

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra elektrotechniky a automatizace



Bakalářská práce

Elektromobilita ve vztahu k životnímu prostředí

Jana Vachelová

©2020 Praha

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jana Vachelová

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

Elektromobilita ve vztahu k životnímu prostředí

Název anglicky

Electromobility in Relation to Environment

Cíle práce

Bakalářská práce je zaměřena na elektromobilitu a její vztah k životnímu prostředí. Cílem práce je přehled elektrických pohonů použitelných jako pohonné jednotky v elektromobilech a hybridních pohonech a využití elektrických vodíkových palivových článků.

Metodika

Seznamte se s historickým vývojem mobility a elektromobility. Zaměřte se na elektrické pohony, hybridní pohony a využití elektrických palivových vodíkových článků. U všech pohonů zkoumejte vliv na životní prostředí. Vliv na životní prostředí zhodnoťte od výroby elektrické energie, ne jen z hlediska jejího využití.

Doporučený rozsah práce

30

Klíčová slova

elektromobilita, elektromobil, typy elektromotorů, typy elektropohonů

Doporučené zdroje informací

Horak, B., Minarik, D., Friedrischkova, K., Vala, D., Kazarik, J.: The development of drive units for electric cars Kaipan voltage. In. 14th International Scientific Conference on Electric Power Engineering 2013, EPE 2013 pp. 753-758

<https://www.autorevue.cz/kolik-emisi-co2-vypousteji-elektromobily-klidne-i-370-g/km>

<https://www.cdv.cz/tisk/v-roce-2019-se-o-ctvrtinu-zvysil-pocet-osobnich-vozidel-s-externim-nabijenim/>

[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista_mobilita_seminar/\\$FILE/SOPSPZ-Elektro_osvetovy_material-20171031.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista_mobilita_seminar/$FILE/SOPSPZ-Elektro_osvetovy_material-20171031.pdf)

<http://www.elektromobily-os.cz/>

<http://www.hybrid.cz/za-leden-se-v-cesku-prodalo-384-elektromobilu-alternativy-maji-43-podil>

Libra, M., Poulek, V. Fotovoltaika, teorie i praxe využití solární energie. Praha: ILSA, 2009. 160s. ISBN 978-80-904311-0-2.

Libra, M., Poulek, V. Solární energie, fotovoltaika – perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti.

Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006. 149s. ISBN 80-213-1488-5.

Rose, H., Rothfuss, F., Voigt, S.: The electromobile city: An innovation network approach to urban electric mobility. In. EVS 2010 – Sustainable Mobility Revolution: 25th World Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium and Exhibition, 2010

Stodola, J., Breznická, A., Stodola, P.: The influence of electromobility on the Czech automotive industry. In. ICMT 2019 – 7th International Conference on Military Technologies, Proceedings, 2019

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

prof. Ing. Jaromír Volf, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra elektrotechniky a automatizace

Elektronicky schváleno dne 24. 3. 2020

doc. Ing. Miloslav Linda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 3. 2020

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 28. 06. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou/závěrečnou práci na téma: Elektromobilita ve vztahu k životnímu prostředí, vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, 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.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle 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.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDP

V Praze 29.06.2020

Jana Vachelová

Poděkování

Především bych ráda poděkovala panu prof. Ing. Jaromíru Volfovi, DrSc., vedoucímu mé práce, za odborné konzultace, cenné rady a připomínky týkající se obsahové a formální úpravy práce. Také mu děkuji za čas a ochotu, kterou mi věnoval v průběhu zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat přátelům a v první řadě svému příteli, který při mně stál po celou dobu studia, vytvořil zázemí a pomáhal mi se studiem.

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na elektromobilitu a její vztah k životnímu prostředí, historii elektromobility a koncepci elektrických vozidel. Cílem práce je přehled elektrických pohonů použitelných jako pohonné jednotky v elektromobilech i hybridních vozidlech a využití elektrických vodíkových palivových článků.

V praktické části jsou porovnány jednotlivé elektromobily s výše uvedenými pohony, které jsou dostupné na trhu v České republice. Dalším důležitým parametrem elektromobility je dobíjení, proto je také praktická část zaměřená na společnosti, které poskytují dobíjecí stanice.

Klíčová slova:

elektromobilita, elektromobil, typy elektromotorů, typy elektropohonů, dobíjecí stanice

Abstract

This bachelor thesis is focused on electromobility and its relationship to the environment, the history of electromobility and the concept of electric vehicles. The aim of the thesis is an overview of electric drives usable as propulsion units in electric and hybrid vehicles and the use of electric hydrogen fuel cells.

The practical part compares individual electric cars with the above mentioned drives, which are available on the Czech Republic market. Another important aspect of electromobility is recharging, which is why the practical part is also focused on companies which provide charging stations.

Key words:

electromobility, electric car, types of electric motors, types of electric drives, charging station

Obsah

Úvod	11
1. Cíl bakalářské práce	13
2. Metodika	14
3. Historie se zaměřením na elektromobilitu.....	15
3.1. Historie elektromobility v ČR	16
4. Dělení vozidel dle pohonných systémů	18
4.1. Vozidla se spalovacím motorem.....	18
4.2. Vozidla s hybridním pohonem	20
4.3. Vozidla s elektrickým pohonem	20
4.4. Vozidla s vodíkovými články.....	20
5. Elektromobilita a životní prostředí	21
5.1. Emise elektromobilů.....	23
5.1.1. Měření emisí.....	25
5.1.2. Green Factory Škoda Auto	26
5.1.3. Přepočítání CO ₂ na kWh	27
6. Koncepce elektromobilu.....	29
7. Elektromotor – pohon elektrických vozidel	32
7.1. Střídavé motory.....	32
7.2. Asynchronní motor	33
1. 1. Synchronní motor	33
8. Umístění elektromotoru.....	34
8.1. Elektromotor uložený vpředu pohánějící přední nápravu.....	34
8.2. Elektromotor uložený uprostřed / vzadu pohánějící zadní nápravu.....	34
2. 1. Elektromotory uložené přímo v nábojích kol	35
9. Zdroje energie.....	36
9.1. Druhy akumulátorů.....	36

9.1.1.	Olověný akumulátor.....	36
9.1.2.	Baterie nikl – kadmium	37
9.1.3.	Baterie nikl – metalhydridová.....	37
9.1.4.	Baterie vysokoteplotní	38
9.1.5.	Lithium – iontový akumulátor (Li-Ion).....	38
9.1.6.	Lithium-železo-fosfátový akumulátor (LiFePO4)	39
9.1.7.	Vysokokapacitní kondenzátory	39
9.1.8.	BMS (Battery management system)	39
9.2.	Důležité parametry akumulátorů.....	40
9.3.	Likvidace akumulátorů pro elektrická vozidla.....	41
10.	Vodíkový článěk.....	42
11.	Dobíjení elektromobilu.....	43
11.1.	Přenosná nabíječka (1,4 - 22 kW).....	44
11.2.	Domácí wallbox (1,4 - 22 kW).....	45
11.3.	Veřejné nabíjecí stanice do 22 kW – AC.....	46
11.3.1.	Rychlodobíjecí stanice do 43 kW – AC	46
11.4.	Veřejné rychlodobíjecí stanice do 350 kW - DC.....	46
11.5.	Rozdělení nabíjecích stanic	47
11.5.1.	Rozdělení podle typu napětí nabíjecí stanice	47
11.5.2.	Podle zdroje energie pro nabíjecí stanici.....	48
12.	Společnosti poskytující dobíjecí stanice	50
12.1.	ČEZ a veřejné dobíjecí stanice ČEZ	50
12.2.	E.ON	51
12.3.	Innogy	51
12.4.	Pražská energetika.....	51
13.	Výsledky	53
14.	Technické parametry vybraných vozidel.....	54
14.1.	Volkswagen e-UP	54

14.2.	Volkswagen e-Golf	56
14.3.	Nissan Leaf	57
14.4.	Kia e- Soul MY20.....	58
14.5.	BMW i3.....	59
14.6.	CITIGO ^e iV	60
15.	Analýza získaných technických parametrů	61
15.1.	Závislost dojezdu na spotřebě a kapacitě baterie	61
15.2.	Vliv hmotnosti na spotřebu vozidla v kWh/km	62
15.3.	Závislost ceny na dojezdu	63
15.4.	Závislost maximálního výkonu na zrychlení a točivém momentu	64
16.	Diskuze	66
17.	Závěr a přínos práce	68
18.	Seznam tabulek	69
19.	Seznam obrázků	70
20.	Seznam použitých zkratk	72
21.	Seznam použité literatury	74
a.	Tištěná literatura	74
b.	Internetové zdroje	75

Úvod

V době 21. století hraje doprava nejdůležitější roli. Dnešní svět je plný komunikací, vyžaduje také velké množství energie. Ekonomika se neobejde bez dopravy zboží a přepravy osob, toto je však závislé na spalování ropy. Využití energie musí být především co nejefektivnější.

Efektivita spočívá ve využití energie z obnovitelných zdrojů a úspoře zdrojů neobnovitelných. Je jisté, že život bez komunikací a dopravy je nepředstavitelný pro většinu populace. Trh je proto přesycen nepřeborným množstvím různých modelů a značek benzínových, anebo dieselových vozidel se spalovacím motorem.

V některých velkých aglomeracích může běžet v jenom okamžiku desítky tisíc takových motorů, znepríjemňuje to však lidské životy a také samozřejmě narušuje životní prostředí, které by mělo být uznáváno a chráněno. Znečištěné není jen ovzduší, ale také půda a vodní zdroje, u nichž hrozí nebezpečí kontaminace při dopravních nehodách.

Avšak s rostoucí dopravní infrastrukturou souvisí i větší vznik škodlivých látek – emisí, na základě toho jsou přijímány přísnější zákonná opatření, která mají eliminovat škodlivé látky, zejména oxid uhličitý CO_2 , oxid uhelnatý CO , oxidy dusíku NO_x a jiné další látky.

To je hlavní motivací a problémem, proč se zamyslet nad tím, zda je možné spalovací motory nahradit něčím novým, čistším a zároveň do jisté míry hospodárnějším, tím mohou být například elektromotory, hybridní motory a vodíkové články v elektromobilech, plug - in hybridech nebo vodíkových vozidlech.

Další kritérium a do jisté míry zdající se problém, který jistojistě pomáhá k nahrazení spalovacích motorů, je samozřejmě tenčící se zásoba ropy a fosilních paliv. Naprostá většina automobilů v současné době využívá fosilní paliva. Budoucnost těchto paliv, včetně ropy a zemního plynu, je dána zejména svojí vyčerpatelností zásob a jejich neobnovitelností. Nejkratší budoucnost lze dle současných prognóz připisovat právě ropě (Kameš, 2002).

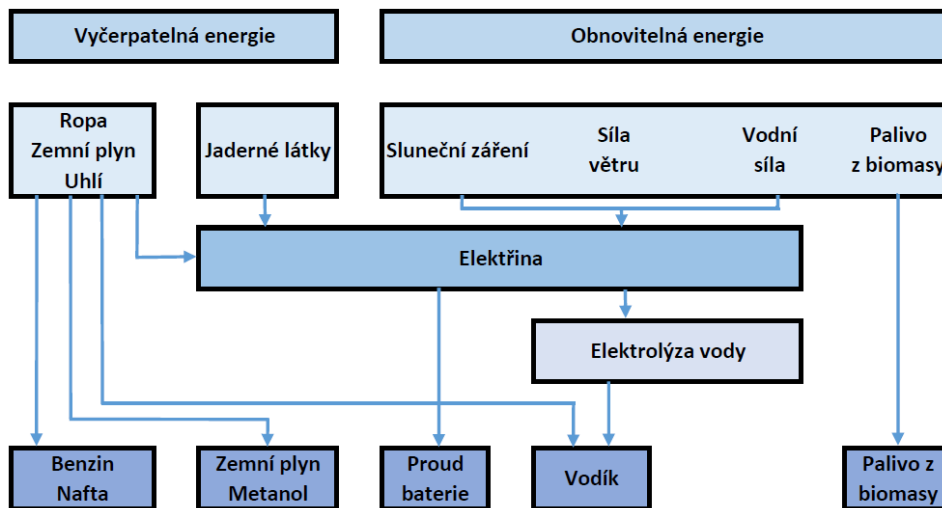
V současnosti je trendem nahrazování neobnovitelných zdrojů energie zdroji obnovitelnými např. alternativními palivy v pohonných jednotkách automobilů, kterých je několik:

- stlačený zemní plyn (CNG),
- zkapalněné ropné rafinerské plyny (LPG),
- bioplyn,

- bionafta a paliva na základě metylesteru řepkového oleje,
- paliva s využitím alkoholů (etanol a metanol),
- vodík,
- elektrický proud.

Tato bakalářská práce je zaměřena pouze na pohony využívající elektrickou energii. Na prvním obrázku je znázorněno schéma energií použitelných pro výrobu elektřiny.

Obrázek č. 1 – Přehled energií použitelných pro výrobu elektřiny



Zdroj: Frybert, 2015

1. Cíl bakalářské práce

Cílem práce je přehled stavu problematiky, týkající se osobních vozidel, které plně využívají elektrický pohon a jejich vztahu k životnímu prostředí včetně historie.

Bakalářská práce zprvu seznamuje s automobily jako takovými, jejich dělením a pohony, poté přejde k rozdělení elektrických vozidel a palivových článků, hodnotí stav a infrastrukturu poskytovatelů dobíjecích stanic. Zaměření je na ekologii v automobilovém průmyslu a dopravě, autorka popisuje problematiku výroby a spotřeby elektrické energie. Především je důležitý fakt, zda jsou vozidla s tímto pohonem ekologičtější, produkují méně emisí a jestli do budoucna nahradí vozidla se spalovacím motorem. Tedy co je palivo budoucnosti.

Praktická část je zaměřena na zhodnocení šesti vozidel s plně elektrickým pohonem, ve střední třídě a základní výbavě. Zároveň porovnání mezi sebou.

2. Metodika

Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Pro její zpracování byla využita odborná literatura a články, katalogy, osobní zkušenosti a zejména internetové zdroje. To je zapříčiněno tím, že se řešené téma neustále rozvíjí. V práci byla zpracována teoretická a technická data. Praktická část je zaměřena na analýzu technických parametrů u vybraných vozidel, jejich hodnocení a porovnání. Součástí praktické části je diskuze. Ta hodnotí odpovědi respondentů, kteří odpovídali na vypracovaný dotazník týkající se tématu: Elektromobilita jako pohon budoucnosti.

3. Historie se zaměřením na elektromobilitu

Dějiny automobilové dopravy jsou spjaty s dávnou historií, které svými zlomovými body byly vždy spjaty s vývojem pohonů a jejich paliv. Vznikaly koncepty různých vozidel, ovšem jedním z prvních těchto návrhů byl právě elektromobil, který tedy není žádnou novinkou na poli automobility a zapojoval se od počátku do této soutěže. Zvířecí síla kontra ostatní pohony. Od vývoje, po vozidla, na která se stály dlouhé řady. Dnešní přehlacený trh si život bez luxusních i méně luxusních showroomu nedokáže představit. Stačí chtít a jakékoliv vozidlo je dostupné téměř okamžitě.

V této dávné historii, roku 1800, byl objeven první použitelný zdroj stálého elektrického proudu. Voltův článek. V první polovině 19. století byly prozkoumány zákonitosti mezi elektřinou a magnetismem, čímž vznikla řada zákonů platících v elektrických obvodech.

Lze tedy říci, že elektromobily jsou dokonce starší než vozidla poháněná spalovacím benzínovým motorem.

V roce 1835 byla v Holandsku a v Itálii objevena první vozidla, která si vezla svůj energetický zdroj s sebou. Profesor Sibrandus Strating navrhl elektromobil, který byl vyroben a postaven jeho asistentem Christopherem Beckerem.

Tyto první akumulátory, které byly použity v těchto konceptech, byly bohužel velmi nákladné a těžké. Hmotnost dokonce převažovala nad váhou vozidla. Jednalo se o olověné akumulátory. Maximální dojezd byl dán kapacitou akumulátoru a činil pouhých 70 km. Elektromobil se stal prvním vozidlem na světě, který mohl překonat hranici 100 km kilometrů za hodinu (Inuru, 2012).

Obrázek č. 2 – První elektromobil, který překonal hranici 100 km za hodinu



Zdroj: Webové stránky, Elektromobily-os (2015)

V roce 1873 sestrojil další elektrické vozidlo Angličan Robert Davidson.

První motorové vozidlo se spalovacím motorem spatřilo světlo světa až o 12 let později. Čtrnáct let poté, roku 1887, se po ulicích Londýna prohánělo téměř 100 elektrických taxíků. Automobily byly velmi populární, na přelomu století a na začátku tohoto století bylo na cestách stále mnohem méně automobilů s benzínovým motorem. Proto přelom 19. a 20. století vnímáme jako velmi významné pro elektromobilu a nazýváme jej tak prvním zlatým věkem. V roce 1900 bylo v USA registrovaných 4000 vozidel, z toho 40 % tvořily parní stroje, 38 % elektromobily a jen 22 % benzínová vozidla. Počet elektromobilů tedy stále stoupal a převyšoval tak počet vozidel s konvenčním, spalovacím motorem, protože auta na benzín byla velmi drahá, neměla elektrická zapalování, a tak u nich zároveň docházelo k častým problémům se startováním. Auta se startovala roztáčením kliky, při provozu byla velmi hlučná a produkovala velké množství dýmu, toto bylo pro řadu řidičů a spolujezdců jistě velmi nekomfortní.

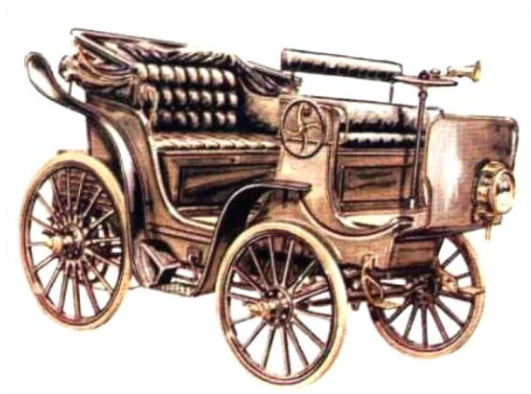
Elektromobily získaly svoji popularitu pro svoje snadné spouštění, jednoduchou konstrukci a tichý chod, bez dýmu. To byl fakt, kdy si i lidé uvědomovali, že tolik neznečišťují životní prostředí. Čisté ovzduší ovšem v této době nehrálo prim (Badida, 2007).

3.1. Historie elektromobility v ČR

Ani čeští vědci nezaháleli a slavný český elektrotechnik a vynálezce František Křižík v roce 1895 sestavil elektromobil na našem území a stal se tak jedním z prvních konstruktérů elektromobilů.

Šlo spíše o vozík, později o poháněný kočár. Vůz se ovládal ruční pákou, později volantem. Akcelerovalo se i brzdilo pedálem. Vozidlo bylo poháněno elektromotorem, který měl výkon 3,7 kW, později byly Křížíkovy elektromobily poháněny dvěma elektromotory, každý měl výkon o 2,2 kW (Wikipedie, 2020).

Obrázek č. 3 – Křížíkův elektromobil



Zdroj: Webové stránky, Eurooldtimers (2015)

4. Dělení vozidel dle pohonných systémů

Nejprve je důležité, aby byla vozidla rozdělena dle pohonných systému, a to:

- **vozidla se spalovacím motorem,**
- **vozidla s hybridním pohonem,**
- **vozidla s elektropohonem.**

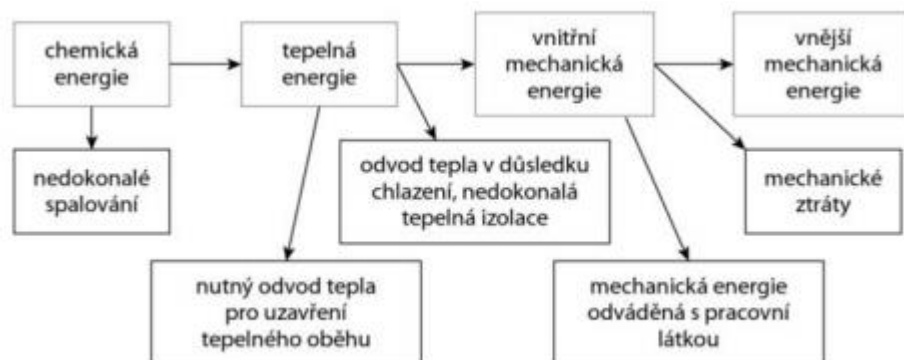
Mezi těmito druhy jsou různé rozdíly, neliší se jen pohonnou jednotkou, ale také mají jiné komponenty, které jsou nezbytné pro funkčnost a typ paliva.

4.1. Vozidla se spalovacím motorem

Základem tohoto typu vozidla je spalovací motor. Jedná se o tepelný stroj, jež spalováním paliva získává tepelnou energii a s využitím vhodného plynného média ji převádí na mechanickou práci. Tato energie je využívána buď jako energie potenciální (tlak spalín) u pístových spalovacích motorů, nebo energie kinetická (rychlost proudu spalín) u spalovacích turbín. Na Obrázek č. 4 se nachází schéma přeměny energie ve spalovacím motoru (Hromádko, 2011).

Vozidla se spalovacím motorem mají ještě další komponenty, oproti jiným typům vozidel, do kterých tyto části nemusejí být zakomponovány: Více stupňová převodovka, spojka, palivová nádrž, výfukový systém aj. (Janečka, 2014).

Obrázek č. 4 – Schéma přeměny energie ve spalovacím motoru



Zdroj: Hromádko (2011)

Podle základního dělení lze spalovací motory rozdělit dle způsobu přeměny tepelné energie:

- **pístové spalovací motory,**
- **turbínové spalovací motory,**
- **proudové spalovací motory.**

Podle způsobu přívodu tepelné energie na:

- **motory s vnějším spalováním,**
- **motory s vnitřním spalováním.**

Spalovací motory se ale ještě dělí podle skupenství paliva:

- **plynové motory** - jako palivo nejčastěji využívají propan – butan ve zkapalněné formě jako LPG, zemní plyn – CNG, kalový plyn, bioplyn;
- **motory na kapalná paliva** - ropná paliva - benzín, petrolej, nafta, neropná paliva - methanol, ethanol, řepkový olej;
- **více palivové motory;**
- **motory na tuhá paliva** - je do ústrojí pro přípravu směsi přiváděno tuhé palivo v práškovitém stavu např. uhelný prach.

Podle způsobu zapálení směsi paliva se vzduchem se motory rozdělí:

- **zážehové motory,**
- **vznětové motory.**

Zároveň se však pístové motory dělí podle způsobu dopravy čerstvé náplně do válce motoru:

- **motory s přirozeným sáním** - motory čtyřdobé nasávají čerstvou náplň (vzduch, směs paliva se vzduchem) do válce motoru pod tlakem, který vzniká pohybem pístu;
- **motory s vyplachováním** - motory dvoudobé, u kterých se k dopravě čerstvé náplně do válce využívá přetlak vyvolaný dmychadlem, či spodní kompresí u malých motorů – tj. stlačením vzduchu nebo směsí paliva se vzduchem pístem motoru v klikové skříni motoru při jeho pohybu do dolní úvrti. Při tom se vyplachuje vnitřní objem válce čerstvou náplní od zbylých kapalin. Přetlak je malý, přibližně 15 – 20 kPa;
- **motory přeplňované** – čtyřdobé i dvoudobé motory, u kterých se k dopravě náplně do válce využívá dmychadlo vyvolávající přetlak 0,1 až 0,2 MPa (Hromádko, 2011).

Z ekologického hlediska jsou však spalovací motory nejméně vhodné. Při spalování směsi uhlovodíkového paliva se vzduchem vzniká dokonalou oxidací uhlíku a vodíku obsaženého v palivu oxid uhličitý (CO₂) a voda. Při nedokonalé oxidaci jsou ve spalinách přítomny oxid uhelnatý (CO) a vodík. Nedokonalé spalování může být zapříčiněno celkovým nebo lokálním nedostatkem kyslíku, nedostatkem času pro oxidaci, nebo

důsledkem disociace spalin. Mezi škodlivé látky patří CO, oxidy dusíku, HC, NO_x apod. U vznětových motorů ještě saze a pevné částice (Janečka, 2014).

4.2. Vozidla s hybridním pohonem

U hybridních vozidel se rozumí kombinace více než jeden, či několik zdrojů energie pro pohon jednoho dopravního prostředku. Jedná se např. o spalovací motor, elektromotor a akumulátor, palivový článek, elektromotor a akumulátor, spalovací motor a setrvačnick. Nejčastější je kombinace spalovacího motoru, elektromotoru a akumulátoru (Hromádko, 2011)

4.3. Vozidla s elektrickým pohonem

Taková vozidla mají nejvyšší stupeň elektrifikace, to znamená, že je výhradně pohání elektromotor. Laicky řečeno, jsou nabíjeny ze zásuvky, tedy z elektrické sítě. Dle Fdrive.cz: Podle Evropské komise musí mít vozy s nulovými nebo nízkými emisemi (méně než 50 gramů CO₂ na kilometr) v roce 2030 podíl na celkových prodejkách 40 %. Cílem pro rok 2025 je 20% podíl.“ (Svatoš, 2019)

4.4. Vozidla s vodíkovými články

Alternativa pro bateriové elektromobily by do budoucna mohl být vodíkový článek. Vodík je využíván ve vodíkových palivových člancích, ve kterých probíhá reakce vodíku s kyslíkem, a tím se vyrábí elektřina pro elektromotor, anebo se přímo spaluje v pístovém či rotačním spalovacím motoru. Palivo je tedy buď vstřikováno do spalovacího prostoru pod vysokým tlakem u vznětového motoru, či je injektováno do sání spalovacího motoru a ve spolupráci se zapalovací svíčkou zažehne palivo. (Šablatura, 2019).

5. Elektromobilita a životní prostředí

Nejprve je nutné definovat si pojem životní prostředí. Co je životní prostředí?

„Jedná se o složitý otevřený systém, v němž se realizuje a vyvíjí život společnosti. Můžeme ho chápat jako dynamický systém, jako soubor daností a podmínek (hmotných i nehmotných), které nás obklopují, a to příroda a dále výsledky lidské činnosti.“
(Neubergová, 2005)

Doprava má na životní prostředí negativní vliv, hluk, exhalace, dopravní nehody.

Globálním vlivem je příspěvek ke skleníkovému efektu, jako regionální vliv je klasifikován projev k destrukci vegetace, kyselý déšť a depozice dusíku, naopak za lokální vliv může být považována bezprostřední blízkost komunikace, což právě způsobuje lokální znečištění ovzduší, hluk, nehody, přímé znečištění životního prostředí a podzemních vod, bariérový efekt apod.

Celosvětově množství automobilů rok od roku stoupá, a tím dochází k nárůstu skleníkových plynů, zejména CO₂, který se podílí na zemském oteplování z 55 %. Významným producentem je právě doprava. Z jednotlivých druhů doprav je silniční doprava největším producentem CO₂, a to z 80-90 %.

Například spálením jedné cisterny benzínu se uvolní do ovzduší 150– 200g CO₂. Světová silniční síť měří 22,4 mil. km, z toho je procentuální podíl v Evropě 24,1 % (Neubergová, 2005).

Řešením pro minimalizaci hluku, emisí a úniku při dopravních nehodách by mohla být v blízké budoucnosti právě elektromobilita.

Tento alternativní pohon vzbuzuje řadu otázek, které se týkají především emisí a životního prostředí. Nulové emise při jízdě, vysoký výkon, účinnost, rychlá akcelerace, a krátký dojezd na jedno nabití je vhodnější na dopravu ve městech.

Mnohokrát je neustále zmiňováno, že emise, vznikající při výrobě elektrické energie, se přesouvají do elektráren, a tudíž se na první pohled zdá, že elektromobilita je čistější.

Je velmi důležité se na výrobu elektrické energie zaměřit, jak se elektřina vyrábí. To samozřejmě potvrzuje, že u elektromobilů nelze mluvit o nulových emisích.

Kdyby byl v budoucnu prodej ve velkém množství rozšířen, došlo by samozřejmě i k rapidnímu zvýšení výroby elektrické energie. Je důležité se zamyslet nad tím, že pokud nedojde k výrobě energie z obnovitelných zdrojů, kterou by státy začaly vyrábět, nebudou ani elektromobily ekologičtější (Badida, 2007).

Provozem elektromobilů se sníží emise, hluk i únik škodlivých látek při nehodách. Nejdůležitější však je zamyslet se nad tím, jaké jsou tedy ekologičtější zdroje energie pro dopravu? Aby bylo možné ji, nazvat šetrnější k životnímu prostředí? A co výroba vozidel a vznik emisí při provozu továren?

Momentálně se pro výrobu energie nejvíce využívá černé a hnědé uhlí, což jsou fosilní vyčerpatelná paliva. Uhlí by mohlo nahradit ropu, ovšem získávání uhlí je velmi náročné a nese řadu vážných problémů. Např. negativní vliv na životní prostředí při těžbě, kdy se do ovzduší uvolňují emise kyslíčků uhelnatého. To působí negativně na lidi, kteří žijí v okolí a zároveň na vegetaci (Gonžár, 1989).

Získávání energie z uhlí je tak neekologické a neudržitelné, energii jde však získávat ze slunce, tzv. sluneční energie. Zařízení pro výrobu energie jsou principiálně jednoduchá. Většina těchto baterií je vyrobena ze silikonu, tohoto materiálu jsou na světě hojné zásoby. Silikon se v technologii výroby čistí, taví do forem a v dalším zpracování jsou z něj nařezány tenké plátky. To je velmi drahé a energetické náročné (Gonžár, 1989).

Pro elektromobilitu by mohla mít význam energie získaná z větru, větrná energie. Ta patří mezi sluneční zdroje, a to z důvodu, že proudění vzduchu vzniká teplotními rozdíly v jednotlivých částech atmosféry. To je zapříčiněno různým množstvím slunečního záření. Větrné mlýny a elektrárny se využívají již dlouhou dobu, bylo by tak možné tuto energii vyrábět a aplikovat v dopravě. Bude to však mít pouze lokální význam, jelikož je možné umisťovat zařízení s poměrně nízkým výkonem, ovšem je potřeba se také zamyslet nad tím, že je nutné schválení umístění větrného mlýnu a to posuzováním vlivu na životní prostředí (Gonžár, 1989).

Další možností je využití zemního plynu, v tomto případě se nejedná o elektromobilitu, ale provoz vozidel na CNG, nebo kombinace benzínu a CNG, to by mohlo být ekologičtější, ovšem tato vozidla vyžadují samostatná parkovací místa, jelikož nesmějí vjíždět do podzemních stání. Vyžadovalo by to tak, přestavět podzemní garáže, aby byly odvětrávány shora i ze spodu. Nebo zvětšení parkovacích míst u nákupních center apod. To by mělo za následek likvidaci zeleně ve městech (Volf, 2020).

Dnes se již v omezené míře aplikuje vodík jako pohonná hmota. To by v budoucnu mohl být perspektivní pohon. Jedná se tak o ideální palivo budoucnosti, jeho širší využití však vyžaduje řešení vážných technických problémů spojených s jeho výrobou ve velkém množství, distribuci i skladování.

5.1. Emise elektromobilů

V současné době jsou nové technologie, včetně elektromobility na vzestupu, cílem všech, a především Evropské unie, je chránit si místo, kde žijeme, především předcházením důsledku změn klimatu. Jednou z takových alternativ je momentálně podpora získávání energie z obnovitelných zdrojů. Tou je tedy, jak bylo již výše zmíněno, větrná, solární a vodní energie, nebo energie z biomasy.

Velkým, tíživým problémem, se zdá výrazné snížení emisí skleníkových plynů. Jedním takovým projektem, který by mohl podpořit elektromobilitu, je aktualizace Národního akčního plánu čisté mobility, který byl vypracován v roce 2015 a zaktualizován o tři roky později, náměstkem ministryně, panem Ing. Eduardem Muřickým. V této prezentaci jsou stanoveny cíle pro rok 2020, letošním plánem by měl být vozový park o cca 5000 elektromobilech a 48 tisících CNG vozidlech. Skutečnost zatím není potvrzena z důvodu uplynutí prvního kvartálu roku, ovšem prodeje rapidně rostou. Pouze za leden 2020 se v České republice prodalo 384 elektromobilů (Hybrid.cz, 2020).

„Evropská strategie bezpečnosti energetických dodávek), která stanovuje cíl nahradit do roku 2020 20 až 23 % konvenčních paliv v dopravě alternativními palivy (8 % biopaliva, 10 % zemní plyn a 2 až 5 % vodík)“ (Cng4you.cz, 2018).

Potenciál úspor je opravdu obrovský.

Elektromobily, jak již bylo zmíněno, mají totiž nulové emise při jízdě, vysokou účinnost, ale bohužel také krátký dojezd, proto jsou tato vozidla využívána spíše pro městské účely. Je zřejmé, že na prodloužení dojezdu se neustále pracuje.

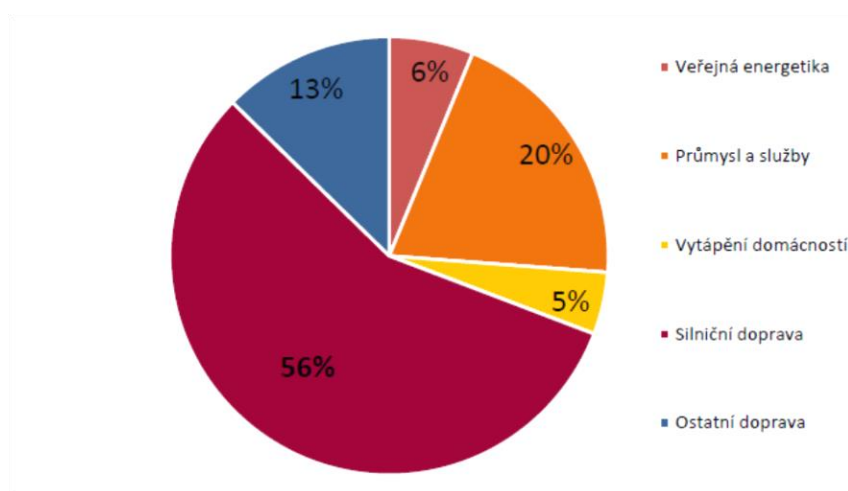
Častý argument, který se při nulových emisích uvádí, je že se emise přesouvají na jiné místo, a to do továrny. Toto je skutečně důležité, jak se vyrábí elektrická energie, která je potřeba na dobíjení baterií. Samozřejmě důležité jsou také emise, které vznikají při výrobě samotného vozidla. Pokud se na výrobu používají klasické elektrárny (uhelné, jaderné), které zatěžují životní prostředí emisemi SO₂, NO_x, VOC, CO₂ a tuhými částicemi, tak nelze mluvit o nulových emisích. Avšak i v tomto případě jsou celkové emise nižší, v některých případech až od 90% v porovnání s klasickými vozidly. Kdyby však měla elektrická vozidla nahradit normální vozidla, vedlo by to sice ke zlepšení kvality ovzduší, ale zároveň také k výraznému nárůstu spotřeby elektřiny, při jejíž výrobě by v některých případech byla naopak zvýšeny emise tuhých částic.

Provozem elektromobilů nedojde jen ke snížení emisí, ale také ke snížení spotřeby paliva, tedy ropy. Když by byl zvážěn fakt, že by se na cestách pohybovalo alespoň 1%

elektromobilů, tak by při 10 tisících naježděných kilometrech na jedno vozidlo, celkové úspora tak představuje až 1,5 miliardy litrů benzínu. V případě, že na 1 litr benzínu jsou potřeba asi 2 litry ropy, úspora by byla až dvojnásobná (Badida, 2007).

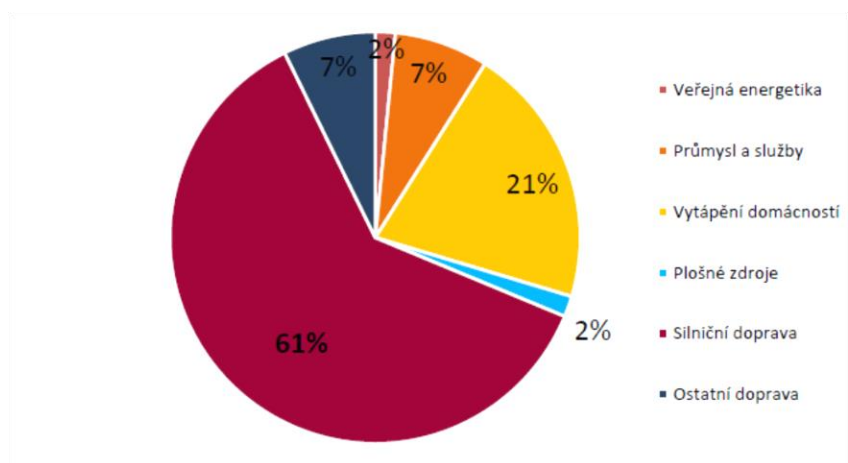
Níže jsou k nalezení grafy na Obrázek č. 5 a Obrázek č. 6, které byly vypracovány pro seminář ministerstva životního prostředí pro projekt Čistá mobilita, který se uskutečnil v roce 2017. Data byla čerpána z Českého hydrometeorologického ústavu. Jde o podíl silniční dopravy na produkci emisí v Praze (Ministerstvo životního prostředí, 2017).

Obrázek č. 5 - Graf - Podíl silniční dopravy na produkci emisí NOx v Praze:



Zdroj: MŽP – čistá mobilita – seminář (2017)

Obrázek č. 6 - Graf - Podíl silniční dopravy na produkci emisí PM2,5 v Praze:



Zdroj: MŽP – čistá mobilita – seminář (2017)

5.1.1. Měření emisí

Emise vozidel jsou měřeny na stanici technické kontroly specializovaným technikem.

Nové vozy podstupují kontrolu na STK po první registraci za čtyři roky, ojeté vozy každé dva roky. Vozidlo musí navštívit stanici technické kontroly, kde proběhne kontrola technického a vizuálního stavu vozidla, také se měří produkce emisí. Od roku 2018 byla pravidla zpřísněna, oproti roku 2016, tyto kontroly mohou dělat jen stanice měření emisí, které jsou on-line napojeny na ministerstvo a okamžitě posílají fotografie měřeného vozidla, protokol se generuje až na ministerstvu. Do vozidel jsou umisťovány filtry pevných částic a je nastavena hodnota kouřivosti. Tento součinitel není limitovaný žádnými normami (Euro 4 , Euro 5...), ty totiž stanovují hodnotu škodlivosti ještě přesněji, v gramech na kilometr jízdy, a to pro zkoušku prototypu na válcové zkušebně. Když jsou tyto hodnoty splněny, měří se ještě kouřivost metodou volné akcelerace, to znamená, že vozidlo stojí na pevné podlaze a technik na neutrální vytáčí otáčky. Tímto způsobem se měří emise u vozidel se spalovacími motory. Jedná se o emise provozu těchto vozidel (Auto.cz, 2018).

Obrázek č. 7 – Měření emisí



Zdroj: Webové stránky, Skodahome.cz (2013)

U elektrovozidel je tomu jinak, samozřejmě tento výpočet emisí tvořených provozem je snadný, nulový, ovšem jakmile bude pátráno po čisté výrobě samotného elektrického vozidla, nebude to snadný úkol.

Většina výzkumů se totiž zabývá pouze emisemi způsobenými provozem vozidla, jak je to tedy s emisemi, které jsou produkovány při výrobě vozidla? Co se do těchto emisí a škodlivých látek počítá?

„Pro srovnání je ale nutné vědět, kolik emisí CO₂ se vyprodukuje při výrobě spalovacích vozů. Výzkumy na toto téma nejsou tak časté, většina jich se ale shodne na číslech mezi 5 a 10 tunami, v závislosti na velikosti vozu a místa jeho produkce. Energeticky nejnáročnější na výrobu jsou karoserie, které se podílí na výsledných emisích zhruba 45-50%, zatímco spalovací motor vytvoří jen kolem 20%. Na výrobu spalovacího motoru Hyundai Kona s motorem 1.0 se tedy uvolní 6 tun CO₂, zatímco u Audi Q7 se spalovacím motorem 3.0 už je to kolem 10 tun (Svět motorů, 2019).“

Každá automobilka se tímto tématem zabývá jinak.

Například Škoda Auto aplikuje inovativní změny, aby při výrobě vozidel došlo ke snížení emisí a škodlivých látek vypuštěných do ovzduší. Ty jsou rozepsány níže.

5.1.2. Green Factory Škoda Auto

Škoda Auto a.s. vydává každé dva roky zprávu o trvale udržitelném rozvoji, kde se snaží inovativními změnami „ekologicky vyrábět“ vozidla. Takovým příkladem je „GreenFactory“, zaměřením se na pokles vlivu výroby vozidel na životní prostředí. Do konce roku 2018 byl tento pokles o 56 %, oproti roku 2010, společnost uvádí, že se podařilo překonat jejich cíl o 6 %. Společnost totiž měří a sleduje ukazatele spotřeby energií a vody, množství nevyužitelného odpadu na vyrobený vůz a emise těkavých organických látek VOC a skleníkových plynů CO₂. Níže jsou uvedeny klíčové ukazatele ekologické výroby, kde lze sledovat průběh let 2017 a 2018 v porovnání s rokem 2010. Škoda Auto se dále zabývá prevencí znečištění ovzduší, která je především zaměřena na poškozování ozonové vrstvy spojenou s freony, tudíž se cíleně soustředí na problematiku chlazení a klimatizace, aby splňovala nová pravidla Evropské unie, zejména pak na prevenci úniku těchto látek do ovzduší. Mezi opatření patří pravidelné kontroly a zpětné získávání chladiv z vyřazených zařízení.

Je kladen důraz na to, aby byla využívána nová chladiva. Využívají se nová chladiva s nízkým potenciálem přispívat ke globálnímu oteplování, tím pádem se minimalizuje jejich dopad na životní prostředí v případě úniku. Ze všech škodlivin, vypuštěných do ovzduší, tvořily 83 % těkavé organické látky (VOC), z čehož 96 % pocházelo z provozů lakoven. Tyto látky jsou využívány taky v jiných částech výroby, například ve svařovně v Kvasinách nahradili původní prostředek k čištění karoserií, který obsahoval 100 % VOC za přípravek s výrazně nižším obsahem těchto sloučenin. Vedlo to k uspoření 1,2 tuny emisí VOC. Také v nářadovně slouží přípravky k odmašťování jednotlivých částí tlakových forem, než se zahájí jejich oprava, zde se využíval do roku 2015 prostředek

se 100% obsahem VOC, ten byl nahrazen v roce 2018 prostředkem s nulovým obsahem VOC, čímž se ročně ušetří 565 kg emisí těkavých organických látek.

Zároveň se Škoda Auto zaměřuje na snížení spotřeby energie a redukci emisí CO₂, které vznikají při výrobě vozů. Ty pocházejí výhradně ze spalování zemního plynu a spotřebovaná elektrická energie je vyrobená z hnědého uhlí. Snížení těchto emisí samozřejmě úzce souvisí se snížením spotřeby energií. Automobilka se je proto snaží eliminovat souběžným zaváděním opatření ke snížení spotřeby energie, nákupem elektřiny vyráběné z ekologických zdrojů a navýšením objemu biomasy používané na výrobu energie v závodě v Mladé Boleslavi. Momentálně testují i přechod na alternativní paliva (Škoda Auto, 2018).

Obrázek č. 8 – Klíčové ukazatele ekologické výroby.

	2010		2017		2018	
	Báze	Skutečnost	Δ %	Skutečnost	Δ %	
Spotřeba energie (MWh/vůz)	2,18	1,48	32,1 %	1,39	36,2 %	
Emise CO ₂ (kg/vůz)	1 070	483	54,9 %	429	59,9 %	
Produkce odpadů (kg/vůz)	28,30	0,82	97,1 %	0,78	97,2 %	
Spotřeba vody (m ³ /vůz)	2,77	1,77	36,2 %	1,71	38,2 %	
Emise VOC (kg/vůz)	2,76	1,49	46,1 %	1,41	48,9 %	
Výroba (vozy)	533 405	870 496	63,2 %	902 467	69,2 %	
Snížení dopadu na životní prostředí			Ø 53,3 %		Ø 56,1 %	

Zdroj: Škoda Auto a.s. (2018)

5.1.3. Přepočet CO₂ na kWh

Ač se to zdá nesmyslné, nepřímé emise CO₂, tedy oxidu uhličitého, mohou mít však elektromobily mnohem vyšší, než je průměr takzvaných spalovačů. Nejčastěji však 80 g CO₂ na kilometr, zdroj bohužel neuvádí, o jaký konkrétní automobil se jedná, a tedy nejsou známé technické parametry vozu. Podle údajů Ministerstva průmyslu a obchodu se v České republice při výrobě 1 kWh elektrické energie vypustí 1170 g oxidu uhličitého. Elektromobil by tak musel mít spotřebu do 6,8 kWh/100 km jízdy. Pro porovnání spotřeba průměrného elektrického vozu Volkswagen e-Golf, který je považován za průměrný elektromobil, se spotřeba udává 12,7 kWh na 100 km.

Tedy emise by byla nějakých 148,6 g/km CO₂. Po přepočtu je to spotřeba benzínu 6,4 l/ km. Zdroj provedl srovnávací test elektromobilů a ten značí nepochvalné hodnoty, kdy i3 jezdilo za 13,1 kWh (6,6 l/100 km), e-Golf za 14,7 kWh (7,4 l/100 km) a Nissan Leaf za 16,4 kWh (8,3 l/100 km) na sto kilometrů elektrické jízdy. Tento test ukázal, že v Evropě se prodávají vozidla, která mají v průměru nižší emise než u nás prodávané elektromobily. Provozovat tedy elektromobil s domněním čistší jízdy nemá v České republice smysl (Autorevue, 2015).

6. Koncepte elektromobilu

Elektromobil je ve skutečnosti dnes jednodušší než klasický automobil se spalovacím motorem. Nejčastější konstrukce elektromobilu, je stavbou velmi podobná klasickému spalovacímu automobilu, často je to způsobeno tím, že z něho vychází. Místo nádrže na benzin či naftu jsou baterie a místo spalovacího motoru je potřebná elektronika a elektromotor, ten může být umístěn vpředu, vzadu, nebo uprostřed. Některé vozy mají elektromotory dva. Téměř úplně vymizela převodovka. Díky charakteristikám elektromotoru, který má vyrovnaný točivý moment téměř od první otáčky až po otáčky maximální, není potřeba vícestupňová převodovka, a místo řadicí páky je v elektromobilu pouze ovládací prvek na zvolení jízdy dopředu, dozadu nebo režimu parkování. Elektromotor je jednoduchý, má pouze jednu rotující část (rotor), nevyžaduje žádnou provozní kapalinu (olej apod.), je téměř bezúdržbový, a hlavně při provozu nevypouští žádné emise do ovzduší.

K řízení je samozřejmě potřeba řídicí elektronika včetně měničů napětí, proudu a frekvence. Tato elektronika může být ale v závislosti na použitém motoru v každém elektromobilu jiná. Moderní elektromobily ovšem splňují spolu s dobíjecími stanicemi evropské standardy a není tedy problém kterýkoliv nový elektromobil nabít pomocí jakékoli dobíjecí stanice. Problémovou částí jsou však akumulátory, které bývají nejdražší a nejtěžší částí elektromobilu. Akumulátory výrazně omezují dojezd elektromobilu, když dojde energie, je jejich dobití několikanásobně delší než dotankování automobilu se spalovacím motorem. Také jejich životnost se pohybuje pouze okolo pěti let, a to není dostačující, když průměrné stáří vozu v České republice činí 14,5 roku. Životnost je daná víceméně počtem dobíjecích cyklů, ale dá se také ovlivnit stylem využívání (Kott, 2014). Dnes jsou na trhu dostupné elektromobily téměř všech značek, mezi nejznámější patří Tesla, BMW a Audi, což jsou samozřejmě výrobci prémiových značek, ovšem mezi klasičtější a dostupnější patří i Škoda, Nissan, Volkswagen, Hyundai, Kia, Renault a jiní. Nejprodávanějším modelem v Evropě roku 2018 je však Nissan Leaf, který předčil i dříve nejoblíbenější model, BMW i3 (Auto.cz, 2019).

Obrázek č. 9 - Audi e-tron, podlahu tvoří akumulátory, elektromotor je vpředu i vzadu.



Zdroj: Audi (2018)

Ve stručnosti lze uvést výhody a nevýhody elektromobilů, těch však bude mnohem více, a záleží na hodnotiteli, jak se výsledky budou lišit. Budou proto uvedeny jen základní, na první pohled viditelné, či zřejmé výhody a nevýhody. V dnešní době však hodně záleží na penězích, a tak si autor ze své zkušenosti myslí, že se elektromobil nemusí zdát příliš výhodný. Dále musí být podotknut fakt, že svět začíná bojovat o zelenější prostředí a člověk se snaží více si vážit místa, kde žije. Tak by bylo možné, že by lidé při nižších cenách elektrovozidla kupovali. Závisí to však také na faktu výroby, kdy bylo ze studií zjištěno, že elektromobil dává své ano čisté jízdě, ovšem produkce zatím není příliš ekologická.

Z autorčiných osobních zkušeností, která se podílela na prodeji nových vozů Audi a Volkswagen, lze říci, že jsou pro ni elektrovozidla praktická, mají perfektní výkon a zrychlení, cítí se bezpečně, je ráda, že jízda je čistá, nevadí ji delší nabíjecí doba, při rychlonabíjení stačí přibližně 30 min, při kterých se dají vyřídit pracovní telefonáty, ovšem vozidlo musí být nabíjeno i po příjezdu do zaměstnání, nebo po příjezdu domů. Nevýhodou však je, že pokud vozidlo „rychlónabíjíme“, ztrácí tak životnost akumulátoru, kdy klesnou nabíjecí cykly klidně na polovinu.

Jízdou není šetřeno pouze životní prostředí, ale také peníze, jsou-li zváženy dnešní ceny ropy. A pokud je samozřejmě posuzována pouze jízda, nebere se ohled na výrobu. Elektro jízda má tedy i svá proti, která jsou k porovnání v Tabulka č. 1 níže.

Tabulka č. 1– Výhody a nevýhody elektromobility

Výhody	Nevýhody
Bez emisí provoz, výroba energie však bez emisí není a při výrobě se vyprodukuje také velké množství	Vysoká pořizovací cena, někdy několikanásobně vyšší než u modelů se spalovacím motorem
Nízké provozní výdaje, s dnešními distribučními tarify se výdaje pohybují okolo 70 Kč/100 km	Velmi krátký dojezd (100 - 300 km), a také krátká životnost baterie, která je ovlivněna četností nabíjení
Možnost dobít z jakékoliv zásuvky, když se do budoucna rozroste síť, lze nabít u každého OC, na parkovišti	Dlouhý dobíjecí čas, kdy typický čas ze zásuvky 230 V je 8 hodin, u rychlonabíjecí stanice nám stačí cca 30 min
Jednoduchost elektromotoru, ten je bezúdržbový a životnost je téměř nekonečná	Nutnost vybudování sítě dobíjecích stanic a distribučních sítí, velké spotřebování energie, která je z neobnovitelných zdrojů

Zdroj: (Zpracováno ze získaných zdrojů - Vachelová, 2020)

7. Elektromotor – pohon elektrických vozidel

Elektromotor dokáže přeměnit až 90 % energie na energii mechanickou, zatímco spalovací motor pouze kolem 30 %. Další významnou vlastností a výhodou je fakt, že elektrický motor dokáže fungovat jako motor, ale také jako generátor, který přeměňuje kinetickou energii pomocí brzdění zpět na elektrickou.

Této přeměně kinetické energie na elektrickou se říká rekuperace. Ve stavbě elektromotorů lze použít celé řady tradičních principů činnosti, využitelných pro trakční pohony. Stěžejnost pro trakční motory určuje hodnota momentu, menší význam má hodnota výkonu. Konstrukce musí být spolehlivá, ve vysokých otáčkách musí být dostatečný výkon. Důležitá je kompaktní stavba, vysoká účinnost při malé hmotnosti, krátkodobá přetížitelnost, nízká hladina hluku, nízké udržovací vlastnosti a výhodná cena (Hromádko, 1979).

„Elektromotory můžeme dělit na komutátorové a bezkomutátorové. Komutátorové motory se k pohonu elektromobilů většinou nepoužívají, hlavní nevýhodou je samotný komutátor. Tento mechanický přepínač, který spíná velké proudy, je zdrojem poruch. Komutátor je mechanicky značně namáhán a zařízení vyžaduje pravidelnou údržbu v podobě výměny některých součástí“ (Frybert, 2015).

V historii byly u elektromobilů, které mohou být napájeny přímo z baterie, nejčastěji používány stejnosměrné motory, které vykazovaly výhodné charakteristiky, jednoduchou regulaci otáček v širokém rozsahu a plynulý přechod z jízdy na brzdění.

Tyto motory jsou momentálně vytlačovány střídavými motory, stejnoměrný proud z akumulátoru je nahrazen střídavým proudem. Nejpoužívanější jsou bezkomutátorové elektromotory, pracující na principu točivého magnetického pole, které vzniká ve statoru, ten je tvořen cívkami. Tyto motory se ještě dělí na synchronní a asynchronní, liší se od sebe konstrukcí rotoru (Frybert, 2015), (Kameš, 2004).

Dále tedy budou popsány příklady asynchronního motoru a synchronního motoru s permanentními magnety, jak se z elektrické energie stane energie mechanická, jež pohání elektrická vozidla.

7.1. Střídavé motory

Střídavé motory potřebují pro svou funkci střídavé napětí a proud. Mezi střídavé motory patří asynchronní a synchronní motory. Oba tyto motory jsou používány v elektrických vozidlech (Hromádko, 2015).

7.2. Asynchronní motor

Asynchronní, neboli indukční motor, se vyznačuje jednoduchou, spolehlivou a bezúdržbovou konstrukcí. Tok energie mezi rotorem a státorem probíhá pouze pomocí elektromagnetického pole. Statorové vinutí se skládá z minimálně tří svazků, pootočených o 120° a je napájeno třífázovým střídavým napětím. Vlivem magnetického pole se v rotoru indukuje napětí a proud, který vznikne v rotoru, vyvolá magnetický moment, čímž se rotor roztočí. Stejněměrný proud z trakčních baterií je nutno proměnit na střídavý. Toho pulsním zdrojem s frekvenčním měničem. Změna otáček se provádí změnou frekvence napájecího napětí. Oproti stejnosměrnému motoru je asynchronní motor při stejném výkonu výrazně lehčí a menší, proto lze počítat s výkonovou hmotností asi 1kg/kW. Výhoda třífázového asynchronního motoru je v tom, že odpadá vinutí kotvy a kolektor (Hromádko, 2015).

1. 1. Synchronní motor

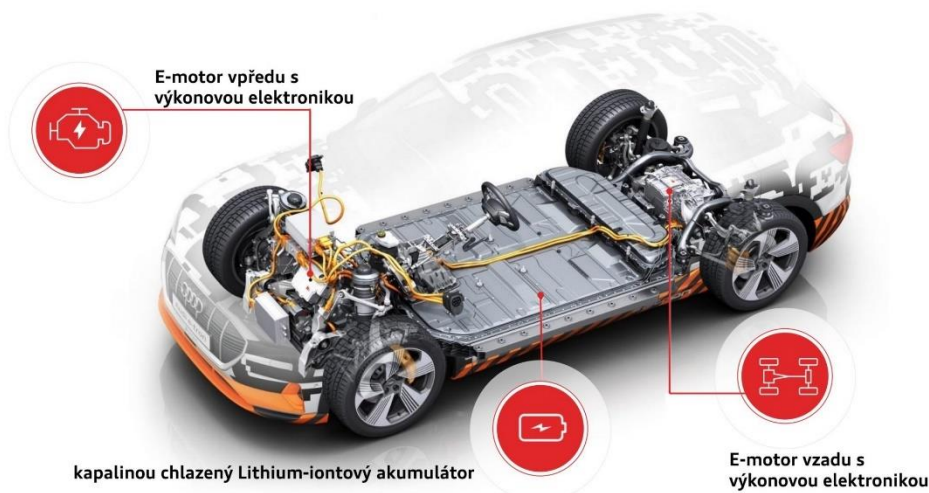
Synchronní motory, někdy označované jako PMSM, se hojně používaly před aplikací permanentních magnetů. Výhodou je menší hmotnost a objem. Synchronní motory jsou typické vyšší účinností. Nevýhoda však naopak je, že mají složitější konstrukci a jejich pořizovací cena je mnohem vyšší a mnohem snadnější regulací otáček. Motor má opět třífázové vinutí. Uvnitř je uložen rotor s permanentními magnety. Magnety bývají tvořeny slitinami vzácných kovů, aby byla magnetická indukce co nejvyšší. Motor dosahuje účinnosti přes 90 %. Elektromotory, které jsou umístěny přímo v kole, nazýváme nábojové. Rotor je s permanentními magnety pevně spojen s koly a obepíná stator (Frybert, 2015), (Borba, 2013).

8. Umístění elektromotoru

8.1. Elektromotor uložený vpředu pohánějící přední nápravu

Tato varianta je podobná klasickým vozům se spalovacím motorem vpředu. Využívá ji mnoho dnešních elektromobilů, například: Audi e-tron.

Obrázek č. 10 - Audi e-tron – pohon vpředu

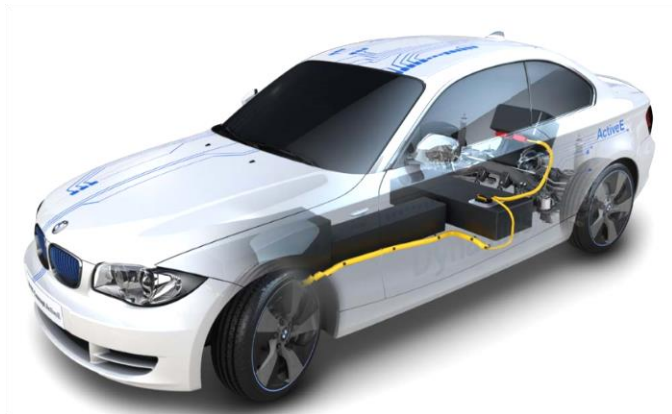


Zdroj: Audi (2019)

8.2. Elektromotor uložený uprostřed / vzadu pohánějící zadní nápravu

Další poměrně běžné řešení je, opět podobné klasickým vozům se spalovacím motorem. Toto řešení je použito např. ve vozech Tesla Roadster (motor uprostřed) nebo BMW ActiveE (motor vzadu).

Obrázek č. 11 - BMW ActiveE – motor vzadu



Zdroj: Webové stránky, Autokaleidoskop.cz (2009)

2. 1. Elektromotory uložené přímo v nábojích kol

Zatím poměrně vzácné řešení. Na rozdíl od předešlých zde odpadá nutnost jakéhokoliv převodu z motoru na nápravu. Nevýhodou je naopak větší neodpružená hmotnost automobilu, a tedy o něco horší jízdní vlastnosti. Navíc ještě mnohem složitější řídicí elektronika, neboť každé kolo musí být řízeno zvlášť. Elektromotory v nábojích jsou například ve voze Lightning GT (elektromotor v každém kole) nebo u Mitsubishi systém MiEV, ať už ve 2 kolech u Mitsubishi Colt EV nebo ve všech 4 kolech u Mitsubishi Lancer MiEV. (Technický deník, 2017)

9. Zdroje energie

Akumulátory neboli zdroje energie u elektromobilů, jsou technická zařízení, která bývají uzpůsobeny k opakované akumulaci elektrické energie. Tyto „baterie“, jak se u vozidel chybně nazývá, jelikož baterie nelze znovu dobít, fungují na různých principech. Jedná se o sekundární zdroj, to znamená, že nejprve musí být nabity a poté je možné jej využít jako zdroj. V automobilovém průmyslu pracují akumulátory nejčastěji na elektrochemickém principu, kde dochází k přeměně elektrické energie na chemickou. Toto je vratný proces, který se projeví rozdílným elektrochemickým potenciálem v elektrodách (Frybert, 2015).

Tyto zdroje jsou netěžší a nejdražší prvky automobilu na elektrický pohon. Dobíjení je několikanásobně delší než tankování běžného paliva u spalovacího motoru, jako je benzín, nebo diesel. Takové nabití může trvat u rychlonabíjecí stanice nejméně 30 minut. Jelikož je tento akumulátor nejdražší částí vozu, je životnost důležitým faktem, proč po silnicích jezdí stále tak malé množství vozidel s tímto pohonem. Tyto akumulátory mají danou nejen kapacitu, ale také životnost, která se řídí počty nabití tj., kolikrát může být akumulátor nabit. Čím častěji je rychlonabíjen, tak výrazně klesá životnost, až o desítky procent. A i když je nabíjen klasicky, nemá neomezený počet nabití. Tato životnost je přibližně 5-10 let, umožní tedy jízdní výkon více než 50 000 km a jsou bezúdržbové, Dnes jsou výhradně používány Lpol nebo Li-Ion baterie. Nemají paměťový efekt, ale jsou velmi hořlavé a jen velmi těžko se hasí. Další nevýhoda elektrovozidel. (Hromádko, 2012) (Volf, 2020)

9.1. Druhy akumulátorů

Elektrochemické akumulátory se dělí dle principu, mezi nejčastěji používané řadíme olověné akumulátory, nikl-kadmiové, nikl – metalhydridové, lithium – iontové, lithium iontové fosfátové a vysokoteplotní baterie (Hromádko, 2012). Perspektivním akumulátorem energie je takzvaný super kondenzátor, který je schopen rychle akumulovat a následně odevzdat velké množství elektrické energie.

Životnost je vyšší než u běžných akumulátorů, nedochází k paměťovému efektu a není náchylný na opakované nabíjení a vybíjení vysokým proudem (Automatizace, 2006).

9.1.1. Olověný akumulátor

Katoda neboli záporná elektroda se skládá u olověného akumulátoru v nabitém stavu z čistého olova, anoda (kladná elektroda) z oxidu olovičitého.

Mezi oběma elektrodami je napětí cca 2 V. Elektrolytem je zředěná kyselina sírová. Je-li akumulátor vybitý, difundují ionty olova do elektrolytu, kde reagují na sulfát.

Při tom uvolňované elektrony protékají vnějším proudovým obvodem k anodě.

Při vybití se reakce obrací. Ještě dnes je tento akumulátor používán ve většině zásobníků energie pro elektrovozidla. Tato baterie je velmi těžká a může akumulovat málo energie, cca 25 Wh/kg. Tyto baterie mohou být nabity a vybity přibližně 800krát.

Pokud tyto baterie využíváme pro startování, mají parametry životnosti a cyklů až dvakrát větší, než když jsou využívány jako pohon elektrického vozidla (Hromádko, 2012).

9.1.2. Baterie nikel – kadmium

Tyto akumulátory mají pro elektromobilitu velký význam, ve spotřebitelském oboru jsou vyráběny jako malé, plynotěsné, uzavřené knoflíkové články. Jako velké baterie jsou používány ve tvaru otevřených článků, pokud mají být pro elektrovozidla bezúdržbové, musí být vyvinuty v plynotěsné verzi, kapacita může být zvýšena kapacitou elektrod.

Ty jsou složeny z vláken, které obsahují elektricky vodivé niklem vrstvené materiály. Obě tyto aktivní hmoty nikloxid a kadmium dovolují i silné vybití baterie. Elektrolytem je vodní roztok hydroxidu draselného, ten se jako zředěná kyselina sírová u olověné baterie nepodílí na reakci, ale jen na transportu iontů mezi elektrodami. Baterie smí být velmi rychle nabíjena. Vozidla s touto baterií mají větší dojezd o asi 50%, než u olověných baterií stejné hmotnosti. Jejich životnost je přibližně 1500 cyklů při dojezdu 120 000 km. Mají velký paměťový efekt a nejsou vhodné pro nabíjení, pokud nejsou zcela vybité, jinak se velmi snižuje kapacita. Z tohoto důvodu nejsou pro elektromobily příliš vhodné. (Hromádko, 2012).

9.1.3. Baterie nikel – metalhydridová

Je podobná baterii nikel – kadmiové, nikel – metalhydridová baterie je používána především v moderních elektrovozidlech. Její anoda je na bázi sloučenin niklu, záporná elektroda ze slitiny pohlcující vodík. Elektrolytem je zředěný roztok hydroxidu. Mezitím je separátor naplněný bazickým elektrolytem, který je ředěný roztokem vápenného nebo lithiového hydroxidu. Při vybití je hydroxid nikloxidu redukován na anodě s vodou na nikelhydroxid, odebírá při tom z molekuly jeden elektron. Tvoří se skupina OH, která putuje ke katodě, kde předá hydrid jeden elektron a jeden atom vodíku. Elektron protéká vnějším proudovým obvodem, atom vodíku tvoří se skupinou OH vodu. Při nabíjení

je proces opačný. Tyto akumulátory jsou na tom o něco lépe než NiCd, ale také mají paměťový efekt. (Hromádko, 2012), (Volf, 2020).

9.1.4. Baterie vysokoteplotní

Tyto baterie mohou být také zvané vysokoenergetické baterie, potřebují pracovní teplotu 250 – 300 stupňů celsia. Jsou zatím ve fázi prototypové vyspělosti, nacházejí se jako sodík-sírové a sodík-niklchloridové. Sodík-niklchlorid se nazývá jako ZEBRA, neboli zero-emission-battery (baterie s nula emisemi). U obou typů baterií katoda není pevná deska, ale tekutý sodík. Anoda zůstává z pevného niklchloridu nebo síry, je potopena do viskózní tekutiny, např. niklchloridových částic, které jsou smíšené s roztavenou solí.

Elektrody jsou odděleny izolační keramikou z oxidu hliníku, kterou protékají ionty sodíku při teplotě 300 stupňů celsia. Když se sodík-niklchloridová baterie vybíjí, vzniká v roztavené soli kuchyňská sůl a nikl a při jejím nabíjení se vytváří opět zpětně výchozí látky. Síra je při vysoké teplotě silně korozivní, to musí být při konstrukci této baterie zohledněno propustným ocelovým válcem, ten brání rychlé vzájemné reakci síry a sodíku. U anody z pevného niklchloridu nedochází k žádné korozi.

Tato baterie má třikrát větší zásobu energie ve srovnání s olověným akumulátorem. Je bezúdržbová, odpadní teplo je využíváno k jejímu ohřevu a nevykazují žádné chemické samovybíjení. Nevýhodou je, že musí být stále udržovaná pracovní teplota a životnost je relativně malá (Hromádko, 2012).

9.1.5. Lithium – iontový akumulátor (Li-Ion)

Katoda z lithium – iontové baterie je složena z Li_2MnO_2 nebo LiCoO_2 , anebo LiNiO_2 , anoda je z uhlíkové matrice připravené z grafitisovaných částí koksu. Elektrolyt je z vodivé soli (např. LiPF_6) a rozpouštědla. V případě Li-iontového systému s katodou z LiCoO_2 a uhlíkovou anodou probíhají elektrodové reakce. Mezi elektrodami vzniká rozdíl potenciálu 3,6 až 3,7 V. Při nabíjení se ukládají ionty lithia do mřížky uhlíku katody. Při vybíjení jsou naopak opět uvolňovány. Jelikož ionty mezi anodou a katodu oscilují neboli kmitají, nazývá se tato baterie hovorově kmitavá.

Tyto baterie mají vysokou energetickou a výkonovou hustotu, také stejnou cyklovanou pevnost jako nikl-metalhydridové. Měrná energie dosahuje cca 120 – 130 Wh/kg a životnost je až 1000 cyklů. Paměťový efekt se u nich nevyskytuje. Zároveň mají vysokou cenu, což je poměrně velkým problémem. (Hromádko, 2012).

9.1.6. Lithium-železo-fosfátový akumulátor (LiFePO₄)

Jedním z několika verzí lithium-iontových akumulátorů je také Lithium-železo-fosfátový akumulátor (LiFePO₄), ten svůj název získal díky katodě, která je z tohoto materiálu vyrobena, avšak anoda je vyrobena z uhlíku, ostatně jako tomu je u Li-Ion akumulátoru.

Pokud by byly tyto akumulátory porovnány s Li-Ion, tak by bylo zjištěno, že při extrémních podmínkách neexplodují a mají schopnost dodat vyšší proud.

Mezi další přednosti patří absence samovolného vybíjení, odolání vysokým

teplotám, vysoká životnost, vysoký počet nabíjecích cyklů, a vysoká hustota energie (Tomek, 2018).

9.1.7. Vysokokapacitní kondenzátory

Baterie elektromobilů jsou těžké, velké a jejich životnost není věčná, z tohoto důvodu přišly na svět vysokokapacitní kondenzátory. Jedná se o elektrochemický kondenzátor, který má neobvykle vysokou energetickou hustotu oproti standardním kondenzátorům.

Uchová tedy na krátký čas velké množství energie, rychle se vybíjí a také vybíjí.

Jsou využity především v hromadné dopravě a elektromobilitě, v roce 2010 bylo takto využito cca 60% všech super-kondenzátorů (Hybrid, 2010).

Tato technologie v dnešní době dospěla, během deseti let se vývoj těchto kondenzátorů rozdělil na dvě části a to na, velká vysokonapěťová a vysokokapacitní pole pro vozidla s hybridním pohonem a na druhé straně se jedná o zavedení nové řady malých nízkoprofilových prizmatických pulzních superkondenzátorů.

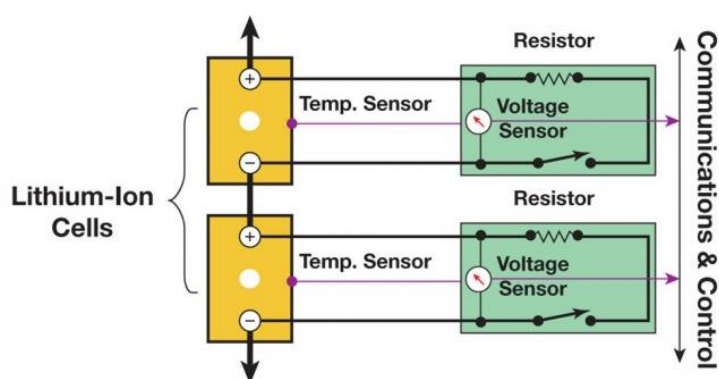
Pulzní superkondenzátory mají velmi nízký ESR, což je dobré proto, aby mohly dodávat špičkový proud dle potřeby a zároveň mohou být dobíjeny v režimu „trickle charge“, především z Li-Ion anebo ze standardních AA/AAA baterií. Jsou nízkoprofilové konstrukce, a tak mohou být použity na malých DPS, kde energeticky vyhovují náročnějším aplikacím (DPS Elektronika, 2020)

9.1.8. BMS (Battery management system)

U tohoto systému má každý jednotlivý článek lithiové baterie svou vlastní malou nabíječku, ta hlídá napětí daného článku a stará se o napětí, které na každém článku jednotlivě nesmí přesáhnout 4,2 V, při vybíjení naopak nesmí poklesnout pod 3,0 V, a nedošlo tak ke zničení článku.

36 voltová baterie má tedy 10 těchto elektronických obvodů. Každý obvod má svůj senzor napětí a teploty, zpravidla dvojici výkonových tranzistorů, (na obrázku jsou zobrazeny jako rezistor a spínač), ty umí podle potřeby články vybíjet nebo odpojovat. Česky se tento systém nazývá balancér, neboť vyrovnává napětí jednotlivých článků, aby měly stejnou úroveň. Je to ovšem složité, jelikož přesto, že jsou články z jedné série, nejsou naprosto totožné, některé jsou nabitější rychleji, a tak je potřeba pomoci těm slabším. Při vybíjení BMS odpojí celou baterii, když v nejslabším článku klesne napětí pod kritickou úroveň (Velofiala, 2020)

Obrázek č. 12 – Systém správy baterií



Obr. 15

Zdroj: Webové stránky, Velofiala.cz (2020)

9.2. Důležité parametry akumulátorů

Mezi důležité parametry akumulátorů především patří:

- měrná energie ($W \cdot h \cdot kg^{-1}$).

Akumulátory s nejvyšší měrnou hustotou jsou nevhodnější.

- měrný výkon ($W \cdot kg^{-1}$),
- doba dobíjení (h),
- možnost rychlého nabíjení,
- životnost
- cena,
- údržba, tedy bezúdržbovost
- recyklace.

Tyto parametry nejvýrazněji ovlivňují budoucnost elektromobilů, protože hlavními nevýhodami je právě onen krátký dojezd, který přímo souvisí s kapacitou akumulátoru a umístěním dobíjecích stanic, dále pořizovací cena (Vlk, 2004), (Hromádko, 2015).

9.3. Likvidace akumulátorů pro elektrická vozidla

Největší otázkou v rámci elektromobilizace společnosti je fakt, který s sebou přináší velké množství otázek. Jednou z nich je, že většina automobilek mlčí s tím, jak se likvidují elektromobily, potažmo jejich elektrické články. Jedná se o nebezpečný odpad, a tak by s nimi mělo být nakládáno.

Obecně se počítá s tím, že bude elektromobil ekologicky čistý přibližně 150 000 – 170 000 kilometru, v závislosti na zdroji energie. Každá baterie se časem opotřebuje a ztrácí kapacitu. Není tomu jinak ani v případě elektromobilu. Při současné technologii neklesne kapacita pod 70 % v rámci 10 let a 170 000 km. To je ovlivňováno, jak již bylo zmíněno, nabíjecími cykly a dalšími podmínkami. Co se stane s takovou baterií, jejichž kapacita klesne?

O přímé recyklaci nejsou zatím žádné zprávy, existují však továrny, které se recyklací zabývají. V takové továrně jsou bloky baterií rozebrány na články, jsou několika cykly nabíjeny a vybíjeny, třídí se podle kapacity a nejlepší z nich jsou opět sestaveny baterie pro elektromobily, ostatním se hledají nová využití.

Nejzajímavějším přetvořením je tvorba záložních zdrojů pro domácnosti nebo jiné elektrické spotřebiče.

Pro zajímavost: „Baterie jednoho z prvních Nissanů Leaf, která umožňovala dojezd 80 mil (129 km) na jedno nabití, by dokázala dodávat průměrnému domu energii až po dva dny.“ (Marek, 2017)

10. Vodíkový článek

Jeden z nejperspektivnějších zdrojů energie lze nalézt v obyčejné vodě, molekula vody se skládá z vodíku a kyslíku, elektrolýzou je od sebe lze oddělit. Když takto získaný vodík hoří (spojí se s kyslíkem obsáhnutým ve vzduchu) např. ve spalovacím motoru.

Vodík se dá vyrobit různými způsoby, buďto již zmíněnou elektrolýzou, nebo se v současnosti používá částečná oxidace ropných zbytků, zplynování uhlí a další postupy. Ve vozidlech je možné vodík používat jako palivo, přímo ve spalovacím motoru, respektive jako zdroj elektrické energie v tzv. palivovém článku, takovéto vozidlo je ve skutečnosti elektromobilem. Nejčistějším palivem, jaké v současnosti existuje, je vodík vyrobený elektrolýzou vody. Automobily jezdící na vodík neprodukují žádné emise oxidu uhličitého, na rozdíl od elektromobilů, které využívají energii z fosilních paliv. Uhlík v tomto případě nevstupuje do reakce.

Problém vodíku však je, že jeho energetická hustota je pro daný objem nižší než energetická hustota jiných paliv. Ale na druhé straně je vyšší v porovnání s energetickou hustotou zemního plynu – CNG, na jednotku hmotnosti je to až 2,4 x více.

Když bude vodík spalován přímo ve spalovacím motoru, bude jeho energie využita asi na 10%, což je další velkou nevýhodou.

11. Dobíjení elektromobilu

Aby mohly fungovat elektromobily, elektrické autobusy a další elektrická vozidla, je nedílnou součástí dobíjecí stanice. Rozšíření se rapidně zvyšuje každým rokem, velký důraz je kladen na rozšíření dobíjecích stanic do dalších míst. Tyto nabíjecí stanice jsou momentálně umístěny především na místech, kde je největší koncentrace lidí, a tím pádem i automobilů. V největším množství jsou dobíjecí stanice umísťovány samozřejmě na velmi frekventovaná místa, a tím jsou např. hlavní tahy dálnic, velké obchodní domy a centra, už vznikají i u některých čerpacích stanic, samozřejmě jsou další vhodná místa, kde je vybudování nabíjecí stanice výhodné, konkrétně je to vždy v okolí velkých měst. Stanice jsou veřejně přístupné nebo neveřejné, například v areálech podniků a škol s technickým zaměřením.

Existují tři úplně základní rozdělení:

- nabíjení pomocí přenosné nabíječky - Režim 2 (1,4 - 22 kW)
 - nabíjení pomocí Wallboxu - Režim 3 (1,4 - 22 kW)
 - AC a DC rychlonabíjecí veřejné stanice - Režim 3 a 4 (43-350 kW)
- (Autonabíjení.cz, 2017).

Zároveň lze nabíjecí stanice dělit podle typu napětí, zdroje energie, nebo podle způsobu přenosu energie.

Na konkrétní dva druhy:

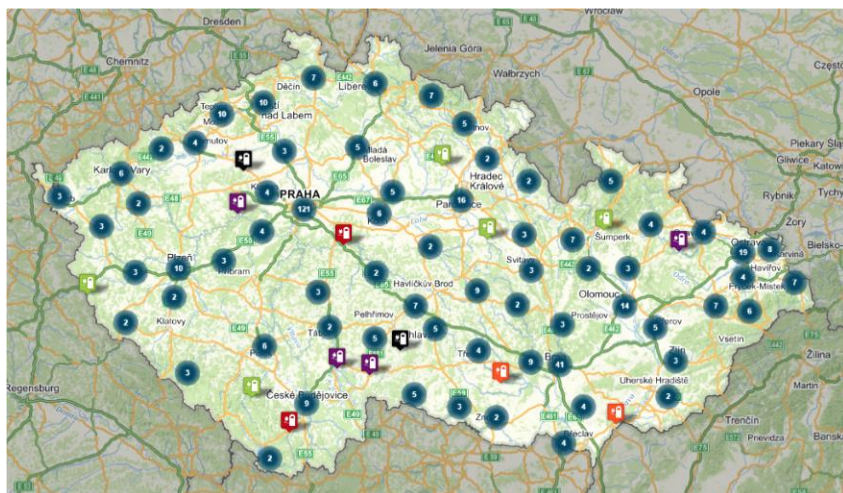
- *Do 22 kW/32 A na střídavý proud*, v tomto případě je nabíječka umístěna přímo v elektromobilu – jedná se o tzv. palubní nabíječku, kam přivádíme střídavý proud, který se potom mění na stejnosměrný a teče do baterie. (Hybrid, 2015).
- *Nad 22 kW/32 A na stejnosměrný proud*

„Pro normální (pomalé) dobíjení je ve vozidlech zabudována od výrobce palubní dobíječka, která je právě tím prvkem, jež mění AC z externího zdroje DC, potřebný k dobití baterií ve vozidle. Pro rychlejší dobíjení se využívá externích dobíječek, které kabelem vozidlu dodávají usměrněný proud, který teče přímo do baterií, palubní nabíječka není v činnosti. Nejsou omezeny prostorem ve vozidle, proto mohou mít dostatečné rozměry a mohou tak splnit všechna bezpečnostní hlediska a výkonové požadavky k velmi rychlému dobíjení vozidla (maximum standardu CHAdeMO je 62,5 kW a Supercharger 135 kW.“ (Janečka, 2014).

Hlavními a největšími distributory na poli dobíjecích stanic v České republice jsou společnosti: Skupina ČEZ, E.ON, RWE, dnes Innogy, nebo PRE.

Na Obrázek č. 13 je aktuální mapa dobíjecích stanic v celé České republice.

Obrázek č. 13 - *Mapa dobíjecích stanic celá Česká republika*



Zdroj: Webové stránky, Nabijto.cz (2020)

11.1. Přenosná nabíječka (1,4 - 22 kW)

Absolutním základem dobíjení elektromobilu je přenosná nabíječka, která by měla být dostupná k vozu při jeho koupi jako základní výbava a všechny vozy jsou s takovými nabíječkami kompatibilní. Jedná se ve většině případů o jednofázovou 10/12/16A přenosnou nabíječku, která má výkon až 3,7 kW, pokud však počítáme s průmyslovou zásuvkou CEE32A, je možné nabíjet režimem až 22 kW. Tento typ nabíjení je nejobvyklejší, a to z prostředí domova (přes noc) nebo v průběhu pracovní doby.

Taková nabíječka nenabije vozidlo tak rychle, jedná se tedy o nejmíň praktický způsob dobíjení (Autonabíjení.cz, 2017).

Obrázek č. 14 - Přenosná nabíjecí stanice, typ 2 „Mennekes



Zdroj: Webové stránky, Nabijto.cz (2020)

11.2. Domácí wallbox (1,4 - 22 kW)

Wallboxy, v porovnání s přenosnými nabíječkami, znatelně zkrátí nabíjecí čas, někdy až několikanásobně. Pokud bude zvolen správný Wallbox, doba nabíjení se tak zkrátí.

Tyto Wallboxy lze pořídit s integrovaným nabíjecím kabelem, nebo se zástrčkou Typu 2 „Mennekes“ . Wallboxy disponují výkonem 1,4 – 22 kW (jsou jedno nebo třífázové , 6 – 32 A).

Je u nich možné dynamicky přidělovat výkon na základě spotřeby objektu (Autonabíjení.cz, 2017).

Obrázek č. 15 – Ukázka Wallboxu



Zdroj: Webové stránky, Autodíly-pema.cz (2020)

11.3. Veřejné nabíjecí stanice do 22 kW – AC

Po celém území České republiky jsou k nalezení veřejné dobíjecí stanice od společností jako je ČEZ, PRE, E.ON aj., které budou detailně popsány v kapitole jedenáct. Někdy je možné napojit se zdarma, jindy je třeba využít čipů nebo čipových karet. Veřejné dobíjecí stanice neobsahují kabely, ty musí mít uživatel vždy vlastní. Kabely je třeba volit tak, aby byly adekvátní k elektromobilu, např. když je kapacita palubní elektrobaterie 7,4 kW, nemá smysl pořizovat kabely 22 kW. Veřejně lze dobít opět do 22 kW, AC (Autonabíjení.cz, 2017).

Obrázek č. 16 - Veřejná dobíjecí stanice



Zdroj: Webové stránky, Autonabíjení.cz (2017)

11.3.1. Rychlodobíjecí stanice do 43 kW – AC

Jsou kompatibilní asi se dvěma elektromobily, protože se jedná o novou záležitost s výkonem maximálně 43 kW.

Kvůli vysokému proudu jsou vybaveny neodnímatelným kabelem s konektorem Typu 2 / „Mennekes“. (Autonabíjení.cz, 2017)

11.4. Veřejné rychlodobíjecí stanice do 350 kW - DC

Velmi rychlé dobíjecí stanice, které poskytují stejnosměrný proud, ten dodává výkon až 350 kW. V ČR je standardem, že rychlonabíjecí stanice mají proud 50 kW.

DC stanice mají integrovaný kabel s neodnímatelným konektorem CHAdeMO a devítipinový CCS (Combo) (Autonabíjení.cz, 2017).

Obrázek č. 17 - Veřejná rychlodobíjecí stanice



Zdroj: Webové stránky, Autonabíjení.cz (2017)

11.5. Rozdělení nabíjecích stanic

Výše bylo popsáno základní rozdělení dobíjecích mechanismů.

Tato podkapitola je zaměřená na rozdělení podle typu napětí, zdroje energie a podle způsobu přenosu energie.

11.5.1. Rozdělení podle typu napětí nabíjecí stanice

Nabíjecí stanice využívají stejnosměrné a střídavé napětí.

- Stejnosměrná nabíjecí stanice

Při tomto nabíjení je elektrovozidlo napojeno přímo ke stejnosměrnému napětí. To je usměrňováno pomocí usměrňovače z napětí, které dodává síť. Přinášejí velký výkon oproti palubním nabíječkám u střídavého napětí. Jelikož je přenášen velký výkon, nazývá se toto nabíjení rychlonabíjení

Pro rychlonabíjení, resp. ultrarychlé nabíjení, pomocí DC (direct current = stejnosměrný proud) vznikl standard Combo II neboli CCS (Combined Charging System – kombinovaný nabíjecí systém), na kterém se shodli evropští a severoameričtí výrobci automobilů v rámci ACEA (European Automobile Manufacturers Association) (Ráček, 2016/2017),

- Střídavá nabíjecí stanice

Přeměna střídavého napětí na stejnosměrné neprobíhá přímo v nabíjecí stanici, ale v elektromobilu. Ve většině případů přivádí střídavá nabíjecí stanice do elektromobilu síťové napětí, slouží tak spíše k monitorování nabíjení. Nabíjení je omezeno především palubní nabíječkou, ta je omezena z důvodů hmotnosti a rozměrů na nižší výkony.

Přenášený výkon je menší než u stejnosměrných dobíjecích stanic. Když by byl použit pohonný měnič a vinutí motoru, ty jsou dimenzovány na vyšší výkon, tím by se viditelně zvýšila i rychlost dobíjení. (Ráček, 2016/2017)

11.5.2. Podle zdroje energie pro nabíjecí stanici

Nabíjecí stanice používají energii pro nabíjení ze sítě nebo pomocí velkokapacitních akumulátorů

- Z distribuční sítě

Nejobvyklejším zdrojem elektrické energie pro dobíjecí stanice je distribuční síť. Díky svým nízkým počátečním nákladům a jednoduchosti je nejrozšířenější. Několik společností, jako je společnost ČEZ, představuje na svých webových stránkách stanice pro domácí nabíjení, ty čerpají energii ze sítě. Proto je tento způsob dobíjení nejrozšířenější. Má to své nevýhody, a to, že je velká zatíženost sítě, která je nepříznivá pro kvalitu a vyváženost energie. (Ráček, 2016/2017), (ČEZ, 2018).

- Z velkokapacitních akumulátorů

V tomto případě dobíjení se využívá vysokokapacitních akumulátorů, ty jsou umístěny blízko nabíjecí stanice. Akumulátory jsou nabíjeny především z obnovitelných zdrojů, také je možné akumulátory dobíjet při přebytečné elektrické energie v síti, při tomto procesu dochází ke stabilizaci přebytků energie. Vysokokapacitní akumulátory lze použít jako záložní zdroj energie při výpadech. Bohužel pořizovací cena je příliš vysoká. (Ráček, 2016/2017).

11.5.3. Podle způsobu přenosu energie z nabíjecí stanice do elektrického vozidla

Nabíjecí stanice jsou rozdělovány ještě podle způsobu přenosu energie z nabíjecí stanice do elektrického vozidla. Energie ze stanice se transportuje do baterie pomocí kabelu, bezdrátově nebo výměnou celého akumulátoru.

- Drátové

Využit je kabel, který mechanicky propojuje vozidlo s dobíjecí stanicí. K propojení jsou třeba jednofázové nebo třífázové zásuvky, či dobíjecí konektory. Stanice pro nabíjení mohou být plně automatické nebo s obsluhou. (Ráček, 2016/2017).

- **Bezdrátové**

Při bezdrátovém nabíjení se energie přenáší vzduchem pomocí cívek a elektromagnetických vln. To je výhodné, jelikož vozidlo nemusí být připojeno kabelem, stačí zaparkovat nad induktorem.

Takový druh dobíjení je výhodný například na veřejných parkovištích, stačí zaparkovat pouze na dané místo. Největší nevýhodou je vyzařování a rušení okolí.

- **Výměna baterií**

Tento princip spočívá ve vyjmutí celé baterie a její výměně, tedy nahrazení plně nabitou baterií, kterou nabíla nabíjecí stanice. Vybitý akumulátor se přes nabíjecí stanici dobije a vloží do dalšího vozu, který má akumulátor vybitý. Tento proces je nejrychlejším způsobem dobití akumulátoru, neomezuje řidiče časově, který při klasickém dobíjení musí čekat několik hodin do plného nabití. Takové výměny jsou velmi nákladné, proto se nevyskytují tak často. (Ráček, 2016/2017).

12. Společnosti poskytující dobíjecí stanice

Vzhledem k četnosti a rozvoji elektromobility v České republice je důležité, aby byly zmíněné společnosti, které se na rozvoji elektromobily v rámci výstavby veřejných dobíjecích stanic podílí.

Tyto společnosti jsou na trhu několik let a drží krok s dobou, to především právě v již zmíněné elektromobilitě, kdy vystavují veřejné nabíjecí stanice, tak i poskytují výhodně tarify pro klienty, či nabíjení zdarma. Zároveň v jejich nabídce lze nalézt konfigurátor vozidel, kde si zákazník smí nakonfigurovat vozidlo dle svých představ, anebo vybrat ze skladových zásob pronájem, a také operativní leasing.

12.1. ČEZ a veřejné dobíjecí stanice ČEZ

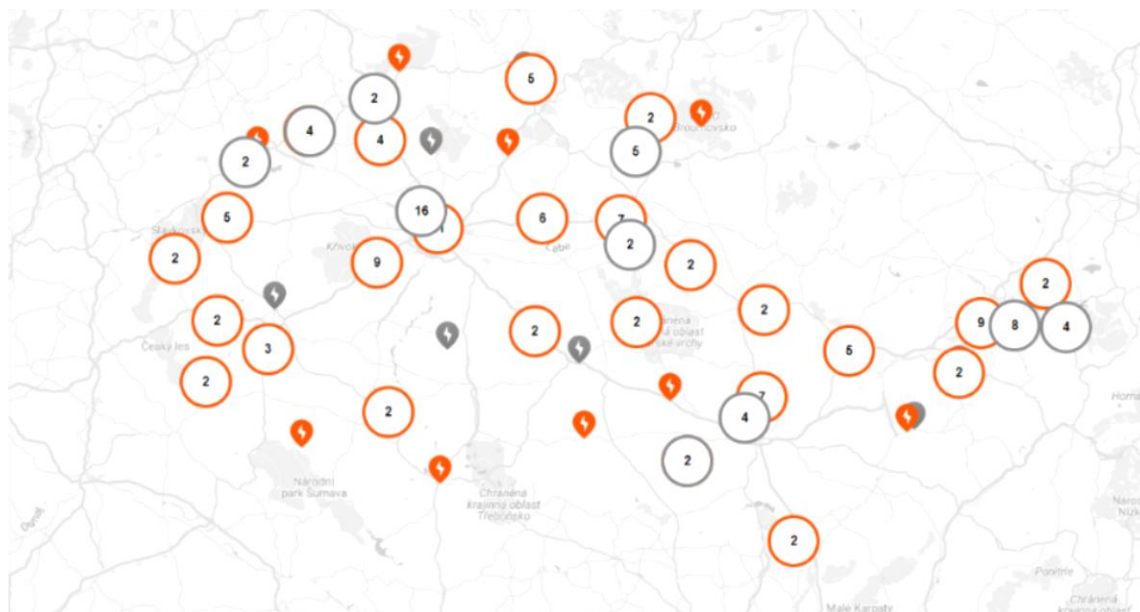
Největším energetickým uskupením na trzích jihovýchodní a střední Evropy je bezpochyby Firma ČEZ. Elektřinu ČEZ vyrábí, distribuuje a prodává zákazníkům.

Hlavním cílem je navrhnout a otestovat komplexní řešení elektromobility jako služby, která kombinuje veřejnou dobíjecí síť s dodávkami elektřiny v rámci jednoho speciálního tarifu. ČEZ se také podílí na vývoji tzv. chytrých sítí a nabízí svým zákazníkům speciální tarif C27d + D27d, který je výhodný pro domácí dobíjení vozu. Jednu třetinu dne tak majitelé čerpají levnější elektřinu. Skupina ČEZ provozuje nejrozsáhlejší síť veřejných nabíjecích stanic v České republice, v květnu 2019 byla umístěna 150 veřejná nabíjecí stanice. Společnost se elektromobilitě věnuje již od roku 2009.

Nabíjecí stanice jsou z části financovány díky prostředkům z dvojice grantů evropského programu CEF (Connecting Europe Facility), v jehož výzvách ČEZ vloni i předloni uspěl.

Evropská komise takto podporuje propojování Evropy budováním dobíječek podél hlavní silniční sítě TEN-T. Z tohoto zdroje byla financována i výstavba stanic na letišti v Ostravě. Souběžně s tímto projektem rozšiřuje síť ČEZ z vlastních prostředků (ČEZ, 2019).

Obrázek č. 18 – Mapa dobíjecích stanic skupiny ČEZ



Zdroj: Webové stránky, ČEZ Elektromobilita.cz (2020)

12.2. E.ON

E.ON propaguje elektromobilitu projektem zvaným Smart Mobility, zároveň však podporuje vozidla na stlačený zemní plyn CNG.

E.ONem bylo vybudováno také několik veřejných dobíjecích stanic, v České republice je k nalezení celkem 18 dobíjecích stanic.

První stanice v České republice byla uvedena do provozu již v roce 2010, a to v nákupní Galerii Vaňkovka v Brně (E.ON, 2019).

12.3. Innogy

RWE, dnes Innogy by měla být řazena mezi špičku elektromobility v Evropě.

V roce 2011 byl odstartován projekt společnosti RWE pro rozvoj elektromobility v České republice. Již o rok později, roku 2012, bylo v provozu 1990 dobíjecích míst v 17 zemích Evropy. Innogy se však v České republice zabývá především vozidly poháněnými na stlačený zemní plyn CNG (RWE, 2012), (Innogy, 2020)

12.4. Pražská energetika

Pražská energetika (PRE) se aktivně podílí na rozvoji elektromobility, zároveň jejich cílem je být hlavním partnerem všem zájemcům o elektromobilitu. Nabízí tak zájemcům

nejen krátkodobé i dlouhodobé pronájmy elektromobilů a plug-in hybridů, zákazníkům jsou tak nabídnuty také operativní leasingy a bezplatné nabíjení z veřejné infrastruktury, tato síť je neustále dynamicky budována. Pokud tedy klient dobíjí z veřejných stanic, snižuje tím náklady za ujetý kilometr na úplné minimum. Dobíjecí stanice, nebo také PRE-pointy, jsou budovány od roku 2011 (PreMobilita, 2016), (PreMobilita, 2020).

13. Výsledky

Výsledky práce jsou zpracovány a analyzovány níže pomocí grafů a tabulek. Jedná se především o analýzu technických parametrů vybraných vozidel.

14. Technické parametry vybraných vozidel

Na trhu jsou dostupné různé značky a modely, které vyrábí automobily poháněné elektromotorem, níže v tabulkách jsou uvedeny technické parametry vozidel.

Tyto vozidla byla zvolena tak, aby byla vhodná cenově, technicky a výbavově do střední třídy pro méně náročného uživatele. Zároveň se jedná o vozy, které jsou nejoblíbenější na českém trhu a tedy, nejprodávanější, kromě vozidla Tesla.

Mezi porovnávané parametry byly zvoleny následující vlastnosti:

- typ motoru,
- maximální výkon (kW),
- točivý moment (N.m),
- cena s DPH (Kč),
- dojezd (km),
- maximální rychlost (km/h),
- zrychlení (0-100 km/h),
- spotřeba (kWh/100 km,)
- emise CO₂ (g/km),
- hmotnost (kg),
- kapacita baterie (kWh),
- typ baterie.

14.1. Volkswagen e-UP

Volkswagen e-up! Zastupuje dnes již poměrně rozmanitou škálu elektromobilů koncernu VW. Tento malý, ale hbitý vůz má lithium-iontový akumulátor uložený ve střední části podlahy v prostoru pod zadními sedadly. Kapacita akumulátoru činí 18,7 kWh, při plném nabití umožní spotřebiteli dojezd ve vzdálenosti přibližně 260 km. Cena s DPH se pohybuje okolo 449 000 Kč, a je tak v porovnání s ostatními, z flotily s elektromotorem, nejlevnější.

Obrázek č. 19 – Volkswagen e-UP!



Zdroj: Volkswagen (2020)

Tabulka č. 2 – Parametry vozu e-UP!

Volkswagen	e-UP!
Typ motoru	Synchronní AC motor s permanentními magnety
Maximální výkon (kW)	60
Točivý moment (N·m)	210
Cena s DPH (Kč)	449 000
Dojezd (km)	260
Maximální rychlost (km/h)	130
Zrychlení (0-100 km/h)	12,4
Spotřeba (kWh/100 km)	11,7
Emise CO ₂ (g/km)	0
Hmotnost (kg)	1235
Kapacita baterií (kWh)	18,7
Typ baterie	Lithium-Ion

14.2. Volkswagen e-Golf

Volkswagen e-Golf! Větší a známější zástupce značky Volkswagen byl představen již v roce 2013. O něco větší vozidlo, které patří mezi elektromobily s nejmenší spotřebou.

Má také lithium-iontový akumulátor, který se pyšní osmiletou zárukou, kterou Volkswagen poskytuje u lithium – iontových bateriím. Ta má kapacitu 35,8 kWh.

Tabulka č. 3 – Volkswagen e-Golf!



Zdroj: Volkswagen (2020)

Tabulka č. 4 – Parametry vozu e-Golf!

Volkswagen	e-Golf!
Typ motoru	Synchronní AC motor s permanentními magnety
Maximální výkon (kW)	100
Točivý moment (N·m)	290
Cena s DPH (Kč)	882 900
Dojezd (km)	300 NEDC
Maximální rychlost (km/h)	150
Zrychlení (0-100 km/h)	9,6
Spotřeba (kWh/100 km)	12,7
Emise CO ₂ (g/km)	0
Hmotnost (kg)	1615/2020
Kapacita baterií (kWh)	35,8
Typ baterie	Lithium-Ion

14.3. Nissan Leaf

Nissan Leaf, jedno z prvních sériově vyráběných elektromobilů. Na trh byl uveden na přelomu let 2010 a 2011. Pyšní se dojezdem okolo 385 km na jedno nabití. Jako většina elektromobilů má také Lithium – iontový akumulátor, ten se z domácí nabíječky nabije přibližně za 12 hodin, kapacita této baterie je 62 kWh.

Obrázek č. 20 – Nissan Leaf



Zdroj: Nissan (2020)

Tabulka č. 5 – Parametry vozu Nissan Leaf

Nissan	Leaf
Typ motoru	Synchronní, napájeny střídavým proudem
Maximální výkon (kW)	160
Točivý moment (N·m)	340
Cena od vč. DPH	897 000
Dojezd (km)	385
Maximální rychlost (km/h)	157
Zrychlení (0-100 km/h)	6,9
Spotřeba (kWh/100 km)	18,5
Emise CO ₂ (g/km)	0
Hmotnost (kg)	2140
Kapacita baterií (kWh)	62
Typ baterie	Lithium-Ion

14.4. Kia e- Soul MY20

Kia Soul se řadí mezi nejdražší vozy střední třídy elektromobilů. Cena překračuje milion korun. Za tuto cenu však nabízí dojezd 277 km a točivý moment 395 N·m, výkon 100 kW, maximální rychlost 157 km/h a kapacitu akumulátoru 39,2 kWh.

Obrázek č. 21 – Kia e-Soul.MY20



Zdroj: Kia (2020)

Tabulka č. 6 – Parametry vozu Kia e-Soul MY20

Kia	e- Soul MY20
Typ motoru	Synchronní AC elektromotor
Maximální výkon (kW)	100
Točivý moment (N·m)	395
Cena od vč. DPH	Od 1 099 980
Dojezd (km)	277
Maximální rychlost (km/h)	157
Zrychlení (0-100 km/h)	9,9
Spotřeba (kWh/100 km)	15,6
Emise CO ₂ (g/km)	0
Hmotnost (kg)	2025
Kapacita baterií (kWh)	39,2
Typ baterie	Lithium-Ion polymer

14.5. BMW i3

Tento model byl uveden na trh na konci roku 2013 a již v roce 2015 se stal třetím nejprodávanějším elektromobilem na světě. Lithium – iontový akumulátor má podle standardů NEDC dojezd 300 km na jedno nabití, maximální rychlost 150 km/h a výkon 125 kW. Cena zde také překračuje milion korun v základní výbavě, patří tedy nejdražší skupiny z vybraných vozidel.

Obrázek č. 22 – BMW i3



Zdroj: BMW (2020)

Tabulka č. 7 – Parametry vozu BMW i3

BMW	i3
Typ motoru	Synchronní AC motor s permanentními magnety
Maximální výkon (kW)	125
Točivý moment (N·m)	250
Cena od vč. DPH	1 049 100
Dojezd (km)	300 NEDC
Maximální rychlost (km/h)	150
Zrychlení (0-100 km/h)	7,3
Spotřeba (kWh/100 km)	13,6
Emise CO ₂ (g/km)	0
Hmotnost (kg)	1320
Kapacita baterií (kWh)	33,2
Typ baterie	Li-Ion

14.6. CITIGO^e iV

Citigo^e iV ze stáje značky Škoda, který vyšel na trh, nedělá ostudu svému spalovacímu dvojčeti, jeho výkon je o 5 kW vyšší, než u nejsilnější spalovací varianty. Na jedno nabití dojezdě přibližně 252 km, maximální rychlost 130 km / h a točivý moment 210 N.m. Tento model je porovnatelný s vozidlem Volkswagen e-UP.

Obrázek č. 23 - CITIGO^e iV



Zdroj: Škoda (2020)

Tabulka č. 8 – Parametry vozu CITIGO iV

Škoda	CITIGO ^e iV
Typ motoru	Třífázový synchronní AC motor s permanentními magnety na bázi neodymu
Maximální výkon (kW)	61
Točivý moment (N·m)	210
Cena s DPH (Kč)	449 000
Dojezd (km)	252
Maximální rychlost (km/h)	130
Zrychlení (0-100 km/h)	12,3
Spotřeba (kWh/100 km)	14,8
Emise CO ₂ (g/km)	0
Hmotnost (kg)	1235
Kapacita baterií (kWh)	36,8
Typ baterie	Lithium-Ion

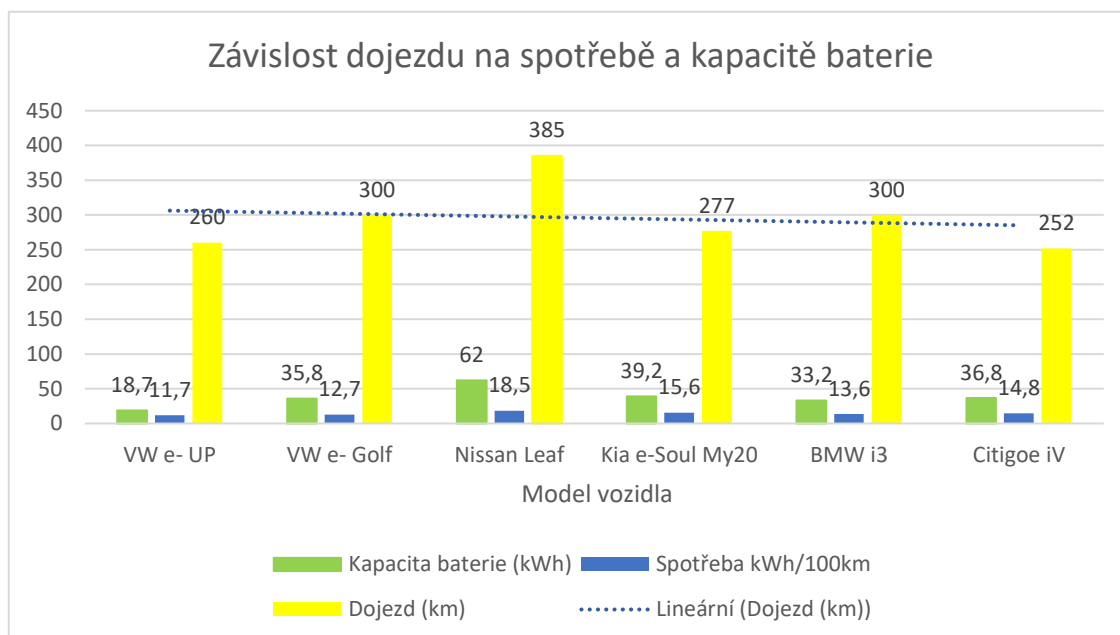
15. Analýza získaných technických parametrů

15.1. Závislost dojezdu na spotřebě a kapacitě baterie

Tabulka č. 9 – Parametry k analýze závislosti dojezdu na spotřebě a kapacitě baterie

Model	Kapacita baterie (kWh)	Spotřeba kWh/100km	Dojezd (km)
VW e- UP	18,7	11,7	260
VW e- Golf	35,8	12,7	300
Nissan Leaf	62	18,5	385
Kia e-Soul My20	39,2	15,6	277
BMW i3	33,2	13,6	300
Citigo ^e iV	36,8	14,8	252

Obrázek č. 24 - Graf - Závislost dojezdu na spotřebě a kapacitě baterie



Z výše uvedeného grafu na Obrázek č. 24 - srovnání závislosti dojezdu na spotřebě a kapacitě baterie vyplývá, že vozidlo Nisan Leaf má nejdelší dojezd na jedno nabití. To

je závislé zároveň na kapacitě baterie, která má největší hodnotu s porovnáváním automobily, zároveň má takové vozidlo největší spotřebu kWh/100 km.

Zajímavým údajem je, že vozidlo Citigo^e iV má nejmenší dojezd z porovnávaných vozidel, ovšem jeho kapacita baterie i spotřeba je vyšší oproti Volkswagenu e-UP, který má menší spotřebu i kapacitu baterie a vyšší dojezd o cca 8 km. Tyto údaje jsou poskytnuty přímo od výrobců vozidel těchto značek, ovšem v reálných hodnotách dojezdu a spotřebě se budou hodnoty pohybovat podle jízdnic zkušeností řidiče, který bude s vozidlem jezdit.

V grafu je přidána spojnice trendu, která má za prioritu dojezd v kilometrech. Značí lineárně, které vozidlo má největší dojezd a které nejmenší, jak již bylo zmíněno výše, nejdelší dojezd má vozidlo Nissan Leaf a nejmenší Citigo^e iV.

Důležité je zmínit, že nejmenší spotřebu kWh/km má vozidlo e-UP a největší opět Leaf, ten má zároveň i největší kapacitu akumulátoru a e-UP nejmenší.

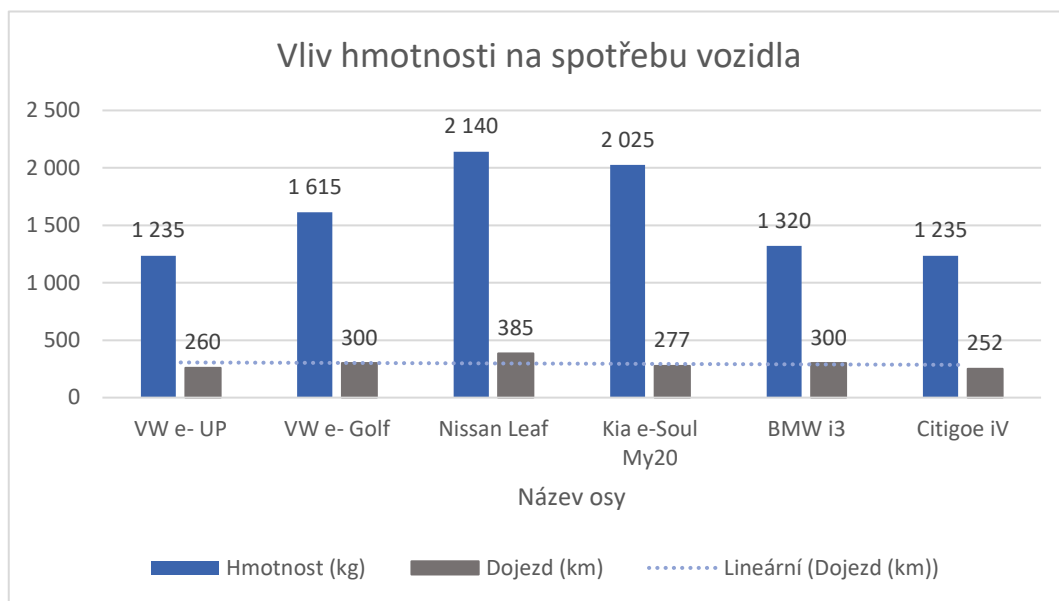
Dále jsou v grafu jsou uvedeny parametry od všech posuzovaných vozidel, které lze hodnotit a porovnávat

15.2. Vliv hmotnosti na spotřebu vozidla v kWh/km

Tabulka č. 10 – Parametry k analýze vlivu hmotnosti na spotřebu vozidla v kWh/km

Model	Kapacita baterie (kWh)	Dojezd (km)
VW e- UP	18,7	260
VW e- Golf	35,8	300
Nissan Leaf	62	385
Kia e-Soul My20	39,2	277
BMW i3	33,2	300
Citigo ^e iV	36,8	252

Obrázek č. 25 – Graf vlivu hmotnosti na spotřebu vozidla



Obrázek č. 28 - Graf - Vliv hmotnosti na spotřebu vozidla

Graf na Obrázek č. 28 posuzuje vliv hmotnosti na spotřebu vozidla, je z něj zřejmé, že nejtěžší vozidlo Nissan Leaf má zároveň nejdelší dojezd. Vozidla Citigo^e iV a VW e-UP mají stejnou váhu, ale Citigo^e iV má menší dojezd.

15.3. Závislost ceny na dojezdu

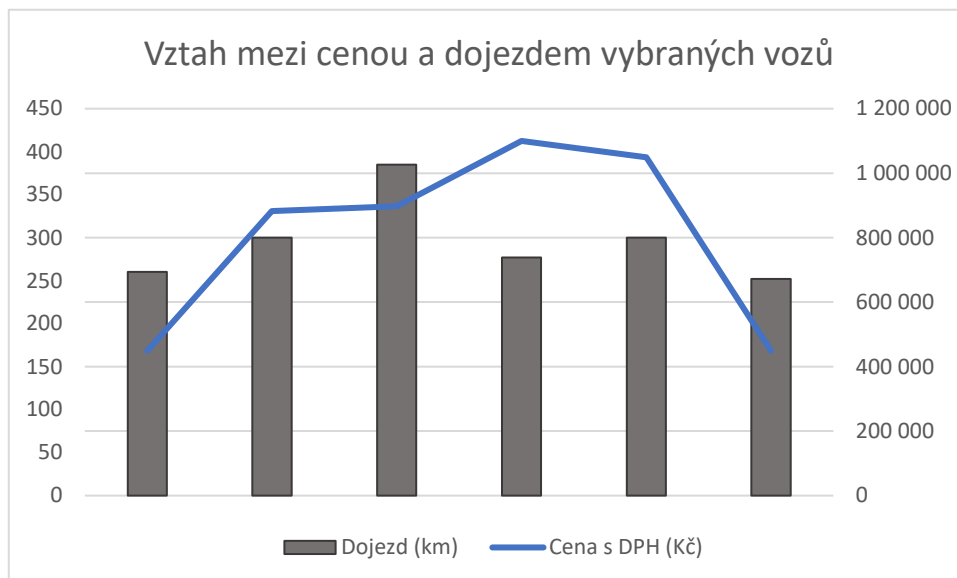
Tabulka č. 11 – Parametry k analýze závislosti ceny na dojezdu

Model	Cena s DPH (Kč)	Dojezd (km)
VW e- UP	449 000	260
VW e- Golf	882 900	300
Nissan Leaf	897 000	385
Kia e-Soul My20	1 099 980	277
BMW i3	1 049 100	300
Citigo ^e iV	449 000	252

Běžného uživatele zajímá poměr ceny a dojezdu, proto je zpracován tento graf Obrázek č. 26, ze kterého je zřejmé, že nejdražší vozidlo nemá největší dojezd. Vozidlo s největším dojezdem 385 km má cenu 897 000 Kč, jedná se o Nissan Leaf, nejdražší vozidlo Kia e-Soul My20 s cenou 1 099 980 Kč má dojezd 277 km, což je porovnatelné

s nejlevnějšími vozy Volkswagen e-UP a Škoda Citigo^e iV, ty mají cenu 449 000 Kč a dojezd mezi 250 – 260 km.

Obrázek č. 26 – Graf vztahu mezi cenou a dojezdem vybraných vozů

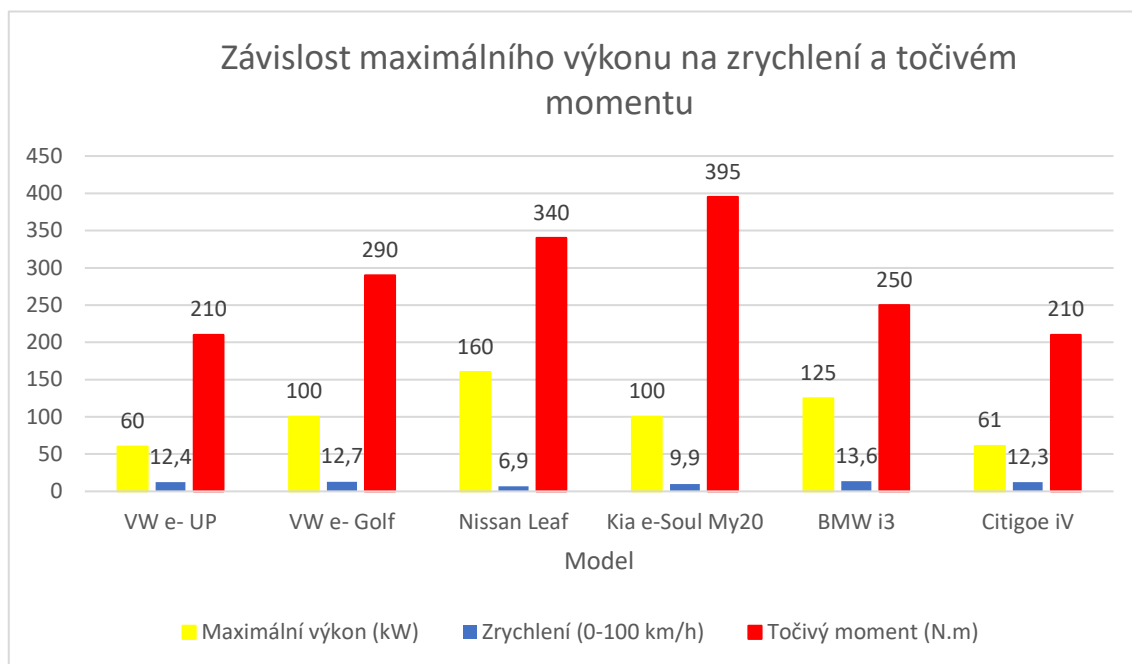


15.4. Závislost maximálního výkonu na zrychlení a točivém momentu

Tabulka č. 12 - Parametry k analýze závislosti maximálního výkonu na zrychlení a točivém momentu

Model	Maximální výkon (kW)	Zrychlení (0-100 km/h)	Točivý moment (N.m)
VW e- UP	60	12,4	210
VW e- Golf	100	12,7	290
Nissan Leaf	160	6,9	340
Kia e-Soul My20	100	9,9	395
BMW i3	125	13,6	250
Citigo ^e iV	61	12,3	210

Obrázek č. 27 – Graf závislosti maximálního výkonu na zrychlení a točivém momentu



Graf na Obrázek č. 27 znázorňuje závislosti maximálního výkonu na zrychlení a točivém momentu. Je patrné, že vozidlo s největším točivým momentem má nejvyšší výkon a největší zrychlení. Největší zrychlení z posuzovaných vozidel má vozidlo Nissan Leaf, a to 6,9 km/h se 160 kW. BMW i3 má druhý největší výkon, 125 kW, ale nejmenší zrychlení, 13,6 km/h. Nejmenší výkon a točivý moment mají vozidla Volkswagen e-UP a Škoda Citigo^e iV, se 60 kW a 61 kW.

Z posuzovaných vozidel vyšel nejlépe Nissan Leaf, který má nejvyšší výkon, nejlepší zrychlení, zároveň nejdelší dojezd na jedno nabití a není nejdražší. Jedná se tedy o vozidlo, které si může dovolit pořídit běžný zákazník.

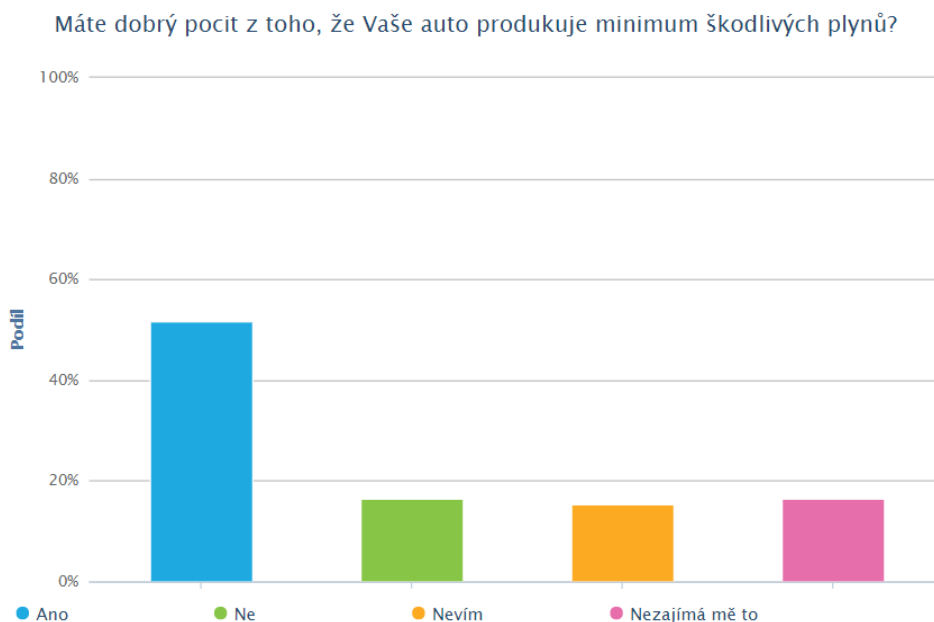
16. Diskuze

Před zpracováním bakalářské práce proběhlo dotazování respondentů na téma elektromobilita jako pohon budoucnosti. Tohoto dotazování se zúčastnilo 85 osob, z nichž velké množství pracuje přímo v automobilovém průmyslu, včetně zástupců prodeje vozidel Volkswagen, Audi a Kia. Dotazování se zúčastnily ženy a muži v produktivním věku, majitelé elektromobilů, nebo lidé, kteří zvažují jeho koupi.

Hodnocení dotazníku je rozpracováno v diskuzi bakalářské práce.

Není to tolik let, co byla elektromobilita pouhé tabu, o kterém nechtěl nikdo slyšet. Dnes se najdou nadšenci i odpůrci tohoto tématu. Několik obyvatel naší planety dnes preferuje čistou jízdu a zajímá je, kolik při cestování produkuje škodlivých plynů. V dnešní hektické době je kladen důraz na ekologii a ochranu životního prostředí. Aplikují se spolujízdy a jiné alternativy dopravních prostředků, oblíbená jsou jízdní kola včetně elektrokol, elektroskútrů, pěší chůze, vlaky a další. Autorka se v dotazníku dotazuje, kolik uživatelů zajímá produkce škodlivých látek v jejich vozidlech. Níže je uveden graf, ze kterého je viditelné, že pro 51,8 % řidičů je důležitá produkce emisí, naopak 16,5 % osob se nezajímá o to, kolik vozidlo produkuje škodlivých plynů. S touto otázkou je silně spjata otázka emisí, 51,8 % respondentů souhlasí s tím, že elektromobil má nulové emise, 38,8 % tvrdí, že elektromobil má sice nulové emise při jízdě, ale jeho výroba vyprodukuje mnohem více škodlivých látek. Přesto není elektromobilita hodnocena pozitivně s tímto ohledem, že by mohla do budoucna plně nahradit spalovací motory, tento názor zastává 36,5 % osob.

Obrázek č. 28 – Grafické vyhodnocení dotazníku



Cílem dotazování bylo zjištění, zda mají obyvatelé České republiky povědomí o elektromobilitě a co si o tomto tématu myslí, většina respondentů se shodla na stejných odpovědích. Lidé vědí, co tento pojem znamená, ví, kde se nachází dobíjecí stanice v místě jejich bydliště a mají svůj názor ohledně dopadu na životní prostředí. Autorka zjistila, že podle názorů dotazovaných nejsou elektromobily ekologičtější a nenahradí vozy se spalovacím motorem, tedy, nejsou budoucností, ovšem někteří jedinci se shodli na faktu, že vodík bude palivem budoucnosti.

17. Závěr a přínos práce

Elektromobilita je ožehavým tématem dnešní doby, je to zapříčiněno tím, že je velký důraz kladen na ekologii. Společnost je nucena, vyvíjet nové technologie, které by méně zatěžovaly životní prostředí. Nejedná se jen o nové typy pohonů automobilů, ale i pohony v hromadné dopravě. Není novinkou, že vznikají elektrobusy, nebo autobusy na vodík. Takové máme i v České republice. Mohly by výrazně přispět ke zlepšení ovzduší a eliminaci kontaminace půd a vod při nehodách. Důležité je, abychom si uvědomili, že energie, která se spotřebuje pro pohon elektrovozidel, nevzniká pouze v zásuvce, ale musí být vyráběna, ve většině případech z neobnovitelných zdrojů. Tehdy přestává být elektromobil ekologičtější a produkuje stejné, nebo větší množství emisí než vozidlo s klasickým spalovacím motorem. Podpořit by to mohla výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Tou je například sluneční a větrná energie. Ovšem další otázkou je, zda je možné a ekologické umístění větrníků na většinu území. Pro občany by to mohlo být nepředstavitelné žít poblíž takových oblud, které produkují hluk, což může způsobovat zdravotní komplikace působící na spánek a psychický stav člověka. Elektromobily dnes dosahují dojezdu až 600 km na jedno nabití, většina vozidel má však dojezd přibližně 300 km. Vozidla mají poměrně velkou hmotnost a s tím je spojen i dojezd vozidla, který je zatím krátký. Dnešní infrastruktura dobíjecích stanic je poměrně rozsáhlá a při počtu cca 630 stanic na našem území, by bylo zatím nemožné jezdit pouze na elektřinu. Tato situace se velmi rychle vyvíjí. To je důležitý fakt, nad kterým se zákazník před koupí elektromobilu musí zamyslet. Zajímavým projektem by mohlo být propojení infrastruktury mezi územím České republiky s okolními státy, jako je Německo, Slovensko, Polsko a Rakousko. Takové propojení by znamenalo, že by se dalo s vozidlem bez komplikací jezdit i za hranice našeho území. Autorka si myslí, že momentálně není tak velká poptávka po elektrovozidlech, jako spíše po hybridních vozidlech. A do budoucna nedojde ke změně. Elektrovozidla nejsou oblíbená natolik, aby se staly pohonem budoucnosti. Dalším z kritérií je, že není vymyšlena ekologická likvidace akumulátorů, které ztratí svou životnost. Je velmi komplikované nakládat s tak nebezpečným odpadem. Zároveň mají lidé strach, že elektrická vozidla velmi často podléhají hoření a zatím nikdo neví, jak vozidlo hasit, aby to netrvalo několik hodin, a i přesto může akumulátor znovu začít hořet. Čím více takových elektrovozidel bude jezdit, tím je větší pravděpodobnost autonehody nebo požáru. Což je velmi nebezpečné pro uživatele, záchranné složky i okolí. Závěrem je také důležité zmínit, že pořizovací cena vozidla je velmi vysoká a není tak přímo úměrná spotřebě paliva a životnosti baterie. Tento další fakt také odradí potenciálního klienta od koupě.

18. Seznam tabulek

Tabulka č. 1– Výhody a nevýhody elektromobility	31
Tabulka č. 2 – Parametry vozu e-UP!.....	55
Tabulka č. 3 – Volkswagen e-Golf!	56
Tabulka č. 4 – Parametry vozu e-Golf!	56
Tabulka č. 5 – Parametry vozu Nissan Leaf	57
Tabulka č. 6 – Parametry vozu Kia e-Soul MY20	58
Tabulka č. 7 – Parametry vozu BMW i3.....	59
Tabulka č. 8 – Parametry vozu CITIGO iV.....	60
Tabulka č. 9 – Parametry k analýze závislosti dojezdu na spotřebě a kapacitě baterie	61
Tabulka č. 10 – Parametry k analýze vlivu hmotnosti na spotřebu vozidla v kWh/km	62
Tabulka č. 11 – Parametry k analýze závislosti ceny na dojezdu.....	63
Tabulka č. 12 - Parametry k analýze závislosti maximálního výkonu na zrychlení a točivém momentu	64

19. Seznam obrázků

Obrázek č. 1 – Přehled energií použitelných pro výrobu elektřiny.....	12
Obrázek č. 2 – První elektromobil, který překonal hranici 100 km za hodinu	16
Obrázek č. 3 – Křižíkův elektromobil	17
Obrázek č. 4 – Schéma přeměny energie ve spalovacím motoru	18
Obrázek č. 5 - Graf - Podíl silniční dopravy na produkci emisí NOx v Praze:.....	24
Obrázek č. 6 - Graf - Podíl silniční dopravy na produkci emisí PM2,5 v Praze:.....	24
Obrázek č. 7 – Měření emisí	25
Obrázek č. 8 – Klíčové ukazatele ekologické výroby.	27
Obrázek č. 9 - Audi e-tron, podlahu tvoří akumulátory, elektromotor je vpředu i vzadu.	30
Obrázek č. 10 - Audi e-tron – pohon vpředu	34
Obrázek č. 11 - BMW ActiveE – motor vzadu.....	35
Obrázek č. 12 – Systém správy baterií	40
Obrázek č. 13 - <i>Mapa dobíjecích stanic celá Česká republika</i>	44
Obrázek č. 14 - Přenosná nabíjecí stanice, typ 2 „Mennekes	45
Obrázek č. 15 – Ukázka Wallboxu.....	45
Obrázek č. 16 - Veřejná dobíjecí stanice	46
Obrázek č. 17 - <i>Veřejná rychlodobíjecí stanice</i>	47
Obrázek č. 18 – Mapa dobíjecích stanic skupiny ČEZ.....	51
Obrázek č. 19 – Volkswagen e-UP!.....	55
Obrázek č. 20 – Nissan Leaf	57
Obrázek č. 21 – Kia e-Soul.MY20	58
Obrázek č. 22 – BMW i3.....	59
Obrázek č. 23 - <i>CITIGO^e iV</i>	60
Obrázek č. 24 - Graf - Závislost dojezdu na spotřebě a kapacitě baterie	61
Obrázek č. 25 – Graf vlivu hmotnosti na spotřebu vozidla	63

Obrázek č. 26 – Graf vztahu mezi cenou a dojezdem vybraných vozů	64
Obrázek č. 27 – Graf závislosti maximálního výkonu na zrychlení a točivém momentu	65
Obrázek č. 28 – Grafické vyhodnocení dotazníku	67

20. Seznam použitých zkratek

A	ampér
AA/AAA	tužková baterie (velikost M a S)
AC	alternating current/střídavý proud
ACEA	European Automobile Manufacturers Association
apod	a podobně
BMS	battery management systém
CCS	Combined Charging System
CEF	Connecting Europe Facility
CNG	stlačený zemní plyn
CO ₂	Oxid uhličitý
č.	číslo
DC	direct current / stejnosměrný proud
DPH	daň z přidané hodnoty
DPS	deska plošných spojů
ESR	equivalent serie resistance
g	gram
g/km	gram na kilometr
Kč	Koruna česká
kg	kilogram
km	kilometr
km/h	kilometr za hodinu
kPa	kilopascal
Kw	kilowat
kWh	kilowatt hodina
l/km	litr na kilometr

Li-Ion	lithium – iontový akumulátor
LPG	zkapalněný ropný plyn
mil.	milion
min.	minuta
Mpa	megapascal
N.m	newton metr
OC	obchodní centrum
PRE	pražská energetika
STK	stanice technické kontroly
V	volt
VOC	těkavá organická látka
VW	Volkswagen
Wh	Watt hodina
Wh/kg	watt hodina na kilogram

21. Seznam použité literatury

a. Tištěná literatura

BADIDA, Miroslav. *Environmentalistika: alternatívne pohony automobilov*. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2007, 107 s. ISBN 978-80-8073-937-9.

BECKER, Udo J. *Základy dopravní ekologie*. Praha: Ústav pro ekopolitiku, 2008. ISBN 978-80-87099-05-6.

BORBA, Ladislav. *Elektrické pohony a výkonová elektronika*. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2013. ISBN 978-80-227-3858-3.

CELIŇSKI, Zdzisław a Stanislav VOJTÁŠEK. *Nové zdroje elektrické energie*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1985, 183 s.

FRIČ, Jindřich. *Silniční doprava*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010, 157 s. ISBN 978-80-7204-728-4.

FRYBERT, Jan. *Alternativní pohony*. Brno: Integrovaná střední škola automobilní, [2015]. ISBN 978-80-260-7548-6.

GONDŽÁR, Alexander a Karel GONDŽÁR. *Automobily a spotřeba paliva: měření a hodnocení spotřeby automobilových pohonných hmot a olejů*. 9. vyd. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1990. Knižnice silniční a městské dopravy. ISBN 80-703-0085-X.

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

KAMEŠ, Josef. *Alternativní pohon automobilů*. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-730-0127-6.

KAMEŠ, Josef. *Spalovací motorová vozidla: část: Spalovací motory*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2002. ISBN 80-213-0895-8.

KOTT, Jan. *Elektromobilita v ČR*. Praha, 2014. Bakalářská práce. ČVUT FEL.

MAŠEK, Jan. *Konstrukční řešení elektromobilů a hybridních automobilů*. Plzeň, 2017. Bakalářská práce. ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI.

NEUBERGOVÁ, Kristýna. *Ekologické aspekty dopravy*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-010-3131-4.

OPLETALOVÁ, Kateřina. *Elektromobilita ve vztahu k životnímu prostředí*. Brno, 2016. Bakalářská práce. Oddělení expertního inženýrství MENDELU.

RÁČEK, Filip. *Přehled nabíjecích stanic pro elektrická vozidla*. Plzeň, 2017. Bakalářská práce. ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI.

ROUBÍČEK, Ota. *Elektrické motory a pohony: příručka techniky, volby a užití vybraných druhů*. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-730-0092-X.

TOMEK, Tomáš. *Moderní elektromobilita pro inteligentní město*. Plzeň, 2018. Bakalářská práce. ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI.

VERG, Mgr. Jaromír. *Elektromobily - historie a současnost*. *Magazín* [online]. 2008, 3/2008, **2008**(3), 44-50 [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/1507784-Elektromobily-historie-a-soucasnost.html>

VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: František Vlk, 2004. ISBN 80-239-1602-5.

VLK, František. *Koncepce motorových vozidel: koncepce vozidel : alternativní pohony : komfortní systémy : řízení dynamiky : informační systémy*. Brno: VLK, 2000. ISBN 80-238-5276-0.

b. Internetové zdroje

Asociace pro elektromobilitu České republiky. *Www.elektromobily-os.cz* [online]. Praha: Asociace pro elektromobilitu České republiky, 2015 [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <http://www.elektromobily-os.cz>

AUDI AG. *Www.audi.com* [online]. Ingolstadt [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://www.audi.com/en.html>

Audi.cz. *Www.audi.cz* [online]. [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://www.audi.cz/>

Autobond Group. *Www.autobond.cz* [online]. 2020 [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: <https://www.autobond.cz/>

BAUD, SPOL. S.R.O. RWE je evropskou jedničkou v zavádění elektromobility. In: *Www.petrol.cz* [online]. Redakční systém Umbraco [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://www.petrol.cz/clanky/rwe-je-evropskou-jednickou-v-zavadeni-elektromobility-1774>

BMS (battery management system). In: *Www.velofiala.cz* [online]. Praha [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://www.velofiala.cz/n/bms-battery-management-system>

Bmw - motor vzadu. In: *Www.autokaleidoskop.cz* [online]. [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: <https://www.autokaleidoskop.cz/files/200912/20091228-162758.jpg>

BMW.cz. *Www.bmw.cz* [online]. 2020 [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: https://www.bmw.cz/cs/index.html?tl=sea-goog-1627-tac-miy-rang-text-centongo-20200101-.-&clc=BMW.Digital&ctid=Google_Google_Text_Brand_1627&ccid=1880&gclid=EAlaIQobChMlru_9q8Gn6gIVhE0YCh00VgFAEAAYASAAEglqvFD_BwE

BMW.de. *Www.bmw.de* [online]. [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: <https://www.bmw.de/de/home.html>

CAR POINT Karlovy Vary s.r.o. *Www.audi.cz/d/2235-car-point-karlovy-vary* [online]. 2020 [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: <https://www.audi.cz/d/2235-car-point-karlovy-vary/>

Co je elektromobilita. In: *Www.smartev.cz* [online]. [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: <http://www.smartev.cz/cz/co-je-elektromobilita/>

Čistá mobilita. *Www.mzp.cz* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2019, 2013-2019 [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/cista_mobilita_seminar

E.ON Rádce: Co je elektromobilita. *Www.eon.cz* [online]. [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/elektromobilita>

Elektromobil. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromobil>

Elektromotory umístěné v náboji kola mohou být přínosem. In: *Www.technickytydenik.cz* [online]. Praha: Business Media CZ, 2017, 3.ledna 2017 [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/elektromotory-umistene-v-naboji-kola-mohou-byt-prinosem_38632.html

Emobilita: Skupina ČEZ. *Www.elektromobilita.cz: Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://www.elektromobilita.cz/>

E-tron. In: *Www.forum24.cz* [online]. [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: https://www.forum24.cz/lifestyle/wp-content/uploads/2019/07/audi_etron_tehnika.jpg

Eurooldtimers.com: Jenatzy, Křížík, Jeantaud a elektromobily. In: *Www.Eurooldtimers.com*: [online]. [cit. 2020-06-28]. Dostupné z:

www.eurooldtimers.com/cze/historie-clanek/771-jenatzy-krizik-jeantaud-a-elektromobily.html

HORČÍK, Jan. Za leden se v Česku prodalo 384 elektromobilů, alternativy mají 4,3% podíl. In: [Http://www.hybrid.cz](http://www.hybrid.cz) [online]. Brandýs n.L. - Stará Boleslav: Chamanne, 2020, 7. února 2020 [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/za-leden-se-v-cesku-prodalo-384-elektromobilu-alternativy-maji-43-podil>

Innogy. [Www.innogy.cz](http://www.innogy.cz) [online]. 2020 [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: https://www.innogy.cz/kampan/letninabidka/?sc_campaign=163B39C315CC461BB07904E53B43012B&gclid=EAlaIqobChMI7MK8j8mn6glV1EkYCh3tzwBCEAA YASAAEgLzb_D_BwE

Jízda čistá, ale co výroba? Kolik CO₂ vznikne při výrobě elektromobilů? In: [Auto.cz: Svět motorů](http://www.auto.cz) [online]. Praha: CZECH NEWS CENTER, 2019, 5. října 2020 [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/jizda-cista-ale-co-vyroba-kolik-co2-vznikne-pri-vyrobe-elektromobilu-131387>

Kia.de. [Www.kia.com](http://www.kia.com) [online]. 2020 [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: <https://www.kia.com/de/angebote/konfigurator/#/fahrzeug-auswahlhilfe>

Konference ČPS. In: [Http://www.cng4you.cz](http://www.cng4you.cz) [online]. Redakční systém ePublisher, 2018 [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <http://www.cng4you.cz/cng-info/zajimavosti/konference-cps.html>

Nabijto.cz. [Www.nabijto.cz](http://www.nabijto.cz) [online]. 2020 [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: <https://www.nabijto.cz/>

Nissan.cz. [Www.nissan.cz](http://www.nissan.cz) [online]. 2020 [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: <https://www.nissan.cz/>

Pema - Autodily. [Www.autodily-pema.cz](http://www.autodily-pema.cz) [online]. 2020 [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: https://www.autodily-pema.cz/?gclid=EAlaIqobChMIx8az2sin6glVw5IYCh0OXQArEAA YASAAEgLZJvD_BwE

PREměření. [Www.premereni.cz](http://www.premereni.cz) [online]. 2020 [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: <https://www.premereni.cz/cs/zapati/zasady-pouzivani-webu-a-ochrana-osobnich-udaju-na-webu/>

První elektromotory a elektromobily na světě se datují od roku 1834. In: *Www.inuru.com* [online]. 2012 [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: www.inuru.com/index.php/planeta/mezniky-vedy/468-historie-elektromobil-elektromotor

SKODAHOME. *Www.skodahome.cz* [online]. 2020 [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: <https://www.skodahome.cz/>

Superkondenzátor - princip, vlastnosti, použití. In: *Www.automatizace.hw.cz* [online]. Praha, 2016, 4. dubna 2016 [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: www.automatizace.hw.cz/clanek/2006122601

ŠKODA AUTO a.s. *Www.skoda-auto.cz* [online]. 2020 [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/>

V roce 2019 se o čtvrtinu zvýšil počet osobních vozidel s externím nabíjením: Tisková zpráva. In: *Www.cdv.cz* [online]. Ostrava/Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2020, 9. ledna 2020 [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/tisk/v-roce-2019-se-o-ctvrtinu-zvysil-pocet-osobnich-vozidel-s-externim-nabijenim/>

VACULÍK, Martin. Emise z provozu elektromobilu: Martin Vaculík a jeho týden bez emisí. In: *Www.auto.cz* [online]. Praha: CZECH NEWS CENTER, 2019, 5. října 2020 [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/emise-z-provozu-elektromobilu-martin-vaculik-a-jeho-tyden-bez-emisi-131383>

VACULÍK, Martin. Měření emisí v roce 2018: Kdo na emisích neprojde? *Www.auto.cz* [online]. Praha: CZECH NEWS CENTER, 2018, 13. ledna 2018 [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/mereni-emisi-v-roce-2018-kdo-na-emisich-neprojde-112591>

Základy nabíjení elektromobilu. In: *Www.autonabijeni.cz* [online]. Praha: Autonabíjení.cz, 2017, 20.2.2017 [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://www.autonabijeni.cz/blog/zaklady-nabijeni/>

ŽÁK, Dalibor. Kolik emisí CO₂ vypouštějí elektromobily? Klidně i 370 g/km. In: *Www.autorevue.cz* [online]. Praha: CZECH NEWS CENTER a.s, 2015, 2. července 2015 [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/kolik-emisi-co2-vypousteji-elektromobily-klidne-i-370-g/km>

Tesla. *Www.tesla.com* [online]. 2020 [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: <https://www.tesla.com/models>

Automotive R&D. *Www.afry.com* [online]. 2020 [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: <https://afry.com/en/area/automotive-rd?sector=1330>

FANGFANG ZHU, GUOAN LIU, CAI TAO, KANGLI WANG a KAI JIANG. Battery management system for Li-ion battery. *The 6th International Conference on Renewable Power Generation (RPG)* [online]. 2017, 19–20. říjen 2017, , 1437–1440 [cit. 2020-06-29]. DOI: 0.1049/joe.2017.0569. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8311334&isnumber=8311003>