

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy



Bakalářská práce

Elektromobilita v městském provozu

Vojtěch Potocký

© 2020 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vojtěch Potocký

Zemědělská specializace

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Elektromobilita v městském provozu

Název anglicky

Electromobility in urban traffic

Cíle práce

Cílem práce bude popsat problematiku elektromobility v automobilové dopravě. Dílčím cílem bude vytvořit finanční porovnání elektrovozidel určených převážně do městského provozu.

Metodika

Bakalářská práce bude tématicky zaměřena na elektromobilitu.

Metodika řešené problematiky bakalářské práce bude založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. Úkolem bude provést detailní rozbor problematiky elektromobility. Dále se student zaměří na porovnání elektrovozidel jak z hlediska provozních parametrů tak z hlediska finančního.

Práce bude zpracována dle osnovy:

- 1 Úvod
- 2 Cíl a metodika práce
- 3 Přehled řešené problematiky
- 4 Praktická část práce
- 5 Závěr
- 6 Seznam použitých zdrojů
- 7 Přílohy

Doporučený rozsah práce

30 – 50 str. včetně obrázků, tabulek a grafů

Klíčová slova

elektromobilita, dobíjecí stanice, infrastruktura, elektromobil

Doporučené zdroje informací

BALÁK, R. – PROKEŠ, K. *Nové zdroje energie*. PRAHA: SNTL, 1984.

VLK, F. *Automobilová elektronika. 1, Asistenční a informační systémy : [EPS, DSC, AHS, PSM, VDC – elektronická stabilizace ASR, ASC, DTC, ETC, TCS – protikluzové systémy ABC, ACC, BAS, FLR, HDC, LDW ... a další systémy podporující řidiče]*. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6462-3.

VLK, F. *Automobilová elektronika. 2, Systémy řízení podvozku a komfortní systémy : [systémy ABS/ASR/ESP, elektronické brzdové systémy, zádržné systémy, osvětlení vozidla, komfortní systémy]*. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-7062-3.

VLK, F. *Dynamika motorových vozidel : jízdní odpory, hnací charakteristika, brzdění, odpružení, říditelnost, ovladatelnost, stabilita*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000. ISBN 80-238-5273-6.

VLK, F. *Lexikon moderní automobilové techniky*. Brno: František Vlk, 2005. ISBN 80-239-5416-4.

Předběžný termín obhajoby

2019/2020 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Veronika Hartová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 4. 2. 2019

Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2019

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 18. 04. 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Elektromobilita v městském provozu“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne: 20. 4. 2020

Vojtěch Potocký

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Veronice Hartové, Ph.D. za poskytnutí odborné pomoci, cenných rad a vedení po dobu zpracování bakalářské práce.

Elektromobilita v městském provozu

Abstrakt:

Předmětem této bakalářské práce je vytvořit stručný a kvalitní přehled současného stavu elektromobility u nás i v zahraničí. Práce je rozdělena do několika částí. První část je rešerše zabývající se historií elektromobilů a analýza její současné situace v České republice i zahraničí. Pojednává o principu elektromotoru, využití rekuperace, popisuje detailní vlastnosti těchto vozidel a řeší problematiku infrastruktury dobíjecích stanic. Druhá část obsahuje vlastní práci, kde se porovnávají výkonové parametry elektromobilů se stejným typem vozidla se spalovacím motorem. Součástí je ekonomické porovnání a vlastní výpočty nákladů na jejich provoz. Na konci druhé části je souhrnné finanční porovnání nejčastěji používaných elektromobilů současnosti. V závěru jsou shrnuty dosažené poznatky a možný vývoj elektromobility v budoucnosti.

Klíčová slova: elektromobilita, dobíjecí stanice, infrastruktura, elektromobil

Electromobility in urban traffic

Summary:

The subject of this bachelor's thesis is to provide a brief, quality overview of the current state of electromobility in the Czech Republic and abroad. The thesis is divided into several parts. The first part is a literature search examining the history of electric vehicles and an analysis of the current situation in the Czech Republic and abroad. It discusses the principle of the electric motor, the use of recuperation, it describes the characteristics of these vehicles in detail and addresses the issue of charging station infrastructure. The second part compares the performance parameters of electric vehicles with the same type of vehicle with an internal combustion engine. It includes an economic comparison and calculations of the costs of their operation. A summary financial comparison of the most commonly used electric vehicles today is presented at the end of the second part of the thesis. The conclusion summarises the information obtained and the possible development of electromobility in the future.

Key words: electromobility, charging station, infrastructure, electric car

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce a metodika.....	2
3	Přehled řešené problematiky	3
3.1	Úvod do elektromobilů	3
3.1.1	Historie	3
3.1.2	První elektromobily	4
3.1.3	Současná situace v ČR.....	5
3.1.4	Elektromobilita v zahraničí	6
3.1.5	Vize rozvoje elektromobility	7
3.2	Elektromobil	8
3.2.1	Elektromotor.....	9
3.2.2	Baterie.....	9
3.2.3	Rekuperace	11
3.2.4	Servis a údržba	12
3.2.5	Vybavení elektromobilu	12
3.3	Klíčové vlastnosti elektromobilu	13
3.3.1	Maximální dojezd.....	13
3.3.2	Doba nabíjení.....	14
3.3.3	Spotřeba.....	14
3.3.4	Ekologie.....	15
3.3.5	Cena městských elektromobilů v ČR	15
3.4	Dobíjecí stanice.....	17
3.4.1	Klasická zásuvka	17
3.4.2	AC dobíjecí stanice.....	17
3.4.3	DC dobíjecí stanice.....	17
3.4.4	Superchargery	18
3.4.5	Infrastruktura dobíjecích stanic v ČR.....	19
3.4.6	Vize budoucnosti	19
3.5	Státní podpora	20
4	Praktická část práce	21
4.1	Kategorie MINI.....	21
4.1.1	Výpočet provozních nákladů	22
4.1.2	Zhodnocení kategorie MINI	23
4.2	Kategorie MEDIUM	24
4.2.1	Výpočet provozních nákladů	24
4.2.2	Zhodnocení kategorie MEDIUM	25
4.3	Kategorie MAXI	25

4.3.1	Výpočet provozních nákladů.....	26
4.3.2	Zhodnocení kategorie MAXI	26
4.4	Porovnání nejznámějších elektromobilů.....	27
5	Závěr	29
6	Seznam použité literatury	31

1 Úvod

V současnosti patří alternativní paliva pro automobily mezi nejskloňovanější témata v automobilové dopravě. Tato práce se zaměřuje na jeden druh alternativního paliva, a to elektromobilitu. Jelikož jde o poměrně novou technologii, má tato skutečnost své klady i zápory. S tím je spojená i problematika, zda má elektromobilová doprava šanci se mezi ostatními druhy paliv prosadit. Nese s sebou také mnohá úskalí a problémy zejména v oblasti dobíjecí infrastruktury a dojezdovými parametry vozů. Z hlediska ekologie jde o vstřícný a důležitý krok, neboť osobní vozidla a kamiony vytváří obrovské množství skleníkových plynů a jiných škodlivých látek, zatímco elektromobily mají nulové emise viz obrázek č. 1.1. Velká města totiž často nesplňují maximální přípustné limity pro kvalitu ovzduší. Důvodem pro hledání alternativních zdrojů paliva je ale mnohem více. Mezi ty nejvíce probíraná témata patří zejména omezené zásoby fosilních paliv. Pokud se mají elektromobily do budoucna prosadit, je skoro až nezbytné, aby státy dané země vyjádřili tomuto sektoru vládní podporu. Aktuálně v tomto odvětví nenajdeme příliš mnoho odborných a věcných publikací, proto je mým cílem nastudovat a zanalyzovat nejnovější známé informace o elektromobilech, jejich ekonomických a technických vlastnostech a podrobné rozebrání dobíjecí infrastruktury. Závěrem také jednotlivě porovnávám finanční nákladnost a parametry elektromobilů oproti spalovacím motorům u vozidel stejné velikostní třídy.

Obrázek 1.1: Elektromobily po sobě zanechávají tzv. zelenou stopu



Zdroj: energetika.tbz-info.cz [1]

2 Cíl práce a metodika

Cílem práce je popsat problematiku elektromobility v automobilové dopravě. Pojednává o současné situaci elektromobilového průmyslu a jeho vizi do budoucna. Také se důkladně věnuje inovacím v oblasti dobíjecích stanic, rychlostech nabíjení a dobíjecí infrastruktuře. Detailně také analyzuje problematiku elektromobilů a jejich klíčových vlastností. Dílčím cílem této práce je vytvořit finanční porovnání elektrovozidel určených převážně do městského provozu.

Metodika této bakalářské práce je rozdělena do dvou částí a je tématicky zaměřená na elektromobilitu. V první části analyzuji nejnovější informace z oblasti elektromobilového průmyslu. Studium této problematiky vychází ze analýzy odborných informačních zdrojů, které stručně a přehledně shrnuji do této práce. Dílčí úkol této práce spočívá v porovnání elektromobilů z finančních a provozních parametrů, na který se práce zaměřuje ve své druhé části. Metodika spočívala v porovnání vždy dvou co nejvíce identických automobilů ve své velikostní třídě a s odlišným druhem pohonu. Závěrem této práce spočívá v porovnání parametrů nejčastěji používaných elektromobilů současnosti.

3 Přehled řešené problematiky

Tato bakalářská práce je zaměřena na elektromobilitu v městském provozu. V úvodu stručně shrnu její historii a princip, na kterém elektromobily fungují. Také se zaměřuji na současný stav elektromobility a na to, jaké jsou vize elektromobilů v naší zemi i v zahraničí do budoucnosti. Dále popisuji elektromobil samotný, a to především jeho klíčové vlastnosti jako rychlost dobíjení, délku dojezdu na jedno nabití a spotřebu. Důležité je také neopomínat cenu elektromobilů, jelikož je to jedna z hlavních příčin, proč lidé stále raději věří spalovacím nebo vznětovým motorům než alternativním palivům.

3.1 Úvod do elektromobilů

Již spoustu let se ví, že zásob nerostných surovin na Zemi je pouze omezené množství. S docházející ropou a rostoucím vlivem ekologie investují automobilové společnosti stále více a více peněz do inovací a výzkumu alternativních paliv. Pokud se přemýšlí například v horizontu 10 let do budoucnosti, nejpravděpodobnější alternativní ekologická paliva jsou elektřina a vodík. V současné době lze však jezdit i na CNG a biopaliva. Bude důvodem přechodu na alternativní paliva vyčerpání zásob ropy nebo ekologie? Je vůbec reálné masové využití aut na alternativní paliva? Masovému využití elektromobilů nebo vozů na CNG brání především jejich nedostatečná infrastruktura dobíjecích a čerpacích stanic. Většině lidí vadí také vyšší cena těchto vozů. To by se však do budoucna mohlo změnit. [1]

3.1.1 Historie

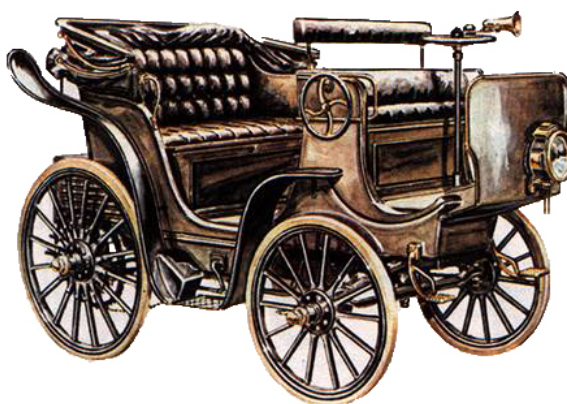
Historie elektromobility je mnohem delší, než si většina lidí myslí. První zmínky elektricky poháněných vozidel sahají již do 19. století. V 19. století Evropa spolu se Severní Amerikou zaznamenala neobyčejně rychlý hospodářský růst, který výrazně pozměnil zemědělství a nastartoval těžbu spolu s průmyslovou výrobou. Ve Spojených státech válčil sever proti jihu a v Evropě probíhaly napoleonské války. Tomuto století se jinak všeobecně říká století páry nebo také evropské století kvůli světové dominanci evropských států. To vše vyústilo i k první světové válce, která bývá pokládána za symbolický konec dlouhého 19. století. [1]

3.1.2 První elektromobily

S myšlenkou vozidel na elektrický pohon přišlo hned několik vynálezců. Úplné prvenství není zcela známé a jeho kroky nás zavedou do 19. století. Obecně se za první funkční vůz považuje vozidlo holandského vynálezce Sibranda Stratingha, který ho roce 1835 sestavil se svým asistentem. Zajímavé je, jak ho myšlenka elektrického vozidla napadla. Málem se totiž udusil zplodinami parního motoru. Jeho vynález připomínal spíše jen nevzhledné odrážedlo a fungoval na jednorázové články, které se po dojezdu musely vyhodit. Později v roce 1859 francouzský fyzik Gaston Planté objevil olověný akumulátor a vznikla vůbec první autobaterie. Ta dala zelenou výrobě prvních elektromobilů na konci 19. století. [2]

V oblasti vývoje elektromobilů má český národ i své zastoupení. V roce 1895 český vynálezce František Křižík představuje svůj elektromobil. Tento hnaný kočár poháněl motor o výkonu 3,6 kW a 42 olověných článků v baterii. Později svůj model přepracoval – místo jednoho motoru použil dva menší motory o výkonu 2,2 kW a umístil je do zadních kol svého vozu viz obrázek 3.1. [2]

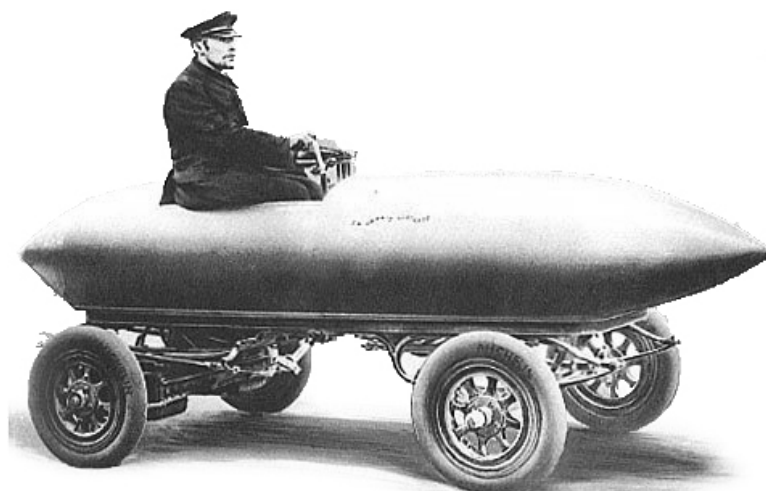
Obrázek 3.1: Křižíkův elektromobil, rok 1895



Zdroj: iDnes.cz, vlastní zpracování [2]

S koncem 19. století přišel historický milník. Vůbec první elektromobil na světě prolomil magickou hranici 100 km/h. Roku 1899 Inženýr Camille Jenatzy ukázal světu svojí elektrickou auto-raketu, které se neřeklo jinak než La Jamais Contente (v překladu Věčně nespokojená). Tuto elektrickou auto-raketu lze vidět na obrázku č. 3.2 níže. Stroj měl dva motory o výkonu 25 kW a váze 125 kilogramů, 100 olověných článků po 7 kilogramech a litou karoserii z lehkých prvků o váze 200 kilogramů. Na tento více než tunový stroj mohl být ale patřičně hrdý. Dnes je vystaven v muzeu v Compiègne na severu Francie. [2]

Obrázek 3.2: La Jamais Contente, rok 1899



Zdroj: elektrickevozy.cz, vlastní zpracování [2]

3.1.3 Současná situace v ČR

Počet registrovaných elektromobilů se v tuzemsku každým rokem zvyšuje. Západní evropské státy jako Německo a Francie jsou pochopitelně napřed, jde totiž o mnohem větší trhy. Nicméně oproti zbytku světa Česká republika výrazně zaostává. [3]

Největší český výrobce automobilů, společnost Škoda Auto a.s. rozhodně s elektromobily do budoucna počítá. Do roku 2025 automobilka přepokládá podíl 25% elektrických vozů na veškerých prodaných vozech. Současně do roku 2025 plánuje nabídnout zákazníkům 5 čistě elektrických vozů v různých segmentech. V letošním roce představila svůj první čistě elektrický vůz, Škoda Citigoe iV s dojezdem až 253 kilometrů, který lze vidět na obrázku č. 3.3. [4]

Obrázek 3.3: Elektrický pohon modelu Citigoe iV



Zdroj: skoda-auto.cz [5]

V roce 2018 automobilka zainvestovala do rozšíření elektrické infrastruktury ve svém hlavním závodě v Mladé Boleslavi 3,4 milionu eur, z toho 1,65 milionu do elektrické sítě a 1,75 milionu do výstavby nabíjecích stanic. V současné době využívá více než 300 dobíjecích bodů pro svůj vlastní zkušební provoz. Přibližně 220 stanic je na střídavý proud a více než 80 moderních stanic je na stejnosměrný proud. Do roku 2025 také plánuje uvolnit přibližně 32 milionů eur na výstavbu interní dobíjecí infrastruktury v závodech v Mladé Boleslavi, Vrchlabí a Kvasinách. Dobíjecích bodů by mělo být téměř 7 000. Tyto nabíjecí stanice budou však k dispozici především zaměstnancům automobilky. [6]

Podle dat Svazu dovozců automobilů je v České republice registrováno zhruba 8,1 milionu vozidel všech kategorií. Elektromobilů je nyní registrováno celkem přes 3000 kusů. Podíl elektroaut na veškerých vozech tak činí necelé čtyři setiny procenta. Pro porovnání je vhodné uvést, že například v Norsku byl podíl prodaných elektromobilů přes 30 %. V loňském roce bylo u nás registrováno 756 vozů s čistě elektrickým pohonem, což představuje meziroční nárůst o 7,5 procenta. Nejprodávanejším elektromobilem byl vůz BMW i3 (101 vozů), následovaný Nissanem Leaf (94 vozů) a modelem Hyundai Ioniq Electric (90 vozů). Automobilka Tesla, která produkuje výhradně elektromobily, v ČR prodala 120 vozů. Na českém trhu by mohl prorazit i rodinný hybrid elektromobil Škoda Superb iV viz obrázek č. 3.4. [3]

Obrázek 3.4: Hnací souprava hybridu Škoda Superb iV



Zdroj: skoda-auto.cz [7]

3.1.4 Elektromobilita v zahraničí

Počet elektromobilů ve světě v posledních deseti letech výrazně rostl. V průběhu roku 2019 celkový počet elektromobilů přesáhl počet sedmi milionu kusů. Největším trhem

s elektromobily disponuje Čínská lidová republika, kde se za rok 2019 podle dat serveru insideevs.com prodalo přes 1,17 milionu kusů automobilů. Nepřeberné množství automobilů k expedici v Číně lze vidět na obrázku č. 3.5. V Číně se vyrábí a prodává více elektromobilů než ve všech ostatních zemích světa dohromady. Tato nejlidnatější země na světě si náskok podle expertů udrží. Zaměřují se totiž na menší až středně velká auta s nízkou cenou. [3], [8]

Prvenství mezi nejprodávanějším elektromobilem na světě drží Tesla Model 3, kterého se za rok 2019 prodalo celosvětově přes 300 tisíc kusů, následoval čínský Baic EC-Series se 111 tisíci kusy. Na pomyslné třetí příčce se umístil Nissan Leaf se 69 tisíci kusy. [3]

Obrázek 3.5: Malé městské elektromobily v Číně připravené k expedici



Zdroj: Reuters, vlastní zpracování [8]

3.1.5 Vize rozvoje elektromobility

Trend rozvoje elektromobility ve světě udává hlavně Čína. Byla také experty z poradenské firmy Roland Berger oceněna v žebříčku Indexu elektromobility mezi sedmi klíčovými zeměmi na prvním místě. Čínu následuje USA a Německo. [8]

Právě německá automobilka Volkswagen chce přímo konkurovat Tesle na poli elektromobility. Plánuje investovat přibližně 1 bilion korun do vývoje elektromobilů a potřebné infrastruktury. Celkově chystá během několika let utratit až 2 biliony korun v tomto odvětví. [9]

Po velkém emisním skandálu s naftovými automobily v roce 2015 chce Volkswagen napravit svou reputaci ve světě a vsadit právě na elektromobilitu. Kvůli hromadným žalobám z několika států a souběžným zpřísněným emisním limitům v Evropské unii neměla tato německá automobilka prakticky ani na výběr. Právě zmíněné horentní sumy mají Volkswagenu pomoci předejnat Teslu. Nicméně již dnes je jasné, že to nebude vůbec jednoduché. Tesla v čele

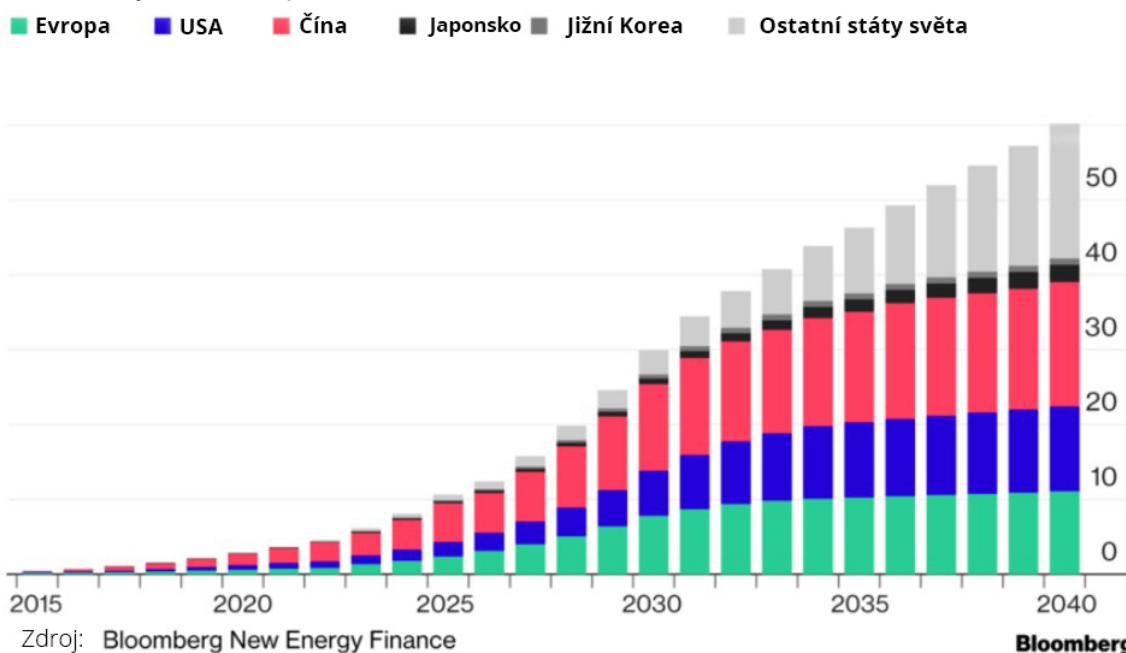
s vizionářem Elonem Muskem a jejím technologickým vybavením slušný náskok. Dokonce se jeden čas spekulovalo o možné akvizici Tesly samotným Volkswagenem. Současný ředitel německé automobilky se obdivem technologií Tesly netají. [8]

V současné době Volkswagen představuje 6 svých velkých továren po světě z důvodu jejich kompatibility s vývojem elektromobilů. Velice důležitým trhem je pro Volkswagen aktuálně Čína, kde staví hned dvě továrny. Zde bude také soutěžit o ovládnutí trhu s Teslou. Také například koupila 20% podíl v čínské společnosti vyrábějící autobaterie. Nelze však opomenout ani místní čínské automobilky, které velmi dobře konkurují. Velkou výhodou Číny je velký trh a zkušenosti s výrobou baterií, které však zatím nejsou tak kvalitní jako baterie od Tesly vyvíjející společně s japonským Panasonicem. [10]

Obrázek 3.6: Celosvětová revoluce elektrických automobilů

Celosvětová revoluce elektrických automobilů

Čína směřuje na vedoucí pozici



Zdroj: Bloomberg.com, vlastní zpracování [10]

3.2 Elektromobil

Všeobecně se vozidla s elektrickým pohonem označují mezinárodně zkratkou EV (Electronic vehicle). Těchto elektricky poháněných vozidel existuje již několik druhů, stručně na úvod vysvětlím jen ty nejdůležitější. BEV je vůz poháněný elektromotorem, který uchovává

energii v bateriových článcích. Mezi takové vozy se řadí například elektromobily Tesla nebo Volkswagen e-Golf. HEV označuje vozidla poháněná hybridním motorem kombinující benzínový motor s elektromotorem. Nejznámější hybridní vozidla jsou třeba Toyota Prius či Honda CRV Hybrid. FCEV jsou elektromobily s palivovými články. Tyto elektromobily se od BEV liší způsobem získávání elektřiny. Větší část baterie je nahrazena nádrží na vodík a sestavou palivových článků, kde se vodík reakcí přemění na elektřinu a vodní páru. Tato varianta se na trhu zatím neprosadila kvůli značným nákladům na uchování a distribuci vodíku. Mezi zástupce tohoto druhu pohonu patří vozidla Hyundai Nexa nebo Toyota Mirai. [11]

3.2.1 Elektromotor

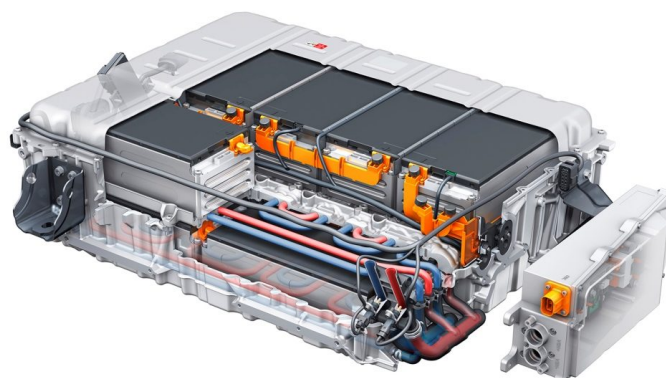
U elektromotorů se mluví o zcela odlišném způsobu přeměny na mechanický pohyb, než je tomu u běžných motorů. Spalovací motory využívají termodynamických jevů při spalování paliva, zatímco u elektromotoru k této přeměně dochází využíváním elektromagnetických jevů průchodu elektrického proudu magnetickým polem. Spalovací motor pracuje s klikovým mechanismem jako třeba s písty, válci, ventily a podobně. Elektromotor nikoliv. Jádro elektromotoru využívá pouze vzájemnou interakci statoru a rotoru. Navíc každý elektromotor má vlastnost vytvářet energii při brždění či zpomalování a chovat se tak jako generátor. Při každém takovém zpomalení vrací vytvořenou energii zpět do baterie a tím jí dobíjí. Tyto motory mají i zcela odlišné průběhy výkonu a točivého momentu. Aby automobil se spalovacím motorem pracoval co možná nejefektivněji, potřebuje vícestupňovou převodovku, zejména kvůli průběhu točivého momentu. U takového motoru roste výkon a točivý moment s otáčkami, zatímco u elektromotoru je maximální točivý moment k dispozici téměř okamžitě od nulových otáček a s rostoucí rychlostí klesá. Elektromotor tak díky velmi širokému rozsahu pracovních otáček takovouto vícestupňovou převodovku se spojkou nepotřebuje. Typickému elektromobilu tak stačí od rozjezdu po jízdu v maximální rychlosti pouze jediný převodový stupeň, tzv. reduktor. [12]

3.2.2 Baterie

Klíčovým prvkem elektromobilu je jeho baterie. Jedná se o nejdražší a také nejdůležitější část celého automobilu. Na trhu se nejvíce prosadily lithiové baterie. Výdrž takové baterie je v současnosti nejdůležitější a nejvíce diskutované téma v této oblasti. Je o nich také rozšířeno mnoho mýtu a polopravd. Největší nevýhodou baterií používaných

v elektromobilech se označuje omezená kapacita akumulátorů a jejich velká hmotnost. Akumulátor používaný v elektromobilech lze vidět na obrázku č. 3.7 Právě vysoká hmotnost baterií je zejména u menších městských elektromobilů problém, s kterým si konstruktéři musí poradit. S rostoucím počtem opakovaného nabíjení se vlastnosti baterie pochopitelně mění a snižuje se jejich kapacita. [13], [14]

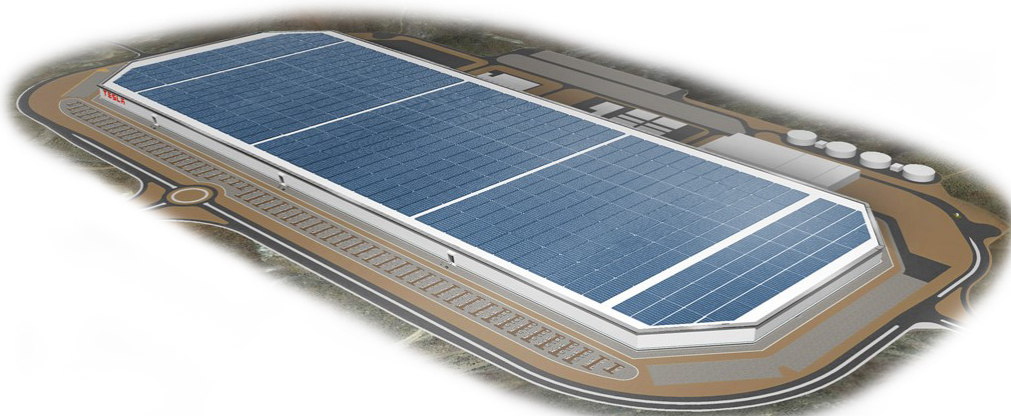
Obrázek 3.7: Akumulátor používaný v elektromobilech



Zdroj: autobible.euro.cz [14]

Společnost Tesla strategicky staví v různých koutech světa své gigatovárny na výrobu lithium-iontových baterií. První vyrůstá od roku 2014 v americké Nevadě a je dokončená zhruba z 30 %. Staví se po blocích, takže v dokončených částech již probíhá výroba. Již v roce 2018 se Tesla pochlubila, že v továrně vyrábí více baterií než všichni její konkurenti dohromady. Název Gigafactory je opravdu na místě. S konečnou rozlohou 492 tisíc metrů čtverečních by mělo jít o největší továrnu na světě. Po dokončení by se mělo jednat o továrnu s nulovou energií, která bude fungovat pouze na obnovitelnou energii. [15] Vizualizaci dokončené továrny Tesla Gigafactory 1 lze vidět na obrázku č. 3.8. Gigafactory 2 roste od roku 2014 v americkém Buffalu, Gigafactory 3 zase na druhé straně země, v Šanghaji. V pořadí čtvrtá gigatovárna roste v našem sousedním Německu poblíž Berlína. Původně se intenzivně hovořilo i o České republice kvůli strategické pozici v pomyslném středu Evropy a bohatých zásob lithia. [16], [17], [18]

Obrázek 3.8: Vizualizace dokončené továrny Tesla Gigafactory 1



Zdroj: tesla.com, vlastní zpracování [15]

Životnost baterie elektromobilu se může reflektovat například u jednoho z nejoblíbenějších elektromobilů současnosti, kterým je Nissan Leaf. Ten měl podle údajů uvedených od majitele po 200 tisících najetých kilometrech kapacitu baterie stále přes 85 procent. Reálný dojezd se z původních 150 kilometrů snížil na 130 kilometrů, což je v porovnání s původní hodnotou nového auta slušný výsledek. Většina automobilek poskytuje na akumulátory záruku 160 000 kilometrů nebo také 8 let na kapacitu baterie minimálně 80 %.

[19]

3.2.3 Rekuperace

Slovo rekuperace snad každý elektromobilový nadšenec někdy slyšel. Jde o proces přeměny kinetické energie vozidla zpět na využitelnou elektrickou energii. Brzdění či zpomalování vozu totiž dobíjí baterii elektromobilu. V praxi tato technologie může přidat řidiči elektromobilu patřičnou část energie použitelnou například na delší dojezd. Toyota Prius, jeden z prvních masově vyráběných hybridních automobilů vůbec, dokáže takto nasbírat i 1 kilometr na každých 5-10 kilometrů ujetých klasickou jízdou po městě. [20]

V roce 2018 přišla automobilka Audi s plně elektrickým SUV Audi e-tron. Díky celkovému výkonu 300 kW zrychlí z nuly na 100 km/h za necelých šest sekund a na jedno nabití dojede až 400 km. V takto velkém a těžkém vozu je rekuperace opravdu zásadní. E-tron způsobil pozdvižení zejména po testech rekuperace na oblíbené trase PikesPeak, Při tomto 31 kilometrů dlouhém klesání dodal e-tron zpět do akumulátorů tolik energie, že by mohl ujet navíc přibližně stejnou vzdálenost. Tento skvěle zvládnutý systém rekuperace má na celkovém dojezdu automobilu podíl zhruba 30%. [21]

3.2.4 Servis a údržba

Údržba a servis elektromobilů je výrazně jednodušší a levnější. Říká se, že celková úspora oproti provozu vozidla se spalovacím motorem může být až desetinásobná. Odpadají nám klasické náklady na pravidelnou výměnu spotřebních materiálů jako jsou oleje, filtry a svíčky, jelikož se tyto součástky v elektromotoru jednoduše nevyskytují. Elektromotory mají navíc vyšší životnost a jsou i méně poruchové. Majitele elektromobilu se také samozřejmě netýká pravidelná kontrola emisí. Díky rekuperaci vydrží výrazně déle i brzdy. Pro majitele elektromobilů platí také nejnižší sazba při placení povinného ručení (kategorie vozidel s obsahem nad 1000 ccm). [14]

U spalovacích motorů je také důležité správně automobil zajet. V motorech dochází při prvních stovkách kilometrů k většímu vnitřnímu tření. Prvních tisíc kilometrů by se nemělo jezdit rychleji než na $\frac{3}{4}$ maximální rychlosti a vytáčet automobil do zbytečně vysokých otáček. U elektromobilů toto zajištění není potřeba. Naopak velice důležité je u automobilů a elektromobilů brát ohled na nové brzdy, které se dostanou do optimální kondice zhruba po 200 ujetých kilometrech. To samé platí i pro pneumatiky, kde se horní kluzká vrstva sjede zhruba po 100 kilometrech. [22]

3.2.5 Vybavení elektromobilu

Velký důraz se klade na vybavení elektromobilů. Bezpečnost posádky je naprostá priorita. Zvláště, pokud jde o relativně neprověřený a nový typ motoru. Za nejbezpečnější vozidlo na světě bývá považována Tesla Model 3 vybavená širokou základní výbavou. Tesla také získala maximální hodnocení v rámci bezpečnostních testů. K mnoha výborným asistenčním prvkům používaných ve většině současných vlajkových lodí automobilek patří například adaptivní tempomat, systém pro udržování v jízdních pruzích, hlídání mrtvého úhlu, připojení k internetu, hlasové ovládání, dokovací místa pro chytré telefony, elektronická kontrola trakce a stabilizace, parkovací kamery a podobně. Tesla toto posunula ještě dál a přišla se systémem autonomního řízení u sériově vyráběného vozidla nebo třeba s kompletním ovládním vozu pomocí aplikace. To zajišťuje zcela automatické ovládním jízdy elektromobilem bez nutnosti zásahu řidiče. Funguje na bázi senzorů a kamer, kterých je u Tesly nespočet. Automobil je schopen sám přidávat či snižovat rychlost vozidla, udržovat nastavenou vzdálenost od vozidla jedoucího před ním, předjíždět a sjíždět z dálnice a podobně. Mnohé automobilky po celém světě tyto technologie už implementuje také, ale je potřeba říct, že Tesla si udržuje slušný technologický náskok. Ve snaze vyrovnat se vybavení automobilů vozidel

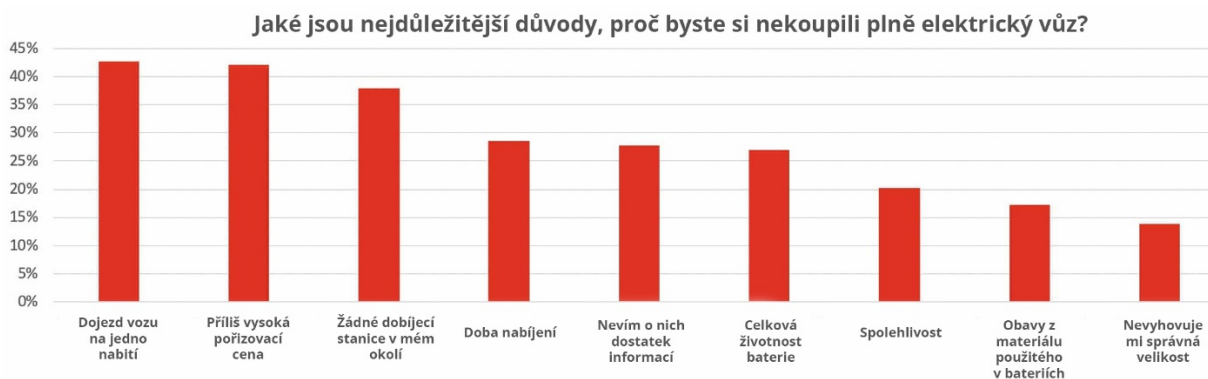
Tesla napříč celým sektorem automobilového průmyslu se nicméně posouvá lidstvo krok po kroku blíže plně autonomnímu řízení. [23], [24], [25]

3.3 Klíčové vlastnosti elektromobilu

Nikdo nepochybuje o tom, že jsou elektromobily pro společnost a ekologii naší planety přínosem. Automobily na čistě elektrický pohon jsou s nulovými emisemi CO₂ pro přírodu zajisté stravitelnější formou dopravy. Mají samozřejmě i své odpůrce. Při zaměření na klíčové vlastnosti elektromobilu se jedná především o jeho dojezdovou vzdálenost na jedno nabití, dobu nabíjení a jeho ceně. Cena je zatím jedním z úskalí elektroaut. Částky se pohybují minimálně v nižších statisících až milionech korun. Důvod je jednoduchý – drahé baterie. Kvůli vysoké požadované kvalitě a jejich spolehlivosti jsou baterie nejdražší součástí elektromobilů.

V současné době ceny lithium-iontových postupně klesají. Podle průzkumu amerického Autolistu uvedeného v obrázku č. 3.9 lidem nejvíce vadí na elektromobilech vysoká cena, jejich nedostatečný dojezd a dobíjecí infrastruktura. [26]

Obrázek 3.9: Průzkum proč by si lidé nekoupil elektromobil



Zdroj: autobible.euro.cz, vlastní zpracování [26]

3.3.1 Maximální dojezd

Zásadní, a i nejvíce diskutovaná vlastnost elektromobilů je jejich maximální dojezd. Do příchodu vozidel Tesly se maximální dojezdy u městských vozů pohybovaly v průměru okolo 150 kilometrů. Elektromobily Tesla zaujmou nejen svým maximálním dojezdem, který se aktuálně u některých modelů pohybuje těsně přes 600 km, ale i svojí špičkovou výbavou. Délka maximálního dojezdu elektromobilu je z hlavní části ovlivněna kapacitou akumulátoru, který

se dnes u těch nejlepších vozů pohybuje okolo hranice 100 kWh, ovšem většina těchto vozů přesahuje částku 1,5 milionu korun. [27]

I přesto, že jsou elektromobily teprve na počátku jejich rozmachu, již dnes je známo pár skutečností, které velmi významně ovlivňují kapacitu baterie, a tedy i jejich maximální dojezd. Například v zimním období s teplotami pohybující se pod bodem mrazu může maximální dojezd klesnout i o 30-50%. Také zapnuté topení či klimatizace může v elektromobilu bez tepelného čerpadla částečně ovlivnit celkový počet ujetých kilometrů. [27], [28]

3.3.2 Doba nabíjení

Mnoho uživatelů benzinových či naftových vozidel bere jako největší nevýhodu elektromobilů kromě délky jejich dojezdu i zdouhavé čekání, než se vůz nabije. Pravda, čekat desítky minut až hodiny na dobití energie na další jízdu je poměrně nepohodlné a oproti klasickému čerpání na pár minut otrava. Majitelé elektromobilů však doporučují naučit se nabíjet v místech, kde si člověk může vyřídit nějaké své povinnosti či pracovat třeba z kavárny. Skvělým příkladem jsou obchodní centra v centru města. U nabíjení elektromobilu se rozlišují dva základní typy nabíjení – stejnosměrným a střídavým proudem. Pokud se nabíjí v domácnosti, jde výhradně o nabíjení střídavým proudem. [29], [13]

3.3.3 Spotřeba

Spotřeba u elektromobilů je jedna z hlavních výhod oproti spalovacím či vznětovým motorům. Průměrná spotřeba u elektromobilů se v roce 2018 pohybovala zhruba okolo 13 kWh na 100 kilometrů, což je v nákladech přibližně 1 Kč na jeden kilometr. Aktuálně se tato sazba vzhledem k neustálému vývoji pohybuje okolo částky 50 haléřů za kilometr. To už je výrazně nižší sazba než u ostatních druhů motorů. U vozidel s elektrickým pohonem ale velmi závisí na typu trasy, kterou automobil jede a také na individuálních zkušenostech řidiče. Pokud se vytýčí základní typy jízdy, byly by to:

- a) extrémní ekonomická jízda – pomalá rychlost, žádná prudká akcelerace, nepoužívat topení, ani klimatizaci, žádný kopcovitý terén, žádné prudké stoupání, a teplota blížící se pokojové.
- b) normální jízda v běžném provozu – klasická jízda v běžném provozu, rychlost v mezích zákona s ohledem na ostatní účastníky provozu. Běžným provozem se rozumí jízda jak po městě, tak mimo město i po dálnici.

- c) extrémní rychlá jízda – toto je situace, kdy chce řidič občas někomu ukázat zrychlení elektromobilu či pokud spěchá a často akceleruje, předjíždí nebo jede svižně po dálnici. [30]

Spotřeba udávaná výrobcem navíc z velké části většinou neodpovídá realitě. Výrobce má pro tento druh testu speciálně vycvičené řidiče a extrémně výhodné testovací trasy tak, aby byla naměřená hodnota průměrné spotřeby co možná nejnižší. Test reálné spotřeby elektromobilů společností ADAC lze vidět v tabulce č. 3.1. [31]

Tabulka 3.1: Test reálné spotřeby elektromobilů společností ADAC

MODEL	VÝROBCEM UVÁDĚNÁ SPOTŘEBA [KWH/100 KM]	REÁLNÁ SPOTŘEBA V ADAC ECOTESTU [KWH/100 KM]
HYUNDAI IONIQ ELECTRIC STYLE	11,5	14,7
VW E-GOLF	12,7	17,3
BMW I3 94 AH	12,6	17,4
SMART FORTWO COUPÉ EQ PRIME	12,9	18,3
OPEL AMPERA-E FIRST EDITION	14,5	19,7
RENAULT ZOE INTENS	13,3	20,3
NISSAN LEAF ACENTA (ZE1)	15,2	22,1

Zdroj: iDnes.cz, vlastní zpracování [32]

3.3.4 Ekologie

Velice důležitou předností elektromobilů je to, že po sobě nechávají nulové emise, jelikož obecně vůbec nedochází ke spalování paliva. Zážehový motor potřebuje ke své funkci určitý poměr paliva a vzduchu. Ideálnímu poměru paliva a vzduchu se říká stechiometrický poměr. Optimální poměr u benzinových motorů je asi 14,7 kg vzduchu na 1 kg paliva. Vznětové motory pracují s trochu větším přebytkem vzduchu a optimální poměr u nich činí asi 14,5 kg vzduchu na 1 kg paliva. Pracují také s menší spotřebou a emisí škodlivin. [33]

3.3.5 Cena městských elektromobilů v ČR

Ne všechny známé druhy elektromobilů si lze na našem trhu pořídit. Ceny nových elektromobilů však rok od roku postupně klesají a pomalu se začínají blížit částkám svých konkurentů se spalovacím motorem. Nejlevnější nové elektrické auto na našem trhu je aktuálně Volkswagen e-up!. Velikostně řadící se do kategorie malých městských vozů cenově poráží

svého koncernového kolegu z české automobilky, Škodu Citigoe iV. Jak tento elektromobil vypadá lze vidět na obrázku č. 3.10. [34]

Obrázek 3.10: Cenově nejdostupnější městský elektromobil v ČR, Volkswagen e-up!



Zdroj: hybrid.cz [35]

Cena tohoto elektromobilu z dílen Volkswagenu začíná na částce 449 900 korun. Za téměř půl milionu korun zákazník dostane poměrně slušnou výbavu zahrnující tempomat, automatickou klimatizaci či zadní parkovací kameru. Zákazník má k dispozici na rozdíl od Škody Citigo (viz obrázek č. 3.11) i možnost několika příplatkových prvků a paketů. Výkon 61 kW je stejný jako u mladoboleslavského vozu, udávaný dojezd činí až 260 kilometrů. Nejvyšší nabíjecí výkon je 40 kW, baterie se tak nabije do 80-ti procent již za 60 minut. [34]

Mezi další oblíbené elektromobily do částky 1 milion korun patří například Renault Zoe s cenou od 695 000 Kč, Volkswagen e-Golf od 882 900 Kč a Nissan Leaf začíná na 937 000 Kč. [34]

Obrázek 3.11: Model Citigoe iV české automobilky Škoda Auto



Zdroj: skoda-auto.cz [5]

3.4 Dobíjecí stanice

Infrastruktura dobíjecích stanic je jedním z klíčových bodů k rozvoji elektromobility. Je nutné, aby se výstavba těchto dobíjecích bodů zaměřovala primárně v okolí hlavních dopravních tahů a dálnic. Rychlosti a nabíjecí výkony se liší podle strategických míst na mapě.

3.4.1 Klasická zásuvka

Dobíjet elektromobil je možné i z klasické zásuvky se střídavým proudem a napětím 230V. Střídavý proud se ale musí nejdříve přeměnit převodníkem na proud stejnosměrný a až poté dochází k nabíjení baterie elektromobilu. Právě nutnost této transformace je příčinou pomalejšího nabíjení. Nabíjení 230V zásuvkou je vhodné používat při nabíjení automobilu na další den přes noc. [36]

3.4.2 AC dobíjecí stanice

Například pokud jde o současnou nabíječku v centru města umístěnou například v nákupním centru v podzemní garáži, jednalo by se pravděpodobně o klasickou nabíječku se střídavým proudem o výkonu 2x22 kW. Jedna taková nabíječka neboli wallbox tak dokáže nabíjet dva elektromobily současně. Majitel se identifikuje RFID čipem, vybere stranu, na které parkuje, zapojí dobíjecí kabel a může nabíjet. Na dotykovém displeji může sledovat přehledné informace o množství odebíraného proudu a celkové době nabíjení. Tyto nabíječky nabíjejí střední rychlostí, jelikož se počítá s tím, že majitel vozu bude trávit čas nakupováním v obchodním centru. Rychlonabíjení tak není nutné. Pořizovací ceny těchto stanic je mezi 100 až 150 tisíci Kč. Tyto wallboxy jsou tak několikrát levnější než stanice na rychlé dobíjení. [37], [38]

3.4.3 DC dobíjecí stanice

Naopak u čerpacích stanic po obchvatech a různých odpočinkových místech kolem dálnic se většinou nachází rychlonabíječky. Zde je potřeba nabít co nejvíce energie za co nejkratší čas. Nabíjení už probíhá nikoliv střídavým, ale stejnosměrným proudem s výkonem stanice alespoň 50 kW. Standartní rychlonabíjecí stanice u nás mají výkon okolo 90-100 kW. Každá taková dobíjecí stanice obsahuje vestavěný usměrňovač, přes který pak prochází proud do elektromobilu. Automobil po připojení rozpozná, že se jedná o nabíjení stejnosměrným

elektrickým proudem a odpojí palubní nabíječku. Ta by totiž akorát brzdila nabíjení. Tyto nabíječky jsou schopny u nejmodernějších elektromobilů dobít 80 % kapacity baterie za 30-40 minut. Zbýlých 20 % však trvá zhruba jednou takovou dobu. Proto se vyplácí dobít zmíněných 80 % a vyrazit dále na cestu. Tyto DC stanice jsou mnohem dražší než klasické nabíječky a také je mnohem pracnější je vybudovat. Je totiž nutné zajistit přívod vysokého napětí. Cena těchto stejnosměrných rychlonabíječek se pohybuje okolo 600-800 tisíc Kč. Vybudování takové stanice i s ostatními náklady přijde zhruba na 1 milion Kč. Důležité je zahrnout například fixní platbu za rezervovaný příkon. Investice do takové stanice se časem navrátí, i když nenabíjí 24 hodin denně a má již nezanedbatelné, zhruba 5 % ztráty. [38]

3.4.4 Superchargery

Ultrarychlé dobíjení je v souvislosti s celosvětovým rozvojem elektromobility velmi důležitá věc a boří tak jeden z mnoha předsudků vůči těmto vozům o zdoluhavém čekání na nabití vozu. Za superchargery se označují většinou stanice s dobíjecím výkonem nad 100 kW. Těmi neznámějšími dostupnými superchargery jsou od firmy Tesla (viz obrázek č. 3.12). Těch je v České republice v současnosti 5 a jedna stanice se staví. Tesla superchargery jsou ale záležitostí pouze Tesly a jiné elektromobily u nich nenabijete. Tyto ultrarychlé nabíječky od Tesly jsou v běžném provozu dobíjecích stanic naprosto bezkonkurenční. Maximální možný nabíjecí výkon je neskutečných 150 kW na jeden nabíjecí výstup. Tato hodnota je však v současnosti omezena na výkon 125 kW, jelikož baterie na takový výkon zatím nejsou připraveny. Supercharger Tesla o výkonu 125 kW tak zvládne nabít 80 % kapacity baterie Tesly o kapacitě baterie 100 kW za neuvěřitelných 40 minut. To je energie na téměř 400 km jízdy. U nejnovějších a výkonnějších elektromobilů by nabíjení z běžné zásuvky mohlo zabrat desítky hodin. Celkově se na našem území nachází 16 ultrarychlých dobíjecích stanic. [38], [39], [40]

Obrázek 3.12: Nabíjecí stanice Supercharger pro elektromobily Tesla



Zdroj: tesla.com [39]

3.4.5 Infrastruktura dobíjecích stanic v ČR

V současné době je na území Česka již přes 450 veřejných dobíjecích stanic a jejich počet stále roste. Mapu nabíjecích stanic v ČR lze vidět na obrázku č. 3.13. Pomoci by měl i stát. Na výstavbu dobíjecí infrastruktury plánuje podle ministerstva dopravy poskytnout z evropských fondů až 60 milionů Kč. Česká republika udělala v tomto ohledu za poslední tři roky obrovský kus práce. Kromě šesti superchargerů od Tesly se v Česku do elektromobility zapojilo více známých společností. Jedním z hlavních hráčů na poli elektromobility u nás je skupina ČEZ, která provozuje více než 170 veřejných dobíjecích stanic. Rychlodobíjecích je přitom 114 z nich. Další společnost, která se podílí na výstavbě dobíjecí infrastruktury v Čechách je německý E.ON, který provozuje více než 40 stanic. PRE do celkového součtu přidává přes 70 dobíjecích stanic. [41], [42], [43]

Obrázek 3.13: Mapa nabíjecích stanic v ČR



Zdroj: *fdrive.cz*, vlastní zpracování [43]

3.4.6 Vize budoucnosti

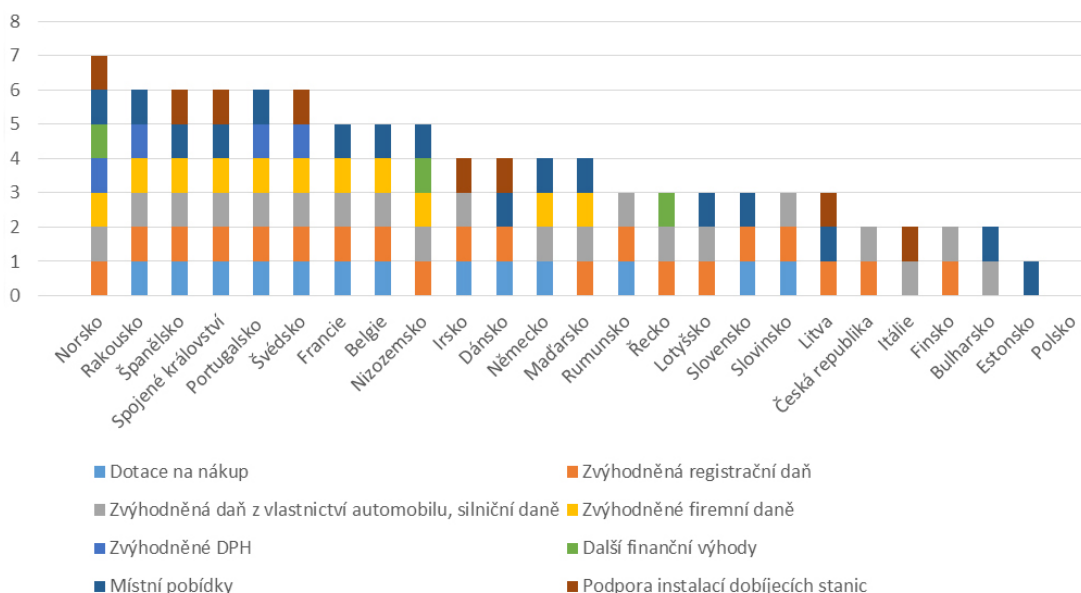
V následujících letech čeká elektromobilitu pravděpodobně velký boom a velké energetické společnosti chtějí být jeho součástí. Na obrázku č. 3.13 lze vidět graf druhů státní podpory elektromobilů v jednotlivých státech EU. Už v letošním roce díky fondu CEF (Connecting Europe Facility) vznikne v České republice 149 nových dobíjecích bodů spolu s deseti ultrarychlými stanicemi. Letos také vyroste 24 nových stanic IONITY. Společnost E.ON zase slibuje vystavět dalších 15 stanic, zejména těch rychlodobíjecích. Zaměřuje se však také na rozvoj stanic se střídavým proudem, kterých má v plánu vystavět několik desítek v následujících letech. Náš největší výrobce elektřiny v Česku, skupina ČEZ, se chce kromě

výstavby rychlonabíječek angažovat také ve výstavbě ultrarychlých dobíjecích stanic. Část sítě pro ultrarychlé dobíjení buduje ČEZ z vlastních zdrojů [42], [40]

3.5 Státní podpora

Důležitou součástí rozvoje elektromobility bude zajisté i státní a evropská podpora. Například v Norsku je státní podpora nejdále ze všech evropských zemí viz obrázek 3.14. Navíc podíl prodaných elektromobilů činil přes 31% na veškerých prodaných vozech za rok 2019. V České republice zatím takhle daleko nejsme, nicméně dobíjecí infrastruktura se staví opravdu rychle a pomoci by měl i dotační program Operační program doprava, díky kterému v roce 2022 vznikne dalších 375 rychlonabíjecích stanic. [44]

Obrázek 3.14: Graf druhů státní podpory v jednotlivých státech EU



Zdroj: energetika.tzb-info.cz [44]

4 Praktická část práce

V praktické části této bakalářské práci se zaměřím na to, zda se vůbec vyplatí elektromobil pořizovat. Při současných cenách nových elektromobilů a nových automobilů se spalovacím motorem je nutné zdůraznit, proč si potenciální majitel chce takový vůz pořídit. Předpokládáme, že v této investici vidí i další smysl. A to buď ekologický, finanční, kvůli jeho odlišným jízdním vlastnostem nebo je jednoduše fanoušek elektromobility. Porovnávám vždy jednu velikostní kategorii vozu z každé třídy s jeho parametrově nejvíce podobnou benzínovou variantou.

4.1 Kategorie MINI

Tato kategorie je vyrobena přímo na jízdu po městě, příležitostná jízda po dálnici by však neměla být pro řidiče překážkou. Vozidla mají menší baterii a tím pádem i menší dojezd. Má na tento záměr i dimenzovanou většinu parametrů. Naopak výhodou těchto vozů spočívá v jejich rychlém a dostupném dobíjení i ze stanic s menším dobíjecím výkonem. Doba dobíjení se pohybuje obvykle do jedné hodiny. Do třídy MINI se řadí pro představu například Škoda Citigoe iV, Volkswagen e-Up!, Fiat 500e, Smart EQ nebo Mini Cooper SE. Porovnání parametrů vozidel třídy MINI je možné vidět v tabulce č. 4.1.

Tabulka 4.1: Porovnání parametrů vozidel třídy MINI

PARAMETRY	ŠKODA CITIGOE IV	ŠKODA CITIGO 1.0 MPI
STUPEŇ VÝBAVY	Style	Style
PALIVO	elektřina	benzin
PŘEVODOVKA	1 st. automat	5 st. automat / manuál
VÝKON	61 kW	55 kW
KAPACITA BATERIE / OBSAH MOTORU	36,8 kWh	999 ccm
MAXIMÁLNÍ TOČIVÝ MOMENT	212 Nm	95 Nm
UDÁVANÁ SPOTŘEBA	12,8 kWh/100 km	4,3 l/100 km
CENA NA 1 KILOMETRU	0,58 Kč	1,38 Kč
ZRYCHLENÍ Z 0 NA 100 KM/H	12,3 s	14,4 s
MAXIMÁLNÍ RYCHLOST	130 km/h	160 km/h
EMISE CO ₂	0 g/km	105 g/km
HODNOCENÍ BEZPEČNOSTI EURO NCAP	*****	*****
POČET SEDADEL	5	5
CENA VOZIDLA	od 479 900 Kč	od 257 900 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

4.1.1 Výpočet provozních nákladů

Při výpočtu nákladů spočítané na provoz auta jsem pracoval s průměrnou spotřebou benzinové Škody Citigo 4,3 litrů na 100 km a průměrnou cenou benzínu za poslední rok (březen 2019 až březen 2020). Průměrná cena paliva vychází na 32,04 Kč za 1 litr. Náklady tak na kilometr jízdy stojí po zaokrouhlení na halíře 1,38 Kč.

Škoda Auto uvádí průměrnou spotřebu elektrické Škody Citigoe iV na 12,8 kWh na 100 km. Průměrná cena elektřiny za poslední rok (březen 2019 až březen 2020) je 4,60 Kč za kWh. Každý ujetý kilometr jízdy tak stojí 0,58 Kč.

4.1.2 Zhodnocení kategorie MINI

Cena pětidveřové Škody Citigo 1.0 MPI/55 kW začíná ve výbavě Style na částce 257 900 Kč. Jak je vidět v tabulce č. 4.1, hlavní výhoda elektrické verze je v nákladech na jízdu. Elektromobil je při každém ujetém kilometru zhruba dvakrát až třikrát levnější na provoz. Plusové body sbírá elektrická varianta tohoto vozu především v točivém momentu, který je více než dvojnásobný. Dále ve zrychlení z 0 na 100 km/h poráží o více než dvě sekundy svého benzinového kolegu. Pochopitelně množství vypouštěných emisí CO₂ do ovzduší je u elektromobilu nulové. Ve prospěch elektromobilu se může také započítat jeho základní výbava. Naopak u benzinové varianty je nutné připočítat příplatek za výbavu jako automatickou klimatizaci Climatronic (8900 Kč), displej Maxi Dot (3700 Kč), 16“ litá kola (6200 Kč), 3ramenný volant potažený kůží (7400 Kč) a také audiosystém za 6000 Kč. Celkem se tyto příplatky cení na 32 200 Kč. Celková cena benzinového automobilu s identickou výbavou jako má ten elektrický se tak vyšplhá na 290 100 Kč. Stále jde stále o 139 800 Kč nižší částku než v případě elektromobilu.

4.2 Kategorie MEDIUM

S větším rozpočtem na nový elektromobil, ať už je to z důvodu vyšších maximálních dojezdových vzdáleností, lepších jízdní vlastností či potřeby prostornějšího automobilu vhodného i pro rodinu, se pochopitelně zlepšují parametry těchto vozů. Vzhledem k tomu, že drtivá většina obyvatel používá vůz střední třídy, je tato kategorie optimální jako rodinný vůz například pro čtyř až pětičlennou rodinu. Do kategorie MEDIUM, tedy vozů střední třídy, se řadí například Volkswagen e-Golf, Nissan Leaf, Opel Corsa-E, Kia Nero EV, Hyundai Kona Electric, oblíbené BMW i3 nebo nejprodávanější elektromobil v Evropě Renault Zoe. Porovnání parametrů vozidel třídy MEDIUM lze vidět v tabulce č. 4.2 níže.

Tabulka 4.2: Porovnání parametrů vozidel třídy MEDIUM

PARAMETRY	VOLKSWAGEN E-GOLF V	VOLKSWAGEN GOLF 1.5 TSI
STUPEŇ VÝBAVY	e-Golf	Golf
PALIVO	elektrina	benzin
PŘEVODOVKA	2 st. automat	7 st. automat / 6 st. manuál
VÝKON	100 kW	110 kW
KAPACITA BATERIE / OBSAH MOTORU	35,8 kWh	1498 ccm
MAXIMÁLNÍ TOČIVÝ MOMENT	290 Nm	250 Nm
UDÁVANÁ SPOTŘEBA	12,9 kWh/100 km	4,6 l/100 km
CENA NA 1 KILOMETRU	0,59 Kč	1,38 Kč
ZRYCHLENÍ Z 0 NA 100 KM/H	9,6 s	8,3 s
MAXIMÁLNÍ RYCHLOST	150 km/h	216 km/h
EMISE CO ₂	0 g/km	106 g/km
HODNOCENÍ BEZPEČNOSTI EURO NCAP	*****	*****
POČET SEDADEL	5	5
CENA VOZIDLA	od 882 900 Kč	od 479 900 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

4.2.1 Výpočet provozních nákladů

Při výpočtu nákladů spočítané na provoz auta jsem pracoval s průměrnou spotřebou benzinového Volkswagenu Golf 4,6 litrů na 100 km a průměrnou cenou benzínu za poslední

rok (březen 2019 až březen 2020). Průměrná cena paliva vychází na 32,04 Kč za 1 litr. Náklady tak na kilometr jízdy stojí po zaokrouhlení na halíře 1,47 Kč.

Automobilka Volkswagen uvádí průměrnou spotřebu elektrického Volkswagenu e-Golf na 12,9 kWh na 100 km. Průměrná cena elektřiny za poslední rok (březen 2019 až březen 2020) je 4,60 Kč za kWh. Každý ujetý kilometr jízdy tak stojí 0,59 Kč.

4.2.2 Zhodnocení kategorie MEDIUM

Dobíjení akumulátoru vozidla Volkswagen e-Golf z běžné domácí sítě střídavým proudem trvá kolem 13 hodin. Častěji řidiči využívají možnost nabíjení přes rychlonabíječky, kde se 80 procent kapacity baterie nabije zhruba za 45 minut. Využít můžou také wallboxy, u kterých se doba nabití zkrátí na 5 hodin a 20 minut.

U Volkswagenu e-Golf je značnou výhodou jeho prakticky stejně velký zavazadlový prostor, jako je tomu u klasického benzinového Golfu. Posádka elektromobilu by tak prakticky neměla poznat rozdíl. Volkswagen e-Golf se prodává již od 882 900 Kč. Stále však pouze v jediné výbavě. Ta obsahuje třeba funkci Front Assist s nouzovým brzděním, automatickou klimatizaci, adaptivní tempomat, multimediální systém s osmipalcovým displejem a navigací nebo multifunkční kožený volant. Součástí základní výbavy jsou i 16palcová litá kola.

4.3 Kategorie MAXI

Do kategorie MAXI řadím vozidla, která spadají do kategorie vozů SUV nebo do luxusních vozů. Mezi požadavky zákazníků patří například lepší vybavení interiéru, špičkové softwarové vybavení automobilu včetně jízdních asistentů, luxusní designové prvky a samozřejmě vyšší maximální dojezdy elektromobilů, jejich akcelerace a výkon. U těchto vozů je také velmi důležitá rychlost nabíjení, jelikož jde o vozy s mnohem větší kapacitou baterií. Logicky by tak mělo být nabíjení zdlouhavé oproti vozům v kategorii MINI nebo MEDIUM. To automobilky řeší možností využít vyšší výkon dobíjecích stanic (až 100 kW) zejména v oblasti hlavních tahů a míst, kde je potřeba elektromobil rychle dobít. Většina takových stanic zvládne dobít baterii elektromobilu na 80% již po 30 třiceti minutách. Do kategorie MAXI řadím například vozy jako Tesla Model 3, Tesla Model S, Jaguar I-Pace či Audi e-tron. Porovnání parametrů vozidel třídy MAXI lze vidět v tabulce č. 4.3.

Tabulka 4.3: Porovnání parametrů vozidel třídy MAXI

PARAMETRY	AUDI E-TRON 55 QUATTRO	AUDI Q7 5.5 TFSI
STUPEŇ VÝBAVY	-	-
PALIVO	elektrina	benzin
PŘEVODOVKA	1 st. automat	8 st. automat / manuál
VÝKON	300 kW	250 kW
KAPACITA BATERIE / OBSAH MOTORU	95 kWh	2995 ccm
MAXIMÁLNÍ TOČIVÝ MOMENT	664 Nm	500 Nm
UDÁVANÁ SPOTŘEBA	23,7 kWh/100 km	8,7 l/100 km
CENA NA 1 KILOMETRU	1,09 Kč	2,79 Kč
ZRYCHLENÍ Z 0 NA 100 KM/H	5,7 s	5,9 s
MAXIMÁLNÍ RYCHLOST	200 km/h	250 km/h
EMISE CO ₂	0 g/km	208 g/km
HODNOCENÍ BEZPEČNOSTI EURO NCAP	*****	*****
POČET SEDADEL	5	5
CENA VOZIDLA	od 2 122 900 Kč	od 1 865 900 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

4.3.1 Výpočet provozních nákladů

Při výpočtu nákladů spočítané na provoz auta jsem pracoval s průměrnou spotřebou benzinové Audi Q7 8,7 litrů na 100 km a průměrnou cenou benzínu za poslední rok (březen 2019 až březen 2020). Průměrná cena paliva vychází na 32,04 Kč za 1 litr. Náklady tak na kilometr jízdy stojí po zaokrouhlení na halíře 2,79 Kč.

Automobilka uvádí průměrnou spotřebu elektromobilu Audi e-tron na 23,7 kWh na 100 km. Průměrná cena elektřiny za poslední rok (březen 2019 až březen 2020) je 4,60 Kč za kWh. Každý ujetý kilometr jízdy tak stojí 1,09 Kč.

4.3.2 Zhodnocení kategorie MAXI

Dobíjení elektromobilu Audi e-tron střídavým proudem už prakticky nemá smysl. S kapacitou 95 kWh se řadí mezi nejvýkonnější sériově prodávané elektromobily vůbec. Automobilka Audi s tímto počítá a poskytuje za příplatek kompaktní nabíjecí systém Audi e-

tron. Ten se skládá z řídicí jednotky, kabelu pro propojení nabíječky s vozidlem a dvou napájecích kabelů. Jeden konektor je určený pro běžnou domácí zásuvku a druhý na průmyslovou. Výkon takové domácí nabíječky pro Audi e-tron může být v závislosti elektrické sítě v dané lokalitě až 11 kW.

Nabíjení automobilu na cestách by pro e-tron také neměl být problém. Audi nabízí majitelům tohoto elektromobilu službu e-tron Charging service, která zajišťuje přístup k jedné z největších evropských nabíjecích sítí veřejných nabíjecích stanic. Ultrarychlé dobíjení může majitel vozu čerpat ze stanic Ionity s výkonem až 150 kW. Takové nabíjení nabije 80 % kapacity akumulátoru za 30 minut, kompletní nabití by nemělo přesáhnout 50 minut.

Jak už bývá u automobilky zvykem, Audi e-tron se nabízí pouze v jediné výbavě. Do základní výbavy patří například 19palcová kola, Full-LED světlomety, adaptivní vzduchový podvozek, adaptivní tempomat, dvou zónová klimatizace, multifunkční volant a spoustu běžných prvků používaných v dnešních automobilech. Spoustu dalších vymožeností se dá pořídit za příplatek. Například za 45 tisíc Kč lze dokoupit elektronická virtuální zpětná zrcátka, která taky snižují odpor vzduchu. Řidič se pak pouze dívá na dotykový OLED displej. Připlatit se může plně kožený interiér, většinu jízdních asistentů včetně nočního vidění nebo 3D zobrazení ze všech kamer, které dokáže být při parkování velmi užitečné.

4.4 Porovnání nejznámějších elektromobilů

Vzhledem k tomu, že je poměrně obtížné porovnávat výkonové parametry elektromobilu s parametry automobilů se spalovacími motory, vytvořil jsem přehlednou tabulku různých elektromobilů (viz tabulka č. 4.4). V tabulce porovnávám parametry nejznámějších používaných elektromobilů mezi sebou.

Tabulka 4.4: Porovnání parametrů nejčastěji používaných elektromobilů

	VÝKON	MAX. DOJEZD	TOČIVÝ MOMENT	CENA NA 1 KM	ZRYCHLENÍ Z 0 NA 100	MAX. RYCHLOST	UDÁVANÁ SPOTŘEBA	CELKOVÁ CENA
	[KW]	[KWH]	[NM]	[KČ]	[S]	[KM/H]	[KWH/100KM]	[KČ]
ŠKODA CITIGOE IV	61	252	212	0,58	12,3	130	12,8	479 900
VW E-UP!	61	260	210	0,58	11,9	130	12,7	449 900
FIAT 500	83	200	200	0,58	8,8	142	17,5	950 000
MINI COOPER SE	135	232	270	0,61	7,3	150	13,2	882 700
BMW I3	125	290	250	0,60	7,3	150	13,1	1 014 000
VW E-GOLF	100	300	290	0,59	9,6	150	12,9	882 900
RENAULT ZOE	80	395	225	0,79	11,4	135	17,2	695 000
NISSAN LEAF	80	160	280	0,69	11,9	144	14,9	950 000
JAGUAR I-PACE	294	470	696	1,01	4,8	200	22	2 114 000
TESLA MODEL 3	353	530	639	0,83	3,2	261	18	1 426 600
TESLA MODEL S	568	507	931	0,83	2,4	250	18,1	1 611 000
AUDI E-TRON	300	436	664	1,09	5,7	200	23,7	2 122 990

Zdroj: vlastní zpracování

5 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo detailně rozebrat problematiku elektromobilů a vysvětlit principy, na kterých fungují. Bylo nutné analyzovat současné odborné publikace, které se tomuto tématu věnují a vybrat si ty věčné.

V úvodní části této práce shrnuji historii elektromobility, která sahá až do první poloviny 19. století. První známá myšlenka vzniku elektromobilu byla nehoda, kdy se vynálezce Sibrandus Stratingh málem udusil zplodinami parního motoru. Do tohoto období se také velice významně zapsal český vynálezce František Křižík se svým elektromobilem. Vysvětluji rovněž principy prvních elektromobilů, které připomínaly spíše jen taková vozítka či odrážedla. Dále práce pojednává o analýze současné situaci a stavu elektromobility v České republice i v zahraničí.

V dalších kapitolách stručně vysvětluji fungování elektromotoru, rekuperaci a také nejdůležitější část vozu – jeho baterii. Mezi klíčové vlastnosti elektromobilu vhodné pro detailnější vysvětlení považuji maximální dojezdovou vzdálenost, dobu a rychlost nabíjení vozidla a spotřebu energie vozu při jízdě. Důležité je také zmínit fakt, že elektromobily svou vysokou cenou zatím spousta svých potencionálních zájemců odrazují. To by se však mělo časem změnit. Jedním z hlavních zastánců elektromobility je vizionář a inženýr Elon Musk. Ten kromě svých ambicí kolonizovat planetu Mars staví největší továrnu na světě na výrobu baterií. Ta již z části funguje a po dokončení by měla být úplně energicky soběstačná z pouze obnovitelných zdrojů. Dohromady se aktuálně staví čtyři tyto gigatovárny různě po světě. Dále se zmiňuji také o ekologické podstatě těchto automobilů, jelikož do ovzduší nevypouští prakticky žádné emise.

V závěru řešené problematiky se zaměřuji konkrétně na jednotlivé druhy nabíjení, rozlišuji také typy možného nabíjení elektromobilů a jejich rozdílné výkonové parametry. Jedním z cílů této práce také bylo analyzovat současnou infrastrukturu dobíjecích stanic a jejich dostupnost při jízdě po dálnici nebo v městském provozu. V krátkosti také vysvětlím nutnost státní podpory do dalších let.

V praktické části tato bakalářská práce porovnává elektromobily s automobily na vozidla s běžným spalovacím motorem. Jednotlivé automobily jsem vybral podle modelů, jenž jsou vyráběny v benzinové i elektrické verzi pohonu. Automobily jsem rozdělil do tří velikostních tříd, aby bylo ekonomické zhodnocení této práce adekvátní. Závěrem praktické části této bakalářské práce shrnutí celkové porovnání nejpoužívanějších elektromobilů současnosti.

Při výpočtu provozních nákladů jsem využil propočtů udávané spotřeby elektromobilů s průměrnou cenou za kWh. Stejných výpočtů jsem využil v případě vozidel se spalovacím motorem, kde jsem počítal s průměrnou cenou benzínu v období od března roku 2019 do března letošního roku 2020. Výsledkem tohoto měření vyšlo z hlediska výkonnostních a ekonomických parametrů lépe pro auta na elektrický pohon. Cíl a metodika této práce tak byly splněny.

Elektromobily nepochybně výrazně snižují jízdní náklady, ale jejich vysoká cena a nedostatečná infrastruktura dobíjecích stanic mnohé odradí od jejich koupě. Nejlépe finančně vychází pochopitelně malé městské elektromobily. Do budoucna bude klíčová zejména cena a kapacita baterií používaných v elektromobilech. Cena se sice v průběhu let snižuje, nicméně stále jde o nejdražší součástku elektromobilu. Automobily na alternativní pohon představují vzhledem k současnému globálnímu oteplování klimatu na Zemi jistě správnou cestu. Otázkou však bude, zda se lidstvo bude chtít touto cestou vydat.

6 Seznam použité literatury

- [1] Nazeleno.cz. *7 alternativ benzínu aneb na co budeme jezdit v roce 2025* [online]. Narrative Media, 2009 [cit. 2020-03-07]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/technologie-1/hybridy-a-elektromobily-1/7-alternativ-benzinu-aneb-na-co-budeme-jezdit-v-roce-2025.aspx>
- [2] Elektrickevozy.cz. *Vědecké okénko: Na cestě do historie elektromobility, díl 1. aneb jak to všechno začalo* [online]. Elektrickevozy.cz, 2019 [cit. 2020-02-20]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/vedecke-okenko-na-ceste-do-historie-elektromobility-dil-1-aneb-jak-to-vsechno-zacalo>
- [3] Auto.cz. *Elektromobilů je ve světě sedm milionů, ČR jich má 3000* [online]. CZECH NEWS CENTER, 2020 [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/elektromobilu-je-ve-svete-sedm-milionu-cr-jich-ma-3000-133630>
- [4] Skoda-auto.cz. *E-MOBILITA od značky Škoda* [online]. ŠKODA AUTO, 2020 [cit. 2020-02-26]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/o-nas/skoda-e-mobilita>
- [5] Skoda-auto.cz. *Nové Citigoe iV* [online]. ŠKODA AUTO, 2020 [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/modely/nove-citigo/nove-citigoe-iv>
- [6] Hybrid.cz. *Škoda Auto vybuduje v České republice 7 000 dobíjecích bodů pro elektromobily* [online]. Chamanne, 2019 [cit. 2020-02-27]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/skoda-auto-vybuduje-v-ceske-republice-7-000-dobijecich-bodu-pro-elektromobily>
- [7] Skoda-auto.cz. *Nový Superb iV* [online]. ŠKODA AUTO, 2020 [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/modely/novy-superb/novy-superb-iv>
- [8] Archiv.ihned.cz. *V elektromobilitě vládne Čína, daří se jí ve výrobě i prodeji. Evropě hrozí jen podřadná úloha* [online]. Economia, 2019 [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <https://archiv.ihned.cz/c1-66689620-v-elektromobilite-vladne-cina-dari-se-ji-ve-vyrobe-i-prodeji-evrope-hrozi-jen-podradna-uloha>
- [9] Cleantechnica.com. *Volkswagen Increases 2023 & 2025 ID Production Targets* [online]. CleanTechnica, 2019 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://cleantechnica.com/2019/12/28/volkswagen-increases-2023-2025-ev-production-targets/>
- [10] Teslafan.cz. *Volkswagen plánuje vyrobit 8 milionů elektromobilů do roku 2027* [online]. Jaroslav Bubla, 2019 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.teslafan.cz/clanky/volkswagen-planuje-vyrobit-8-milionu-elektromobilu-do-roku-2027?list=9>
- [11] Elektrickevozy.cz. *Typy elektromobilů a jak je rozeznat* [online]. Elektrickevozy.cz, 2019 [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/typy-elektromobilu-a-jak-je-rozeznat>

- [12] Skoda-storyboard.com. *Jak funguje elektrický motor? 10 otázek a odpovědí* [online]. ŠKODA AUTO, 2018 [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/inovace/mobilita/jak-funguje-elektricky-motor-10-otazek-a-odpovedi/>
- [13] Autobible.euro.cz. *Baterie zůstávají limitujícím faktorem elektromobilů. Průlom se čeká za sedm let* [online]. Mladá fronta, 2018 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/baterie-zustavaji-limitujicim-faktorem-elektromobilu-prulom-se-ceka-za-sedm-let/>
- [14] Evexpert.cz. *Náklady na provoz a údržbu elektromobilu* [online]. Evexpert.cz, 2016 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/rady-a-tipy-zajimavosti-novinky-informace-evexpert/elektromobilita/naklady-na-provoz-a-udrzbu-elektromobilu>
- [15] Tesla.com. *Tesla Gigafactory* [online]. Tesla, 2020 [cit. 2020-03-09]. Dostupné z: https://www.tesla.com/en_EU/gigafactory
- [16] Electrek.co. *Tesla makes Gigafactory 3 in China official, plans to start production in 2 years* [online]. Fred Lambert, 2018 [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: <https://electrek.co/2018/07/10/tesla-gigafactory-3-china-official-production/amp/>
- [17] Web.archive.org. *New Tesla Gigafactory looks at Prague, Czech republic* [online]. WordPress, 2016 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20170323114016/https://spaceinvader.me/2016/11/17/new-tesla-gigafactory-looks-at-prague-czech-republic/>
- [18] Viralsvet.cz. *Největší budovou světa bude Gigafactory – továrna na baterie Tesla* [online]. Viral svět, 2020 [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://www.viralsvet.cz/nejvetsi-budovou-sveta-bude-gigafactory-tovarna-na-akumulatory-tesla/>
- [19] Fdrive.cz. *Životnost baterie v elektromobilu? Víme, jak je na tom Nissan Leaf po 200 000 km* [online]. 24net, 2019 [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/zivotnost-baterie-v-elektromobilu-vime-jak-je-na-tom-nissan-leaf-po-200-000-km-3965>
- [20] Elektrickevozy.cz. *Rekuperace elektrické energie* [online]. Elektrickevozy.cz, 2019 [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/rekuperace-elektricke-energie>
- [21] Business-car.cz. *Jak funguje rekuperace v elektromobilech?* [online]. Institut Fleet Managera, 2018 [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <http://www.business-car.cz/technologie/jak-funguje-rekuperace-v-elektromobilech>
- [22] Autorevue.cz. *Víte, jak zajíždět nové auto? Experti poradí, co byste nikdy neměli dělat* [online]. CZECH NEW CENTER, 2018 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/vite-jak-zajizdet-nove-auto-experti-poradi-co-byste-nemeli-delat>
- [23] Fdrive.cz. *Technologie v autech: systém udržování v jízdním pruhu* [online]. 24net, 2016 [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/technologie-v-autech-system-udrzovani-v-jizdnim-pruhu-528>
- [24] Alza.cz. *Tesla Model 3, nejlevnější elektromobil od Elona Muska* [online]. Alza.cz, 2020 [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/tesla-model-3-recenze>

- [25] Energyglobe.cz. *Elektromobily jsou bezpečnější, než byste čekali* [online]. E-on energy globe, 2020 [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <https://www.energyglobe.cz/temata-a-novinky/jak-si-vedou-elektromobily-v-oblasti-bezpecnosti-lepe-nez-byste-cekali>
- [26] Autobible.euro.cz. *Průzkum: Proč zákazníci nechtějí kupovat elektromobily? Problémem je pořád cena, dojezd i dobíjení* [online]. Mladá fronta, 2019 [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/pruzkum-proc-zakaznici-nechteji-kupovat-elektromobily-problemem-je-porad-cena-dojezd-i-dobijeni/>
- [27] Elektrickevozy.cz. *Půl roku s elektromobilem. Co všechno nás překvapilo?* [online]. Elektrickevozy.cz, 2019 [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/pul-roku-s-elektromobilem-co-vsechno-nas-prekvapilo>
- [28] Teslafan.cz. *Revoluce v elektromobilitě? Tesla Model 3 by mohl ujet až 650 km na jedno nabití!* [online]. Jaroslav Bubla, 2019 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.teslafan.cz/clanky/revoluce-v-elektromobilite-tesla-model-3-by-mohl-ujet-az-650-km-na-jedno-nabiti?list=nejnovejsi>
- [29] Autobible.euro.cz. *Reálný dojezd elektromobilů klesne v zimě až o čtvrtinu, ukázal velký test* [online]. Mladá fronta, 2020 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/realny-dojezd-elektromobilu-klesne-v-zime-az-o-ctvrtinu-ukazal-velky-test/>
- [30] Elektromobilita.cz. *Proč ČEZ elektromobilita* [online]. ČEZ, 2019 [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://www.elektromobilita.cz/cs/proc-cez-elektromobilita>
- [31] Auto.cz. *Test elektromobilů v reálném provozu: Jakou mají spotřebu? A kolik energie se ztratí při nabíjení?* [online]. CZECH NEWS CENTER, 2020 [cit. 2020-02-24]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/test-elektromobilu-v-realnem-provozu-jakou-maji-spotrebu-a-kolik-energie-se-ztrati-pri-nabijeni-125150>
- [32] Idnes.cz. *Elektroauta také lžou o spotřebě. Test odhalil obrovské rozdíly* [online]. Mafra, 2020 [cit. 2020-03-09]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/ecotest-adac-elektromobilita-tesla-nissan-hyundai-spotreba-dojezd.A181031_112502_automoto_taj
- [33] Vlk, František. 2006. *Automobilová elektronika*. Brno: František Vlk. ISBN 80-239-7063-1.
- [34] Zpravy.aktualne.cz. *Škoda už nemá nejlevnější elektromobil na českém trhu. Podívejte se do přehledu* [online]. Economia, 2019 [cit. 2020-03-09]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/elektromobily-do-milionu/r~c21d727cdc6411e9b1410cc47ab5f122/>
- [35] Hybrid.cz. *Volkswagen oznámil cenu nové verze elektromobilu e-Up! Co na to Škoda?* [online]. Chamanne, 2019 [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/volkswagen-oznamil-cenu-nove-verze-elektromobilu-e-co-na-skoda>
- [36] Alza.cz. *Vše, co potřebujete vědět o nabíjení elektromobilů* [online]. Alza.cz, 2020 [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/vse-o-nabijeni-elektromobilu>

- [37] Elektromobilita.cz. *Proč ČEZ elektromobilita* [online]. ČEZ, 2019 [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://www.elektromobilita.cz/cs/proc-cez-elektromobilita>
- [38] Elektrina.cz. *Dobíjecí stanice v Česku: Ultrarychlá stanice vyjde i na desetinásobek* [online]. Elektrina.cz, 2020 [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/dobijeci-stanice-v-cesku>
- [39] Tesla.com. *Tesla Superchargers in Czech Republic* [Online]. Tesla, 2020. [cit. 2020-03-22]. Dostupné z: https://www.tesla.com/cs_CZ/findus/list/superchargers/Czech%20Republic
- [40] Idnes.cz. *Dobití za deset minut. Ultrarychlé nabíječky elektromobilů v Česku rostou* [online]. Mafra, 2020 [cit. 2020-03-22]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/domaci/elektromobilita-dobijeni-nabijacka-baterie-elektromobil-auto-ultra-rychle.A190901_181834_ekonomika_pmk
- [41] Ekolist.cz. *Stát dá na stavbu dobíjecích stanic pro elektromobily 60 milionů Kč* [online]. BEZK, 2019 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/stat-da-na-stavbu-dobijecich-stanic-pro-elektromobily-60-milionu-kc>
- [42] Fdrive.cz. *Kolik máme v ČR nabíjecích stanic a kolik jich do roku 2022 přibude?* [online]. 24net, 2020 [cit. 2020-03-07]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/kolik-mame-v-cr-nabijecich-stanic-a-kolik-jich-do-roku-2022-pribude-4582>
- [43] Fdrive.cz. *Mapa nabíjecích stanic* [online]. Data map, 2020 [cit. 2020-03-07]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/mapa-nabijecich-stanic>
- [44] Energetika.tzb-info.cz. *Rozvoj trhu s elektromobily v České republice: veřejná podpora a zkušenosti ze zahraničí* [online]. Topinfo, 2020 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/energeticka-politika/19010-rozvoj-trhu-s-elektromobily-v-ceske-republice-verejna-podpora-a-zkusenosti-ze-zahranici>

Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Elektromobily po sobě zanechávají tzv. zelenou stopu.....	1
Obrázek 3.1: Křižíkův elektromobil, rok 1895	4
Obrázek 3.2: La Jamais Contente, rok 1899	5
Obrázek 3.3: Elektrický pohon modelu Citigoe iV	5
Obrázek 3.4: Hnací souprava hybridu Škoda Superb iV	6
Obrázek 3.5: Malé městské elektromobily v Číně připravené k expedici	7
Obrázek 3.6: Celosvětová revoluce elektrických automobilů	8
Obrázek 3.7: Akumulátor používaný v elektromobilech	10
Obrázek 3.8: Vizualizace dokončené továrny Tesla Gigafactory 1	11
Obrázek 3.9: Průzkum proč by si lidé nekoupil elektromobil	13
Obrázek 3.10: Cenově nejdostupnější městský elektromobil v ČR, Volkswagen e-up!	16
Obrázek 3.11: Model Citigoe iV české automobilky Škoda Auto.....	16
Obrázek 3.12: Nabíjecí stanice Supercharger pro elektromobily Tesla	18
Obrázek 3.13: Mapa nabíjecích stanic v ČR.....	19
Obrázek 3.14: Graf druhů státní podpory v jednotlivých státech EU.....	20

Seznam tabulek

Tabulka 3.1: Test reálné spotřeby elektromobilů společností ADAC	15
Tabulka 4.1: Porovnání parametrů vozidel třídy MINI	22
Tabulka 4.2: Porovnání parametrů vozidel třídy MEDIUM.....	24
Tabulka 4.3: Porovnání parametrů vozidel třídy MAXI.....	26
Tabulka 4.4: Porovnání parametrů nejčastěji používaných elektromobilů.....	28