě	12
2 Aktuálně dostupné elektromobily a jejich parametry	16
3 Rozdělení možností připojení nabíjení	20
3.1 Pomalé nabíjení	21
3.2 Rychlé nabíjení	24
3.2.1 Nabíjení výkonnou nabíječkou	24
3.2.2 Systém rychlé výměny baterie	25
4 Dostupnost nabíjení	27
4.1 Dostupnost nabíjecích míst v ČR	27
4.2 Dostupnost nabíjecích míst ve světě	28
5 Výpočet jednotlivých typů nabíjení	30
5.1 Výpočet času nabíjení	30
5.2 Výpočet průměrné spotřeby vozidel	31
5.3 Výpočet velikosti dojezdu při nabíjení jednotlivých vozů	32
Závěr	33
Seznam použitých zkratk a symbolů	38



ÚVOD

Elektromobil je vozidlo na elektrický pohon, které je poháněno elektromotorem a jako zdroj elektrické energie mu slouží akumulátor, na jehož kapacitě závisí dojezdová vzdálenost elektromobilu.

Za posledních pár let se zvýšil počet provozovaných elektromobilů jak u nás v České republice, tak i v jiných zemích světa. Mluví se o nich jako o vozidlech budoucnosti. Hlavními současnými nevýhodami těchto vozidel jsou menší dojezd, delší čas doplnění energie a také vyšší pořizovací cena oproti vozům s běžnými spalovacími motory. Pro uživatele je důležité si vybrat vůz tak, aby maximálně vyhovoval jeho požadavkům a aby jej neomezoval.

Obsahem této práce je stručné zpracování zajímavé historie elektromobilů, kde se například dozvíme, že vozidla na elektrický pohon mají delší historii než dnes běžné spalovací vozy. Následuje přehled aktuálně sériově vyráběných elektromobilů, které jsou dostupné pro český trh. Další důležitou částí práce je přehled, jakými způsoby lze tyto vozy vlastně nabíjet a jaká je dostupnost nabíjecích zařízení. Hlavní částí práce je výpočet doby nabíjení a porovnání vybraných elektromobilů.



1 STRUČNÝ PŘEHLED HISTORIE ELEKTROMOBILŮ

1.1 POČÁTKY HISTORIE ELEKTROMOBILŮ

Ačkoliv se to zdá neuvěřitelné, první myšlenky pohánět vozidlo elektrickou energií sahají dnes již téměř dvě století do historie, kdy se Slovákovi Štefanovi Aniánu Jedlíkovi podařilo jako prvnímu na světě zkonstruovat v letech 1827-1829 model elektromotoru. Avšak první prakticky využitelný elektromotor byl v roce 1834 sestaven ruským fyzikem M. H. Jacobim, který jej využil a předvedl v první akumulátorové lodi na světě v Petrohradě na řece Něvě. [1, 16]



Obr. 1 Jedlíkův elektromotor v roce 1829 [2]

Vůbec první elektromobil spatřil světlo světa roku 1835 v Holandsku a byl navržen profesorem Sibrandusem Stratinghem a následně jej postavil profesorův asistent Christopher Becker. Téměř ve stejné době byl sestaven elektromobil také v Itálii. Za zmínku také stojí fakt, že automobil se spalovacím motorem vznikl až 50 let poté. [1]



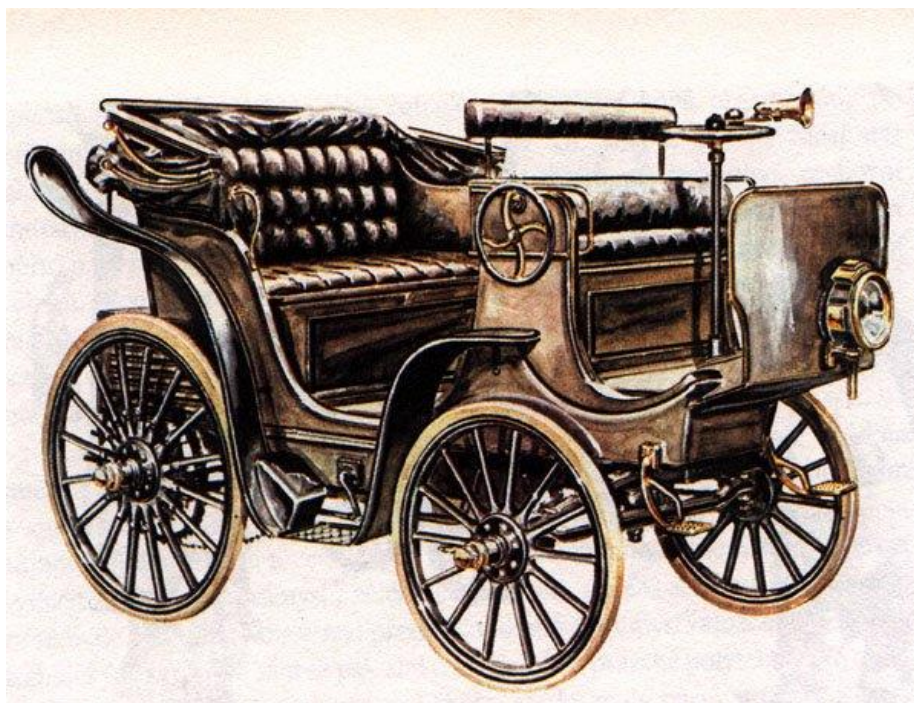
Obr. 2 První elektromobil profesora Stratingha [4]

V 19. století elektromobily jasně dominovaly mezi vozidly ať už v početnosti, tak v dosažení maximálních rychlostí. V roce 1899 překonal Belgičan Camille Jenatzy jako první na světě rychlostní hranici 100 km/h. Jeho vůz *Jamais Contente* tvořila hliníková karosérie ve tvaru připomínajícím doutník. Rekord tohoto vozu nebyl po dobu tří let pokořen. Až roku 1902 dosáhl Torpédo KID rychlosti téměř 170 km/h. [1]



1.2 HISTORIE ELEKTROMOBILŮ V ČR

Prvním člověkem u nás, kdo se elektromobily začal zabývat, byl významný elektrotechnik a vynálezce dr. Ing. František Křižík (1847-1941), který pocházel z Plánice v Západních Čechách. Ve světě se jeho jméno poprvé objevilo po patentování samočinného regulátoru elektrické obloukovky, jenž mu vydělal finance, které použil na vybudování elektrotechnické dílny v Plzni a následně v Praze. Svůj první elektromobil dokončil roku 1895. Ten byl poháněn elektromotorem o výkonu 5 koňských sil přes planetové soukolí na zadní nápravu. Ke změně směru vozu se využívala ruční páka a pedál uváděl chod motoru. Akumulátory se nacházely v zadní části vozu. Později bylo vozidlo zdokonaleno na řízení volantem a k akceleraci a brzdění se používalo pedálů, jako je to do dnes. Následující model Křižíkova elektromobilu byl poháněn dvěma tří-koňovými motory a pro prodloužení dojezdu byl zde umístěn i benzínový motor. Benzínový motor poháněl dynamo a to následně nabíjelo akumulátory. [1, 3]



Obr. 3 První Křižíkův elektromobil z roku 1895 [5]

Křižíkův elektromobil byl na delší dobu posledním elektromobílem jak u nás tak i ve světě. Největší vliv na útlum ve vývoji a výrobě měl nástup Fordu model T. Elektromobily se zde objevovaly jen výjimečně a jednalo se většinou o soukromě vyrobená vozidla či různé prototypy, ale žádného sériového modelu jsme se nedočkali. Až v letech 1969-1974 bylo ve výzkumném ústavu elektrických strojů v Brně navrženo ekologické vozítko pro městský provoz EMA 1. Tento vůz zvládal přepravu dvou dospělých osob a dvou dětí, které cestovaly na zadním sedadle, které se dalo vyjmout pro přepravu nákladu. Výkon elektrického „přesunovadla“ byl 2×3 kW. Bylo poháněno dvěma stejnosměrnými motory, které byly poháněny z olověných startovacích baterií. Maximální rychlost vozítka dosahovala 50 km/h a jeho dojezd byl cca 50 km. Následně byl také navržen mikrobús nesoucí název EMA 2. Bohužel se ani jeden ze dvou navržených prototypů do sériové výroby vlivem tehdejšího režimu nedostal. Oba modely jsou dnes k vidění ve sbírkách Technického muzea v Brně. [1, 6]



1.3 HISTORIE ELEKTROMOBILŮ VE SVĚTĚ

Velkou kuriozitou je, že na počátku 20. století elektromobily tvořily většinu ze všech vozů na světě. Bylo vyráběno o třetinu více elektromobilů než (již dnes klasických) automobilů. Na přelomu století bylo v USA vyrobeno přes 35 tisíc elektromobilů. Jejich velká obliba plynula z jejich spolehlivosti a také jednoduchého ovládání. Jediným dalším konkurentem pro elektromobily v této době, mimo vozidla se spalovacími motory, byly vozy poháněné párou. Tyto vozy však byly postupně vlivem růstu technického pokroku vytlačovány. [4]

Hlavní zvrat nastal roku 1912. V tomto roce začínají silně konkurovat sériově vyráběné levné automobily vyjíždějící z dílny Henryho Forda, které mají asi poloviční pořizovací cenu oproti elektromobilům. Po celém světě známý „model T“ (obrázek 4) rychle zaplavuje trh. U tohoto vozu již byly odstraněny dobové nedostatky. Byly to například problémy s řazením a hlukem. Nepohodlné a fyzicky náročné startování motoru klikou bylo vyřešeno vynalezeným startérem. Dalším velmi ovlivňujícím faktorem bylo to, že benzín na půdě USA razantně klesl, tudíž se stal automobil dostupný většině obyvatel a elektromobily se postupem času stáhly do ústraní. [4]



Obr. 4 Fordův model T napomohl k vytlačení elektromobilů ze silnic [7]

Během 20. století se na elektromobily téměř zapomnělo. Sériovou výrobou se následně snad zabývala jen automobilka Citroën, která koncem roku 1939 představila elektrický prototyp užitkového vozu, který vlastnil podvozek z tehdy poměrně známého vozu TUB. V následujících letech vyrobil Citroën přibližně 100 těchto elektrických vozů. Tyto vozy měly výkon 23 kW. V nákladovém prostoru byl na podlaze umístěn dřevěný box s akumulátory.



Maximální rychlost, které tyto vozy dosahovaly, činila 60 km/h což v tehdejší době oproti benzínové verzi, která dosahovala maximální rychlosti 70 km/h nebyl příliš velký rozdíl. Dojezd takového plně naloženého vozu činil cca 50 km. To na tehdejší podmínky a pro provoz ve městě víc než dostačovalo. V této době se na problémy s emisemi tolik nehledělo, tudíž si tento vůz moc příznivců nenašel. Možná až během 2. světové války kdy v oblastech, které byly okupovány německou armádou, nebyl dostatek pohonných hmot pro běžná vozidla, tak byly pouze tyto vozy schopné provozu. [8, 9]



Obr. 5 Citroën TUB Electric [8]

V roce 1974 se automobilka Citroën spojila s automobilkou Peugeot a vznikl nový koncern PSA, který založil nový pracovní úsek na výrobu elektromobilů zvaný PSA Electrique. Na základě spolupráce koncernu s firmou SAFT, která se zabývala výrobou baterií, bylo vyrobeno asi 5000 nových elektromobilů, které jezdily jak pod značkou Citroën tak Peugeot. Roku 1995 PSA odstartovala dosud zřejmě největší sériovou výrobu elektromobilů v historii, jelikož u ostatních výrobců nepřesahovala roční výroba 100 kusů. Naneštěstí i přes zdárné množství vyrobených vozů, byla výroba koncem roku 2000 z nezjištěných důvodů ukončena. [9]



Obr. 6 Citroën Berlingo Eleetric [10]



Jiné známější automobilky začaly vývoj a výrobu elektromobilů v pozdějším období. Např. Fiat začal vývoj roku 1975. Jako jeden z prvních začal se sériovou výrobou. Roku 1990 uvedl na trh svůj první elektromobil Panda Elettra, který byl vyráběn po dobu tří let. Po tomto modelu následovalo ještě několik desítek dalších elektromobilů, které byly odvozeny od modelu Cinquecento Elettra a to až do roku 1996, ve kterém nastala další hromadná výroba vozu, jenž měl základ benzínového modelu Seicento. [9]



Obr. 7 Fiat Seicento Elettra [11]

Další automobilkou zabývající se elektromobily byla opět francouzská společnost Renault, která začala s vývojem roku 1980 a po pěti letech vytvořila prototypy dvou elektromobilů s názvem Express Electrique. První sériový model Clio Electrique se dostal do výroby až roku 1992. Měl zcela novou konstrukci a jezdil na olověné baterie. Následně po faceliftu v roce 1995 obdržel baterie Ni-Cd a byl vyráběn až do roku 1999. Dále automobilka vyráběla několik menších elektromobilů, které byly odvozeny od malého vozítka Renault Twingo Electrique. V omezeném počtu vyráběl Renault také užitkový vůz Kangoo Electrique. [9]

V posledním desetiletí minulého století projevovala veřejnost o elektromobily poměrně velký zájem, proto se postupně všichni velcí výrobci automobilů začali přizpůsobovat požadavkům trhu. Alespoň jeden model ze sortimentu velkých automobilek se začal vyrábět na elektrický pohon. Dokonce i automobilka VAZ z Ruska nezůstala pozadu a začala vyrábět elektromobil, který vycházel z nejmenšího vozu automobilky Lada 1111 a v elektrické verzi se nazývá electric. Tento elektromobil byl vyráběn jen pro přímou objednávku, takže vzniklo jen několik kusů. [9]

Nelze také nezmínit společnost General Motors, která v té době byla při vývoji elektromobilů, dalo by se říci v nadčasovém stádiu. Elektromobil, který byl touto společností sestaven, se téměř rovnal klasickým automobilům, ne-li byl ve své době se svými technickými parametry ještě dokonalejší. Byl součástí projektu „Zero-emissions vehicle“, který byl spuštěn v roce 1990 ve státě California a byl závazný pro všechny velké americké automobilky (GM, Ford a Chrysler). Úkolem tohoto projektu bylo, aby trh do roku 1998 obsahoval z celkového počtu vozidel alespoň 2 % elektromobilů a do roku 2003 až 10 %. Ovšem tento program se



nepodařilo dodržet a zkrachoval kvůli politickým důvodům a ropnému průmyslu. Pilotním vozidlem projektu, kterého se také mj. zúčastnily japonské automobilky Honda a Toyota, se stalo dvoumístné sportovní kupé právě od firmy General Motors. Tento prototyp automobilka představila v roce 1993 a přidělila mu pracovní označení IMPACT. Po třech letech začala ve městě Lansing sériová výroba tohoto elektromobilu a začal se prodávat pod označením GM EV1. Jednalo se vlastně o první a zároveň poslední vůz, který měl na přední kapotě logo společnosti GM. [9]



Obr. 8 Elektromobil EV 1 od firmy General Motors [12]



2 AKTUÁLNĚ DOSTUPNÉ ELEKTROMOBILY A JEJICH PARAMETRY

V této kapitole jsou zpracovány aktuálně dostupné elektromobily určené českému trhu a jejich nejdůležitější parametry. V připojení nabíjení vozidla jsou zahrnuty všechny možné typy, které má vůz k dispozici a to od klasických jednofázových zásuvek až po rychlonabíječky.

 <i>Obr. 9 BMW i3 [17]</i>	Výkon elektromotoru [kW]	125
	Točivý moment elektromotoru [Nm]	250
	Maximální rychlost [km/h]	150
	Maximální dojezd [km]	190
	Reálný dojezd [km]	130-160
	Kapacita akumulátoru [kWh]	18,8
	Spotřeba energie [kWh/100km]	12,9
	Pořizovací cena [Kč] s DPH od	936 000,-
Možnosti připojení nabíjení vozidla: 1 fáz. 230 V 16 / 32 A, Combo 2		
Typ a výkon palubní nabíječky vozu: jednofázová, výkon 7,4 kW/32 A		

 <i>Obr. 10 Volkswagen e-Up [18]</i>	Výkon elektromotoru [kW]	60
	Točivý moment elektromotoru [Nm]	210
	Maximální rychlost [km/h]	130
	Maximální dojezd [km]	160
	Reálný dojezd [km]	120-150
	Kapacita akumulátoru [kWh]	18,7
	Spotřeba energie [kWh/100km]	11,7
	Pořizovací cena [Kč] s DPH od	619 000,-
Možnosti připojení nabíjení vozidla: 1 fáz. 230 V 16 A, Combo 2		
Typ a výkon palubní nabíječky vozu: jednofázová, výkon 3,6 kW/16 A		

 <i>Obr. 11 Volkswagen e-Golf [18]</i>	Výkon elektromotoru [kW]	85
	Točivý moment elektromotoru [Nm]	270
	Maximální rychlost [km/h]	140
	Maximální dojezd [km]	190
	Reálný dojezd [km]	130-190
	Kapacita akumulátoru [kWh]	24,2
	Spotřeba energie [kWh/100km]	12,7
	Pořizovací cena [Kč] s DPH od	930 900,-
Možnosti připojení nabíjení vozidla: 1 fáz. 230 V 16 A, Combo 2		
Typ a výkon palubní nabíječky vozu: jednofázová, výkon 3,6 kW/16 A		



 <i>Obr. 12 Nissan Leaf [19]</i>	Výkon elektromotoru [kW]	85
	Točivý moment elektromotoru [Nm]	254
	Maximální rychlost [km/h]	144
	Maximální dojezd [km]	199
	Reálný dojezd [km]	140-160
	Kapacita akumulátoru [kWh]	24
	Spotřeba energie [kWh/100km]	15
	Pořizovací cena [Kč] s DPH od	730 000,-
Možnosti připojení nabíjení vozidla: 1 fáz. 230 V 16 / 32 A, CHAdeMO		
Typ a výkon palubní nabíječky vozu: jednofázová, výkon 6,6 kW/32 A		

 <i>Obr. 13 Citroën C-Zero [20]</i>	Výkon elektromotoru [kW]	49
	Točivý moment elektromotoru [Nm]	180
	Maximální rychlost [km/h]	130
	Maximální dojezd [km]	150
	Reálný dojezd [km]	80-120
	Kapacita akumulátoru [kWh]	16
	Spotřeba energie [kWh/100km]	13,5
	Pořizovací cena [Kč] s DPH od	717 288,-
Možnosti připojení nabíjení vozidla: 1 fáz. 230 V 16 A, CHAdeMO		
Typ a výkon palubní nabíječky vozu: jednofázová, výkon 3,6 kW/16 A		

 <i>Obr. 14 Peugeot iOn [21]</i>	Výkon elektromotoru [kW]	47
	Točivý moment elektromotoru [Nm]	180
	Maximální rychlost [km/h]	130
	Maximální dojezd [km]	150
	Reálný dojezd [km]	80-120
	Kapacita akumulátoru [kWh]	16
	Spotřeba energie [kWh/100km]	13,5
	Pořizovací cena [Kč] s DPH od	717 288,-
Možnosti připojení nabíjení vozidla: 1 fáz. 230 V 16 A, CHAdeMO		
Typ a výkon palubní nabíječky vozu: jednofázová, výkon 3,6 kW/16 A		



Obr. 15 Citroën Berlingo Electric [22]

Výkon elektromotoru [kW]	49
Točivý moment elektromotoru [Nm]	200
Maximální rychlost [km/h]	110
Maximální dojezd [km]	170
Reálný dojezd [km]	130-150
Kapacita akumulátoru [kWh]	22,5
Spotřeba energie [kWh/100km]	17,7
Požizovací cena [Kč] s DPH od	791 945,-

Možnosti připojení nabíjení vozidla: 1 fáz. 230 V 16 A, CHAdeMO

Typ a výkon palubní nabíječky vozu: jednofázová, výkon 3 kW/16 A



Obr. 16 Mercedes-Benz Třídy B Electric Drive [23]

Výkon elektromotoru [kW]	132
Točivý moment elektromotoru [Nm]	340
Maximální rychlost [km/h]	160
Maximální dojezd [km]	200
Reálný dojezd [km]	140-170
Kapacita akumulátoru [kWh]	28
Spotřeba energie [kWh/100km]	17,9
Požizovací cena [Kč] s DPH od	1 020 000,-

Možnosti připojení nabíjení vozidla: 1 fáz. 230 V 16 A, 3 fáz. 400 V 16 A, bez možnosti připojení rychlonabíječky

Typ a výkon palubní nabíječky vozu: třífázová, výkon 10 kW/16 A



Obr. 17 Peugeot Partner Electric [24]

Výkon elektromotoru [kW]	49
Točivý moment elektromotoru [Nm]	200
Maximální rychlost [km/h]	110
Maximální dojezd [km]	170
Reálný dojezd [km]	130-150
Kapacita akumulátoru [kWh]	22,5
Spotřeba energie [kWh/100km]	17,7
Požizovací cena [Kč] s DPH od	839 861,-

Možnosti připojení nabíjení vozidla: 1 fáz. 230 V 16 A, CHAdeMO

Typ a výkon palubní nabíječky vozu: jednofázová, výkon 3 kW/16 A



Obr. 18 Kia Soul EV [25]

Výkon elektromotoru [kW]	81
Točivý moment elektromotoru [Nm]	200
Maximální rychlost [km/h]	145
Maximální dojezd [km]	212
Reálný dojezd [km]	170-190
Kapacita akumulátoru [kWh]	27
Spotřeba energie [kWh/100km]	14,7
Pořizovací cena [Kč] s DPH od	849 980,-

Možnosti připojení nabíjení vozidla: 1 fáz. 230 V 16 / 32 A, CHAdeMO

Typ a výkon palubní nabíječky vozu: jednofázová, výkon 6,6 kW/32 A



Obr. 19 Tesla model S [26]

Výkon elektromotoru [kW]	402
Točivý moment elektromotoru [Nm]	967
Maximální rychlost [km/h]	250
Maximální dojezd [km]	557
Reálný dojezd [km]	300-400
Kapacita akumulátoru [kWh]	85
Spotřeba energie [kWh/100km]	24
Pořizovací cena [Kč] s DPH od	1 500 000,-

Možnosti připojení nabíjení vozidla: 1 fáz. 230 V 16 / 32 A, 3 fáz. 400 V 16 / 32 A, Tesla Supercharger, CHAdeMO [přes redukci]

Typ a výkon palubní nabíječky vozu: třífázová, výkon 22 kW/32 A



Obr. 20 Tesla model X [27]

Výkon elektromotoru [kW]	515
Točivý moment elektromotoru [Nm]	600
Maximální rychlost [km/h]	250
Maximální dojezd [km]	489
Reálný dojezd [km]	-
Kapacita akumulátoru [kWh]	90
Spotřeba energie [kWh/100km]	24
Pořizovací cena [Kč] s DPH od	2 000 000,-

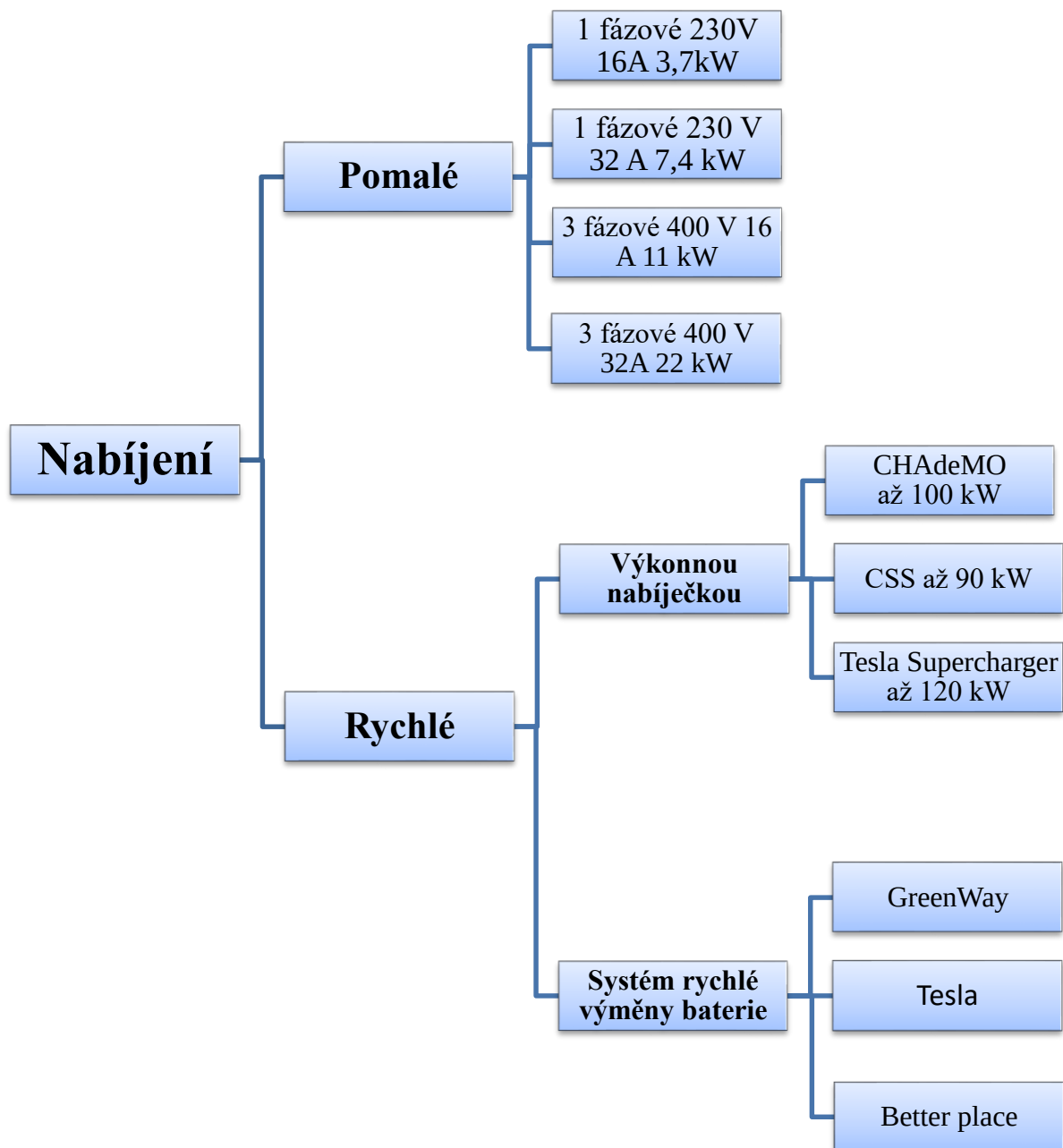
Možnosti připojení nabíjení vozidla: 1 fáz. 230 V 16 / 32 A, 3 fáz. 400 V 16 / 32 A, Tesla Supercharger

Typ a výkon palubní nabíječky vozu: 3-fázová, výkon 22 kW/32 A



3 ROZDĚLENÍ MOŽNOSTÍ PŘIPOJENÍ NABÍJENÍ

Obecně lze rozdělit nabíjení dle druhu nabíjecího proudu a to na střídavý a stejnosměrný. Dále pak dle výkonu nabíjení na pomalé a rychlé.





3.1 POMALÉ NABÍJENÍ

Jednofázové 230 V 16 A do 3,7 kW

Jedná se o nabíjení z klasické jednofázové Schuko zásuvky o střídavém napětí 230 V a proudu 16 A, která je používána v každé domácnosti pro napájení klasických spotřebičů.

Touto zásuvkou je možno nabíjet každý elektromobil, ale výkon nabíjení je jeden z nejmenších a to do 3,7 kW za hodinu. Jelikož je tento způsob nabíjení pomalý, využívá se především při nočním nabíjení, kdy je vůz nepotřebný a majitel vozu je několik hodin v domácnosti, nebo když je majitel vozu několik hodin v zaměstnání. Dále se dá využít jako nouzové řešení nabití při cestě, kdy není k dispozici žádná jiná možnost.

Výhodou tohoto typu nabíjení jsou menší tepelné ztráty, které při každém nabíjení vznikají, a také je mnohem šetrnější vůči životnosti baterií.



Obr. 21 Jednofázová zásuvka (Schuko) 230 V 16A 3,7kW

Jednofázové 230 V 32 A do 7,4 kW

Jednofázová zásuvka o střídavém napětí 230 V a proudu 32 A je spíše vzácností, a jen tak se s ní v běžných domácnostech nesetkáme. Používána je opravdu výjimečně a to například na místech, kde se využívají jednofázové svařovací stroje pracující s vyššími svařovacími proudy. [28]



Pokud ale máme to štěstí se s takovou zásuvkou setkat a možnost ji použít, je možnost nabíjet výkonem až 7,4 kW. Ovšem nabíjení z této zásuvky má malý háček a to ten, že je nutné použít při nabíjení Wallbox¹. To nám udává norma ČSN EN 62196-1 [29], ve které jsou zahrnuty také další informace o nabíjení.



Obr. 22 Jednofázová zásuvka 230 V 32 A 7,4 kW [28]



Obr. 23 Wallbox s konektorem Mennekes [30]

¹Jedná se o zařízení sloužící jako jistící prvek dimenzovaný na trvalý odběr velkého proudu; zároveň má většinou zabudovaný typ konektoru, který je kompatibilní s kabelem nebo konektorem k danému vozu (CHAdeMO viz obrázek 25 či Mennekes viz obrázek 23); může být připevněn přímo na stěně jako klasická zásuvka nebo může být součástí nabíjecího kabelu vozidla, viz nabíjecí kabely Tesla.



Třífázové 400 V 16 A 11 kW

Tato zásuvka je poměrně známá, přesto se již v dnešních moderních domech moc často nevyskytuje. Třífázová zásuvka o střídavém napětí 400 V a proudu do 16 A je využívána především pro napájení větších elektrických zařízení, jakož jsou například kotoučové pily, míchačky na beton apod.

Tahle třífázová zásuvka je schopna nabíjet akumulátory výkonem do 11 kW za hodinu. Tímto výkonem nabíjení jsme schopni nabít za hodinu okolo 50 km dojezdu.

Třífázové 400 V 32 A 22 kW

Tento typ zásuvky je velmi podobný předchozímu, jen se mírně liší velikostí, jak je možno vidět na obrázku 24. Stejně jako u předchozího typu je zde střídavé napětí 400 V, ale proud je zde až do 32 A. Zde je třeba stejně jako u jednofázové 230 V 32 A použít Wallbox.

Z možných zásuvek se vyznačuje největším nabíjecím výkonem a to až 22 kW za hodinu, což pokud to nabíječka vozu umožní, jako např. Tesla model S, můžeme za hodinu získat 110 km reálného dojezdu.



Obr. 24 Třífázové zásuvky 400 V, 32 A (vlevo) a 16 A (vpravo)



3.2 RYCHLÉ NABÍJENÍ

3.2.1 NABÍJENÍ VÝKONNOU NABÍJEČKOU

CHAdemo

Jedná se o jedny z nejvýkonnějších nabíjecích stanic, které se při nabíjení elektromobilů používají. Jejich výkon je až 62,5 kW za hodinu a u novějších typů až 100 kW za hodinu. [33] Ceny těchto stanic se pohybují okolo deseti až dvaceti tisíc eur. [30, 32]

Nabíjecích stanic CHAdemo je na celém světě téměř 11 000, v Evropě přes 3000 a u nás pouhých 24 kusů. Tyto nabíjecí stanice jsou typické pro elektromobily z východního kontinentu jako je například Nissan Leaf, ale po dokoupení nabíjecího adaptéru je mohou využívat i jiné vozy, například Tesla. S těmito stanicemi se z velké části můžeme setkat u poboček prodejců těchto vozů.

CCS – Combo 2

Výkon nabíjecích stanic CCS (Combined Charging System) dosahuje až 90 kW za hodinu. [34] Combo 2 je Evropský standart konektoru, který využívá u svých modelů například společnost BMW. V České republice jsou dostupné u rychlonabíjecích stanic od skupiny ČEZ, kde disponují nabíjecím výkonem do 50 kW.



Obr. 25 CHAdemo konektor (vlevo), CCS-Combo 2 konektor (vpravo) [35]



Tesla Supercharger

Nabíjecí stanice od výrobce Tesla nazývané „Supercharger“ jsou doposud nejvýkonnější ze všech. Dosahují výkonu nabíjení až 120 kW/hodinu. [36] Tímto výkonem může Tesla u svých vozů nabít přibližně 224 km/h dojezdu. V současnosti je na světě přes 600 těchto rychlonabíjecích stanic a v průběhu letošního roku by měly přibýt dvě i v ČR. První z nich bude v Jižní části Prahy na ulici Vídeňská a druhá u Humpolce na 90. kilometru dálnice D1 ve směru na Brno u čerpací stanice Benzina.



Obr. 26 Tesla Supercharger [37]

3.2.2 SYSTÉM RYCHLÉ VÝMĚNY BATERIE

GreenWay

GreenWay je slovenská firma, která provozuje po Slovenské republice v současnosti asi 4 výměnné stanice. Firma zapůjčuje elektrické užitkové vozy Citroën Jumper, které po přestavbě na elektrický pohon hulinou firmou EVC Group s.r.o. nesou název eVan k2 a jsou konstrukčně navrženy pro výměnu baterií. Výkon motoru těchto vozů je 158 kW a lithium-iontové baterie mají kapacitu až 80 kWh. [38]

Tento způsob a služby firmy využívají zejména kurýrní společnosti, jejichž denní nájezd vozidla činí okolo 300 kilometrů. Při ročním nájezdu 70 000 km lze ušetřit přibližně třetinu nákladů oproti odpovídajícímu naftovému vozu. [39]

Výhodou tohoto systému je krátký čas pro získání pohonného média pro další pokračování v cestě. Doba výměny boxu s baterií trvá asi 7 minut, zkušenějším řidičům i méně. Díky tak krátkému času se dá říci, že jsou tyto vozy oproti ostatním elektromobilům schopny jezdit takovým způsobem, aniž by omezovaly řidiče. Nevýhodou ovšem je, že tento plynulý způsob je možno provozovat pouze na Slovensku a podporují jej pouze užitkové vozy od GreenWay.

Elektrická dodávka mezi přehled elektromobilů tak úplně nezapadá, i když je v kategorii do 3,5 t, ale je zde hlavně pro ukázkou možnosti výměnného systému. Kdyby se doba výměny 60 kWh baterie srovnávala s rychlonabíjecí stanicí, musela by mít nabíječka výkon 514 kW.



Obr. 25 Výměnná stanice GreenWay [40]

Tesla

Společnost Tesla v roce 2013 představila způsob automatizované výměny baterie pro svůj Model S. Tato výměna měla být umožněna na každé autorizované rychlonabíjecí stanici tohoto výrobce, avšak v roce 2015 ředitel automobilky Elon Musk oznámil, že tento plán nemá budoucnost. Důvodem byla nízká využitelnost stanice podporující tuto technologii. Stanici, která byla vybudována mezi San Franciskem a Los Angeles, využilo za tímto účelem asi jen 5 z 200 pozvaných. Jelikož se za výměnu doplácí přibližně \$80 a vozy značky Tesla patří k prvotřídním, co se dojezdu týče, tak automatizovaná výměna baterie zákazníky příliš nepřilákala. Ti si bohatě vystačí se super rychlými nabíjecími stanicemi. [41, 42]

Better Place

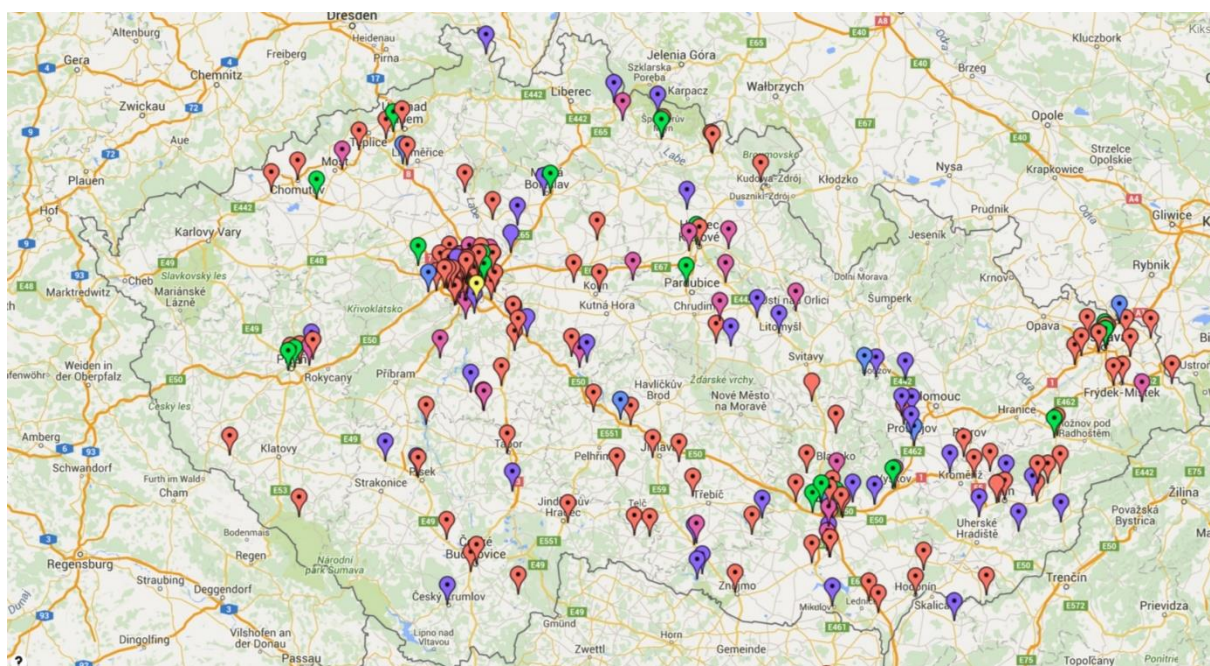
Tato firma vznikla roku 2007 za účelem vybudování výměnných stanic baterií elektromobilů. Tyto stanice měly být např. ve státech Dánsko, Austrálie či Izrael, ale v konečné fázi z projektu sešlo a firma byla donucena v roce 2013 vyhlásit bankrot, jelikož jí nebyla od automobilek mimo Renault poskytnuta dostatečná podpora. [42]



4 DOSTUPNOST NABÍJENÍ

4.1 DOSTUPNOST NABÍJECÍCH MÍST V ČR

V současnosti je v České republice kolem 250 veřejně dostupných míst pro nabíjení elektromobilů a jejich počet neustále roste. To nám dokazuje mapa na obrázku 26. Mezi majitele poskytující tato místa k nabíjení patří zejména dodavatelé elektrické energie ČEZ a E.ON, kteří poskytují své nabíjecí stanice zejména na frekventovaných parkovištích nákupních center či u čerpacích stanic. Ti si většinou účtují za nabíjení poplatek. Dále umožňují nabíjení svým zákazníkům, kteří vlastní elektrické vozy hotely a autorizovaní prodejci těchto vozidel. Ovšem nemálo míst k nabíjení těchto vozidel nabízí právě nadšenci do elektromobilů či sami jejich majitelé, kteří mnohdy nabízejí nabíjení ze svých zásuvek zcela zdarma.



Obr. 26 Mapa veřejně dostupných nabíjecích míst v ČR [43]



- místa s klasickou jednofázovou Shuko zásuvkou na střídavém napětí do 230 V, proudem do 16 A a výkonem do 3 kW.



- třífázové zásuvky o střídavém napětí do 400 V, proudu do 16 A a nabíjecím výkonu až 11 kW.



- zásuvky třífázové do 400 V, proudem až 32 A a výkonem do 22 kW.



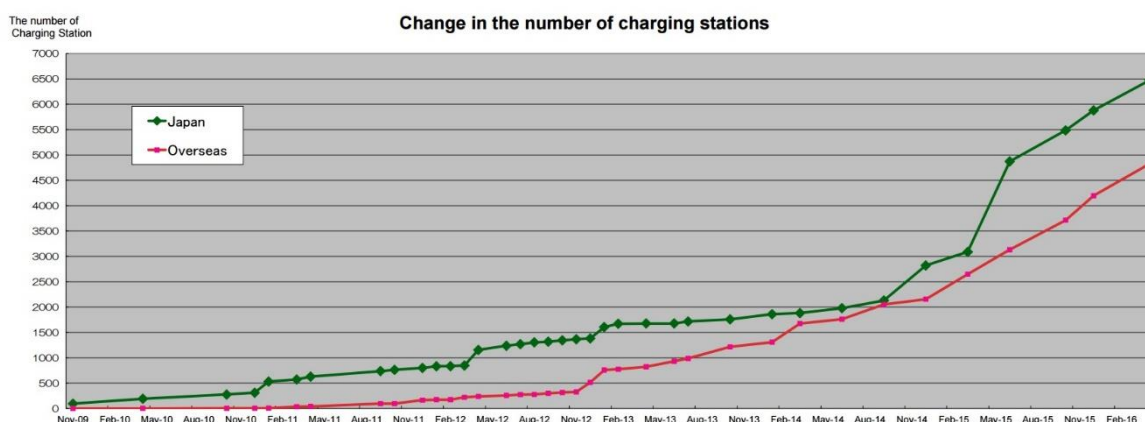
- rychlonabíjecí stanice CHAdeMO či Combo 2



4.2 DOSTUPNOST NABÍJECÍCH MÍST VE SVĚTĚ

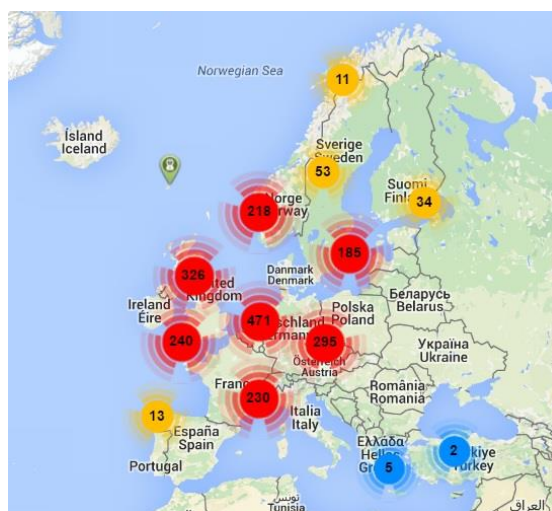
Vyjádřit přibližný počet nabíjecích míst ve světě stejně jako u nás, umožňuje mapa CHARGERMAP,² která eviduje na světě přes 31 000 nabíjecích míst a z toho přibližně 95 000 nabíjecích stojanů. Dále jednotlivé typy rychlonabíjecích stanic mají své mapy, které zobrazují jejich konkrétní místa. Mezi ně patří již zmiňované CHAdeMO, CCS a Supercharger od Tesly.

Nabíjecí stanice CHAdeMO jsou v početnosti jednoznačně na prvním místě. Po celém světě bylo ke dni 20. 4. 2016 evidováno celkem 11 291 těchto stanic. Nejvíce jich je samozřejmě v Japonsku a to neuvěřitelných 6 469, v Evropě 3 028, v USA 1 686 a v ostatních zemích 108. Není divu, že počet nabíjecích stanic v Japonsku převýšil počet klasických čerpacích stanic. [44] Prudký nárůst v Japonsku nám znázorňuje graf na obrázku 27. [46]



Obr. 27 Graf růstu stanic CHAdeMO v Japonsku a v jiných zemích [45]

Druhou příčku v početnosti obsazují v Evropě stanice CCS Combo 2. Je jich zde v provozu celkem 1857 a jejich hustotu obsazení v různých místech zobrazuje mapa na obrázku 28. V USA se drží těsně za Superchargery a na východní polokouli se vyskytují zřídka. [47]

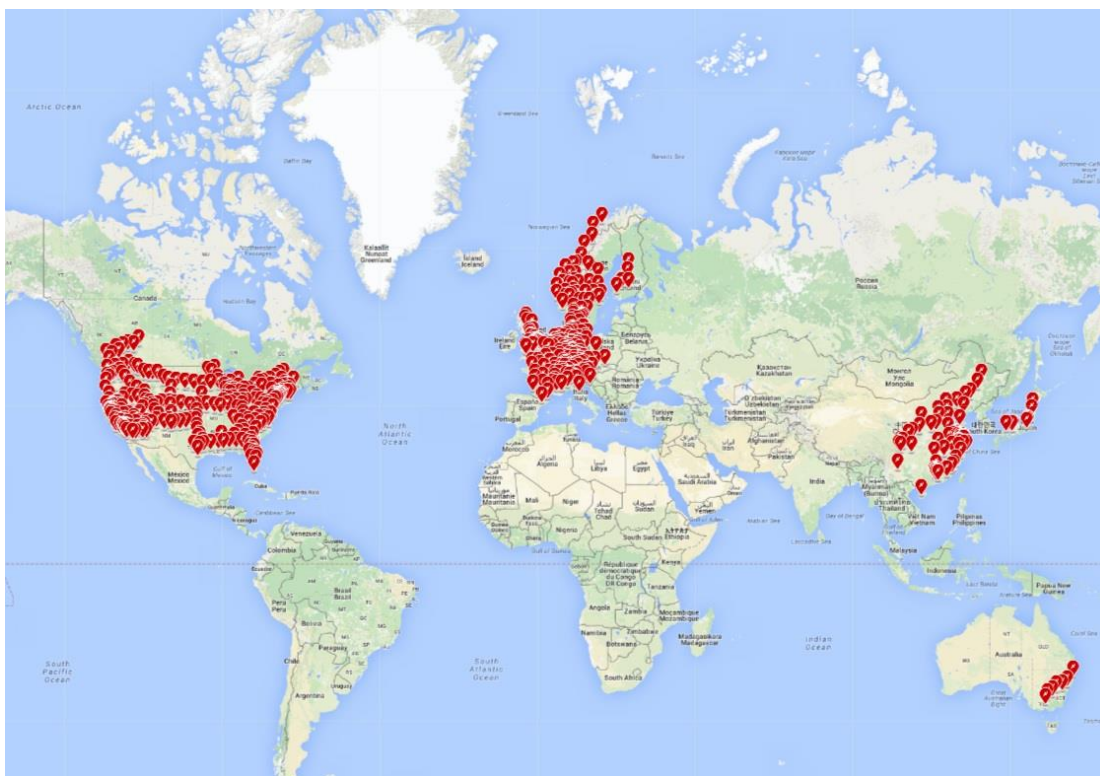


Obr. 28 Počet stanic Combo 2 v Evropě [47]

² jedná se o elektronickou verzi mapy dostupnou na webové adrese <https://chargemap.com>



Superchargery od Tesly disponují sice největším výkonem při nabíjení, ale v početnosti výskytu na tom už tak dobře nejsou. Aktuálně dostupných ke dni 8. 5. 2016 je 624 nabíjecích míst se 3 708 stojany, ale spousta jich je právě ve výstavbě nebo je jejich výstavba plánována. [48] Z obrázku 29 je na první pohled patrné, že nejhustější síť těchto nabíječek je v USA a v Evropě. Na východě je jich zatím asi stovka, ale v několika následujících letech by se měly rychle rozrůst.



Obr. 29 Obsazenost Superchargerů na planetě [48]



5 VÝPOČET JEDNOTLIVÝCH TYPŮ NABÍJENÍ

5.1 VÝPOČET ČASU NABÍJENÍ

V následující tabulce jsou uvedeny výpočty časů nabíjení pro různé typy nabíjení jednotlivých vozů a to, za jakou dobu je možno nabít 20 kWh baterií v daném elektromobilu. Tyto údaje mohou být vhodné zejména při výběru elektromobilu, aby měl budoucí majitel představu o době nabíjení. Pro konkrétní model jsou v tabulce uvažovány hodnoty nejvýkonnější palubní nabíječky, má-li vůz více variant. Jsou zde také použity příslušné kabely, aby bylo možno využít maximální nabíjecího výkonu, protože jsou některé vozy dodávány se základním kabelem např. do klasické zásuvky 230 V a zvládnou jen 10 A, proto je nabíjecí výkon jen 2,3 kW. Dále je u výkonného nabíjení uvažováno stejnosměrné nabíjecí zařízení, které má kompatibilní nabíjecí konektor s daným vozem, viz tabulky jednotlivých modelů a maximální dostupná verze nabíječky v ČR. Pro Combo 2 a CHAdeMO jsou to stojany od skupiny ČEZ, které poskytují nabíjecí výkon 50 kW. Pro Teslu bude použit výkon dobíječky 120 kW.

Při výpočtech pro porovnání doby nabíjení bylo zapotřebí několika vztahů. Pro výpočet výkonu nabíjení z jednofázové zásuvky známe-li nabíjecí napětí a proud, můžeme použít vztah pro výpočet výkonu

$$P = U \cdot I. \quad (1)$$

Jedná-li se o třífázovou zásuvku, musíme tento vztah vynásobit $\sqrt{3}$, poté platí

$$P = U \cdot I \cdot \sqrt{3}. \quad (2)$$

Pro výpočet výsledného času nabíjení se vydělí kapacita akumulátoru nabíjecím výkonem a vyjde nám čas nabíjení v hodinách.

$$t = \frac{C}{P}. \quad (3)$$

Tab. 1 Výpočet času nabíjení jednotlivých vozů 20 kWh energie

Typ nabíjení	BMW i3	VW e-Up	VW e-Golf	Nissan Leaf
1 fázové 230 V 16 A 3,7 kW	5,4 hod	5,6 hod	5,6 hod	6 hod
1 fázové 230V 32 A 7,4 kW	2,7 hod	5,6 hod	5,6 hod	3 hod
3 fázové 400V 16 A 11 kW	5,4 hod	5,6 hod	5,6 hod	6 hod
3 fázové 400V 32 A 22 kW	2,7 hod	5,6 hod	5,6 hod	3 hod
Výkonnou nabíječkou 50 kW	0,4 hod	0,4 hod	0,4 hod	0,4 hod



Typ nabíjení	Citroën C-Zero	Peugeot i-On	Citroën Berlingo Electric	Peugeot Partner Electric
1 fázové 230 V 16 A 3,7 kW	5,6 hod	5,6 hod	6,7 hod	6,7 hod
1 fázové 230 V 32 A 7,4 kW	5,6 hod	5,6 hod	6,7 hod	6,7 hod
3 fázové 400 V 16 A 11 kW	5,6 hod	5,6 hod	6,7 hod	6,7 hod
3 fázové 400 V 32 A 22 kW	5,6 hod	5,6 hod	6,7 hod	6,7 hod
Výkonnou nabíječkou 50 kW	0,4 hod	0,4 hod	0,4 hod	0,4 hod
	MB Třída B Electric Drive	Kia Soul EV	Tesla model S	Tesla model X
1 fázové 230 V 16 A 3,7 kW	6 hod	6 hod	5,5 hod	5,5 hod
1 fázové 230 V 32 A 7,4kW	6 hod	3 hod	2,7 hod	2,7 hod
3 fázové 400 V 16 A 11 kW	2 hod	6 hod	1,8 hod	1,8 hod
3 fázové 400 V 32 A 22 kW	2 hod	3 hod	0,9 hod	0,9 hod
Výkonnou nabíječkou 50 kW, 120 kW	-	0,4 hod	0,17 hod	0,17 hod

5.2 VÝPOČET PRŮMĚRNÉ SPOTŘEBY VOZIDEL

V tabulce číslo 2 byla vypočtena průměrná spotřeba jednotlivých vozidel. Jednoduchým porovnáním lze určit vozidla s nejnižší spotřebou, která ovlivňuje ekonomickou náročnost provozu daného vozu.

Pro zjištění spotřeby energie pro ujetí jednoho kilometru, je třeba znát dojezd elektromobilu, kterým vydělíme kapacitu akumulátoru daného vozu

$$\varnothing = \frac{C}{s} \quad (4)$$

Pro výpočet byly použity maximální hodnoty dojezdu udávané výrobcem.

Tab. 2 Průměrná spotřeba energie na kilometr

	kWh / km		kWh / km
BMW i3	0,129	Citroën Berlingo Electric	0,177
VW e-Up	0,117	Peugeot Partner Electric	0,177
VW e-Golf	0,127	MB Třída B Electric Drive	0,179
Nissan Leaf	0,150	Kia Soul EV	0,147
Citroën C-Zero	0,135	Tesla model S	0,240
Peugeot i-On	0,135	Tesla model X	0,240



5.3 VÝPOČET VELIKOSTI DOJEZDU PŘI NABÍJENÍ JEDNOTLIVÝCH VOZŮ

Další tabulka číslo 3 navazuje na tabulku 1 a udává nám, kolik kilometrů dojezdu je možno určitým typem nabíječky nabít za hodinu. Z vypočtených údajů je patrné, kolik kilometrů je možno ujet s daným vozidlem po nabití konkrétní nabíječkou za jednu hodinu.

Při výpočtu dojezdu za hodinu nabíjení v tabulce 3, využijeme hodnoty průměrné spotřeby z tabulky 2 a vydělíme jimi příslušné výkony nabíjení dle vztahu

$$s_h = \frac{P}{\varnothing}. \quad (5)$$

Tab. 3 Výpočet velikosti dojezdu při nabíjení jednotlivých vozů

Typ nabíjení	BMW i3	VW e-Up	VW e-Golf	Nissan Leaf
1 fázové 230 V 16 A 3,7 kW	28,7 km/h	30,8 km/h	28,4 km/h	22 km/h
1 fázové 230 V 32 A 7,4 kW	57,4 km/h	30,8 km/h	28,4 km/h	44 km/h
3 fázové 400 V 16 A 11 kW	28,7 km/h	30,8 km/h	28,4 km/h	22 km/h
3 fázové 400 V 32 A 22 kW	57,4 km/h	30,8 km/h/h	28,4 km/h	44 km/h
Výkonnou nabíječkou 50 kW	387,6 km/h	427,4 km/h	393,7 km/h	333,3 km/h
	Citroën C-Zero	Peugeot i-On	Citroën Berlingo Electric	Peugeot Partner Electric
1 fázové 230 V 16 A 3,7 kW	26,7 km/h	26,7 km/h	16,9 km/h	16,9 km/h
1 fázové 230 V 32 A 7,4 kW	26,7 km/h	26,7 km/h	16,9 km/h	16,9 km/h
3 fázové 400 V 16 A 11 kW	26,7 km/h	26,7 km/h	16,9 km/h	16,9 km/h
3 fázové 400 V 32 A 22 kW	26,7 km/h	26,7 km/h	16,9 km/h	16,9 km/h
Výkonnou nabíječkou 50 kW	370,4 km/h	370,4 km/h	282,5 km/h	282,5 km/h
	MB Třída B Electric Drive	Kia Soul EV	Tesla model S	Tesla model X
1 fázové 230 V 16 A 3,7 kW	18,6 km/h	22,5 km/h	15,28 km/h	15,28 km/h
1 fázové 230 V 32 A 7,4 kW	18,6 km/h	45 km/h	30,6 km/h	30,6 km/h
3 fázové 400 V 16 A 11 kW	55,9 km/h	22,5 km/h	45,8 km/h	45,8 km/h
3 fázové 400 V 32 A 22 kW	55,9 km/h	45 km/h	91,7 km/h	91,7 km/h
Výkonnou nabíječkou 50 kW	-	340,1 km/h	458,3 km/h	458,3 km/h



ZÁVĚR

V bakalářské práci je v krátkosti sepsána historie elektromobilů a zpracovány dnes nabízené elektromobily v ČR. Cílem bylo zjistit, jakými způsoby je možné tyto vozidla nabíjet a jaká je dostupnost nabíjecích míst ať už u nás tak i ve světě. V poslední části práce byly vypočteny časy nabíjení jednotlivých vozidel, průměrné spotřeby vozidel a možný dojezd vozidel po hodině nabíjení s ohledem na průměrnou spotřebu daného vozu.

A jak je to tedy s dostupností nabíjecích zařízení? Způsobů a možností jak nabíjet elektrické vozy je opravdu hodně. Uživatel vozidla si může vybrat od klasické jednofázové 230 V zásuvky až po rychlonabíjecí stanici. V současné době je v naší republice okolo 250-ti nabíjecích míst a jejich počet rapidně roste. Dostupnost nabíjení je poměrně dobrá, když vezmeme ohled na to, že si elektromobil můžeme nabít doma a nemusíme zajiždět na čerpací stanici jako s běžným spalovacím vozem. Každému vyhovuje něco jiného, ale většině lidí dostačuje denní dojezd do 100 km, tudíž stačí svůj vůz nabíjet doma. Pokud se stane, a to většinou jen několikrát ročně, že je třeba větší dojezd, tak mohou použít veřejné nabíjecí stanice, kde si mohou svůj vůz nabít během pár desítek minut a pokračovat v cestě. Komplikovanější by to měli lidé žijící v bytech, kteří nemají možnost domácího nabíjení a museli by nabíjet u veřejných stanic.

V dnešní době jsou téměř v každé domácnosti 2 vozy a tak by dle mého názoru mohl být alespoň jeden z nich na čistě elektrický pohon. V případě, že je elektrická energie vyráběna ze zelených zdrojů, by využití elektromobilů částečně snížilo počet škodlivých emisí.

Na tuto práci by mohla navázat práce, která by se zabývala výpočty a porovnáním energetických účinností nabíjení, které by zohledňovaly ztráty nabíječek a akumulátorů, jak při pomalém, tak rychlém nabíjení.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] INURU, M. *MEZNÍKY VĚDY: PRVNÍ ELEKTROMOTORY A ELEKTROMOBILY NA SVĚTĚ SE DATUJÍ OD ROKU 1834* [online]. [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: <http://www.inuru.com/index.php/planeta/mezniky-vedy/468-historie-elektromobil-elektromotor>
- [2] *Ottova encyklopedie A-Ž* [online]. Vyd. 1. Praha: Ottovo nakladatelství, 2004. ISBN 80-736-0014-5
- [3] Štefan Anián Jedlík. *Monoskop* [online]. [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: http://monoskop.org/Štefan_Anián_Jedlík
- [4] Historie elektromobilů a automobilů na CNG v osobní dopravě. *Ekobonus* [online]. [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: <http://www.ekobonus.cz/historie-elektromobilu-a-automobilu-na-cng-v-osobni-doprave>
- [5] Křižík Elektromobil. *AUTA 5P* [online]. [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: http://auta5p.eu/katalog/krizik/krizik_01.php
- [6] HORČÍK, Jan. První český elektromobil sestrojili v Brně. *Hybrid.cz*. Dostupné také z: <http://www.hybrid.cz/prvni-cesky-elektromobil-sestrojili-v-brne>
- [7] Ford model T. *Auto-database.com* [online]. [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: <http://auto-database.com/image/pictures-of-ford-model-t-17843.jpg>
- [8] Elektromobil CITROËN TUB Electrique. *Electroauto.cz* [online]. [cit. 2016-03-23]. Dostupné z: http://www.electroauto.cz/tub_electrique.html
- [9] VEGR, Jaromír. Elektromobily – historie a současnost. *Pro-energy.cz* [online]. 2008, , 44-50 [cit. 2016-03-23]. Dostupné z: <http://www.pro-energy.cz/clanky7/3.pdf>
- [10] Citroën Berlingo électrique. *En.wikipedia.org* [online]. [cit. 2016-03-23]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Citroën_Berlingo_électrique
- [11] FIAT Seicento Elettra - conversion to lithium. *Gwl-power.tumblr.com* [online]. [cit. 2016-03-23]. Dostupné z: <http://gwl-power.tumblr.com/post/3324733222/fiat-seicento-elettra-conversion-to-lithium>
- [12] Gm EV1 1996-1999. *Carinpicture.com* [online]. 2012 [cit. 2016-03-23]. Dostupné z: <http://carinpicture.com/2012/08/gm-ev1-1996-1999/gm-ev1-1996-1999-photo-06/>
- [13] Citroen C-Zero. *Newelectriccars.wordpress.com* [online]. [cit. 2016-03-23]. Dostupné z: <https://newelectriccars.wordpress.com/available-electric-cars-2/citroen-c-zero/>
- [14] ČERNÝ, Ladislav. Citroën Berlingo L1 Electric SX: Rychlík? *Auto.cz* [online]. 2014 [cit. 2016-03-23]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/citroen-berlingo-l1-electric-sx-rychlik-83533>



- [15] Tesla model X. *Wallpapershome.com* [online]. [cit. 2016-03-23]. Dostupné z: <http://wallpapershome.com/tesla-model-x-electric-cars-suv-2016-7048.html>
- [16] MARUŠINEC, Jaromír. Elektromobily minulosti a budoucnosti. *Elektromobily.org* [online]. 2009 [cit. 2016-03-23]. Dostupné z: http://www.elektromobily.org/wiki/Soubor:Elektromobily_minulosti_a_budoucnosti_v04_CZ.ppt
- [17] BMW i3. *Bmw.cz* [online]. [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: <http://www.bmw.cz/cs/all-models/bmw-i/i3/2013/at-a-glance.html>
- [18] Volkswagen e-vozy [online]. 2016 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: <http://www.volkswagen.cz/modely/e-vozy>
- [19] Nissan Leaf [online]. 2016 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: <http://www.nissan.cz/CZ/cs/vehicle/electric-vehicles/leaf.html>
- [20] Citroën C-Zero [online]. 2016 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: <http://citroen.carling.cz/citroen-c-zero#photogallery>
- [21] Peugeot iOn [online]. 2016 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: <http://www.peugeot.cz/objevte-vic/ion/5-dverovy/p=fotogalerie-a-vida/>
- [22] Citroën Berlingo Electric [online]. 2016 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: <http://www.citroen.cz/vozy-citroen/uzitkove-vozy-citroen/citroen-berlingo/citroen-berlingo-electric.html#sticky>
- [23] Mercedes-Benz Třídy B Electric Drive [online]. 2016 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: http://www.mercedes-benz.cz/content/czechia/mpc/mpc_czechia_website/czng/home_mpc/passengercars/home/new_cars/models/b-class/w242.html
- [24] Peugeot Partner Electric [online]. 2016 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: http://professional.peugeot.cz/objevte-vic/lcv/novy-partner-furgon/#_ga=1.39600675.1442123920.1457020289
- [25] Kia Soul EV [online]. 2016 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: http://www.kia.com/cz/kampane/soul_ev/
- [26] Tesla model S [online]. [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: <http://www.pujcsiteslu.cz>
- [27] Tesla model X [online]. 2016 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: <http://wallpapershome.com/tesla-model-x-electric-cars-suv-2016-7048.html>
- [28] Jednofázová zásuvka 230 V 32 A [online]. 2008 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: <http://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2008020701>
- [29] ČSN EN 62196-1 ED. 2. *Vidlice, zásuvky, vozidlová zásuvková spojení a vozidlové přírůdky - Nabíjení elektrických vozidel vodivým připojením - Část 1: Obecné požadavky*. Brusel, 2012.



- [30] Nabíjecí stanice pro elektromobily, druhy a použití. Jak nenaletět. *Hybrid.cz* [online]. 2014 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/nabijeci-stanice-pro-elektromobily-druhy-pouziti-jak-nenaletet>
- [31] Wallbox s konektorem Mennekes. *Mennekes.de* [online]. 2008 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: http://www.mennekes.de/index.php?id=aktuell_details&tx_ttnews%5Btt_news%5D=1060&cHash=03a9d6adc8568ebd30e7003ebda969fe
- [32] HORČÍK, Jan. Na světě je 3523 rychlonabíječek CHAdeMO, z toho 1000 v Evropě. *Hybrid.cz* [online]. 2014 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/na-svete-je-3523-rychlona-bijecek-chademo-z-toho-1000-v-evrope>
- [33] HORČÍK, Jan. Kia instaluje v Evropě první 100kW CHAdeMO rychlodobíječky. *Hybrid.cz* [online]. 2014 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/kia-instaluje-v-evrope-prvni-100kw-chademo-rychlodobjecky>
- [34] 3-Phase Fast Charge Connector. *Rema-ev.com* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://rema-ev.com/dc-fast-charge/>
- [35] CHAdeMO uznán jako evropský dobíjecí standard. *Hybrid.cz* [online]. 2015 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/chademo-uznan-jako-evropsky-dobjeci-standard>
- [36] Supercharger. *Teslamotors.com* [online]. 2016 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: https://www.teslamotors.com/nl_BE/supercharger
- [37] Tesla launches Supercharger valet service. *Autoblog.com* [online]. 2016 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.autoblog.com/2016/03/31/tesla-launches-supercharger-valet-service/>
- [38] Užitkové elektromobily ve formě služeb. *Greenwayoperator.com* [online]. [cit. 2016-05-02-05-02]. Dostupné z: <http://greenwayoperator.com/?lang=cs>
- [39] GreenWay zkouší užitkové elektromobily. *Proelektrotechniky.cz* [online]. 2014 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/zajimave-projekty/45.php>
- [40] Pošta bude jazdit' na štyroch elektrických dodávkach. *Energia.dennikn.sk* [online]. 2016 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://energia.dennikn.sk/dolezite/elektrina-a-elektromobilita/posta-bude-jazdit-na-elektrickych-dodavkach/18956/>
- [41] HORČÍK, Jan. Výměna baterií u elektromobilů Tesla nemá budoucnost. *Hybrid.cz* [online]. 2015 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/vymena-baterii-u-elektromobilu-tesla-nema-budoucnost>



- [42] GROHMANN, Jan. Výměna baterií od Tesla Motors: krach nebo zpoždění? *Hybrid.cz* [online]. 2014 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/vymena-baterii-tesly-krach-nebo-zpozdeni>
- [43] Mapa veřejně dostupných nabíjecích míst. *Google.com/maps/* [online]. 2016 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/d/viewer?hl=cs&msa=0&z=7&ie=UTF8&om=1&mid=1KYfZCxqw3Yei4TUz7gKFKowAlsc>
- [44] SCHWARZMANN, Marek. V Japonsku je více dobíjecích stanic než klasických benzinek. *E15.cz* [online]. 2015 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://e-svet.e15.cz/technika/v-japonsku-je-vice-dobijecich-stanic-nez-klasickych-benzinek-1164033>
- [45] Change in the number of charging stations. *Chademo.com* [online]. 2015 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.chademo.com/wp/wpcontent/uploads/changeinchargingstation.pdf>
- [46] The number of CHAdeMO DC Quick chargers installed up to today is 11291. *Chademo.com* [online]. 2015 [cit. 2016 05-12]. Dostupné z: <http://www.chademo.com>
- [47] CCS Charge Map - Europe. *Ccs-map.eu* [online]. 2015 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://ccs-map.eu>
- [48] Supercharger. *Teslamotors.com* [online]. 2015 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: https://www.teslamotors.com/nl_BE/supercharger?redirect=no



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

C	[kWh]	kapacita akumulátoru
I	[A]	nabíjecí proud
$\varnothing$	[kWh/km]	spotřeba elektrické energie na kilometr dojezdu
P	[W]	výkon nabíjení
s	[km]	dojezd vozu
S _h	[km]	dojezd vozu za hodinu nabíjení
t	[s]	čas nabíjení
U	[V]	nabíjecí napětí