

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra elektrotechniky a automatizace



Diplomová práce

Elektromobilita v rozvážkové službě

Bc. Jana Levová

©2023 Praha

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jana Levová

Regionální environmentální správa

Název práce

Elektromobilita v rozvážkové službě

Název anglicky

Electromobility in the delivery service

Cíle práce

Diplomová práce je zaměřena na elektromobilitu resp. využití elektromobilů v rozvážkové službě, cílem je zjistit, zda jsou elektromobily vhodnější pro využití v rozvážkové službě (spotřeba "paliva", zařízení dobíjecích stanic x doba dobíjení, zmapování trasy stanic, snížení hluku a spalin CO₂ ve městě.)

Cílem je zjistit, jak výhodné to pro město a firmu bude, když by se osobní automobily zaměnily za elektromobily.

Metodika

Seznamte se s rozvážkovou službou, která pro svou práci využívá výhradně elektromobily, zkoumejte dopad na dané město, ve kterém tato rozvážková služba funguje, zmapujte propojení nabíjecích stanic a jejich kapacity pro daný počet elektromobilů u rozvážkové služby. Zkoumejte, jaký dopad bude mít takové využití na životní životního prostředí, zhodnoťte, zda by taková změna byla pro firmu, dané město i životní prostředí výhodná, nejen z hlediska využití, ale i z hlediska ekologického.

Doporučený rozsah práce

40 – 60 str.

Klíčová slova

elektromobilita, rozvážková služba, životní prostředí

Doporučené zdroje informací

BADIDA, M. a kol.: Environmentalistika: alternativní pohony automobilů. Košice : Technická univerzita, 2007. ISBN 9788080739379

CELIŇSKI, Z., VOJTÁŠEK, S.: Nové zdroje elektrické energie. Praha , SNTL, 1985, 1. vyd.

ČEZ https://www.cez.cz/edee/content/file-other/cezes/nase-sluzby/ppds-2018_priloha-6.pdf (dostupné 5.9.2021)E.ON https://www.eon-drive.cz/produkty/?gclid=EAlalQobChMI_OLE2qTq8gIVVeR3Ch0jxAQeEAAYAiAAEgLoTfD_BwE (dostupné 5.9.2021)

FRYBERT, J.: Alternativní pohony. Integrovaná střední škola automobilní, Brno, 2015. ISBN 978-80-260-7548-6.

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

KAMEŠ, J.: Alternativní pohon automobilů. BEN, Praha, 2004. ISBN 9788073001278

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

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

VACHELOVÁ, J.: Elektromobilita ve vztahu k životnímu prostředí. Bakalářská práce, ČZU FŽP, 2019

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

prof. Ing. Jaromír Volf, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra elektrotechniky a automatizace

Elektronicky schváleno dne 29. 3. 2023

doc. Ing. Monika Hromasová, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 29. 3. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou/závěrečnou práci na téma: Elektromobilita v rozvážkové službě, 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 diplomovou 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 diplomové 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 GDPR.

V Praze 29.3.2023

Jana Levová

Poděkování

Touto formou 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. Také mu děkuji za čas a ochotu, kterou mi věnoval v průběhu zpracování diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat těm, kteří při mně stáli a samozřejmě také svému manželovi, který tu byl pro mě po celou dobu studia, již od střední školy, vytvořil zázemí a pomáhal mi se studiem.

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na elektromobilitu v rozvážkové službě, teoretická část je zaměřena na současný stav elektromobility a jeho analýzu, na koncepci elektromobilů. Značná část je věnována pohonným systémům a životnímu prostředí, respektive emisím. Některé body vychází z výstupů z bakalářské práce.

V praktické části je klíčové zaměření na ekologii a využití vozidel v praxi a jejich vliv na životní prostředí. Autorka se zaměřila na výpočet, analýzu a porovnání kritérií řešené problematiky u zvolených vozidel.

Klíčová slova:

elektromobilita, elektromobil, typy elektromotorů, typy elektropohonů, dobíjecí stanice, spalovací motor, emise

Abstract

The diploma thesis is focused on electromobility in the delivery service, the theoretical part is focused on the current state of electromobility and its analysis, on the concept of electric cars. A significant part is devoted to propulsion systems and the environment, respectively emissions. Some points are based on the outputs of the bachelor's thesis.

In the practical part, the key focus is on ecology and the use of vehicles in practice and their impact on the environment. The author of the analysis of vehicles for calculation, and comparison of the criteria of the solved problem in the selected ones.

Keywords:

electromobility, electric car, types of electric motors, types of electric drives, charging stations, internal combustion engine, emissions

Obsah

Úvod.....	11
1. Cíl diplomové práce	13
2. Metodika	14
3. Současný stav elektromobility a jeho analýza.....	15
3.1 Trh s elektromobily.....	16
3.2 Legislativní rámec elektromobility v ČR.....	17
4. Rozdělení vozidel podle pohonných systémů	19
1.1. Spalovací motor	19
4.2 Hybridní pohon	20
4.3 Elektrický pohon.....	20
4.4 Vodíkový článek	20
4.5 Pohonné látky a infrastruktura	21
4.6 Údržba a cena.....	23
5. Elektromobil a vliv na životní prostředí.....	24
5.2 Emise z automobilů.....	24
5.2 Přímé emise.....	25
5.3 Nepřímé emise	25
5.3 Spalovací motory	27
5.4 Elektromotory	29
5.5 Měření emisí	30
6. Elektromobil a jeho koncepce	32
7. Pohon elektrických vozidel – elektromotor.....	35
7.2 Střídavé motory.....	36
7.3 Asynchronní motor	36
7.4 Synchronní motor.....	36
7.5 Umístění elektromotoru	36
8. Energetické zdroje.....	38

8.1	Druhy akumulátorů	38
8.2	Významné parametry akumulátorů:	39
8.3	Likvidace a recyklace akumulátorů pro elektrická vozidla.....	40
9.	Elektromobil a dobíjení.....	41
9.1	Výroba elektrické energie	41
9.2	Zdroje neobnovitelné pro výrobu elektrické energie	42
9.3	Zdroje obnovitelné pro výrobu elektrické energie	42
9.4	Dobíjecí sítě a infrastruktura.....	43
9.5	Nabíjecí konektory.....	44
9.5.1	IEC 62196 Typ 2d.....	44
9.5.2	Combined Charging System (CSS).....	45
9.5.3	CHAdeMO.....	45
9.5.4	Tesla Supercharger.....	45
10.	Veřejné dobíjecí stanice	46
10.1	Dodavatelé poskytující dobíjecí stanice	46
11.	Podpora pro elektromobilitu	48
11.1	Podpora státu.....	48
11.2	Národní akční plán čisté mobility	48
11.3	Strategické cíle NAP CM.....	49
11.4	Harmonogram a plán realizace NAP CM	49
11.5	OP Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost.....	49
11.6	Memorandum o budoucnosti automobilového průmyslu v ČR a Akční plán o budoucnosti průmyslu v ČR.....	50
11.7	Podpora ze strany měst	51
12.	Výsledky	52
13.	Rozvážková služba.....	53
14.	Představení společnosti K.B.R. group v.o.s.	54
15.	Analýza firemní flotily.....	55

15.1	Iveco Daily.....	55
15.2	Renault Master Thermo King V 500.....	55
15.3	Opel Vivaro.....	55
15.4	Opel Vivaro – e.....	56
16.	Apikace metod na řešenou problematiku.....	57
16.1	Výběr alternativ vozidel.....	57
16.2	TCO výpočet.....	57
16.3	WtT.....	60
16.4	WtW.....	61
16.5	Emise CO ₂ e vyprodukované při výrobě baterie.....	61
16.6	Náročnost na servis, opravy a údržbu vozidel.....	61
16.7	Výhody a nevýhody pro řidiče (zaměstnanec).....	62
16.8	Vyhodnocení kritérií.....	62
17.	Diskuse.....	64
18.	Závěr práce a přínos práce.....	68
19.	Seznam tabulek.....	69
20.	Seznam obrázků.....	70
21.	Seznam použitých zkratk.....	71
22.	Seznam použité literatury.....	74
a.	Tištěná literatura.....	74
b.	Internetové zdroje.....	76
c.	Seznam použitých právních předpisů.....	81

Úvod

Hektická doba a náročná doba vyžaduje absolutní vytížení člověka. Důraz je kladen na to, abychom stihli co nejvíce věcí, samozřejmě v co nejkratším čase. Doprava ve 21. století je pro nás jednou z nejdůležitějších oblastí a hraje velkou roli v našich životech, každý vlastníme alespoň jeden osobní automobil, kterým dojíždíme za prací, nakupovat, anebo si necháme dovážet balíky, potraviny a ledasco nás zrovna napadne. Fungujeme pouze na jedno kliknutí a druhý den máme cokoliv. Nezaměřujeme se na sdílení vozidel, nebo městskou dopravu, nevyžadujeme bydlet v místě, kde pracujeme a kde si jsme schopni dojít nakoupit pěšky. Samozřejmě v moderních městech dnes již tyto možnosti často máme a využíváme. Působí na nás neustále ale stres a lenost. Zároveň je důležité říci, že dnešní svět plný komunikací spotřebuje samozřejmě obrovské množství energie. Naše ekonomika se neobejde bez dopravy zboží a přepravy osob, ta je však závislá na spalování ropy. Využití energie musí být především co nejefektivnější. Ta efektivita však není taková, jaká by měla být.

Efektivita však spočívá ve využití energie z obnovitelných zdrojů a úspoře zdrojů neobnovitelných. Obnovitelnou energii momentálně nejsme schopni produkovat na tolik, abychom řekli, že jsme efektivní a jak bychom chtěli. Je jisté, že život bez komunikací a dopravy je nepředstavitelný pro většinu populace. Přesto, že víme, že bychom pro náš svět měli udělat pravý opak. Trh je díky tomu přesycen nepřeborným množstvím různých modelů a značek benzínových nebo diesellových vozidel se spalovacím motorem, dnes již není novinkou, že je na trhu dostupná i na první pohled ekologická varianta vozidla s elektrickým motorem, které jezdí naprosto bez emisí, tato nabídka každým dnem roste a bývá často upřednostňována.

Představme si, že v některých velkých městech může běžet v jednom okamžiku desítky tisíc takových spalovacích motorů, dochází tak k narušení životního prostředí, které by mělo být uznáváno a chráněno, zároveň toto emisemi znečištění ovzduší zapříčiní globálně smrt přibližně 800 tisíc lidí (Hajzler, 2021).

Je důležité dodat, že 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 CO₂, oxid uhelnatý CO, oxidy dusíku NO_x a jiné další látky.

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

Dalším kritériem a do jisté míry zdajícím se problémem, který jistojistě pomáhá k nahrazení spalovacích motorů, je samozřejmě klesající 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:

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

Tato diplomová práce je zaměřena pouze na pohony využívající elektrickou energii.

1. Cíl diplomové práce

Diplomová práce je zaměřená na elektromobilitu, resp. využití elektromobilů v rozvážkové službě, cílem je zjistit, zda jsou elektromobily vhodnější pro využití v rozvážkové službě. Týká se to především spotřeby „paliva“, zařízení dobíjecích stanic a doby dobíjení, (spotřeba "paliva", zařízení dobíjecích stanic x doba dobíjení, zmapování trasy stanic, snížení hluku a spalin CO₂ ve městě.)

Cílem je zjistit, jak výhodné to pro město a firmu bude, když by se konvenční vozidla zaměnila za vozidla plně elektrická.

2. Metodika

Diplomová 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 u vybraných vozidel, jejich hodnocení a porovnání. Součástí praktické části je diskuse, které přichází s inovativními otázkami. Práce seznamuje se současným stavem elektromobility ve světě i ČR, nahlíží na trh. Seznamuje s vozidly, palivovými články, hodnotí stav, kvalitu a infrastrukturu poskytovatelů dobíjecích stanic.

Důraz a zaměření práce je především na ekologii v automobilovém průmyslu a dopravě, tedy rozvážkové službě, autorka popisuje problematiku výroby a spotřeby elektrické energie. Již v bakalářské práci se autorka zaměřila na 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.

Diplomová práce je nadstavba práce bakalářské, kde byl zřejmý výsledek o elektrovozidlech ve vztahu k životnímu prostředí. Teď se autorka zaměřuje na vozidla použitá v praxi, a to v rozvážkové službě. Důležitá je také diskuse, kde autorka přichází s otázkami, které momentálně nejsou pro společnost samozřejmostí, a ještě se jimi tolik nezabývá.

Praktická část je zaměřena na popis a funkci rozvážkové služby, která využívá vozidlo s plně elektrickým pohonem a vozidla se spalovacím motorem, jde tedy o porovnání těchto vozidel. Jsou hodnoceny a popsány přesná kritéria vozidel, jak elektrických, tak se spalovacím motorem, zároveň jsou vypočteny emise, čas strávený při tankování / dobíjení vozidel a praktické využití vozidla při práci.

Autorka chtěla touto prací zjistit, jestli by bylo vhodné využít elektrická vozidla pro rozvážení zboží, zda by to bylo výhodnější pro uživatele a klíčové je, jestli by to bylo ekologičtější pro městskou aglomeraci.

3. Současný stav elektromobility a jeho analýza

Význam elektromobility ve světě z dlouhodobého hlediska rapidně vzrůstá a samozřejmě s ním i trend elektromobil vlastnit. Vlastnictví elektromobilů, především v severních zemích Evropy, rostlo nezadržitelně. Elektromobilita přinesla do automobilového průmyslu nový rozměr. Jedná se o využití nových technologií, modernějšího designu či celkové koncepce. Elektromobilita prochází renesancí a pomalu se stává boomem dnešní doby. Trh je postupně naplňován vozidly s elektromotorem, a ještě častější a oblíbenější jsou vozidla s hybridním pohonem. S přicházejícími novými modely na trh, se každým rokem rozšiřuje i infrastruktura a zlepšují se samozřejmě výrobní postupy. Technologie jsou připraveny více let, ale z důvodu vyrábění malého množství, se zatím udržovaly velmi vysoké ceny. Momentálně poptávka, a s ní i trend roste, proto se ceny stabilizují, a přibližují se tak vozidlům se spalovacím motorem. Rozdíl je však zatím markantní. Zatím mají na trhu stále klíčové postavení klasická vozidla, tedy ty se spalovacím motorem, postupně začíná být standardem hybridní vozidlo. Nové efektivnější technologie s využitím elektrického motoru nebo s jeho kombinací se postupně derou do popředí. Tyto technologie však rozdělují populaci několik týmů. Někteří preferují vozidla s plně elektrickým motorem, avšak tito jedinci si často neuvědomují, že vozidla jsou vyrobena v továrně, kdy při jejich konstrukci vznikají velmi vysoké emise a zároveň jsou vozidla nabíjena ze sítě, kam musí být nějakým způsobem dovedena elektrická energie. Tito jedinci jsou poměrně lehce ovlivněni reklamou o nulových emisích vozidla, bez doplňkových technických znalostí. Dále jsou tu vlastníci a preferenti vozidel pouze se spalovacím motorem, ani tato varianta není stoprocentně ekologická a výhodná pro naše ovzduší. Ve světě, a to především na americkém a asijském kontinentu, a v EU, se investují vysoké sumy peněz do výzkumu nízkouhlíkových technologií a spouštějí se cílené programy k přechodu na nízkouhlíkovou silniční dopravu. V neposlední řadě jsou tu i ti, které skutečně zajímá stav životního prostředí a zaměřují se na technologie, tito lidé dopravu řeší jinak. Například kombinací pohonů, vodíkem, nebo na delší cestu využívají skupinové spolujízdy nebo veřejnou dopravu.

Elektromobily jsou v některých ohledech ve výhodě, a to nejen po technické a ekonomické stránce, i po ekologické stránce značí jistou výhodu. Zdálo se, že jsou připraveny na budoucí náhradu klasických automobilů. Elektrifikovaná vozidla se na dnešním trhu rozšířila velkou rychlostí. Několik posledních let můžeme vidět a slyšet, že budoucnost patří elektromobilitě, s tím zároveň přicházejí spekulace, že naopak elektromobilita je slepá ulička. Současná nabídka nových automobilů dokazuje pravý opak. Aktuální evropské emisní předpisy totiž pro rok 2020 nařizují automobilkám stlačit průměr všech jejich prodaných aut na hodnotu vypouštěných 95 gramů CO₂

na jeden kilometr. Taková hodnota emisí odpovídá spotřebě přibližně 4,1 litrů benzínu na 100 kilometrů a u nafty je to asi 3,6 litrů na 100 kilometrů. S ohledem na technická data automobilů se spalovacími motory, zejména u velmi oblíbených poloterénních vozů SUV, je jasné, že bez elektrifikace nelze těchto cílů dosáhnout. Tento fakt si uvědomují automobilky, které v posledních letech chrlí na evropský i český trh jednu elektrifikovanou novinku za druhou (Zoommagazin.cz, 2020).

3.1 Trh s elektromobily

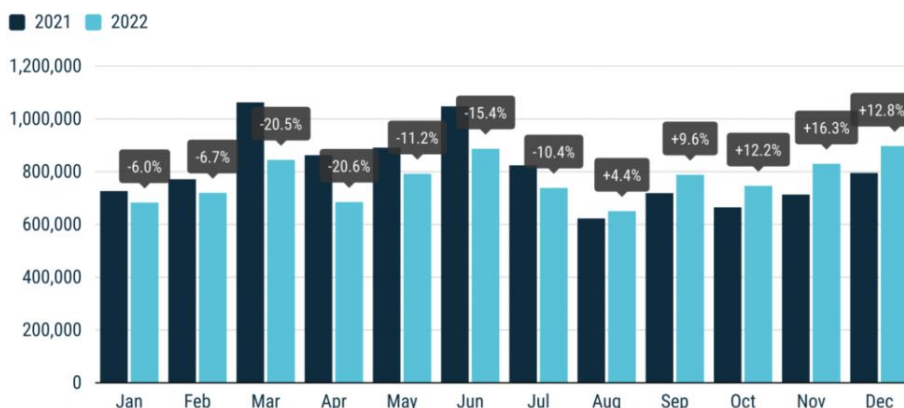
Prodeje elektromobilů v roce 2022 prudce vrostly, vůbec poprvé se prodej nových elektrických vozů dostal na 10% psychologickou hranici, tedy, každý desátý nový automobil prodaný v roce 2022, byl plně elektrický.

Na tomto vývoji se nejspíše podepsaly důležité faktory, kterými je například větší odbyt v Číně, vzrůstá i popularita v Evropě. Oproti tomu v USA tento trend nevzrost, a naopak je opačný.

Globálně jsou zásadní dvě informace. Jednak je to počet prodaných kusů, a také za druhé meziroční nárůst. Za rok 2022 se celkem prodalo 7,8 milionů nových elektromobilů, to je o 68 % více, než tomu bylo v roce 2021 (Tomáš Richter, 2023)

V Evropě, (jedná se tedy o součet EU, UK a země jako Švýcarsko, Island a Norsko), se prodalo v loňském roce 1,5 milionů elektromobilů, což je 29 % z prodeje vozidel. Každé páté vozidlo bylo plně elektrické, každé druhé pak elektrifikované. Nejvíce vozidel se prodalo v Německu, s počtem 471 394 vozidel, s meziročním nárůstem + 32,2 %. Druhým státem s největší počtem prodaných vozů byla Velká Británie, kde se prodalo 267 203 vozidel, tady byl nárůst + 40,1 %, třetí zemí byla Francie s 203 122 vozy a nárůstem + 25,3 %. Celkem se v Evropě v roce 2022 prodalo 11 286 939 vozidel, to je mírný pokles oproti roku 2021, o 4,1 %, z toho 9 255 930 v Evropské unii, to je nejmíň od roku 1993, - 4,6 %. Ze čtyř největších států v EU se podařilo pouze v Německu dosáhnout mírného růstu (Jan Hořčík, 2023). V České republice celkově poklesl prodej nových osobních automobilů o 12,31 %. Za prvních šest měsíců roku 2022 bylo registrováno 1918 elektromobilů, v roce 2021 ve stejném období to bylo přibližně o 600 vozů méně. Je tedy zřejmé, že zájem o elektromobily roste i u nás (autobible.euro.cz, 2022).

Obrázek č. 1 - Měsíční vývoj prodeje nových aut v EU + EFTA + UK za roky 2021 a 2022



Zdroj: Webové stránky, Hybrid.cz (2023)

3.2 Legislativní rámec elektromobility v ČR

Silniční doprava s sebou nese řadu právních předpisů. Lze je dělit na předpisy na tzv. „evropské úrovni“ (Směrnice, Nařízení, Rozhodnutí) a na předpisy na „národní úrovni“ (zákony, vyhlášky, nařízení vlády). Všechny právní předpisy Evropské unie lze nalézt na webových stránkách EUR-Lex – Přístup k právu Evropské unie (EUR-Lex, 2023). Pro vyhledávání v české legislativě lze využívat portál Ministerstva vnitra České republiky (MVČR, 2023).

Pro potřeby této diplomové práce jsou zmíněny zejména tyto právní předpisy:

- Emisní norma EURO,
- ČSN EN 61851-21,
- Vyhláška č. 50/1978 Sb., resp. Zákon č. 250/2021 Sb.

Emisní norma EURO je závaznou normou Evropské unie stanovující limity hodnot škodlivin obsažených ve výfukových exhalacích pro benzínová a naftová motorová vozidla. ČSN EN 61851-21, celým názvem ČSN EN 61851-21 Systém nabíjení elektrických vozidel vodivým propojením – Část 21: Požadavky na elektrická vozidla pro vodivé připojení k AC/DC napájení, spolu s IEC 61851-1:2010 stanovuje požadavky pro vodivé připojení elektrického vozidla (EV) k AC nebo DC zdroji. Vyhláška č. 50/1978 Sb., celým názvem Vyhláška Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o odborné způsobilosti v elektrotechnice, kterou ruší zákon č. 250/2021 Zákon o bezpečnosti práce v souvislosti s provozem vyhrazených technických zařízení a o změně souvisejících zákonů, pojednává mimo jiné o bezpečnosti práce a požadavcích při opravách automobilů s elektrickým pohonem (Roman Valíček, 2019).

4. Rozdělení vozidel podle pohonných systémů

Hlavním přínosem této práce je poukázání a srovnání vybraných pohonných systémů vozidel, které jsou určené pro rozvážkovou službu. Pohled je z ekonomické a ekologického hlediska. V této kapitole se autorka zaměřila na stručný popis vybraných druhů pohonů.

Základní rozdělení vozidel dle pohonných systémů:

- vozidla se spalovacím motorem,
- vozidla s hybridním pohonem,
- vozidla s elektropohonem,
- Vozidla s vodíkovým článkem.

Jak již bylo uvedeno, jde pouze o základní rozdělení vozidel. Mezi těmito druhy je značný rozdíl, vozidla se neodlišují pouze pohonnou jednotkou, mají také jiné komponenty, které jsou nezbytné pro funkčnost vozidla. Také typ paliva je jiný.

1.1. Spalovací motor

Jedná se o tepelný stroj, který získává tepelnou energii spalováním paliva, tu s využitím vhodného plynného média převádí na mechanickou práci. Tato energie je využívána jako energie potenciální (tlak spalin) u pístových spalovacích motorů, nebo jako kinetická energie (rychlost proudu spalin) u spalovacích turbín. Na Obrázek č. 1 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 součásti nemusejí být zakomponovány: Více stupňová převodovka, spojka, palivová nádrž, výfukový systém aj. (Janečka, 2014).

Obrázek č. 2 – Schéma přeměny energie ve spalovacím motoru



Zdroj: Hromádko (2011)

Z ekologického hlediska se může zdát, že jsou 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 spalínách přítomny oxid uhelnatý (CO) a vodík. Nedokonalé spalování může být zapříčiněno celkovým nebo lokálním nedostatkem kyslíku, nedostatkem času pro oxidaci, nebo důsledkem disociace spalin. Škodlivé látky jsou např.: CO, oxidy dusíku, HC, NO_x apod. U vznětových motorů ještě saze a pevné částice. U elektromotorů a vodíkových článků k žádné takové přeměně nedochází, vozidla s elektromotorem mají nulové emise a již nevypouští žádné takové spaliny. Ovšem to za předpokladu, že se zaměříme pouze na spaliny a oxidy uhlíku při samotném provozu vozidla (Janečka, 2014).

4.2 Hybridní pohon

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 (Hromádka, 2011).

4.3 Elektrický pohon

Taková vozidla mají nejvyšší stupeň elektrifikace, to znamená, že je výhradně pohánějí elektromotor. Jsou nabíjeny ze zásuvky, tedy z elektrické sítě. 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 Vodíkový článek

Jde tedy o velmi perspektivní zdroj energie, který můžeme nalézt pouze ve vodě, molekula vody se skládá z vodíku a kyslíku, elektrolýzou je od sebe lze oddělit. Když takto získaný vodík hoří (spojí se s kyslíkem obsaženým ve vzduchu), např. ve spalovacím motoru.

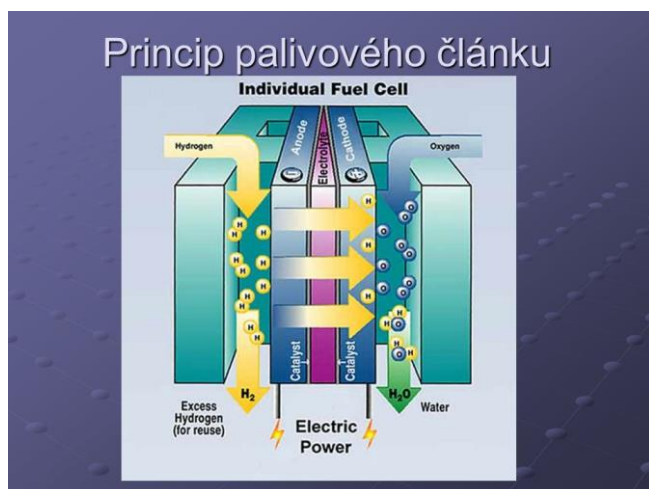
Alternativa pro bateriové elektromobily by do budoucna mohl být vodíkový článek. Vodík je využíván ve vodíkových palivových článcích, ve kterých probíhá reakce vodíku s kyslíkem, a tím se vyrábí elektřina pro elektromotor, anebo se přímo spaluje v pístovém či rotačním spalovacím motoru. Palivo je tedy buď vstříkováno 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).

Vodík se lze vyrobit různými způsoby, buďto zmíněnou elektrolýzou, nebo se v současné době 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 v elektrárnách. 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. Na Obrázek č. 3 lze vidět princip palivového článku, kdy anoda (záporná elektroda) přijímá vodík a ke katodě (kladná elektroda) je přiváděn kyslík (Department of Energy, office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 2018).

Obrázek č. 3 – Princip palivového článku



Zdroj: Webové stránky, Department of Energy, office of Energy Efficiency and Renewable Energy (2018)

4.5 Pohonné látky a infrastruktura

Ve vozidlech se vznětovým motorem je nejčastějším palivem nafta. Jde o těžko odpařitelnou kapalinu, ta se řadí mezi fosilní uhlíková paliva, protože je získávána převážně z ropy. V současné době se u nás dodávají dva druhy motorové nafty, letní a zimní (Hromádka, 2011).

Nafta je snadno dostupná, dobře skladovatelná a její tankování trvá několik málo minut (v závislosti na velikosti nádrže na pohonné hmoty). Nevýhodou může být pouze import ropy způsobená v nesoběstačnosti v těžbě ropy.

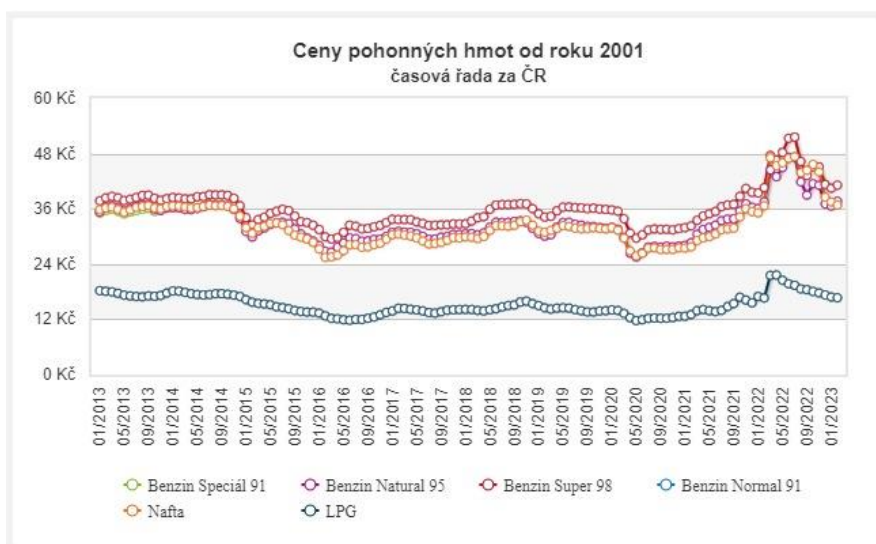
U zážehových motorů je palivem naopak nejčastěji směs benzínu a vzduchu. Na automobilových benzín jsou kladeny následující požadavky:

- dobré antidetonační účinky,
- dobrá odpařivost za nízkých teplot pro zajištění startovatelnosti,
- nemůže obsahovat těžší frakční podíly,
- malý obsah síry, ta způsobuje korozi, způsobuje pokles oktanového čísla, zvyšuje obsah škodlivin,
- nesmí obsahovat pryskyřice, ta zanáší trysky,
- dlouhodobá stabilita zabezpečující nízké ztráty při skladování (Hromádko, 2011).

Oktanové číslo charakterizuje odolnost proti detonačnímu hoření, které může poškodit motor v případě, že dojde k dlouhodobému vystavování tomuto jevu. Jde o procentuální objemový podíl isooktanu (oktanové číslo 100) a n-heptanu (oktanové číslo 0) ve směsi, ta má stejnou odolnost vůči vzniku detonací při spalování jako zkoušené palivo (Hromádko, 2011).

Důležité je také pravidelné kolísání a změn cen pohonných hmot, toto kolísání lze sledovat na Obrázek č. 4.

Obrázek č. 4 – Ceny pohonných hmot v letech 2013 až 2023



Zdroj: Webové stránky, Český statistický úřad (2013–2023)

4.6 Údržba a cena

Ceny u obou typů motorů a paliv se za pořízené vozidlo různí, na trhu jsou segmenty vozidel, které lze pořídit za statisícové nebo milionové částky. Obecně však platí, že vozidla se vznětovým motorem bývají nejlevnější možnou variantou. Do ceny vozidla vstupují rovněž i prvky volitelné výbavy, ty mohou cenu automobilu klidně zdvojnásobit.

Základním předmětem údržby bývá výměna motorového oleje a filtrů, kontrola a také doplnění provozních kapalin, jako jsou brzdová a chladící, výměna pneumatik anebo oprava brzd. U servisu se ceny pohybují podobně.

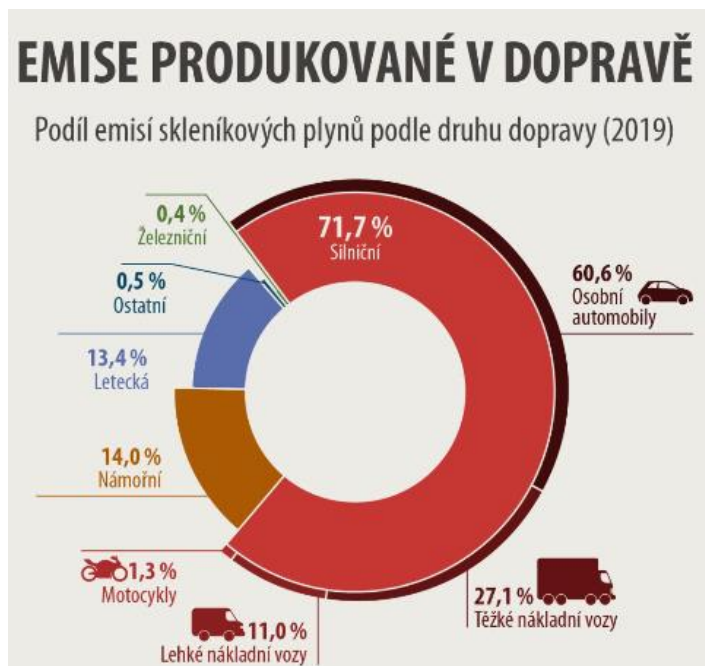
5. Elektromobil a vliv na životní prostředí

Fenoménem posledních let v rozvoji čisté dopravy je elektromobilita, tedy doprava bez emisí. Klíčovým argumentem pro využívání elektromobilů jsou ekologické důvody. V oblasti elektromobility je viděn největší potenciál při řešení problémů skleníkových plynů, ty stojí za globálním oteplováním. Dalšími zásadními problémy jsou hluk a škodlivé látky, které negativně působí na zdravotní stav obyvatel. Elektromobily, spojené s nízkouhlíkovými zdroji energií, nabízejí jisté ambice ve snížení emisí v osobní silniční dopravě. Efektivnější a možná ekologičtější způsob skladování energie je největší výzvou pro výrobce elektrických vozidel. Elektřina je obvykle považována za zdroj čisté energie, avšak je nutné brát v úvahu i ty emise, které vznikají při jejím generování přímo v elektrárnách a zároveň samozřejmě emise, které vznikají za branami automobilek, kde se vozidla vyrábějí. Dopady na životní prostředí mají vliv v průběhu celého životního cyklu elektromobilu, přesto, že emise při provozu jsou nulové. Již zmíněná výroba elektromobilu, také baterie a následná likvidace nebo recyklace baterie. Tyto kroky rozhodně nejsou příznivé pro životní prostředí a ekologicky nezávadné. Vzhledem k faktu, že baterie jsou těžké, výrobci proto pracují na odlehčení zbytku vozidla, které obsahuje mnoho lehkých materiálů vyžadující vyšší energetickou náročnost při výrobě a zpracování. Během výroby elektromobilu se mohou uvolňovat toxické látky, které negativně působí na životní prostředí.

5.2 Emise z automobilů

Tato podkapitola je zaměřena na informace ohledně produkce emisí plynoucích z užívání automobilů. Tematicky je rozdělena na několik částí. Zprvu jsou podkapitoly zaměřeny na to, co jsou emise a jak se měří. Další část se zabývá emisemi spojenými s vozidly se spalovacím motorem a elektromobility.

Obrázek č. 5 - Emise produkované v dopravě podle druhu dopravy v roce 2019



Zdroj: Evropská agentura pro životní prostředí (2022)

5.2 Přímé emise

Elektromobily sice mohou podstatně zlepšit kvalitu ovzduší ve velkých městech a jejich aglomeracích, a to pouze za předpokladu vysokého prodeje. Elektromobily produkují podle typu nízké nebo dokonce žádné přímé emise. Mají sníženou hlučnost a vibrace. Dalším pozitivem těchto vozidel je využívání regenerativního brzdění motorem (rekuperace), při kterém dochází k přeměně kinetické energie dopravního prostředku zpět na využitelnou energii.

5.3 Nepřímé emise

Benefit čistého ovzduší je velice závislý na zdrojích energie, které elektřinu vyrábí. Zatímco se mnoho ekologických studií zaměřilo pouze na etapu provozu elektromobilů, výroba těchto vozidel hraje podstatnou roli v produkci nebezpečných látek, stejně jako tomu je při výrobě konvenčních vozidel.

V době maximálního vzestupu moderních technologií, kterými jsou samozřejmě i elektromobily, je cílem nás všech, a především Evropské unie, ochrana místa, kde lidé žijí. Jedním z nejzásadnějších aspektů je předcházení důsledků změn klimatu. Alternativou se nabízí

především podpora získávání energie z obnovitelných zdrojů. Taková energie je větrná, solární a vodní energie, nebo energie z biomasy.

Klíčovým řešením se zdá velmi výrazné snížení emisí skleníkových plynů. Jedním z projektů, 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.

Elektromobil má nulové přímé emise, to jsou emise, které jsou počítány za jízdy a provozu vozidla. Účinnost vozidla je velmi vysoká, co elektromobil nabírá na jízdých vlastnostech, to ztrácí na velmi krátkém dojezdu, na jehož prodloužení se neustále pracuje. Proto jsou tato vozidla využívána spíše pro městské účely. Klíčovým argumentem, který je nutno při nulových emisích zmínit je, že jsou emise přesunuty na jiné místo, a tím místem jsou továrny, kde se vozidla vyrábí a lekárně. Je skutečně důležité vědět, jak se vyrábí elektrická energie, která je třeba pro dobíjení elektrobaterie.

Dalším důležitým faktorem jsou emise vytvořené při výrobě samotného vozidla. Pokud se na výrobu používají klasické elektrárny, (uhelné a plynové), které zatěžují životní prostředí emisemi SO_2 , NO_x , VOC, CO_2 a tuhými částicemi, tak nelze mluvit o nulových emisích. Celkově nepřímé emise CO_2 , NO_x , SO_2 a PM zásadně závisí na energetickém mixu daného státu. Jejich odlišnost závisí na poptávce, dostupnosti obnovitelných zdrojů energie a účinnosti výroby energie z fosilních zdrojů.

Dnes jsou tyto emise vysoké, a to kvůli velkému podílu uhelných elektráren a jiných neekologických zdrojů energie. Jsou projevovány obavy v důsledku přesouvání problémů do míst, kde se elektřina pro elektromobily bude generovat. U elektromobilu je trend emisí během jejich životního cyklu samozřejmě klesající. Je to způsobeno rostoucím podílem obnovitelných zdrojů energií, ale také zaváděním nových postupů a technologií spalování konvenčních zdrojů, jako je uhlí a plyn. Emise nebezpečných látek, znečišťující ovzduší, bude obecně sníženo přechodem na OZE, jako jsou například vodní, větrné, fotovoltaické a jaderné elektrárny. Například v Norsku pochází téměř 100% elektrické energie z vodních elektráren. I v tomto případě jsou celkové emise nižší. V některých případech až o 90 % v porovnání s vozidly se spalovacím motorem. Kdyby došlo k nahrazení vozidel se spalovacím motorem za elektrická, vedlo by to sice ke zlepšení kvality ovzduší ve městech, zároveň však k velmi výraznému nárůstu spotřeby elektrické energie, při jejíž výrobě by v některých případech byly zvýšeny emise tuhých částic a CO_x , NO_x a SO_x . Provozem elektromobilů dojde ke snížení emisí a zároveň ke snížení spotřeby paliva, tedy ropy. Když bude zvážen fakt, že by se na cestách pohybovalo přibližně 1 %

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

5.3 Spalovací motory

S rozkvětem automobilismu zejména v 50. a 60. letech minulého století v USA, začal být velmi patrný negativní dopad na životní prostředí. První technologickou inovací vznětového motoru pro snížení množství vyprodukovaných emisí byl systém odvětrávání klikové skříně motoru. Používání tohoto systému se stalo povinným poprvé v roce 1961 ve státě Kalifornie v USA, kde docházelo k vyšším výskytům smogu, což bylo zapříčiněno zvýšeným počtem automobilů využívaných v této oblasti. V roce 1966 přišla i omezení na množství vyprodukovaných uhlovodíků (HC) a oxidu uhelnatého (CO). Později v roce 1971 došlo i na omezení oxidů dusíku (NOx). Kvůli dohledu nad emisemi byla v USA v roce 1970 vznikla společnost Environmental Protection Agency (EPA) (Crolla, 2015). Co se týče evropského území, v některých státech došlo koncem 60. let. 20. století rovněž k implementaci regulací, které se týkaly omezení produkce emisí z osobních automobilů. Kdy přišly tyto regulace v platnost, se v každém státu lišilo. První plošnou emisní normou byla EHK 15, která vstoupila v platnost v roce 1971. Klíčovou změnu přineslo představení EURO norem. První EURO norma byla představena dne 25.7.1991 a od roku 1992 se stala závaznou pro všechny členské státy Evropské unie (Směrnice Rady 91/441/EHS). Tyto EURO normy jsou vydávány v postupně se zpřísňujících číslovaných verzích. Pro motorová vozidla kategorie M1 a N1 (osobní automobily a lehké užitkové automobily) jsou EURO normy značeny arabskými číslicemi. Pro nákladní automobily a autobusy se EURO normy číslují římskými číslicemi. EURO normy udávají maximální přípustné hodnoty, jaké musí motor splňovat, vzhledem k příslušné EURO normě. Rovněž je součástí i metodika, jak exhalace motorů měřit a za jakých podmínek. Automobily, které splňují starší EURO normy, tedy ty méně ekologické, nemusí být z provozu vyřazeny, ovšem mohou být postupně znevýhodněny. Příkladem takovýchto znevýhodnění může být vyšší zdanění, či lokální zákazy vjezdu. Tyto lokální zákazy vjezdu platí pro tzv. Low Emission Zones (LEZ), což jsou oblasti, do kterých mohou vjet vozidla pouze určité emisní třídy nebo vyšší (Dieselnet.com, 2021).

V Tabulka č. 1 a Tabulka č. 2 jsou uvedeny hodnoty pro jednotlivé EURO normy a roky, od kdy jsou tyto normy platné. Maximální přípustné hodnoty v exhalacích příslušných motorů se týkají oxidu uhelnatého (CO), uhlovodíků (HC), oxidů dusíku (NOx) a pevných částic (PM/PN). 23

Hodnoty jsou uváděny v gramech na kilometr s výjimkou PN, kde jsou hodnoty uváděny v množství na kilometr (Dieselnet.com, 2021).

Tabulka č. 1 - Hodnoty EURO norem pro benzínová vozidla

norma	rok	CO	HC	HC + NO _x	NO _x	PM	PN
		g/km					#/km
EURO 1	1992	3,16	-	1,13	-	-	-
EURO 2	1996	2,2	-	0,5	-	-	-
EURO 3	2000	2,3	0,2	-	0,15	-	-
EURO 4	2005	1	0,1	-	0,08	-	-
EURO 5	2009	1	0,1	-	0,06	0,05	-
EURO 6	2014	1	0,1	-	0,06	0,05	6.0×10 ¹¹ e.g

Zdroj: (Zpracováno dle dieselnet.com, 2023)

Tabulka č. 2 – Hodnoty EURO norem pro naftová vozidla

norma	rok	CO	HC	HC + NO _x	NO _x	PM	PN
		g/km					#/km
EURO 1	1992	3,16	-	1,13	-	0,18	-
EURO 2, IDI	1996	1	-	0,7	-	0,08	-
EURO 2, DI	1996	1	-	0,9	-	0,1	-
EURO 3	2000	0,64	-	0,56	0,5	0,05	-
EURO 4	2005	0,5	-	0,3	0,25	0,025	-
EURO 5a	2009	0,5	-	0,23	0,18	0,006	-
EURO 5b	2011	0,5	-	0,23	0,18	0,006	6.0×10 ¹¹ e.g
EURO 6	2014	0,5	-	0,17	0,08	0,006	6.0×10 ¹¹ e.g

Zdroj: (Zpracováno dle dieselnet.com, 2023)

Již bylo diskutováno, že automobily neprodukují pouze emise během svého využívání, ale i při jejich samotné výrobě. Aby automobil mohl jezdit, potřebuje palivo, během výroby paliva, která zahrnuje i těžbu, chemické úpravy a další logistické procesy, vzniká rovněž velké množství emisí.

Emise CO₂ během užívání automobilu lze rozdělit na dvě základní složky:

- Well-to-Tank (WtT), to jsou emise produkované těžbou, zpracováním, výrobou a dopravou paliva,
- Tank-to-Wheel (TtW), emise vyprodukované spalováním paliva v automobilu při jeho používání.

Společnost Zemo Partnership se zabývá výpočtem WtT emisí, které jsou pro naftu vypočítány na 609,86 g CO₂e/l a pro benzín na 613,28 g CO₂e/l.

Hodnoty emisí WtT jsou vyjádřeny v gramech ekvivalentu CO₂ na litr paliva. CO₂ ekvivalent vyjadřuje ekvivalentní množství CO₂ všech skleníkových plynů (CO₂, CH₄, N₂O) uvolněných během procesů WtT (Zemo Partnership, n.d.).

5.4 Elektromotory

Vývoj elektromobilů a snaha je protlačit na trh má jako jeden z hlavních cílů snížení množství vyprodukovaných emisí v sektoru dopravy. Ačkoli lokálně mohou elektromobily nebo hybridy (s použitím pouze elektromotoru) fungovat zcela bez vyprodukování emisí, tak je naprosto nepřijatelné tato vozidla označovat jako 100 % bezemisní, což někteří prodejci uvádějí. Za prvé se bez emisí neobejde ani samotná výroba automobilu, a za druhé je automobil s elektrickým pohonem ekologický jen do té míry, do které je ekologická samotná výroba energie, kterou automobil využívá. Studie (Kim, Wallington, Arsenault, Bae, Ahn & Lee, 2016) přichází s výsledky, podle kterých při výrobě elektromobilu Ford Focus dochází k vyšší produkci emisí až o 39 % v porovnání s modelem Ford Focus se spalovacím motorem. Klíčovým problémem při výrobě elektromobilu je z hlediska environmentálního výroba baterie. Na výrobu velkokapacitních akumulátorů jsou potřeba vzácné kovy, jejichž těžba a zpracování za sebou nechává velkou uhlíkovou stopu. Nejběžnějším a nejčastějším používaným typem LithiumIonové baterie v elektrických vozidlech jsou tzv. NMC baterie. K výrobě těchto baterií je potřeba lithium, nikl, hořčík a kobalt. Vědecké práce od IVL (Emilsson & Dahllöf, 2019) a od Aichberger a Jungmeier (2020) se shodují, že se při výrobě Lithium-Ionové baterie NMC používané v elektrických vozidlech vyprodukují emise v rozmezí 60–120 g CO₂e/kWh kapacity baterie. Do budoucna počítají spíše s nižší hranicí kvůli technologickému pokroku a využití většího poměru energie z obnovitelných zdrojů. Dále uvádějí, že při vhodné a správné recyklaci akumulátorů se tato hodnota může snížit přibližně o 20 g CO₂e/kWh kapacity baterie. Redukce vyprodukovaných emisí užíváním elektromobilu nebo hybridu je závislá na zemi, ve které se daný automobil využívá. Tento rozdíl je způsoben lišící se strukturou zdrojů elektrické energie v dané zemi (Peng et al., 2018). V českém prostředí zcela dominuje výroba elektrické spalováním fosilních paliv a jádro (78 532 GWh v roce 2021) nad výrobou energie z obnovitelných zdrojů (6 375 GWh v roce 2021) (Český statistický úřad, 2022), což znamená, že pokud majitelé elektromobilů nebo plug-in hybridů v České republice nezískávají elektrickou energii z vlastních obnovitelných zdrojů, jako například z fotovoltaiky nebo obdobným způsobem, tak nedochází k produkci emisí užíváním automobilu s elektrickým pohonem v místě působení, ale k produkci dochází v místě výroby této energie, která je pro provoz vozidla nezbytná. Množství emisí vyprodukovaných pro získání elektrické energie, která bude užita v elektrickém vozidle lze považovat za ekvivalent

WTT u vozidel se spalovacím motorem. Průměr emisí při výrobě elektrické energie pro celou EU byl za rok 2019 256 g CO₂/kWh. V roce 1990 byla tato hodnota 524 g CO₂e/kWh, došlo ke snížení emisí 26 ekvivalentu CO₂ o téměř 50 %. V České republice byla průměrná hodnota za rok 2019 369 g CO₂/kWh, to z ČR dělá v pořadí pátou zemi s nejvyšším množstvím vyprodukovaných emisí na 1 kWh. Pro rok 2021 emise CO₂e vycházejí na 404 g CO₂e/kWh (Fakta o klimatu, 2021), (Tomáš Havlíček, 2021).

5.5 Měření emisí

Měření emisí u vozidel probíhá na stanici technické kontroly, podléhá velmi přísným pravidlům, které se neustále aktualizují a je prováděno specializovaným technikem.

Nová vozidla je potřeba přistavit ke kontrole za čtyři roky po uvedení do provozu a následně pak pravidelně každé dva roky. Současně probíhá prohlídka technického i vizuálního stavu vozidla a zároveň evidenční kontrola výrobních čísel a technického průkazu, v neposlední řadě se také měří produkce emisí. V roce 2018 a 2022 byla pravidla velice zpřísněna, oproti roku 2016, tyto kontroly mohou dělat jen stanice, které jsou uzpůsobeny na měření emisí tak, aby byly on-line napojeny na ministerstvo, kam jsou okamžitě odesílány fotografie měřeného vozidla, protokol se generuje až na ministerstvu. Tyto pravidla se neustále zpřísnují a je kladen důraz na hodnoty a odchylky při měření emisí. Do vozidel jsou umístovány 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, těmto normám se autorka věnovala v předchozí podkapitole. To je uvedeno na Obrázek č. 6. Když jsou tyto hodnoty splněny, měří se ještě kouřivost metodou volné akcelerace tak, že vozidlo stojí na pevné podlaze a technik na neutrální vytáčí otáčky. Takto se měří emise u vozidel se spalovacími motory. Jedná se o emise provozu těchto vozidel (Auto.cz, 2018), (mBenzin.cz, 2020).

Obrázek č. 6 – Měření emisí



Zdroj: Webové stránky, Skodahome.cz (2013)

U elektrovozidel je měření emisí jiné. Výpočet emisí tvořený při provozu vozidla je velmi snadný, samozřejmě nulový. Zásadní je pátrání po emisích při výrobě samotného elektrovozidla a je zřejmé, že toto není vůbec snadný úkol. Tomuto tématu se zatím mnohé studie nevěnují. Důležité je zaměřit se na jednotlivé výrobce vozidel, každá automobilka se tímto tématem zabývá jinak. Díky vysoké poptávce a také díky nařízením Evropské unie je momentálně klíčové věnovat se těmto tématům detailněji. Například Škoda Auto aplikuje inovativní změny, aby při výrobě vozidel došlo ke snížení emisí a eliminovaly se emise a škodlivé látky vypuštěné do ovzduší.

6. Elektromobil a jeho koncepce

Dnes jsou elektromobily o něco jednodušší než standardní vozidla se spalovacím motorem. Přesto jsou si automobily stavbou velmi podobny, to je způsobeno tím, že elektrické vozidlo napřímo vychází z vozidla se spalovacím motorem. Namísto nádrže, pro pohonné hmoty, jako je benzín nebo nafta, se nacházejí baterie a místo klasického spalovacího motoru je elektromotor a přidružená elektronika. Elektromotor může být umístěn vpředu, vzadu nebo uprostřed. Některé elektromobily mají elektromotory dokonce dva. U elektromobilu úplně vymizela převodovka. Elektromobil, proto nemá řadicí páku, ale pouze ovládací prvek pro zvolení jízdy vpřed, vzad a parkovací režim. Elektromotor je jednoduchý, má pouze jednu rotující část (rotor), zároveň nevyžaduje žádnou provozní kapalinu, jako olej apod., je téměř bezúdržbový, a klíčové je, že při provozu nevypouští žádné emise do ovzduší. Pro řízení je samozřejmě potřeba řídicí elektronika včetně měničů napětí, proudu a frekvence. Tato elektronika se může lišit v závislosti na použitém motoru, a tak být 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 akumulátory, které bývají nejtěžší a zároveň nejdražší částí elektromobilu. Akumulátory výrazně omezují dojezd elektromobilu. Když dojde energie, je jejich dobítí 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 15,5 roku. Životnost je daná víceméně počtem dobíjecích cyklů, ale dá se také ovlivnit stylem využívání (Kott, 2014). Dnes jsou na trhu dostupné elektromobily a hybridy téměř všech značek, mezi nejznámější a prémiové značky řadíme vozy Tesla, Audi, BMW a Mercedes a mezi klasičtější a dostupnější pro jakéhokoliv uživatele patří Škoda, Nissan, Volkswagen, Hyundai, Kia, Renault, Toyota a jiní výrobci (Auto.cz, 2022).

Obrázek č. 7 - Audi e-tron, podlahu tvoří akumulátory, elektromotor je vpředu i vzadu.



Zdroj: Audi (2018)

Důležitým činitelem jsou výhody a nevýhody elektromobilů. Samozřejmě záleží na hodnotiteli a zkušenosti s problematikou, podle toho se mohou výsledky lišit. Avšak negativních vlastností bude mít elektromobil nejspíš více. Jsou proto uvedeny jen základní, na první pohled viditelné a zřejmé výhody a nevýhody. Dnes však záleží především na financích, a tak se může zdát, že v tomto směru není elektromobil příliš výhodný. Dále se začíná klást větší důraz na boj o zelenější prostředí a to, kde člověk žije. Je možné, že při dostupnějších cenách by lidé elektromobily kupovali více. 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.

Autorka se před lety podílela na prodeji nových vozů Audi a Volkswagen, proto ze svých zkušeností hodnotí vozidlo jako praktické s perfektním výkonem a zrychlením, ve vozidle se cítí bezpečně, je ráda, že je jízda čistá, co se emisí při provozu týče, nevádí ji delší dobíjecí doba, pro rychlonabíjení potřebujeme přibližně 20-30 minut. V tuto chvíli si řidič může vyřídit pracovní hovory nebo emaily. Ovšem vozidlo musí být samozřejmě nabíjeno i po příjezdu do práce nebo po návratu domů. Velkou nevýhodou rychlonabíjení je, že baterie ztrácí svou kapacitu, a tím pádem i životnost, kdy klesnou nabíjecí cykly až na polovinu. Jízdou není šetřeno pouze životní prostředí, ale také peníze, jsou-li zvaženy 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. 3:

Tabulka č. 3 – Elektromobilita: Výhody a nevýhody

Výhody	Nevýhody
Bez emisní 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 dobítí 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 rychlonabíjení nám stačí přibližně 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 – Levová 2020–2023)

7. Pohon elektrických vozidel – elektromotor

Elektromotor dokáže přeměnit přibližně až 90 % elektrické energie na mechanickou energii, zatímco spalovací motor pouze kolem 30 %. Další významnou vlastností a výhodou je, že elektrický motor dokáže fungovat jako motor klasický, ale zároveň také jako generátor, který přeměňuje kinetickou energii pomocí brzdění zpět na elektrickou. 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 údržovací vlastnosti a výhodná cena (Hromádka, 1979).

Elektromotory můžeme dělit na komutátorové a bez komutátorové. 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, stejnosměrný proud z akumulátoru je nahrazen střídavým proudem. Nejpoužívanější jsou bez komutátorové elektromotory, pracující na principu točivého magnetického pole, které vzniká ve statoru, který je tvořen cívkami. Tyto motory se ještě dělí na synchronní a asynchronní, liší se od sebe konstrukcí rotoru (Frybert, 2015), (Kameš, 2004).

Níže jsou popsány příklady asynchronního motoru a synchronního motoru s permanentními magnety, a také to, jak se z elektrické energie stane energie mechanická, jež pohání elektrická vozidla.

Druhy elektromotorů:

- střídavé motory,
- asynchronní motory,
- synchronní motory.

7.2 Střídavé motory

Pro funkčnost střídavých motorů je potřeba střídavého napětí a proudu. Mezi střídavé motory patří asynchronní a synchronní motory. Oba tyto motory jsou využívány v elektrických vozidlech (Hromádko, 2015).

7.3 Asynchronní motor

Asynchronní nebo také indukční motor, se vyznačuje svou 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°, které je napájeno třífázovým střídavým napětím. Vlivem magnetického pole se v rotoru indukuje napětí a proud, který vyvolá magnetický moment, a tím se rotor roztočí. Stejněměrný proud z trakčních baterií je samozřejmě nutno proměnit na střídavý. K tomu slouží pulsní zdroj 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 1 kg/kW. Výhoda třífázového asynchronního motoru je v tom, že odpadá vinutí kotvy a kolektor (Hromádko, 2015).

7.4 Synchronní motor

Synchronní motory, se velmi často používaly před aplikací permanentních magnetů. Jejich výhodou je menší hmotnost a objem. Synchronní motory jsou typické pro svou vyšší účinnost. Nevýhodou však naopak je, že mají o něco složitější konstrukci a jejich pořizovací cena je mnohem vyšší, ale disponují snadnější regulací otáček. Motor má třífázové vinutí. Uvnitř je uložen rotor s permanentními magnety. Magnety jsou 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).

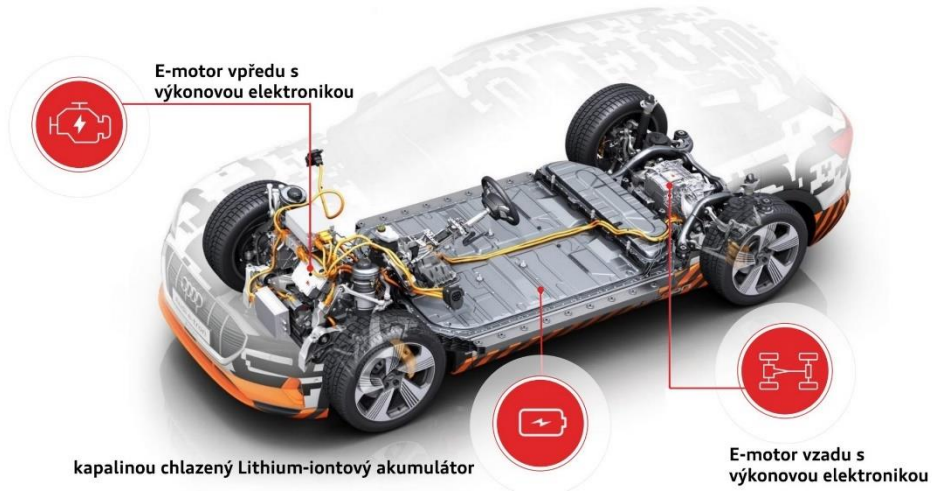
7.5 Umístění elektromotoru

Existuje několik variant umístění elektromotoru, varianta uložení elektromotoru vpředu je nejčastější a využívá se u většiny elektromobilů, tato varianta je také nejvíce podobná uložení spalovacího motoru. Příkladem je Audi e-tron, schéma uložení motoru lze vidět na Obrázek č. 8.

- Elektromotor uložený vpředu pohánějící přední nápravu,
- elektromotor uložený uprostřed / vzadu pohánějící zadní nápravu,

- elektromotory uložené přímo v nábojích kol.

Obrázek č. 8 -Audi e-tron – umístění motoru vpředu



Zdroj: Audi (2019)

8. Energetické zdroje

Zdroje energie nebo také akumulátory u elektromobilů, jsou technická zařízení, která bývají uzpůsobeny k opakované akumulaci elektrické energie, tedy nabití. Tyto „baterie“, jak se u vozidel chybně nazývá, protože baterie nelze opakovaně 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 projevuje rozdílným elektrochemickým potenciálem v elektrodách (Frybert, 2015).

Tyto zdroje jsou nejtěžší a nejdražší prvky automobilu na elektrický pohon. Dobíjení je několikanásobně delší než tankování běžného paliva u spalovacího motoru, jako je benzín, nebo nafta. 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. To je další nevýhoda elektrovozidel (Hromádka, 2012).

8.1 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 (Hromádka, 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).

- **Olověný akumulátor:** katoda neboli záporná elektroda se skládá u olověného akumulátoru v nabitém stavu z čistého olova, anoda (kladná elektroda) z oxidu olovičitého,
- **Baterie Nikl – kadmium:** tyto akumulátory mají pro elektromobilitu velký význam

- **Baterie nikl – metalhydridová:** je podobná baterii nikl – kadmiové, nikl – metalhydridová baterie je používána především v moderních elektrovozidlech
- **Baterie vysokoteplotní:** tyto baterie mohou být také zvané vysokoenergetické baterie, potřebují pracovní teplotu 250–300 stupňů celsia. Jsou zatím ve fázi prototypové vyspělosti.
- **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.
- **Lithium – železo – fosfátový akumulátor (LifePO4):** pokud by byly tyto akumulátory porovnány s Li-Ion, tak by bylo zjištěno, že při extrémních podmínkách neexplodují a mají schopnost dodat vyšší proud.
- **Vysokokapacitní kondenzátory:** jedná se o elektrochemický kondenzátor, který má neobvykle vysokou energetickou hustotu oproti standardním kondenzátorům.
- **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.

8.2 Významné parametry akumulátorů:

Mezi klíčové parametry akumulátorů především patří:

- měrná energie ($\text{W}\cdot\text{h}\cdot\text{kg}^{-1}$).
- měrný výkon ($\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$),
- doba dobíjení (h),
- možnost rychlého nabíjení,
- životnost,
- cena,
- údržba, tedy prakticky 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), (Hromádka, 2015).

8.3 Likvidace a recyklace akumulátorů pro elektrická vozidla

Zásadní myšlenkou v rámci elektrifikace společnosti je fakt, který s sebou přináší nepřehledné množství nevyřešených problémů. Jedním z nich je, že většina automobilek zatím neřeší, jak se budou likvidovat 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 přibližně 10 let a 170 000 km. To je ovlivňováno, jak již bylo zmíněno, nabíjecími cykly a dalšími podmínkami. Není vyřešeno, jak se bude nakládat s baterií, jejíž nabíjecí kapacita klesne a již nebude možné ji využívat.

O přímé recyklaci nejsou zatím žádné zmínky, 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.

Největší výzvou v oblasti recyklace je zvýšení opětovného využití lithia z baterií, to se momentálně téměř neděje. U nás se zpětným odběrem baterií zabývá firma Ecobat. Vzhledem k nárůstu využití lithiových baterií bude třeba výstavba nových recyklačních zařízení. V České republice chybí recyklace úplně, to by se však mohlo změnit s již zmíněným růstem množství lithiových baterií. V roce 2021 bylo podepsané memorandum, které by mělo podpořit plánovaný projekt továrny na lithiové baterie do elektromobilů na našem území. Nyní se lithium obsažené v bateriích v podstatě znovu nevyužívá. Recyklační proces je velmi náročný. Zpracovatelé jsou schopni tento úkon provést, zatím však není jisté, kdo bude tyto kroky platit. Klíčové je, že zdroje lithia jsou levnější, než je získávat z použité baterie. Tímto tématem bychom se do budoucna měli zabývat. Podle návrhu Evropské komise o bateriích a odpadních bateriích z roku 2020 se měla míra recyklace lithiových baterií a akumulátorů pro elektromobily zvýšit na 65 %, v roce 2025 a na 70 % v roce 2030. Od roku 2030 by akumulátory měly obsahovat 12 % kobaltu, 4 % lithia a 4 % niklu z odpadu. V plánu je pak další zvyšování míry recyklace.

9. Elektromobil a dobíjení

Aby mohla fungovat veškerá elektrická vozidla, je pro ně nedílnou součástí dobíjecí stanice. Důraz je kladen na vznik nových dobíjecích míst a se zájmem o elektromobily se rozrůstá i dobíjecí síť. Tyto nabíjecí stanice jsou momentálně umístěny především na místech, kde je největší koncentrace lidí, tedy i elektromobilů. Nejčastěji jsou dobíjecí stanice umístovány na velmi frekventovaná místa, kterými jsou například hlavní tahy dálnic, velké obchodní domy a nákupní centra, čerpací stanice, fastfoody a restaurace. Jsou i další vhodná, kde je vhodné vybudování nabíjecí stanice, konkrétně je to vždy v okolí větších měst. Stanice jsou buď veřejně přístupné, nebo neveřejné, například v areálech podniků a škol s technickým zaměřením.

9.1 Výroba elektrické energie

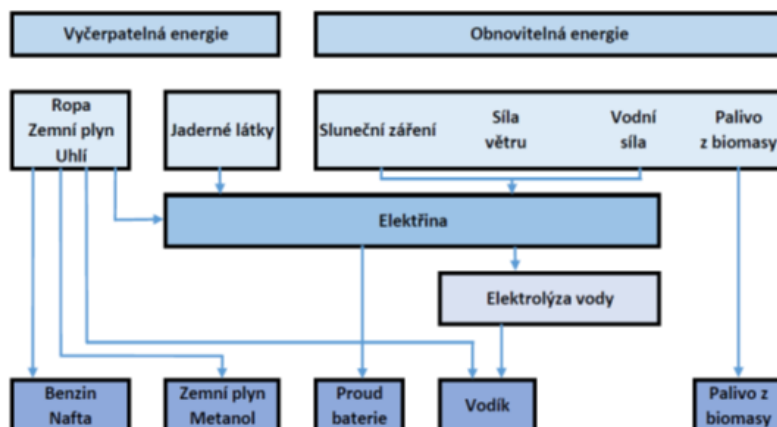
Při výrobě elektrické energie jsou využívány různé technologické postupy na základě použitých zdrojů. Vždy jde o přeměnu primární energie (obsažené ve zdrojích) na energii elektrickou. Pokud při výrobě elektřiny vzniká teplo, využívá se také pro vytápění či ohřev vody, a to pomocí kogeneračních jednotek (Mojeenergie.cz, 2021).

- Tepelné elektrárny,
- jaderné elektrárny,
- vodní elektrárny,
- větrné elektrárny,
- sluneční elektrárny,
- geotermální elektrárny,
- jiné elektrárny.

Největší množství energie vzniká v točivých generátorech, ty uvádí do pohybu rozpínající se plyny nebo pára nebo proudící voda v turbínách, nebo vrtule, kterou do otáčivého pohybu uvádí vítr. Momentálně narůstá podíl elektřiny vznikající působením slunečního záření, jejímiž generátory jsou statické, fotovoltaické panely. V případě největších elektráren se setkáváme s trvalým výkonem několika tisíců mW a u nejmenších elektráren se špičkovými, ale za to mnohem menšími výkony několika kW (Hodboď, 2022).

Na Obrázek č. 9 je znázorněno schéma energií použitelných pro výrobu elektřiny.

Obrázek č. 9 – Přehled energií použitelných pro výrobu elektřiny



Zdroj: Frybert, 2015

9.2 Zdroje neobnovitelné pro výrobu elektrické energie

Takzvaná fosilní paliva, což je fosilizovaná biomasa přeměněná v nerostné suroviny a dále jaderné palivo, z něhož se energie uvolňuje prostřednictvím jaderné štěpné reakce. Mezi takové paliva využívaná k výrobě elektřiny patří uhlí, zemní plyn a ropné produkty (mazut, LPG). U jaderných paliv se momentálně využívá obohacený nebo přírodní uran a uměle vytvořené plutonium. Vzhledem k omezení produkce emisí, především CO₂, měl by podíl fosilních paliv klesat. Zároveň s omezením uhlí souvisí i pokles emisí SO₂, NO_x, polévatého prachu, případně i organických látek VOC. Zemní plyn, který méně poškozuje ovzduší by měl být využit jako střednědobá, avšak přechodná varianta a velkou roli má pro vykrývání nerovnováhy mezi poptávkou a nabídkou způsobenou nejistým výkonem výroby elektřiny z OZE (Hodboď, 2022).

9.3 Zdroje obnovitelné pro výrobu elektrické energie

Obnovitelnými zdroji jsou nazývány přírodní zdroje, které mají schopnost se při postupném spotřebování obnovovat. Zvládají to samy nebo za přispění člověka. Jde o sluneční záření, geotermální energii, kinetickou a tepelnou energii vzduchu (větru), vodní a tepelnou energii půdy, energii z biomasy, ze skládkového nebo kalového plynu a z bioplynu. Blíže se tímto zabývá Zákon č. 382/2021 Sb. Zákon, kterým se mění zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony. (Hodboď, 2022).

9.4 Dobíjecí síť a infrastruktura

Díky neustálému nárůstu registrací elektrovozidel, neobejde se jejich podpora bez vybudování potřebné infrastruktury. Dobíjecí infrastruktura je jedním z nejdůležitějších podmínek pro provoz elektromobilů. V současné době v ČR nabízí téměř 400 veřejných nabíjecích míst. Tento počet se každoročně zvyšuje o několik desítek. Elektromobil může být dobíjen několika způsoby, a to především v závislosti na typu dobíjecí stanice. Nejčastější rozdělení je podle typu proudu, a to na střídavý (AC) a jednosměrný (DC). Nabíječky využívající střídavý proud, který je dostupný v běžných zásuvkách, se uplatňují kvůli pomalé rychlosti nabíjení v důsledku transformace na DC pouze pro nouzový režim nebo také pro nabíjení přes noc. Takový typ je označován jako nabíjení druhého stupně. Při napětí 500 V a použití stejnosměrného proudu hovoříme o nabíjení čtvrtého stupně. Standardním dobíjením na veřejnosti (výkon do 22kW) se elektromobil plně dobije do dvou hodin. Pomocí rychlého/ultrarychlého dobíjení (výkon až 100kW) lze dobít 80 % kapacity akumulátoru do 30 minut. Jednotlivé modely dobíjení by měli souviset s lokalitou, ve které se daná nabíječka nachází, to lze vidět na Obrázek č. 10

Obrázek č. 10 – Typy dobíjecích stanic a modely dobíjení

Typová lokalita	Hlavní tahy, klíčové městské lokality	Nákupní centra, parkoviště	P+R, dlouhodobá parkování
Účel	Dobíjení		Parkování
Adekvátní čas dobíjení	<30 min	<2 hodiny	<8 hodin
Dobíjecí stanice (výkon)	22-100 kW	10-22 kW	< 10 kW
Přípojka	Distribuční síť / spotřeb. síť	LDS / spotřeb. síť	LDS / spotřeb. síť
Kapacita přípojky	250A/ 400V	64A/400V	64A /400V
	Rychlodobíjecí stanice (DC)	Normální dobíjecí stanice (AC i DC)	

Zdroj: Jan Linhart, 2018









Další typ nabíjení, který představuje ekonomicky nejvýhodnější řešení, řadíme domácí nabíjení. Nejjednodušší způsob nabíjení je při použití standardní 230 V zásuvky, která dokáže dobít jakýkoliv moderní elektromobil. V interiéru elektromobilů totiž nalezneme jejich vlastní nabíječky, které jsou schopny střídavý proud ze zásuvky přetransformovat na jednosměrný proud. Pomocí tohoto postupu se však zvýší dojezd po hodině nabíjení v průměru pouze o 15 km, proto je vhodné použít, pokud to domácnost umožňuje, vícefázové 16 A zásuvky. Pomocí nichž lze zvýšit dojezd vozu za stejný čas rovnou o 55 km. Moderní varianta je použití nástěnné nabíječky tzv. wallboxu. Toto zařízení s výkonem většinou do 22 kW umožní nabití elektromobilu až

desetkrát rychleji jak běžná zásuvka. Zároveň vyžaduje 32 A jištění. Cena těchto nabíječek se pohybuje od 10 do 60 tisíc korun.

9.5 Nabíjecí konektory

Způsoby, jakými propojit elektromobil s nabíjecí infrastrukturou, řídí jednotlivé evropské standarty. I přes to, že se výrobci snaží domluvit na konkrétním typu nabíjení, pořád v praxi užíváme více typů konektorů.

Obrázek č. 11 – Typy konektorů

Typ proudu a jméno konektoru	Oblast			
	Japonsko	Čína	Amerika	Evropa
AC				
Jméno konektoru	Typ 1 - J1772	GB/T	Typ 1 - J1772	Typ 2
DC				
Jméno konektoru	CHAdeMO	GB/T	CCS - Typ 1	CCS - Typ 2

Zdroj: Webové stránky, Evexpert.cz (2022)

9.5.1 IEC 62196 Typ 2d

Jde o nejpoužívanější konektor pro nabíjení střídavým proudem u nás. V lednu 2013 ho byl Evropská komise označila jako oficiální typ v rámci Evropské unie. Tento konektor pochází z Německa od firmy Mennekes, jak se také konektor obvykle nazývá. Tvarově připomíná kruh se zploštělou horní hranou, obsahuje sedm připojovacích kolíků, kdy tři z nich slouží k nabíjení. Původně byl určen pro nabíjení v rozsahu 3–50 kW (Evexpert.cz, 2022).

9.5.2 Combined Charging System (CSS)

Tento systém zahrnuje konektory Combo 1 a Combo 2, které umožňují dobíjení pomocí jednofázového a třífázového střídavého proudu, také ale stejnosměrným proudem. To má za efekt vysoce výkonné dobíjení při dosažení výkonu 80–350 kW. V Evropské unii musí mít podle směrnice 2014/94/EU všechny nabíjecí stanice kompatibilitu s konektorem Combo 2 (Evexpert.cz, 2022).

9.5.3 CHAdeMO

Další typ konektoru, který je v Evropě využívám, říkáme CHAdeMO, což je zkratka pro „CHARge de MOve“ – pohyb pomocí nabíjení. Jde o rychlé nabíjení stejnosměrným proudem. Tento model je rozšířen nejvíce především v Japonsku, ale svoje značné zastoupení má i ve Velké Británii a Německu (Evexpert.cz, 2022).

9.5.4 Tesla Supercharger

Speciálně pro automobily značky Tesla slouží 480 voltové stejnosměrné vysokorychlostní nabíjení. Tato síť dobíjecích stanic čítá přes 40 000 zařízení po celém světě. V České republice je postaveno několik dobíjecích stanic Supercharger (Evexpert.cz, 2022).

10. Veřejné dobíjecí stanice

V celé České republice je umístěno několik veřejné dobíjecí stanice od společností jako jsou ČEZ, PRE, E.ON aj., tyto společnosti budou detailně popsány v kapitole dvanáct. 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 dobíjet opět do 22 kW, AC (Autonabíjení.cz, 2017).

Obrázek č. 12 - Veřejné dobíjení vozidla



Zdroj: Webové stránky, Hybrid.cz (2019)

10.1 Dodavatelé poskytující dobíjecí stanice

Elektromobilita se rozvíjí a stává se součástí každodenního života, díky tomuto rozkvětu v České republice roste i počet dobíjecích stanic. Na výstavbě veřejných dobíjecích se podílí již zmíněné společnosti a jejich počet neustále roste. Tyto velké společnosti jsou na trhu několik let a drží krok s dobou, to především ve zmíněné elektromobilitě, kdy vystavují veřejné nabíjecí stanice, tak i poskytují výhodně tarify pro klienty, či nabíjení zdarma. Zákazník v nabídce zároveň nalezne konfigurátor vozidel, kde si sám dobíjecích se podílí již zmíněné společnosti a jejich počet neustále roste.

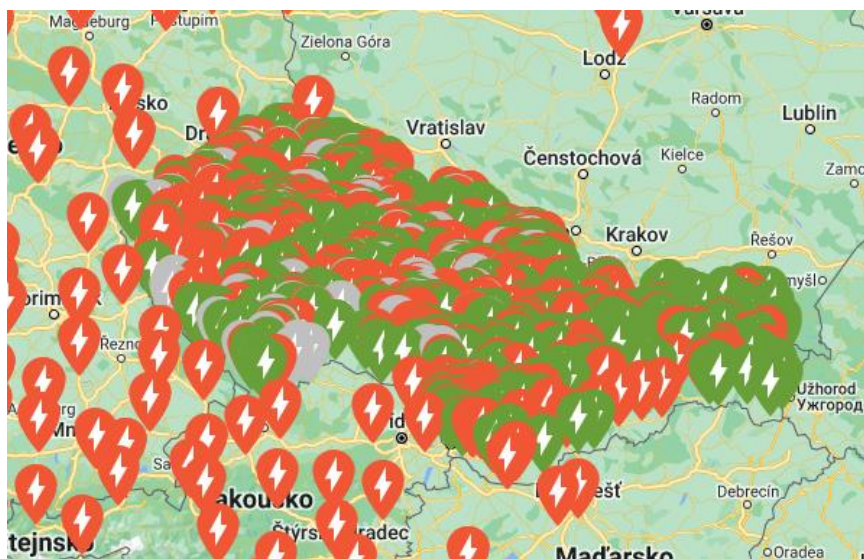
Tyto velké společnosti jsou na trhu několik let a drží krok s dobou, to především ve zmíněné elektromobilitě, kdy vystavují veřejné nabíjecí stanice, tak i poskytují výhodně tarify pro klienty, může nakombinovat vozidlo podle svých představ, nebo lze vybrat vozidlo ze skladových zásob, na pronájem nebo na operativní leasing.

Největší naše společnosti poskytující dobíjecí stanice:

- Skupina ČEZ
- Pražská energetika
- Innogy
- E.ON

V Česku je podle aktuálních statistik Ministerstva průmyslu a obchodu 1 266 nabíjecích stanic pro elektromobily. Za poslední dva roky se jejich počet zdvojnásobil. Ke konci října 2022 eviduje Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO) 1 266 nabíjecích stanic s celkem 2 462 dobíjecími body viz obrázek č. 13. Česko má podle Skupiny ČEZ jednu z nejrobustnějších a nejrychlejších dobíjecích sítí v Evropě. Na 100 elektromobilů u nás připadá 22 dobíjecích stanic, zatímco průměr v EU je 15. Podíl rychlých a ultrarychlých dobíjecích stanic u nás činí 57 %, oproti evropskému průměru 9 %. Je to samozřejmě částečně dáno tím, že podíl elektromobilů vůči běžným typům automobilů je v ČR pořád nízký.

Obrázek č. 13 – Dobíjecí stanice ČR



Zdroj: Webové stránky, FDRIVE.cz (2023)

11. Podpora pro elektromobilitu

Důležitým faktorem pro pořízení a provoz elektromobilu je podpora, stát a Evropská unie v dnešní době již elektromobilitu podporuje v několika směrech, ty jsou představeny v této kapitole.

11.1 Podpora státu

Nejen distribuční a energetické společnosti se účastní podpory elektromobility, tento postoj zaujímá i samotný stát. Za situace, kdy se rozvoj a využití alternativních paliv v dopravě stává jak v evropském, tak i celosvětovém kontextu stále důležitějším tématem a vlády jednotlivých vyspělých zemí aktivně podporují tento trh, musí se pochopitelně i ČR ubírat podobným směrem vzhledem k důležitosti automobilového průmyslu na našem území. Avšak podpora elektromobility v České republice nemá dlouhého trvání a její začátek se oficiálně datuje až k roku 2015, kdy byl přijat Národní akční plán čisté mobility. Tento a veškeré další strategické dokumenty, řešící otázku rozvoje elektromobility na našem území, vycházejí z požadavků Evropské unie.

11.2 Národní akční plán čisté mobility

Tento dokument byl schválen vládou 20. listopadu 2015, připravilo ho Ministerstvo průmyslu a obchodu ve spolupráci s ostatními institucemi, energetickými společnostmi a tuzemskými výrobci vozidel. Globálním cílem je vybudovat dostačující podmínky pro větší uplatnění alternativních pohonů a paliv v sektoru dopravy a také dosažení podobných podmínek s ostatními vyspělými státy Evropské unie. Elektromobilita by měla být v budoucnosti uznávána jako běžná technologie a její rozvoj podporován v dlouhodobém horizontu. Mezi důležité faktory podporující rozvoj podle NAP CM patří - **Redukce emisí CO₂**: předmětem mezinárodních dohod jako je například Kjótský protokol. Především ze strany Evropské unie představuje hlavní způsob, jak snížit nežádoucí projevy změny klimatu.

- **Tlak na zlepšování kvality ovzduší:** primárně souvisí s problematikou městských aglomerací a měst. Elektromobilita díky provozu bez emisí dokazuje, že je vhodným nástrojem k řešení emisní situace.

- **Přístup zákazníků:** se zvyšující se poptávkou o produkty, které méně zatěžují životní prostředí.

- **Přípravenost dodavatelů:** velký technologický pokrok v oblasti zvýšení dojezdové vzdálenosti, rychlodobíjení a rozšiřující se nabídka elektromobilů.

11.3 Strategické cíle NAP CM

Vize, jejímž obsahem je rozvoj elektromobility a dosažení až 250 000 vozidel na elektrický pohon v roce 2030, s sebou přináší řadu strategických cílů, které je potřeba naplnit. Prvním z cílů je usnadnění výstavby dobíjecí infrastruktury a s tím spojená opatření. Jedná se o investiční podporu v budování veřejné i neveřejné dobíjecí infrastruktury. Druhý cíl řeší poptávku po elektromobilech. Souvisí s tím zvýšení zájmu o vozidla poháněná elektromotorem. Tento cíl je dosažen řadou podpor ze strany státu na pořízení vozidla ať už pro subjekty státní správy a samosprávy, ale samozřejmě také pro podnikatele. Mezi další cíle se řadí vytváření vhodných podmínek pro přívětivější vnímání elektromobility. Řada možných zákazníků má různé obavy z pořízení elektromobilu, např. kvůli jeho výdrži baterií nebo také poruchovosti. Mezi možnosti, jak zatraktivnit využití elektromobilu můžeme zařadit mnoho zvýhodnění v běžném provozu. Parkování na veřejných parkovištích a jinak vyhrazených místech (modré zóny) zdarma a využití speciálních pruhů pro veřejnou dopravu nebo taxi (Národní plán čisté mobility, 2015), (Roman Valíček, 2019).

11.4 Harmonogram a plán realizace NAP CM

Harmonogram obsahuje soupis zásadních a primárních cílů a očekávání v oblasti čisté mobility, je rozdělen do několika období. Z hlediska elektromobility pro období do roku 2020 bylo vytyčeno několik základních poznatků. Běžný dojezd elektromobilu se měl pohybovat okolo 150-200 km na jedno dobití. Dnes, v roce 2023, se tento dojezd pohybuje přibližně kolem 300 km na jedno nabití, u Tesly kolem 500 Km. Dobíjecí infrastrukturu lze nalézt ve městech s více než 100 000 obyvateli, v krajských městech a na dálničních trasách. Převažující je rychlé dobíjení na veřejných stanicích. V provozu se měly vyskytovat převážně plug-in hybridy, čistě elektrická vozidla měla být využívána v MHD. Ke konci tohoto období měl být roční prodej dosáhnout přibližně 7 000 kusů vozidel na elektrický pohon. Je vidět, že velké množství z harmonogramu pro rok 2020 bylo naplněno. V nadcházejícím období, a to v letech 2021–2030 máme očekávat jak rozvoj dobíjecí infrastruktury i do menších měst, tak značný nárůst prodeje elektromobilů až na 25 000 kusů ročně. Po roce 2030 by měla být elektromobilita brána jako standartní technologie a její dobíjecí síť stejně rozšířena jako běžné čerpací stanice na ropné produkty (Národní plán čisté mobility, 2015), (Roman Valíček, 2019).

11.5 OP Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost

Projekt byl realizován v březnu roku 2016 Ministerstvem průmyslu a obchodu, jehož součástí je program Nízkouhlíkové technologie – Elektromobilita, akumulace energie a druhotné suroviny,

má tyto cíle: „Cílem programu podpory a Výzvy je podpořit konkurenceschopnost podniků a udržitelnost české ekonomiky prostřednictvím zavádění inovativních technologií v oblasti elektromobility, nakládání s energií a využití druhotných surovin. Zvýšení využití efektivnějších a spolehlivějších nízkouhlíkových technologií, které se zatím v ČR běžně neuplatňují. Výstupem projektů realizovaných v rámci této Výzvy bude rozšíření nabíjecí infrastruktury, počet pořízených elektromobilů, využití potenciálu pro zavádění moderních nízkouhlíkových technologií v oblasti nakládání energií a zvýšení soběstačnosti ČR v surovinových zdrojích substitucí primárních zdrojů druhotnými surovinami, čímž se zvyšuje vedle konkurenceschopnosti rovněž i celkový inovační potenciál ČR.“ (Nízkouhlíkové technologie,2017), (Roman Valíček, 2019).

11.6 Memorandum o budoucnosti automobilového průmyslu v ČR a Akční plán o budoucnosti průmyslu v ČR

Toto memorandum podepsal dne 11. října 2017 ministr průmyslu a obchodu Jiří Havlíček a prezident Sdružení automobilového průmyslu Bohdan. „Vláda deklarovala zájem posilovat konkurenceschopnost českého automobilového průmyslu v globální hospodářské soutěži a podporovat jeho postavení jako jednoho ze stěžejních pilířů české ekonomiky.“ Mezi východiska, která vedla k tomuto rozhodnutí patří především velký vliv automobilového průmyslu v ČR, kdy tvoří 10 % HDP a zaměstnává přibližně 180 000 lidí přímo, obstarává 31 % exportu České republiky. Tato čísla krizí s čipy poměrně klesla, oproti předchozím letům. Dále je podle vlády nutné navazovat na rozvíjející se trendy, jako jsou rozvoj alternativních pohonů (především elektromobility), digitalizace a autonomního řízení. Toto jsou zároveň i hlavní cíle Akčního plánu pro budoucnost automobilového průmyslu v ČR, který podle nich můžeme rozdělit do třech oblastí. Z hlediska a povahy diplomové práce bude autorku zajímat především první část popisující elektromobilitu. Ta část je rozdělena na několik oddílů, mezi které patří:

- **Analýza možností podpory nákupu a provozu elektromobilů:** jejíž je zvýšení podílu nízko/bezemisních vozidel ve vozovém parku. Z důvodu značně vyšší ceny elektromobilu oproti vozu s konvenčním pohonem se uvažuje po vzoru států jako Francie či Německo o přímé podpoře pro nákup. Ve Francii je zavedený například příspěvek až 6300 EUR na pořízení vozu s emisemi nepřekračujícími 20 g CO₂.

- **Zrychlené odpisy na elektromobily:** ve spolupráci s Ministerstvem financí se navrhovala varianta na snížení nákladů vlastnictví pro firemní zákazníky. Ve Velké Británii se využívají mimořádné odpisy, a to až 100 % hodnoty v prvním roce pro vozidla s určitou hodnotou emisního zatížení.

- **Využití operativního leasingu při podpoře nákupu elektromobilů:** tato kombinace přímé podpory pro nákup a operativního leasingu, která měla zapříčinit zvýšený zájem o elektromobily jak ze stran státní správy, tak fyzických osob.
- **Označení elektromobilu pro zvýhodnění v městském provozu:** nejen využívání pruhů pro hromadnou dopravu a taxislužbu, neomezený vstup do nízkoemisních zón a samozřejmě možnost parkování zdarma a na speciálně vyhrazených místech. Pro snadnou identifikaci jsou vozidla označena využívající alternativní pohon vyhrazenou registrační značkou.
- **Osvobození elektrického vozidla od správního poplatku za registraci.**
- **Přizpůsobení elektrotechnické kvalifikace pro výrobu a servis elektrických vozidel** (Akční plán o budoucnosti automobilového průmyslu v ČR, 2017), (Roman Valíček, 2019).

11.7 Podpora ze strany měst

Městská podpora se odvíjí v závislosti na strategických plánech udržitelné městské mobility (SUMP). Tyto plány si každé město, které má zhruba 40 000 tisíce obyvatel a více vypracovává samostatně a jsou jakýmsi nástrojem, podle kterého se tyto oblasti řídí. Cílem takových plánů je především zlepšit celkovou mobilitu a zvýšit její dostupnost, snížit objem individuální motorové dopravy a zaměřit se na využívání a rozvoj městské hromadné dopravy, ale také především snížit její dopady na životní prostředí. S tímto problémem souvisí využití ekologičtějšího dopravního systému za pomoci čistých vozidel a alternativních energií. To může otevírat brány elektromobilitě, která by mohla být v této problematice řešením (Plán udržitelné čisté mobility, 2017), (Roman Valíček, 2019).

Praha a Brno, naše dvě největší města, jsou obě součástí tzv. Smart City. Jde o koncept, který využívá různé technologie pro zlepšení kvality života v konkrétních městech. Jeho součástí je oblast chytré dopravy, tzv. smart mobility. Praha podporuje elektromobilitu ať už prostřednictvím bezplatných parkovacích míst v jinak placených modrých a fialových zónách nebo postupnou elektrifikací městské hromadné dopravy, avšak do budoucna by mohlo dojít ke zrušení z důvodu velkého počtu elektromobilů. V hlavním městě je také největší počet dobíjecích stanic. Ostatní česká města, ačkoliv se mnohdy řídí akčními plány obsahující rozvoj elektromobility, v současné době neposkytují jiná zvýhodnění a další kroky v podpoře elektromobility jsou tak otázkou do budoucna (Chytré město, 2001), (Smart Prague, 2023), (Roman Valíček, 2019).

12. Výsledky

V rámci praktické části diplomové práce bude zodpovězena otázka, zda by bylo výhodné nahradit v rozvážkové službě vozidla se spalovacím motorem vozidly s elektromotorem.

Výsledky práce jsou zpracovány a analyzovány níže pomocí tabulek. Jedná se především o porovnání a analýzu dat dvou vozidel použitých v rozvážkové službě, jedno s elektromotorem a druhé se spalovacím motorem.

13. Rozvážková služba

Moderní a zrychlená doba, která je velmi hektická si žádá i rozvoj online služeb, díky kterým si můžeme objednat cokoli až před dveře našeho bytu. Přesto, že se více dbá na ekologii a udržitelnost, rozšiřují se společnosti, které dovezou cokoli, kamkoli. Lidé si objednávají potraviny, květiny, obědy, oblečení a jiné nepotravinářské zboží, které potřebují doručit do svého zaměstnání nebo do domovů. S velkou poptávkou roste i nabídka. Ve světě i u nás se tímto rozšířily společnosti, které tyto služby poskytují. Kamenným obchodům mizí zákazníci, lidé nevycházejí do ulic, aby se neselekávali, jsou více zaneprázdnění, pracují ze svých domovů. Za tímto problémem stojí velmi intenzivně i pandemie Covidu, která postihla svět. Při takto vysokém nárůstu zájmu o službu musejí společnosti rychle reagovat a rozšířit své služby. Otázkou je, jaký vliv bude mít tato služba na životní prostředí a místo, ve kterém žijeme. Rozvoz si žádá rozšíření a poptávku po vozidlech, které jsou k výkonu určeny. Rozvážkovou službou se zabývá několik společností a jde o rozvážku především hotových jídel a jiného potravinářského i nepotravinářského zboží a kurýrní služby. Zboží je rozváženo osobními vozidly, nákladními vozidly a v dnešní době také pomocí cyklistických kol nebo roznášeno pěšky.

14. Představení společnosti K.B.R. group v.o.s.

Společnost K.B.R je středně velká firma. Založena v roce 1999. Předmětem podnikání je dodání kvalitního drůbežího masa a ostatního masa, které si sami zpracovávají, porcují, vakuují a následně rozváží klientům v Praze a Středočeském kraji. Činnosti jsou zaměřené především na velkoobchod i maloobchod, malokapacitní porcování drůbeže, krmiva pro masožravá zvířata, redistribuční činnost atd. Zákazníky jsou školy, restaurace, obchody, jednotlivci. K.B.R. dbají na přísná pravidla ve výrobě, v provozu a zároveň i při rozvozu zboží.

15. Analýza firemní flotily

V současné době společnost K.B.R. sídlí v Praze a disponuje pěti užitkovými vozidly, která jsou uzpůsobena k rozvozu mražených potravin. Čtyři vozidla jsou poháněna na vznětový motor na motorovou naftu a jedno vozidlo je plně elektrické. Jedná se o vozidla Iveco Daily, Renault Master, Opel Vivaro a Opel Vivaro – e. Detaily vozidel jsou uvedeny níže v podkapitolách. Některé vozy mají speciální úpravu – jsou úpravy jako chladicí / mrazicí vozy. Všechny automobily urazí denně přibližně 300 km. Rozvoz funguje pouze ve všední dny od pondělí do pátku, což za rok představuje cca 240 dní. Celkový roční nájezd jednoho automobilu činí přibližně 72 000 km.

Z analýzy firemní flotily vyplývá, že firma K.B.R. využívá užitková vozidla větších rozměrů s vyšší spotřebou pohonných hmot. Na základě toho je jasné, že provoz je velmi nákladný a velmi zatěžuje životní prostředí.

15.1 Iveco Daily

Je vozidlo poháněné vznětovým 2,2 litrovým motorem na motorovou naftu, vyrobené v roce 2015, tudíž spadá do normy EURO 5. Jedná se o užitkové vozidlo, které je přestavěno na vozidlo s chladícím boxem, vozidlo je zároveň uzpůsobeno pro přepravu zboží do 3,5 tuny, má 6stupňovou manuální převodovku. Výkon motoru je 107 kW, tedy 145 koní. Celková délka u Daily se pohybuje mezi 5040 až 7500 mm, zatímco ložná plocha může mít délku od 2600 do 5100 mm. Spotřeba nafty, udávaná výrobcem, se pohybuje bez zátěže okolo 9,7 l/100 km, jde o kombinovanou spotřebu, s nákladem je to pak přibližně 10,5 l/100 km.

15.2 Renault Master Thermo King V 500

Je vozidlo poháněné vznětovým 2,3 litrovým motorem na motorovou naftu, vyrobené v roce 2017, tudíž spadá do normy EURO 5. Jedná se o užitkové vozidlo, které má speciální výbavu v podobě chladícího / mrazícího boxu, vozidlo je zároveň uzpůsobeno pro přepravu zboží do 3,5 tuny, má 6stupňovou manuální převodovku. Výkon motoru je 125 kW, tedy 170 koní. Celková délka u Mastera je 4220 mm. Spotřeba nafty se pohybuje bez zátěže okolo 10 l/100 km (průměrná).

15.3 Opel Vivaro

Vozidlo je poháněné vznětovým 1,6 litrovým motorem na motorovou naftu, vyrobené v roce 2015, tudíž spadá do normy EURO 5. Jedná se o užitkové vozidlo, které je uzpůsobeno pro

přepřavu zboží do 3,5 tuny, má rovněž 6stupňovou manuální převodovku. Výkon motoru je 85 kW, tedy 116 koní. Celková délka u Vivara je 5182 mm, rozvor 3498 mm. Spotřeba nafty se pohybuje průměrně okolo 6,0 l/100 km.

15.4 Opel Vivaro – e

Je plně elektrické vozidlo se synchronním AC motorem s permanentními magnety, vyrobené v roce 2019. Rovněž se jedná o užitkové vozidlo, které je uzpůsobeno pro přepřavu zboží do 3,5tuny. Má automatickou převodovku. Výkon motoru je 100 kW, to je 134 koní. Celková délka a rozměry jsou stejné jako u vozidla se spalovacím motorem. Spotřeba elektrické energie se pohybuje okolo 22,3 – 29,5 kWh/100 km.

16. Aplikace metod na řešenou problematiku

Aplikaci metody vícekritériální analýzy se věnují kapitoly 16.1 Výběr alternativ – automobilů, která popisuje první krok metody a kapitoly 16.2 až 16.7, ve kterých jsou vypočteny nebo stanoveny hodnoty jednotlivých kritérií.

Zvolená kritéria:

- TCO (Total Cost of Ownership)
- WtT (Well to Tank)
- TtW (Well to Wheel)
- vyprodukované emise CO₂ při výrobě baterie
- náročnost na servis, opravu, údržbu vozidel

16.1 Výběr alternativ vozidel

Vybranými alternativami jsou automobily reprezentující daný typ pohonu, typy pohonů byly popsány v teoretické části. Vzhledem k tomu, že společnost využívá dvě stejná vozidla, tedy vozidla typu Opel Vivaro, z nichž jedno je plně elektrifikované a druhé má spalovací motor na naftu, bude autorka porovnávat právě tyto dvě vozidla.

16.2 TCO výpočet

V rámci této podkapitoly provede autorka výpočet celkových nákladů spojených s vlastnictvím pro automobily zvolené v předchozí podkapitole. Tento výpočet je stanoven na využívání vozidla po dobu deseti let.

Složky TCO:

- nákupní cena,
- dodatečné náklady (elektroinstalace, wallbox),
- celkové náklady na palivo / elektrickou energii během užívání,
- zákonné pojištění,
- údržba vozidla a servis,
- silniční daň,
- zůstatková hodnota.

Požizovací cena vozidla Opel Vivaro je 545 000 Kč, Opel Vivaro – e firma pořídila za 670 000. Náklady na wallbax nejsou nezbytné vzhledem k tomu, že společnost využívá pouze jedno elektrovozidlo s tím, že ho lze nabíjet přes noc v době, kdy není používán žádný jiný

elektrospotřebič. Elektroinstalace a jističe jsou dostačující, protože jsou nadimenzovány pro potřeby a využití ve výrobě firmy. Pro tyto potřeby postačí nabíjení z obyčejné 220 V zásuvky, protože automobil je dostatečně dlouho odstaven (na noc). Firma K.B.R. využívá elektromobily od pondělí do pátku maximálně po dobu 10 pracovních hodin (7:00 – 17:00), přes noc jsou všechna vozidla odstavena. Řidič je schopen nabíjet přes noc, v případě potřeby využije dobíjení na veřejné dobíjecí stanici.

Přesto však byl wallbox ve firmě instalován, jehož pořizovací cena byla přibližně 30 000 Kč včetně revize elektroinstalace a odborné instalace.

V předchozí kapitole Analýza firemní flotily, bylo vypočteno, že automobily ročně urazí vzdálenost 72 000 km, to představuje 720 000 km za 10 let. Ceny pohonných hmot se neustále mění, autorka proto vypočetla průměrnou cenu za posledních 10 let, od roku 2013 do roku 2023, tato cena vychází na 29,99 Kč/l nafty.

Opel Vivaro má průměrnou spotřebu motorové nafty 6,0 l/100 km. Celkové náklady za motorovou naftu pro toto vozidlo představují 1 295 568 Kč ($7\,200 \cdot 6 \cdot 29,99 = 1\,295\,568$ Kč).

Opel Vivaro – e lze nabít na wall boxu za zhruba 8 hodin. Cena elektrické energie při využívání tarifu c37d, který je určený pro nabíjení elektromobilů, se pohybuje kolem 4,95 Kč/kWh při vysokém (denním) tarifu a 2,23 Kč/kWh při nízkém (nočním) tarifu, záleží také, u jakého odběratele je elektrická energie odebírána. Nelze využívat pouze nízký tarif, ale zaměstnanec, který jezdí s vozidlem Opel Vivaro – e sdělil, že průměrná cena je 3,00 Kč/kWh. Spotřeba je 25 kWh/100 km, celkové náklady na energii činí 540 000 Kč ($7\,200 \cdot 25 \cdot 3 = 540\,000$ Kč).

Flotilové povinné ručení s velkými výhodami činí průměrně pro Opel Vivaro 55 000 Kč ($5\,500 \cdot 10 = 55\,000$ Kč) a pro Opel Vivaro – e pak 44 000 Kč ($4\,400 \cdot 10 = 44\,000$ Kč).

Podle studie autorů Propfe, Redelbach, Santini, Friedrich (2012) vyplývá, že náklady na opravy a servis (vč. výměny pneumatik) jsou takové: 1,81 Kč/km pro automobily se spalovacím motorem a 1,47 Kč/km pro elektrovozidla. Celkové náklady pro Opel Vivaro jsou 1 303 200 Kč ($720\,000 \cdot 1,81 = 1\,303\,200$ Kč) a u Opel Vivaro – e je to 1 058 400 Kč ($720\,000 \cdot 1,47 = 1\,058\,400$ Kč). V této studii je u vozidel BEV vypočítána i oprava a výměna baterie, což u elektrického vozidla představuje největší částku na opravu nebo servis vozidla.

Silniční daň platily všechny firmy, které pro své podnikání využívaly vozidla, nebo přípojné vozíky. O silniční dani pojednává Zákon č. 16/1993 Sb. 38 Zákon České národní rady o dani silniční, tato daň však byla k 1.1.2023 zrušena. Nebude tedy do těchto výpočtu zahrnuta. Náklady

jsou tedy 0 Kč pro Opel Vivaro, elektrická vozidla byla od silniční daně osvobozena už před tím, náklady pro Opel Vivaro – e jsou také 0 Kč.

Výpočtem zůstatkové hodnoty, která stanovuje hodnotu vozidla do budoucna se zabývali autoři De Clerck et al. (2016). Pro výpočet zůstatkové hodnoty použili amortizační koeficient stanovený dle daného typu pohonu. Pro naftový motor je amortizační koeficient 82,7 % a pro BEV 78,6 %. Výpočty zůstatkových hodnot jsou vypočteny Tabulka č. 4. Pro Opel Vivaro vyšla zůstatková hodnota po 10 letech na 81 555 Kč, pro Opel Vivaro – e je to pak 60 298 Kč.

Tabulka č. 4 - Výpočty zůstatkových hodnot

	Opel Vivaro	Opel Vivaro - e
Původní cena	545 000	670 000
Amortizační koeficient	0,83	0,79
Hodnota po 1. roce	450 715	526 620
Hodnota po 2. roce	372 741	413 923
Hodnota po 3. roce	308 257	325 344
Hodnota po 4. roce	254 929	255 720
Hodnota po 5. roce	210 826	200 996
Hodnota po 6. roce	174 353	157 983
Hodnota po 7. roce	144 190	124 175
Hodnota po 8. roce	119 245	97 601
Hodnota po 9. roce	98 616	76 715
Hodnota po 10. roce	81 555	60 298

Zdroj: (Zpracováno ze získaných zdrojů – Levová, 2023)

Celkový součet TCO (Total Cost of Ownership) za 10 let lze vidět níže Tabulka č. 5.

Tabulka č. 5 - Celkový součet TCO

	Opel Vivaro	Opel Vivaro - e
Pořizovací cena	545 000	670 000
Dodatečné náklady	0	30 000
náklady na pohonné hmoty / elektrickou energii	1 295 568	540 000
Povinné ručení	55 000	44 000
Opravy a servis	1 303 200	1 058 400
Silniční daň	0	0
Zůstatková hodnota	81 555	60 298
TCO	3 280 323	2 402 698

Zdroj: (Zpracováno ze získaných zdrojů – Levová, 2023)

16.3 WtT

V praktické části se autorka zabývala emisemi, hodnoty emisí CO_{2e} v rámci Well to Tank představují jejich produkci během získávání elektrické energie, která je určena pro nabíjení vozidel nebo pohonných hmot.

Jednotlivé hodnoty jsou vypočítány v Tabulka č. 6 a představují množství emisí CO_{2e} vyprodukovaných na jeden kilometr jízdy vybraným vozidlem.

Tabulka č. 6 - Výpočet emisí CO_{2e} během Well to Tank na 1 km jízdy (tyto hodnoty jsou na 1 km jsou uvedeny v gramech CO_{2e}.)

Automobil	Opel Vivaro	Opel Vivaro - e
Spotřeba pohonných hmot / elektrické energie	6 l/100 km	25 kWh/100 km
WtT na l/kWh	609,80	404
WtT na 1 km	36,59	101

Zdroj: (Zpracováno ze získaných zdrojů – Levová, 2023)

16.4 WtW

Emise Well to Wheel vznikají při jízdě během spalování paliv. Jde o vyprodukované množství CO₂ v gramech na jeden kilometr. V Tabulka č. 6 č. 6 jde o výčet hodnot, které udává výrobce pro jednotlivý automobil.

Tabulka č. 7 – Emise TtW na 1 km (g CO₂/km)

Automobil	Opel Vivaro	Opel Vivaro - e
TtW na 1 km (g/CO ₂)	125 - 152	0

Zdroj: (Zpracováno ze získaných zdrojů – Levová, 2023)

16.5 Emise CO_{2e} vyprodukované při výrobě baterie

Ve vozidle Opel Vivaro není součástí pohonných systému velkokapacitní akumulátor, proto musí autorka uvést 0 g CO_{2e}. Z teoretické části vyplývá, že na výrobu 1 kWh kapacity baterie je vyprodukováno přibližně 60–120 g CO_{2e}, autoři studie předpokládají, že s přibývajícím roky se spíše sníží hodnoty ze stanoveného rozmezí. Proto je pro výpočet zvolena prostřední hodnota z těchto rozmezí, tedy 90 g CO_{2e}/kWh kapacity baterie. Výsledné hodnoty lze vidět níže v Tabulka č. 8

Tabulka č. 8– Emise vyprodukované při výrobě baterie v g CO_{2e}

Automobil	Opel Vivaro	Opel Vivaro - e
Kapacita baterie (kWh)	0	75
Emise na 1 kWh kapacity baterie (g CO _{2e})	90	90
Celkové emise na výrobu akumulátoru (g CO _{2e})	0	6750

Zdroj: (Zpracováno ze získaných zdrojů – Levová, 2023)

16.6 Náročnost na servis, opravy a údržbu vozidel

Je zde myšlena časová náročnost na opravy a servis vozidel. Toto kritérium je také posuzováno ve vícekritériálním posuzování, jelikož každé odstavení vozidla znamená pro rozvázkovou službu obtíž, odstavené vozidlo nemůže být využíváno pro potřeby, ke kterým je určeno. Dle konzultace se servisem, jsou nejnáročnější na servis vozidla se spalovacím motorem, naopak ty plně

elektrické, jsou méně náročné. Konkrétní časovou náročnost téměř nelze stanovit, proto jsou vozidla ohodnocena dle bodové škály.

Tabulka č. 9– Emise vyprodukované při výrobě baterie v g CO_{2e}

Automobil	Opel Vivaro	Opel Vivaro - e
Náročnost na údržbu a servis	1	3

Zdroj: (Zpracováno ze získaných zdrojů – Levová, 2023)

16.7 Výhody a nevýhody pro řidiče (zaměstnance)

Důležitými parametry na závěr je i posouzení řidiče, který s vozidlem jezdí a využívá ho pro práci. Dotazovaný řidič má zkušenosti s oběma pohony a s oběma vozidly, bylo pro něj tedy jednoduché tyto kritéria posoudit. Jsou uvedeny pouze výhody x nevýhody pro elektrické vozidlo.

Tabulka č. 10 - Výhody a nevýhody elektromobilu pro řidiče

Výhody	Nevýhody
Pohodlí	Limitován dojezdem
Automatická převodovka	V zimních obdobích dojezd klesá rychleji
Ideální vozidlo pro město	Vyhledávání dobíjecí stanice
Levná spotřeba	Prodloužení pracovní doby 2 hodiny denně kvůli dobíjení
Tichý chod vozidla	Rychleji klesá kapacita baterie
Rekuperace	Snížení rychlosti na dálnici - rychlé vybíjení

Zdroj: (Zpracováno ze získaných zdrojů – Levová, 2023)

16.8 Vyhodnocení kritérií

Přesto, že je elektrické vozidlo nákladnější na pořízení a přináší s sebou nějaké dodatečné náklady, jeho provoz a náklady na pohonné hmoty jsou mnohem výhodnější. Elektrovozidlo je

méně náročné na servis, opravy a údržbu vozidla. Vozidlo je tedy po těchto stránkách výhodné pro firmu a bylo by výhodná vozidla se spalovacím motorem zaměnit za elektromobily.

Když se však zaměříme na emise, které jsou vyprodukované během získávání elektrické energie potřebné pro provoz vozidla a emise, které jsou produkované při výrobě baterie, je zcela jasné, že elektrické vozidlo není zdaleka tak ekologické, jak je prezentované. Emise, které vznikají při jízdě jsou nulové. Pro městskou aglomeraci to přináší také velmi příjemné výhody, vzduch bude čistší, okolí bude tišší a město bude přívětivější pro obyvatele.

Ze zkušeností zaměstnance vyplývá, že elektrovozidlo s sebou nese zajímavé výhody, avšak nevýhody převyšují.

Tabulka č. 11 – Porovnání všech posuzovaných kritérií

Kritéria	Opel Vivaro	Opel Vivaro - e
TCO	3 280 323	2 402 698
WtT	36,59	101
WtW	125 - 152	0
Emise CO ₂ e vyprodukované při výrobě baterie	0,00	6 750
Náročnost na servis, opravy a údržbu vozidel	1	3

Zdroj: (Zpracováno ze získaných zdrojů – Levová, 2023)

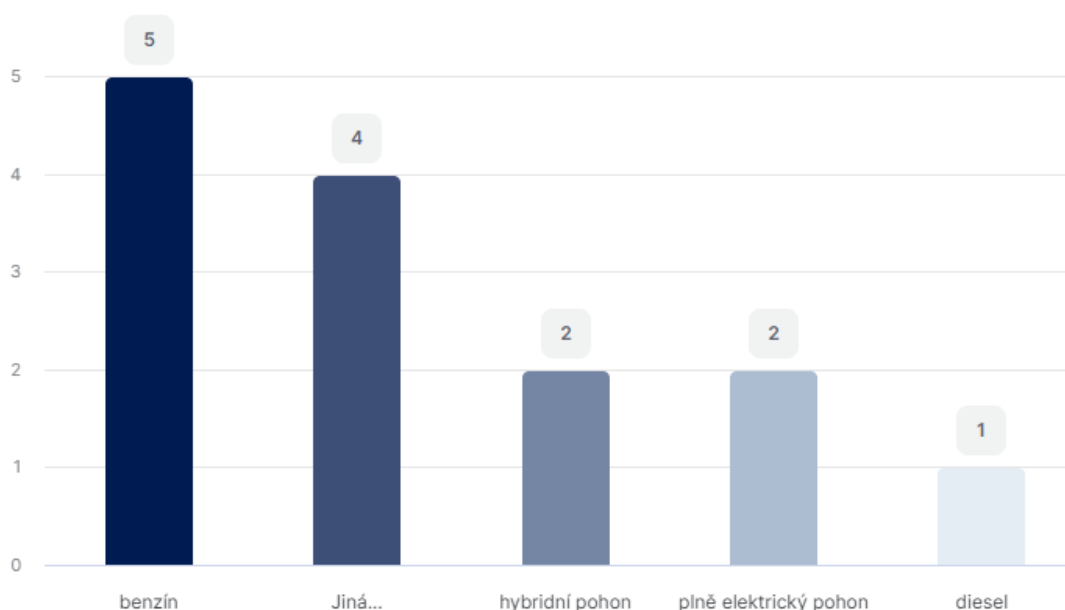
17. Diskuse

Autorka se již v bakalářské práci zaměřila na elektromobilitu ve vztahu k životnímu prostředí. Výsledky této práce nebyly pro mnohé překvapivé, elektromobilita z pohledu autorky není tak ekologická, jak se na první pohled může zdát. Přesto se stává velmi oblíbeným pohonem dnešní doby. Proto se autorka rozhodla zabývat tímto tématem i v diplomové práci. Vzhledem k tomu, že je tato práce zaměřena na elektromobilitu v rozvážkové službě, tedy konkrétně, nahrazení konvenčních pohonů za vozy plně elektrické. Rozhodla se autorka provést dotazování na toto téma mezi řidiči, kteří pracují v oblasti doručování. Tohoto dotazování se zúčastnilo 14 osob, jde o osoby samostatně výdělečně činné, jejichž předmětem podnikání je rozvoz zboží, respektive jídel z restaurací pro zákazníky. Tito lidé pracují na živnost a mají vlastní vozidlo.

Hodnocení dotazníku je zpracováno v diskusi diplomové práce.

Ze 14 zúčastněných osob má pouze jeden respondent dieselový motor, pět osob využívá vozidlo na benzín, dvě osoby mají hybridní pohon a dvě osoby vozidlo plně elektrické, 4 osoby využívají úplně jiný pohon (CNG aj). To lze vidět na Obrázek č. 14.

Obrázek č. 14 – Sloupcový graf znázorňující, které pohony jsou u respondentů využívány



Zdroj: (Zpracováno ze získaných odpovědí – Levová 2023)

Většina těchto vozidel je stará od 0-5 let, tři z nich jsou staré 10-15 let. Šest z dotazovaných za měsíc utratí kolem 6 000 až 8000 tisíci korun za pohonné hmoty. Za servis a údržbu 1 000 – 5 000 Kč měsíčně, takto odpovědělo 12 ze 14 respondentů. Většina řidičů si svůj den neplánuje, neřeší, kde budou tankovat, majitelé EV tankují přes noc, přes den poté přemýšlí, aby měli trasu vedenou směrem, kde půjde dobít své vozidlo, to řeší pouze v zimních měsících.

Zajímavé odpovědi poté respondenti uvedli u otázek: „*Jaké vidíte nevýhody / výhody ve využití elektromobilu v rozvázkové službě?*“ Tyto odpovědi jsou zaznamenány Tabulka č. 12. Většina řidičů se shodne na tom, že je velká výhoda v úspoře peněz za provoz a pohonné hmoty, velmi častá odpověď na nevýhody byl nedostatečný dojezd vozidla a problémy v zimě spojené se snížením dojezdu.

Tabulka č. 12 – Výhody a nevýhody ve využití elektromobilu v rozvážkové službě

Výhody	Nevýhody
Zatím žádné	V zimě může být problém s dojezdem
Výroba baterie je velmi neekologická	Vyšší pořizovací cena, ale vrátí se na provozních nákladech
Výhody žádné nejsou	Výroba baterií je velice neekologická
Úspora PHM, vzhledem k tomu, že elektrické vozy jsou vhodné pro jízdu ve městě	V cca 5% nemám dostatečný dojezd
Úspora peněz	Špatná infrastruktura, bunda v zimě v autě, bez topení, aby kurýr odjel vůbec 12 hodin, místy nabíjení i 2x denně, jednp nabití stojí kurýra čas za cca 200 Kč, denně to může být až 300 Kč v čase = 9 000 měsíčně
Jen parkování	Pro někoho, kdo se žije rozvozem jídla je nereálné si pořídit EV a i ho pak dále servisovat. Benzín mě vyjde levněji než elektrina
Jednoduchá obsluha, komfort	Pomalé dobíjení v zimních měsících
Elektromobily mají zpravidla lepší zrychlení, takže by pak rozvážení mohlo zabrat méně času a cesty by mohly být zábavnější	Nevidím nevýhody, maximálně pokud bych potřeboval nabíjet v průběhu směny, musel bych využít rychlonabíječky a zbytečně si ničil baterii
Ekologie, nižší provozní náklady	Nedostatečný dojezd
Ekologické, parkování, ekonomické, rychlejší, uživatelsky příjemné	Je jich opravdu hodně

Zdroj: (Zpracováno ze získaných zdrojů – Levová, 2023)

Zajímavé odpovědi byly i na závěr dotazníku při otázce, co by respondenty přimělo si pořídit EV. Pro všechny dotázané je důležitá ekologie a to, že by více ušetřili za provoz, údržbu, servis a pohonné hmoty. Kdyby ceny vozidel klesly a řidič by byl schopen za zlomek ceny pořídit elektromobil, 50 % z dotázaných by pak vozidlo změnilo. Zároveň by pro ně bylo důležité vyřešit dobíjení, když bydlí v bytových domech a prodloužení dojezdu. Poté by nic nebránilo tomu přejít z konvenčního pohonu na pohon plně elektrický nebo hybridní.

Je důležité zmínit, že v dotazníku v bakalářské práci mělo mnoho lidí povědomí o elektromobilitě, ale tuto variantu zvažovalo pouhé minimum dotázaných. V tomto dotazníku z letošního roku je to právě naopak. Z praktického hlediska je tedy reálně využitelné a proveditelné zaměřit pohon v rozvážkové službě, přesto, že je s tím spojeno několik nezodpovězených otázek.

18. Závěr práce a přínos práce

Čím více do budoucnosti hledíme, tím je více klíčové zodpovědět otázky ohledně ekologické dopravy. Řešením je nahrazení konvenčních pohonů vozidel. Zatím však není jisté, jakým pohonem bychom spalovací vozidla měli nahradit. Ještě mnoho let nebude možné infrastrukturu plně elektrifikovat, i když se to zdá přívětivější pro městské aglomerace. Představa velkých měst bez hlasitého provozu a smogu je velmi lákavá. Přesto, že každoročně přibývá desítky dobýjecích míst, není ještě vyřešena infrastruktura skrz celou Českou republiku, která by byla provázána až do zahraničí k našim sousedům. Tato atraktivní budoucnost je vykoupena i tím, že při provozu jednoho elektromobilu vzniknou desítky až stovky emisí CO₂e, za jeden kilometr, v rámci Well to Tank, které představují jejich produkci během získávání elektrické energie. Elektrická energie také nevzniká v zásuvce a je nutné myslet na to, že až s příchodem získávání energie z obnovitelných zdrojů, bude vhodnější a ekologičtější elektromobily využívat. Při výrobě baterií vzniká ohromné množství emisí CO₂e, na studiích, jak nahradit těžké kovy v bateriích, se ve světě momentálně pracuje. V rámci této diplomové práce bylo cílem posoudit, zda je vhodné využívat plně elektrická vozidla v rozvážkové službě. Autorka se přiklání k tomu, že toto řešení by mělo smysl pouze v případě, že by byla vyřešena všechna předcházející kritéria a aspekty, které by elektromobilitu mohly posílit. Zároveň je důležité, aby Česká republika více podpořila zájemce o koupi vozidel a mohl si ho tak dovolit skoro každý, s těmito koncepty už některé značky přicházejí na trh. Ze získaných informací a výsledků ale víme, že výměna konvenčních vozidel by pro podnik měla velký potenciál ohledně úspor a vyšší pořizovací náklady by se přes to brzy vrátily.

19. Seznam tabulek

Tabulka č. 1 - Hodnoty EURO norem pro benzínová vozidla	28
Tabulka č. 2 – Hodnoty EURO norem pro naftová vozidla	28
Tabulka č. 3 – Elektromobilita: Výhody a nevýhody	34
Tabulka č. 4 - Výpočty zůstatkových hodnot.....	59
Tabulka č. 5 - Celkový součet TCO.....	60
Tabulka č. 6 - Výpočet emisí CO _{2e} během Well to Tank na 1 km jízdy (tyto hodnoty jsou na 1 km jsou uvedeny v gramech CO _{2e} .).....	60
Tabulka č. 7 – Emise TtW na 1 km (g CO ₂ /km)	61
Tabulka č. 8– Emise vyprodukované při výrobě baterie v g CO _{2e}	61
Tabulka č. 9– Emise vyprodukované při výrobě baterie v g CO _{2e}	62
Tabulka č. 10 - Výhody a nevýhody elektromobilu pro řidiče	62
Tabulka č. 11 – Porovnání všech posuzovaných kritérií.....	63
Tabulka č. 12 – Výhody a nevýhody ve využití elektromobilu v rozvážkové službě.....	66

20. Seznam obrázků

Obrázek č. 1 - Měsíční vývoj prodeje nových aut v EU + EFTA + UK za roky 2021 a 2022 ...	17
Obrázek č. 2 – Schéma přeměny energie ve spalovacím motoru.....	19
Obrázek č. 3 – Princip palivového článku	21
Obrázek č. 4 – Ceny pohonných hmot v letech 2013 až 2023	22
Obrázek č. 5 - Emise produkované v dopravě podle druhu dopravy v roce 2019	25
Obrázek č. 6 – Měření emisí	31
Obrázek č. 7 - Audi e-tron, podlahu tvoří akumulátory, elektromotor je vpředu i vzadu.	33
Obrázek č. 8 -Audi e-tron – umístění motoru vpředu	37
Obrázek č. 9 – Přehled energií použitelných pro výrobu elektřiny	42
Obrázek č. 10 – Typy dobíjecích stanic a modely dobíjení	43
Obrázek č. 11 – Typy konektorů.....	44
Obrázek č. 12 - Veřejné dobíjení vozidla.....	46
Obrázek č. 13 – Dobíjecí stanice ČR	47
Obrázek č. 14 – Sloupcový graf znázorňující, které pohony jsou u respondentů využívány.....	64

21. Seznam použitých zkratk

A	ampér
AA/AAA	tužková baterie (velikost M a S)
AC	alternating current/střídavý proud
ACEA	European Automobile Manufacturers Association
apod	a podobně
BEV	Bateriové elektromobily
BMS	battery management systém
CCS	Combined Charging System
CEF	Connecting Europe Facility
CNG	stlačený zemní plyn
CO ₂	Oxid uhličitý
CO _{2e}	oxid uhličitý v ekvivalentech
č.	číslo
DC	direct current / stejnosměrný proud
DPH	daň z přidané hodnoty
DPS	deska plošných spojů
EFTA	Evropské sdružení volného obchodu
ESR	equivalent serie resistance
EU	Evropská unie
EV	Elektrické vozy
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
PHEV	Plug-in hybridy
PM	Pevné částice
PRE	pražská energetika
STK	stanice technické kontroly
SUMP	Udržitelná městská mobilita
TCO	Total Cost of Ownership
UK	Spojenné království
V	volt
VOC	těkavá organická látka
VW	Volkswagen

Wh Watthodina

Wh/kg watthodina na kilogram

WtT Well to Tank

WtW Well to Wheel

22. 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. 2022-03-23]. 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.
- VACHELOVÁ, Jana. *Elektromobilita ve vztahu k životnímu prostředí*. Praha, 2020. Bakalářská práce. ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA.
- HAVLÍČEK, Tomáš. *Vyhodnocení nahrazení konvenčních automobilů plug-in hybridy a elektromobily pro rozvážkové služby pizzerie*. Praha, 2021. Bakalářská práce. VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ.
- LINHART, Jan. *Vliv e-mobility na elektrizační soustavu E-mobility influence on Power Grids*. Praha, 2018. Bakalářská práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
- VALÍČEK, Roman. *Elektromobilita, současnost a vize*. Brno, 2019. Bakalářská práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ.
- VOPÁLENSKÁ, Marie. *Inovativní řešení železničního průmyslu pro udržitelnou mobilitu*. Pardubice, 2019. SPRÁVA ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTY.

WANG, Y., ZHOU, G., LI, T., & XIAO W. (2019). *Comprehensive Evaluation of the Sustainable Development of Battery Electric Vehicles in China*. *Sustainability*, 11(20), 5635. doi: 10.3390/su11205635.

b. Internetové zdroje

- Asociace pro elektromobilitu České republiky. *Www.elektromobily-os.cz* [online]. Praha: Asociace pro elektromobilitu České republiky, 2015 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <http://www.elektromobily-os.cz>
- AUDI AG. *Www.audi.com* [online]. Ingolstadt [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.audi.com/en.html>
- Audi.cz. *Www.audi.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.audi.cz/>
- BAUD, SPOL. S.R.O. RWE je evropskou jedničkou v zavádění elektromobility. In: *Www.petrol.cz* [online]. Redakční systém Umbraco [cit. 2023-03-23]. 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. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.velofiala.cz/n/bms-battery-management-system>
- Co je elektromobilita. In: *Www.smartev.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <http://www.smartev.cz/cz/co-je-elektromobilita/>
- Čistá mobilita. *Www.mzp.cz* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2019, 2013-2019 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/cista_mobilita_seminar
- E.ON Rádce: Co je elektromobilita. *Www.eon.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/elektromobilita>
- Emobilita: Skupina ČEZ. *Www.elektromobilita.cz: Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: <https://www.elektromobilita.cz/>
- E-tron. In: *Www.forum24.cz* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: https://www.forum24.cz/lifestyle/wp-content/uploads/2019/07/audi_etron_tehnika.jpg
- HORČÍK, Jan. Za leden se v Česku prodalo 384 elektromobilů, alternativy mají 4,3% podíl. In: *Http://www.hybrid.cz* [online]. Brandýs n.L. - Stará Boleslav: Chamanne, 2020, 7. února 2020 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/za-leden-se-v-cesku-prodalo-384-elektromobilu-alternativy-maji-43-podil>

- Innogy. *Www.innogy.cz* [online]. 2020 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: https://www.innogy.cz/kampan/letninabidka/?sc_camp=163B39C315CC461BB07904E53B43012B&gclid=EAIaIQobChMI7MK8j8mn6gIV1EkYCh3tzwBCEAAYASAAEgLzb_D_BwE
- Jízda čistá, ale co výroba? Kolik CO₂ vznikne při výrobě elektromobilů? In: *Auto.cz: Svět motorů* [online]. Praha: CZECH NEWS CENTER, 2019, 5. října 2020 [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/jizda-cista-ale-co-vyroba-kolik-co2-vznikne-pri-vyrobe-elektromobilu-131387>
- Konference ČPS. In: *Http://www.cng4you.cz* [online]. Redakční systém ePublisher, 2018 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <http://www.cng4you.cz/cng-info/zajimavosti/konference-cps.html>
- Nabijto.cz. *Www.nabijto.cz* [online]. 2020 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.nabijto.cz/>
- PRĚMĚŘENÍ. *Www.premereni.cz* [online]. 2020 [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: <https://www.premereni.cz/cs/zapati/zasady-pouzivani-webu-a-ochrana-osobnich-udaju-na-webu/>
- SKODAHOME. *Www.skodahome.cz* [online]. 2020 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.skodahome.cz/>
- Superkondenzátor – princip, vlastnosti, použití. In: *Www.automatizace.hw.cz* [online]. Praha, 2016, 4. dubna 2016 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: www.automatizace.hw.cz/clanek/2006122601
- ŠKODA AUTO a.s. *Www.skoda-auto.cz* [online]. 2020 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/>
- 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. 2023-03-23]. 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. 2023-03-23]. 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. 2023-03-23]. 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. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/kolik-emisi-co2-vypousteji-elektromobily-klidne-i-370-g/km>
- Tesla. *Www.tesla.com* [online]. 2020 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.tesla.com/models>
- Automotive R&D. *Www.afry.com* [online]. 2020 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://afry.com/en/area/automotive-rd?sector=1330>
- Elektromobilita není budoucnost, stala se z ní současnost. Kam vývoj pokročil? | Prima Zoom. Články | Zoom magazin [online]. Copyright © FTV Prima, spol. s r. o. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://zoommagazin.iprima.cz/veda-a-technika/elektromobilita-neni-budoucnost-skoda>
- 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. 2023-03-23]. DOI: 0.1049/joe.2017.0569. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8311334&isnumber=8311003>
- Přenosná nabíječka s konektorem Typu 2/Mennekes | E-shop SECTRON. [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://eshop.sectron.cz/cs/sectron-prenosna-nabijecka-pro-elektromobil-16a-400v-cee-5pin-type-2-5m/p-15227/>
- BMW Wallbox. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © BMW AG 2021 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.bmw.lk/en/topics/offers-and-services/accessories-pages/bmw-accessory-showroom.bmw-wallbox.html>
- Co potřebujete pro zřízení a provoz dobíjecí stanice pro elektromobily. Hybrid.cz - Elektromobily, hybridy, Tesla, Volkswagen, Škoda [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.hybrid.cz/co-potrebuje-pro-zrizeni-provoz-dobijeci-stanice-pro-elektromobily/>
- Redirecting to /cs/ [online]. Copyright © 2022 SMATRICES [cit.2023-03-23]. Dostupné z: <https://chargepre.smatrics.com/cs/>

- Elektrický Opel Vivaro-e přichází na trh se zaváděcí cenou 670 000 Kč bez daně - Transport-logistika.cz. Transport-logistika.cz [online]. Copyright © 2022, TRANSPORT.SK, TRANSPORT [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://transport-logistika.cz/zpravy/motorismus/elektricky-opel-vivaro-e-prichazi-na-trh-se-zavadeci-cenou-670-000-kc-bez-dane/>
- Prodeje elektromobilů v ČR 2020 [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/prodeje-elektromobilu-v-cr-2020-velky-prehled-pravidelne-aktualizovano>
- Jaké emise CO2 připadají na vyrobenou jednotku elektřiny dle typu elektrárny? : Ekologický institut Veronica. Ekologický institut Veronica [online]. Copyright © [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://www.veronica.cz/otazky?i=514>
- Strategyand.pwc [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: doi: <https://www.strategyand.pwc.com/cn/en/reports/2021/electric-vehicle-sales-review-full-year-2021.pdf>
- Volkswagen Will Use Hydrometallurgy To Recycle 95 Percent Of A Cell. InsideEVs | Electric Vehicle News, Reviews, and Reports [online]. Copyright © [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://insideevs.com/news/494955/volkswagen-hydrometallurgy-recycle-95-percent-cells/>
- Je recyklace baterií vážně tak důležitá? - ECOBAT. Úvod – ECOBAT [online]. © [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://www.ecobat.cz/index.php/2022/03/18/svetovy-den-recyklace/>
- Elektroenergetika – Výroba energie: mojeEnergie. mojeEnergie : Váš spolehlivý průvodce energetikou [online]. Copyright © Copyright Done, s.r.o. Všechna práva vyhrazena. [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <http://www.mojeenergie.cz/cz/elektroenergetika-vyroba-energie>
- State of the States: Fuel Cells in America 2017 [online]. © [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/downloads/state-states-fuel-cells-america-2017>
- Renault Master 4x4: furgon do terénu - Transport-logistika.cz. Transport-logistika.cz [online]. Copyright © 2022, TRANSPORT.SK, TRANSPORT [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://transport-logistika.cz/testy/testy-uzitkovych-vozidel/renault-master-4x4-furgon-do-terenu/>

- Úvodní stránka - K.B.R. group v.o.s. Úvodní stránka - K.B.R. group v.o.s. [online]. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <http://dobrymaso.octoplus.cz/>
- Máte elektromobil? Do některých podzemních garáží budete mít vjezd zakázán. auto-mania.cz [online]. [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://auto-mania.cz/mate-elektromobil-do-nekterych-podzemnich-garazi-budete-mit-vjezd-zakazan/>
- Emission Standards: Europe: Cars and Light Trucks. DieselNet: Engine & Emission Technology Online [online]. Copyright © 1997 [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://dieselnet.com/standards/eu/ld.php#stds>
- Mapa nabíjecích stanic | fDrive.cz. fDrive.cz – Elektromobily, autonomní řízení a doprava budoucnosti [online]. [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/mapa-nabijecich-stanic>
- Busportal. Busportal [online]. Copyright © 2001 [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://www.busportal.cz/clanek/dobijeci-stanice-u-nas-pribyvaji-raketovym-tempem-18799>
- Smart Prague – Innovations for better life in Prague. Smart Prague – Inovace pro lepší život v Praze [online]. Copyright © Smart Prague [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://smartprague.eu/en/>
- Autologistika – Vláda projedná budoucnost autoprůmyslu. Autologistika [online]. [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://www.autologistika.cz/vlada-projedna-budoucnost-autoprmyslu-cr/>
- Zemo Partnership | Accelerating Transport to Zero Emissions. Zemo Partnership | Accelerating Transport to Zero Emissions [online]. Copyright © 2022 [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://www.zemo.org.uk/>
- EVECUBE B+ 22kW AC nabíjecí stanice pro elektromobily. Vše pro nabíjení elektromobilů. [online]. Copyright © 2022 [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: https://www.evexpert.cz/p/528/evecube-b-22kw-ac-nabijecka-pro-elektrovozy-offline-rfid-fve?gclid=Cj0KCQjwt_qgBhDFARIsABcDjOfoRQeG0HuLDID9RYCac5wAHN-X0H_HP7kX5LmIQR3OjqWCmfwNcjsaAjnXEALw_wcB
- MVCR – portál veřejné správy. [online]. [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/portal-verejne-spravy.aspx>
- Fakta o klimatu – Globální zpráva o elektřině 2020 [online]. [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/studie/2020-globalni-zprava-o-elektrine>

- European Parliament – portal. [online]. [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/portal/en>
- EUR-Lex – Přístup k právu Evropské unie. [online]. [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://eurlex.europa.eu/>.
- European Commission. (n.d.). Well-to-Wheels Analyses. [online]. [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/jrc/en/jec/activities/wtw>.

c. Seznam použitých právních předpisů

ČSN EN 61851-21 Systém nabíjení elektrických vozidel vodivým propojením – Část 21: Požadavky na elektrická vozidla pro vodivé připojení k AC/DC napájení.

Směrnice Rady 91/441/EHS ze dne 26. června 1991 o sblížení právních předpisů členských států týkajících se opatření proti znečištění ovzduší emisemi z motorových vozidel.

Vyhláška č.50/1978 Sb. – Vyhláška Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o odborné způsobilosti v elektrotechnice.

Zákon č. 250/2021 Zákon o bezpečnosti práce v souvislosti s provozem vyhrazených technických zařízení a o změně souvisejících zákonů. Zákon č. 16/1993 Sb. Zákon České národní rady o dani silniční.