

UNIVERZITA PARDUBICE

Dopravní fakulta Jana Pernera

**ANALÝZA ALTERNATIVNÍCH POHONŮ
AUTOMOBILŮ Z POHLEDU VLIVU NA ŽIVOTNÍ
PROSTŘEDÍ**

Bc. Nikola Vencovská

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2016

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Nikola Vencovská
Osobní číslo: D12860
Studijní program: N3708 Dopravní inženýrství a spoje
Studijní obor: Provozní spolehlivost dopravních prostředků a infrastruktury:
Ochrana životního prostředí v dopravě
Název tématu: Analýza alternativních pohonů automobilů z pohledu vlivu na
životní prostředí
Zadávací katedra: Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

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

Osnova:

Úvod

1. Analýza současného stavu v dané problematice

2. Cíle a použité metody práce

3. Výsledky řešení - analýza alternativních pohonů automobilů z pohledu vlivu na životní prostředí

Závěr

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího práce
Rozsah pracovní zprávy: 50 - 60 stran textu a přílohy
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

KAMEŠ, Josef. Alternativní palivo - vodík. Vyd. 1. Praha: [s.n.], 2008, 287 s. ISBN 978-80-254-1686-0.

VLK, František. Koncepce motorových vozidel: koncepce vozidel, alternativní pohony, komfortní systémy, řízení dynamiky, informační systémy. 1. vyd. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000, 287 s. ISBN 80-238-5276-0.

VLK, František. Paliva a maziva motorových vozidel: koncepce vozidel, alternativní pohony, komfortní systémy, řízení dynamiky, informační systémy. 1. vyd. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2006, 376 s. ISBN 80-239-6461-5.

VLK, František. Alternativní pohony motorových vozidel: koncepce vozidel, alternativní pohony, komfortní systémy, řízení dynamiky, informační systémy. 1. vyd. Brno: Prof.Ing.František Vlk, DrSc., 2004, 376 s. ISBN 80-239-1602-5.

MATĚJOVSKÝ, Vladimír. Automobilová paliva: koncepce vozidel, alternativní pohony, komfortní systémy, řízení dynamiky, informační systémy. Vyd. 1. Praha: Grada, 2004, 223 s. ISBN 80-247-0350-5.

HROMÁDKO, Jan. Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 223 s. ISBN 978-80-247-4455-1.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Roman Graja
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání diplomové práce: 25. února 2016

Termín odevzdání diplomové práce: 27. května 2016



doc. Ing. Ivo Drahotský, Ph.D.
děkan

L.S.



doc. Ing. Michael Lata, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 25. února 2016

PROHLÁŠENÍ AUTORA

Prohlašuji, že předložená práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracovala samostatně. Literaturu a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpala, v práci řádně cituji a literární prameny jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že na moji práci se vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích, dne 25. 5. 2016

Bc. Nikola Vencovská

PODĚKOVÁNÍ

Mé poděkování patří panu Ing. Romanu Grajovi za vedení diplomové práce, odbornou pomoc při jejím zpracování, za vstřícný a aktivní přístup, se kterým sledoval moji diplomovou práci, a za podnětné rady a připomínky, které mi poskytoval v průběhu přípravy této práce.

ANOTACE

Diplomová práce analyzuje alternativní pohony automobilů z pohledu vlivu na životní prostředí. Hlavním cílem diplomové práce je definovat a porovnat jednotlivé druhy paliv a jejich produkci škodlivých plynů, stanovit metodiku výpočtů produkce oxidu uhličitého v jednotlivých fázích životního cyklu vybraných typů vozidel.

KLÍČOVÁ SLOVA

Automobilová paliva, alternativní pohony, alternativní zdroje energie, elektromobil, metodika výpočtu produkce oxidu uhličitého.

TITLE

Analysis of alternative car propulsions from perspective of influence on environment

ANNOTATION

The Diploma Thesis analyses alternative propulsion systems from perspective of influence on environment. The main objective of thesis is to define and compare individual kinds of fuels and their exhaust fumes production and to define methodology for calculating carbon dioxide emissions during individual life cycle stages of selected kinds of vehicles.

KEYWORDS

Car fuels, alternative propulsions, alternative sources of energy, electric car, methodology for calculating of production of carbon dioxide.

OBSAH

ÚVOD.....	- 9 -
1 Automobilová paliva, pohony automobilů.....	- 10 -
1.1 Automobilové benziny	- 11 -
1.2 Motorová nafta	- 13 -
1.3 Zkapalněné ropné plyny (LPG).....	- 16 -
1.4 Zemní plyn (CNG, LNG).....	- 18 -
1.5 Alkoholy.....	- 21 -
1.5.1 Methanol.....	- 21 -
1.5.2 Ethanol.....	- 22 -
1.6 Étery s pěti a více uhlíky - methyltercbutyléter (MTBE).....	- 23 -
1.7 Methylestery mastných kyselin a jejich směsi s motorovou naftou (MEŘO).....	- 24 -
1.8 Vodík.....	- 25 -
1.9 Exotická paliva.....	- 27 -
1.10 Bioplyn.....	- 28 -
1.11 Hybridní pohon	- 31 -
1.12 Elektrický pohon	- 32 -
1.13 Baterie v elektromobilech	- 33 -
1.13.1 Olověný akumulátor	- 34 -
1.13.2 Nikl - kadmiový akumulátor.....	- 36 -
1.13.3 Nikl - metal hydridový akumulátor	- 37 -
1.13.4 Lithium - ion akumulátory.....	- 38 -
1.13.5 Lithium - polymerový akumulátor.....	- 39 -
1.13.6 Ostatní akumulátory pro elektromobily.....	- 40 -
1.14 Škodlivé plyny v dopravě.....	- 41 -
1.14.1 Oxidy dusíku (NO _x)	- 41 -
1.14.2 Oxid uhelnatý (CO)	- 42 -
1.14.3 Oxid uhličitý (CO ₂)	- 42 -
1.14.4 Ostatní škodliviny.....	- 42 -
1.15 Těžba ropy a její distribuce v České republice.....	- 43 -
2 Cíle a použité metody práce.....	- 45 -
3 Výsledky řešení - automobil se spalovacím motorem versus elektromobil.....	- 46 -
3.1 Základní charakteristika konstrukce benzínových a naftových automobilů.....	- 46 -
3.1.1 Základní charakteristika konstrukce elektromobilu	- 47 -
3.1.2 Porovnání dílů elektromobilu a automobilu se spalovacím motorem	- 49 -
3.2 Porovnání automobilu a elektromobilu z pohledu vlivu na životní prostředí.....	- 49 -
3.2.1 Výběr a popis zvolených typů vozidel	- 49 -
3.2.2 Emise automobilu a jeho životní cyklus	- 52 -
3.2.3 Metodika výpočtu v jednotlivých fázích životního cyklu vozidel	- 54 -

3.2.4	Výpočty jednotlivých fází životního cyklu vozidel	- 59 -
3.2.5	Porovnání výsledků jednotlivých etap životního cyklu vozidel.....	- 65 -
3.3	Elektromobilita v České republice a porovnání s evropskými státy.....	- 66 -
3.3.1	Budoucnost elektromobility v České republice	- 68 -
ZÁVĚR	.....	- 69 -
LITERATURA	.....	- 70 -
SEZNAM ZKRATEK	.....	- 73 -
SEZNAM OBRÁZKŮ	.....	- 74 -
SEZNAM TABULEK	.....	- 75 -
SEZNAM GRAFŮ	.....	- 76 -

ÚVOD

Neustále rostoucí doprava a zvyšování počtu automobilů na území naší republiky i na celém světě nás nutí zamýšlet se nad používanými motorovými palivy, a to nejen z pohledu ochrany životního prostředí, ale i z pohledu důsledného využívání nabízené energie pro dosažení optimálních výkonů dopravních prostředků.

Většina motorových paliv se skládá převážně ze dvou složek - uhlíku a vodíku. Při jejich spalování s kyslíkem dochází k uvolňování tepelné energie, která je následně s větší či menší účinností přeměňována na energii mechanickou. Velmi výhodné je zejména spalování kapalných paliv z hlediska rychlosti jejich hoření, poměrně snadného skladování a bezpečnosti provozu. Na druhou stranu se obrovským trendem dnešní doby stává využívání alternativních zdrojů energie, v tomto případě energie elektrické. V současné době existují elektromobily, které mají parametry srovnatelné s vozy se spalovacím motorem a vysoký kilometrický dojezd na jedno nabití. Zároveň však elektromobily během jejich provozu neprodukují žádné emise škodlivých plynů, pouze ty, vznikající při výrobě elektrické energie jako takové.

Elektromobilismus se stal trendem současné doby v oblasti ekologie v dopravě, a proto se nabízí porovnat nejvíce používané typy paliv, tedy benzín a diesel, právě s elektromobilem a zaměřit se na jejich vliv na životní prostředí. Je potřebné zdůraznit, že všechny etapy životního cyklu automobilu se nemalou částí podílí na produkci škodlivých plynů, ať už se jedná o jeho výrobu, vlastní provoz či likvidaci. Velký podíl na zvyšování emisí mají rovněž související činnosti, počínaje těžbou ropy, přes její distribuci do rafinerií a následný rozvoz cisternami k čerpacím stanicím. U elektromobilů se pak jedná o import elektrické energie ze zahraničí do České republiky.

Při řešení výše zmiňované problematiky se nabízí otázka nahlédnutí do oblasti alternativních pohonů automobilů, srovnat stávající „klasická paliva“ s nastupující generací vozů s alternativními palivy nebo alternativními pohony a poukázat na emise škodlivých plynů, z nichž jednoznačně nejrizikovější je oxid uhličitý (CO₂).

Proto tématem této diplomové práce je „Analýza alternativních pohonů automobilů z pohledu vlivu na životní prostředí“.

1 Automobilová paliva, pohony automobilů

Ve světě prozatím převládají dva základní druhy motorových paliv – automobilový benzín a motorová nafta. Ve srovnání se vznětovými (naftovými) motory, vykazují zážehové (benzinové) motory sice větší náklady na provoz, ale přinášejí řadu výhod, a to zejména v dynamice jízdy a operabilitě provozu při velmi nízkých teplotách v zimních obdobích. Vedle toho se stále častěji objevují i motory využívající tzv. alternativní paliva, jako jsou LPG, zemní plyn, biopalivo nebo různé varianty motorů poháněných elektrickým proudem. Právě tyto druhy alternativních paliv byly vyvinuty proto, aby plnohodnotně nahradily dosavadní „klasická paliva“ a přispívaly tak ke zlepšení kvality životního prostředí [1].

Kromě nejznámějších druhů automobilových paliv, které jsou běžně dostupné na spotřebitelském trhu, existuje řada dalších chemických látek a příměsí, které jsou používány, nebo mohou být použity jako paliva nebo jejich složky pro současné automobilové spalovací motory. Některé z těchto látek mohou být užity také jako zdroje energie pro palivové články elektrických vozidel, která jsou v současné době považována za velmi perspektivní pohony vozidel. Jedná se zejména o vodík a metanol. Všechny tyto druhy paliv lze shrnout do několika skupin:

Klasická paliva:

- Automobilové benziny (viz kapitola 1.1);
- motorová nafta (viz kapitola 1.2);

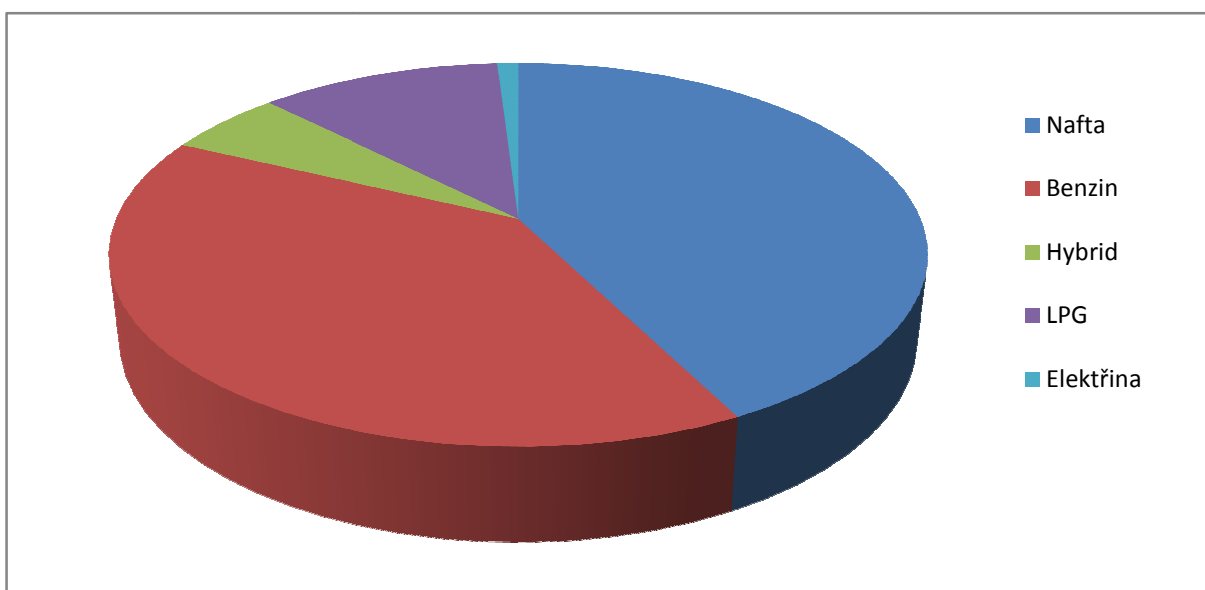
Alternativní paliva:

- Zkapalněné ropné plyny (LPG) - (viz kapitola 1.3.);
- zemní plyn – stlačený (CNG) nebo zkapalněný (LNG), (viz kapitola 1.4.);
- alkoholy – metanol, etanol (líh), vyšší alkoholy (viz kapitola 1.5);
- étery s pěti a více uhlíky – methyltercbutyléter (MTBE), (viz kapitola 1.6);
- methylestery mastných kyselin (například kyselin řepkového oleje) a jejich směsi s motorovou naftou, tzv. směsné motorové nafty (viz kapitola 1.7);
- vodík (viz kapitola 1.8);
- exotická paliva – amoniak, nitromethan, dimethyléter, aceton – butanolová směs (viz kapitola 1.9);
- bioplyn a různé chudé plyny s malou výhřevností, obsahující větší množství oxidu uhličitého a dusíku, což jsou z energetického hlediska balasty (viz kapitola 1.10) [2].

Vozidla využívající alternativní zdroje energie:

- Hybridní pohon (viz kapitola 1.11);
- elektrický pohon (viz kapitola 1.12).

Z výše uvedeného rozdělení je v grafu 1.1 je vidět zastoupení nejběžnějších typů pohonů v České republice.



Graf 1.1: Zastoupení jednotlivých druhů pohonů v ČR, 2013 [3]

1.1 Automobilové benziny

Základní charakteristika

Automobilový benzin je v současné době nejrozšířenějším motorovým palivem pro osobní automobily, je to směs převážně ropných uhlovodíků vroucí v rozmezí cca 30 až 215 °C se 3 až 12 atomy uhlíku v molekule. Palivo musí vyhovovat mnoha dalším kvalitativním parametrům, které umožní používání benzínu pro zadaný účel. Kvalitativní parametry automobilových benzinů lze rozdělit do několika skupin:

- antidetonační charakteristiky;
- těkavostní parametry;
- chemické složení;
- parametry charakterizující čistotu;
- ostatní parametry (hustota aj.).

Pro zlepšování užitečných vlastností automobilových benzinů se používají různé typy aditiv. Stále častěji se tato aditiva používají ve formě multifunkčních „baličků“, které bývají vyrobeny přímo pro daný druh paliva a kterými se zároveň jednotlivé velké distribuční firmy chtějí odlišit jedna od druhé. I tyto přísady můžeme rozdělit do několika základních skupin:

- zvyšovače oktanového čísla;
- detergenty, antioxidanty, inhibitory koroze, deaktivátory kovů;
- aditiva proti "zatloukání" ventilových sedel;
- aditiva omezující růst oktanového požadavku;
- barviva, aditiva proti zamrzání, aj.

V České republice je dostupný benzin s následujícím označením: Natural 91, Natural 95 a Natural 98. O jeho vlastnostech a základních kvalitativních parametrech vypovídá tab. 1.1.

Tab. 1.1 Vybrané kvalitativní parametry bezolovnatého automobilového benzínu [4]

Parametr	Mezní hodnota podle ČSN EN 228	Typická hodnota cca
Hustota / 15°C, kg/m ³	720,0 až 775,0	745
Oktanové číslo		
Super	95,0 / 85,0	95,5 / 85,1
Normal	91,0 / 82,0	92,0 / 82,5
SuperPlus	98,0 / 88,0	99,0 / 88,5
Obsah síry, mg/kg	max. 10,0	5
Obsah aromatických uhlovodíků, % V/V	max. 35,0	33
Obsah benzenu, % m/m	max. 1,0	0,62
Destilační zkouška:		
Odpařené množství při 70°C, % V/V		
Léto	20,0 až 48,0	39
Zima	22,0 až 50,0	41
Odpařené množství při 100°C, % V/V	46,0 až 71,0	55
Odpařené množství při 150°C, % V/V	max. 75,0	83
Konec destilace, °C	max. 210	200
Tlak par. kPa		
Léto	45,0 až 60,0	59
Zima	60,0 až 90,0	88
Obsah bioethanolu, % V/V	max. 5,0	4,16
Obsah kyslíku, % m/m	max. 2,7	2,3
Obsah olova, mg/l	max. 5,0	< 1

Vliv na životní prostředí, emise

Škodlivé účinky olova na životní prostředí a zdraví člověka vedly ke snaze, jak olovo z benzínové směsi odstranit a nahradit ho různými aditivy. Mezi nejpobulárnější patří aromatické uhlovodíky, ethery a alkoholy (obvykle ethanol nebo methanol). Odstraňování olova z automobilových benzinů je v dnešní době celosvětovým trendem. Důvodem je vlastní toxicita olova pro lidský organismus a neustále se zvyšující počet automobilů na našich silnicích. To se projevuje rostoucím množstvím emisí a zhoršováním životního prostředí, zvláště ve velkých městech. Používání trojcestných katalyzátorů se tak stává nutností a podmiňuje přechod na bezolovnaté benziny. Velmi rozsáhlá kampaň za vyloučení olova z výroby začala již v osmdesátých letech minulého století, kdy se postupem času začal používat bezolovnatý benzín typu „Natural“ [1].

Neustále rostoucí počet automobilů má vliv na kvalitu ovzduší. K jeho znečišťování dochází především vlivem nedokonalého spalování směsi paliva v motoru, a to především unikajícími nespálenými zbytky uhlovodíků a oxidem uhelnatým, nezanedbatelné jsou též emise oxidů dusíku. Silniční doprava v dnešní době produkuje 83 – 94 % škodlivých emisí v celosvětovém měřítku. Jedním parametrem výfukových plynů je produkce oxidu uhličitého (CO₂), u dnešních benzinových vozů se pohybuje řádově od 80 - 150 gramů na ujetý kilometr.

1.2 Motorová nafta

Základní charakteristika

Motorová nafta je v dnešní době jedním z nejdůležitějších produktů ropných rafinérií. Z hlediska výroby ji řadíme mezi střední ropné destiláty. Získává se destilací ropy a dalšími navazujícími technologickými procesy jako jsou například hydrogenační rafinace, hydrokrakování nebo katalytické krakování. Obecně můžeme naftu charakterizovat jako složitou směs převážně ropných uhlovodíků s 12 až 22 atomy uhlíku vroucí v rozmezí cca 180 až 370 °C. Aby byla tato směs použitelná jako motorové palivo, musí splňovat řadu kvalitativních ukazatelů, které jsou u všech různých výrobců předmětem pečlivé výstupní kontroly (viz tab. 1.2).

Jednou z nejdůležitějších vlastností je chování motorové nafty za nízkých teplot. Už od prvopočátku jejího používání byly na trhu dva druhy motorové nafty – letní a zimní, které se lišily svým bodem tuhnutí. Ukázalo se však, že bod tuhnutí motorové nafty charakterizuje chování za nízkých teplot zcela nedostatečně a proto se zaváděly další parametry, které by měly mít lepší vypovídací schopnost.

V 60. letech se spolu s bodem tuhnutí objevil bod zákalu. Jedná se o teplotu, při které se začnou vylučovat první krystalky pevných parafinů. Ani tato kombinace však dostatečně nepopisovala chování motorové nafty za nízkých teplot a tak byl od druhé poloviny 70. let bod zákalu nahrazen bodem filtrovatelnosti. Bod filtrovatelnosti je nejnižší teplota, při které zkoušená motorová nafta ještě prochází přes sítko s přesně definovanou velikostí ok. Od bodu tuhnutí se zcela upustilo v polovině 90. let a u zimní motorové nafty se spolu s bodem filtrovatelnosti udává ještě bod zákalu.

Pro zlepšování užitečných vlastností motorových naft se široce používají různá aditiva. Některá se používají přímo v rafinerii, např. přísady upravující nízkoteplotní vlastnosti, mazivostní a vodivostní přísady, jiná se často používají ve formě multifunkčních „balíčků“, kterými se zejména jednotlivé velké distribuční firmy chtějí odlišit jedna od druhé a udržet si svou pozici na trhu. Jedná se obvykle o detergenty, inhibitory koroze, deemulgační přísady, protipěnovostní aditiva a další.

V zimním období se můžeme setkat s motorovou naftou, která není zcela čirá, ale je spíše zakalená. Tento jev však nemusí být na závadu. Teplota, při které se zákal objeví, se nazývá bod zákalu a znamená, že začne docházet k vylučování parafinů. Vzniklé krystalky jsou malé a nebrání tak průchodu paliva palivovým traktem motoru. Průchodnost palivového traktu se naruší až při poklesu teploty pod tzv. bod filtrovatelnosti, tedy pod teplotu, kdy vzniklé krystalky parafinů jsou natolik velké, že ucpou sítko vstřikovacího čerpadla. K ucpání sítka může však dojít i při dlouhodobém stání za teplot blízkých bodu filtrovatelnosti.

Na českém trhu se stejně jako ve většině ostatních států Evropské unie na trhu distribuuje motorová nafta s rozdílnými nízkoteplotními vlastnostmi v závislosti na ročním období, liší se použitými aditivy:

- letní motorová nafta – tj. motorová nafta pro mírné klima třídy B, filtrovatelnost menší nebo rovna 0 °C, používá se v období od 15. 04. do 30. 09.;
- přechodová motorová nafta – tj. motorová nafta pro mírné klima třídy D, filtrovatelnost menší nebo rovna -10 °C, používá se v období od 1. 03. do 14. 04. a od 1. 10. do 15. 11.;
- zimní motorová nafta – tj. motorová nafta pro mírné klima třídy F, filtrovatelnost menší nebo rovna -20 °C, používá se v období od 16. 11. do 28. 02.

Tyto druhy motorové nafty se na čerpací stanici prodávají ze stejné výdejní pistole a neliší se svým označením. Za silných mrazů se vyrábí tzv. arktická motorová nafta třídy

2 s filtrovatelností nižší než -32 °C a bodem zákalu nižším než -22 °C, která je některými distribučními společnostmi nabízena u vybraných čerpacích stanic např. v podhůří Krkonoš a na Šumavě [5].

Tab. 1.2 Vybrané kvalitativní parametry motorové nafty (mírné klima) [4]

Parametr	Mezní hodnota podle ČSN EN 590	Typická hodnota cca
Hustota / 15°C, kg/m ³	820,0 až 845,0	840
Bod vzplanutí, °C	nad 55	60
Obsah síry, mg/kg	max. 10,0	8
Obsah polyaromatických uhlovodíků, % m/m	max. 8,0	5
Obsah vody, mg/kg	max. 200	150
Destilační zkouška:		
Při 250 °C předestiluje, % V/V	<65	39
Při 350 °C předestiluje, % V/V	min. 85	97
95 % (V/V) předestiluje, °C	max. 360	350
Cetanové číslo	min. 51	52
Obsah FAME (MEŘO), % V/V;	max. 7,0	6
Filtrovatelnost (CFPP), °C:		
Třída A	max. 0	-5
Třída D	max. -10	-12
Třída F	max. -20	-22
Bod zákalu (Cloud point), °C třída F	max. -8,0	-8
Mazivost (HFRR), um	max. 460	300

Vliv na životní prostředí, emise

Z pohledu ochrany životního prostředí se koncem 70. let v západní Evropě i v bývalém Československu dostala do popředí otázka obsahu síry v motorové naftě. Obsah síry v motorové naftě vyráběné v československých rafinériích se začal prudce snižovat v roce 1987. Z původních hodnot 0,5 % přes 0,25 % až na hodnotu 0,15 % m/m. V otázce snižování obsahu síry se tak Československo dostalo do popředí všech evropských států. V roce 1995 byla v České republice zavedena hodnota obsahu síry v motorové naftě maximálně 0,05 %, což bylo s více než ročním předstihem oproti Evropské unii. Obsah síry se i nadále snižuje a v současné době se vyrábí nafta s obsahem síry max. 50, resp. 10 mg/kg [6].

Naftové motory jsou obecně většími producenty výfukových plynů než motory benzinové. Jedním parametrem výfukových plynů je CO₂, který se u dnešních diesellových vozů pohybuje řádově od 110 - 200 gramů na ujetý kilometr.

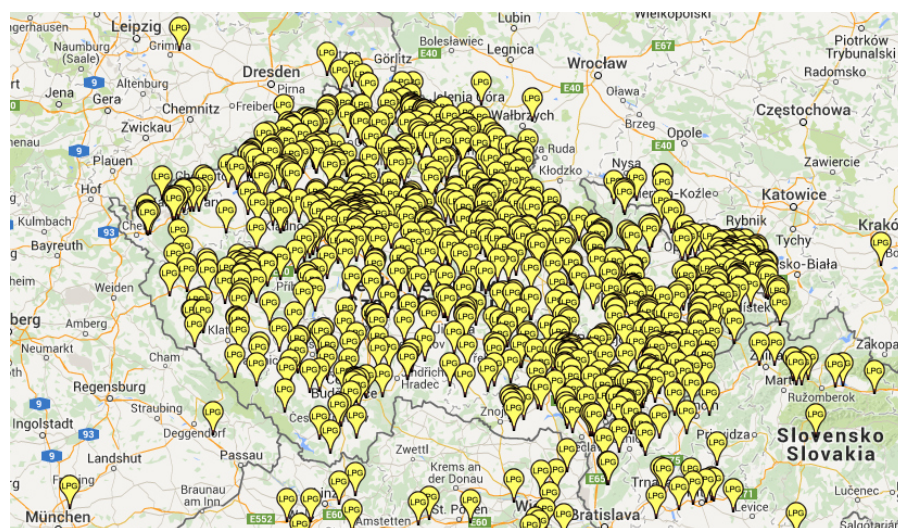
Dalším parametrem jsou emise NO_x (oxydy dusíku). Je třeba zdůraznit, že norma EURO IV¹ a V umožňuje několikanásobně vyšší emise těchto plynů u naftových motorů oproti motorům benzínovým.

Dalším produktem dieselových motorů jsou pevné částice (PM), zejména ve formě sazí. K odstranění PM z výfukových plynů se používá filtr pevných částic. Paradoxem zůstává, že automobily s filtry pevných částic vypouštějí mnohem jemnější částičky, které přes filtr projdou, a ty se v plicích usazují mnohem déle nežli velké částice z motorů bez těchto filtrů [7].

1.3 Zkapalněné ropné plyny (LPG)

Základní charakteristika

V posledních letech zájem o plynná paliva výrazně vzrostl. Nejrozšířenějším představitelem plyných motorových paliv je v současné době je LPG (z anglického Liquefied Petroleum Gas). LPG je v kapalném stavu bezbarvá, snadno těkající kapalina. Zkapalněné ropné plyny LPG jsou produktem ropy a vznikají v jednotlivých technologických procesech jejího zpracování. Od ostatních produktů se oddělují obvykle na stabilizačních kolonách, jednotlivé proudy LPG se pak spojují, čistí, rektifikují a mísí tak, aby se získaly produkty s požadovanými vlastnostmi. LPG pro pohon motorů se liší svým uhlovodíkovým složením a čistotou. Síť čerpacích stanic zobrazuje obr. 1.1, technické požadavky na LPG jsou uvedeny v tab. 1.3.



Obr. 1.1 LPG stanice v ČR [9]

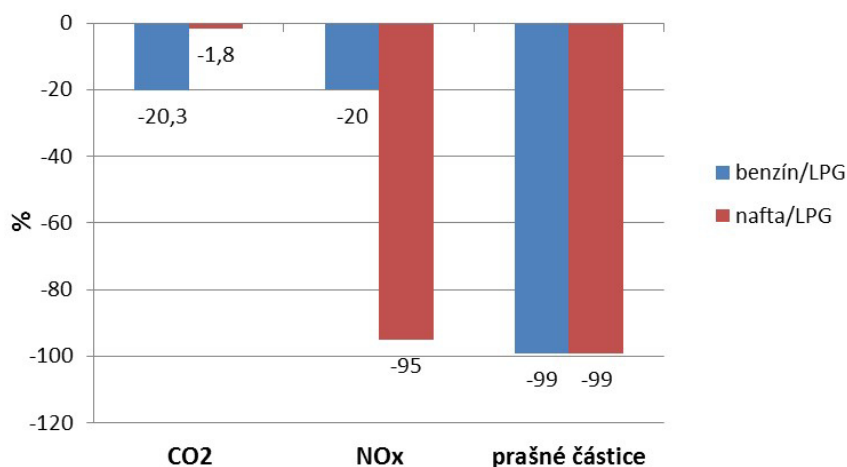
¹ tzv. EURO normy- určují množství spalin, které automobil může vypouštět do ovzduší, jejich cílem je postupné snižování oxidů dusíku, uhlovodíků, oxidu uhelnatého a pevných částic ve výfukových zplodinách motorových vozidel

Tab. 1.3 Technické požadavky na LPG pro pohon [8]

Vlastnost		ČSN EN 589:
OČ	min.	89
Obsah diemu, % (mol/mol)	max.	0,5
Sirovodík		Negativní
Obsah síry, mg/kg		
Koroze na mědi (1h při 40°C), stupeň	max.	Třída A
Olejovitý zbytek, mg/kg	max.	100
Tlak par při 40°C, kPa	max.	1 550
Tlak par min. 150 kPa při teplotě:		
Pro druh A		-10
Pro druh B		-5
Pro druh C		0
Pro druh D		+10
Obsah vody		Při 0°C žádná volná voda
Zápach		Nepříjemný a typický při 20 % dolní meze výbušnosti

Vliv na životní prostředí, emise

Výhodou zkapalněného ropného plynu je oproti benzínu výrazně nižší cena a čistší provoz. Emise oxidů dusíku (NO_x) a CO_2 jsou nižší cca o 20 % oproti benzínu. Podíl nespálených uhlovodíků (H_xC_y) ve výfukových plynech je zhruba poloviční, emise oxidu uhelnatého (CO) a prašných částic jsou prakticky nulové. Nevýhodou LPG je nutnost umístění další nádrže v prostoru pro zavazadla nebo namísto rezervního kola. LPG je výbušný, těžší než vzduch, proto nelze parkovat v podzemních garážích [10]. Následující graf 2 zobrazuje porovnání výfukových plynů ze spalování benzínu, nafty a LPG.



Graf 1.2 Porovnání emisí výfukových plynů ze spalování benzínu, nafty a LPG (%) [10]

1.4 Zemní plyn (CNG, LNG)

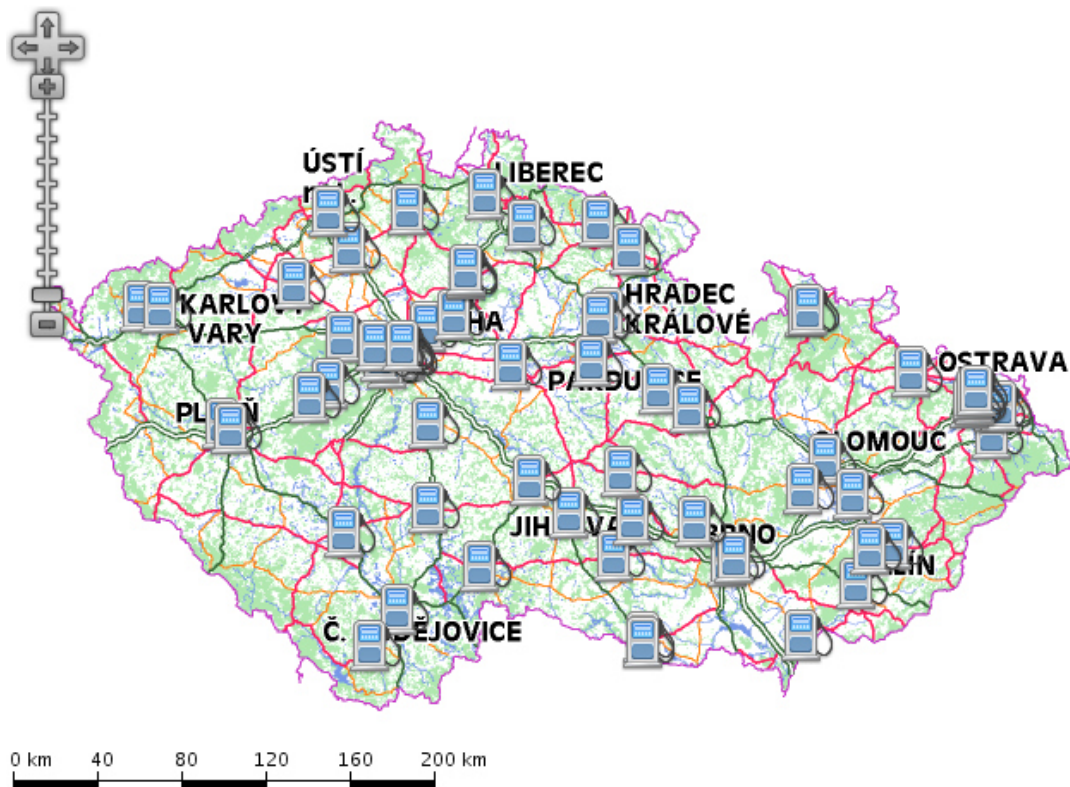
Základní charakteristika

Zemní plyn je přírodní hořlavý plyn, který se využívá v dopravě jako významné plynné fosilní palivo. Je to přírodní směs plynných uhlovodíků s převažujícím podílem metanu (CH₄) a proměnlivým množstvím neuhlovodíkových plynů (zejména inertních plynů). Na vznik zemního plynu existuje několik teorií, vyskytuje se velice často spolu s ropou (naftový zemní plyn) nebo s uhlím (karbonský zemní plyn), proto se teorie jeho vzniku nejčastěji přiklání k tomu, že se postupně uvolňoval při vzniku uhlí nebo ropy jako důsledek postupného rozkladu organického materiálu, tedy na začátku vzniku zemních plynů byly pravděpodobně rostlinné a živočišné zbytky.

Zemní plyn se může vyskytovat ve dvou formách- CNG (Compressed Natural Gas), což je stlačený zemní plyn při tlaku 200 barů, a LNG (Liquefied Natural Gas), zkvalněný zemní plyn při teplotě -162 °C. Je to nejedovatý, nedýchatelný a lehčí plyn než vzduch. Technické parametry zemního plynu zobrazuje tab. 1.4, síť plnicích stanic v České republice obr. 1.2.

Tab. 1.4 Technické parametry zemního plynu [11]

Znak jakosti	Jednotka	Zemní plyn
Oktanové číslo, rozsah		128
Cetanové číslo, rozsah		-
Teplota vzplanutí	°C	-
Teplota hoření	°C	-
Teplota vznícení	°C	537
Teplota varu	°C	- 162
Teplota tuhnutí	°C	-182
Hustota při 15°C	Kg/m ³	0,678
Výhřevnost kapal. fáze, min.	MJ/kg	
Výhřevnost plynné fáze, min,	MJ/m ³	34
Meze výbušnosti (směs se vzduchem)	%	4,4 až 15
Třída nebezpečnosti		IV.



Obr. 1.2 Plnicí stanice CNG [12]

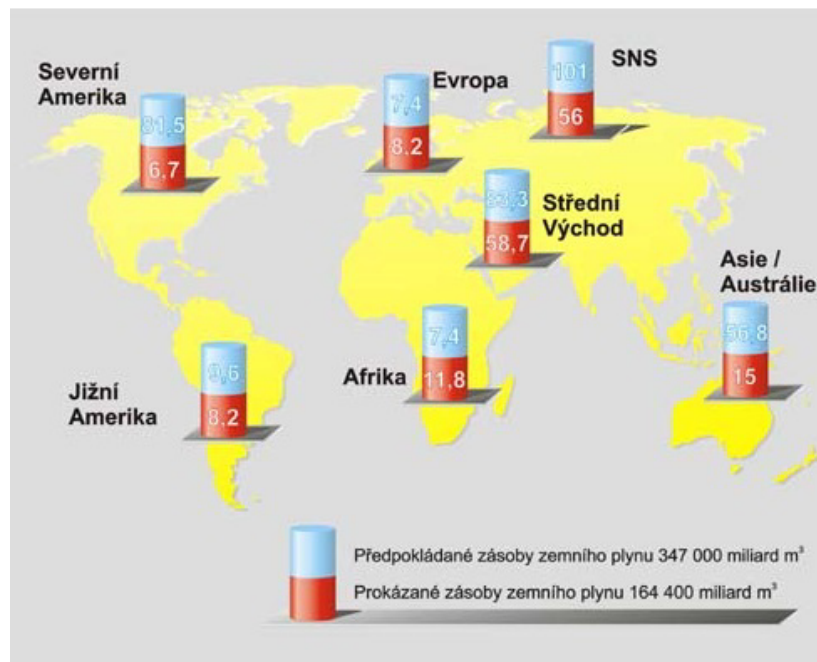
Těžený (přírodní) zemní plyn se podle jeho složení dělí do čtyř základních skupin:

- zemní plyn suchý (chudý) - obsahuje vysoké procento metanu (95 - 98%) a nepatrné množství vyšších uhlovodíků;
- zemní plyn vlhký (bohatý) - vedle metanu obsahuje vyšší podíl vyšších uhlovodíků;
- zemní plyn kyselý - je plyn s vysokým obsahem sulfanu (H_2S), který se v úpravárenských závodech před dodávkou zemního plynu do distribučního systému odstraňuje;
- zemní plyn s vyšším obsahem inertů - jedná se hlavně o oxid uhličitý a dusík.

Nejvíce využívaným zemním plynem je v současné době tzv. naftový zemní plyn, který vzniká společně s ropou. Pokud se tento plyn těží společně s ropou, jedná se zpravidla o zemní plyn vlhký. Avšak v některých lokalitách ložiska neobsahují žádnou ropu, ale pouze zemní plyn suchý. Vedle naftového plynu se dnes využívá i karboňský zemní plyn, který se odtěžuje při těžbě uhlí a je svým složením vždy suchý.

Prokázané zásoby zemního plynu (viz obr. 1.3), které jsou ekonomicky těžitelné při současné technické úrovni, dosahují 164 tisíc miliard krychlových metrů a vydrží

při současné těžbě do roku 2060. Předpokládané zásoby zemního plynu s odhadem 511 tisíc miliard kubických metrů mají životnost až 200 let [13].



Obr. 1.3 Zásoby zemního plynu [13]

Vliv na životní prostředí, emise

Zemní plyn obsahuje především methan, proto má v porovnání s ostatními fosilními palivy při spalování nejmenší podíl CO₂ na jednotku uvolněné energie, je proto tedy považován za ekologické palivo. Díky vysokým standardům splňují vozidla na CNG palivo nejen platnou normu EURO 5, ale také EURO 6, platnou od roku 2015. Na rozdíl od naftových automobilů není potřeba instalace filtru pevných částic a tedy i jejich následná výměna.

Ještě čistší provoz CNG vozidel je při přimíchávání biomethanu, které je možné v libovolném poměru, a tím se ještě snižuje bilance produkce CO₂. Například při přimíchání 20% biomethanu se sníží CO₂ úroveň v porovnání s benzínem o 40%. Biomethan je obnovitelný a ještě šetrnější k životnímu prostředí.

V porovnání s LPG má vozidlo na zemní plyn lepší emisní parametry. V přímém srovnání LPG šetří 15% CO₂ v porovnání s benzínem, zatímco CNG 25%.

Motory na zemní plyn v provozu mají velmi nízké emise hluku.

1.5 Alkoholy

Použití alkoholů pro pohon automobilových motorů je méně rozšířené. V Brazílii je známé používání paliv na bázi kvasného lihu a v Evropě byla používána jako palivo zážehových motorů směs etanolu s technickým benzenem již v minulém století. V posledních letech se o používání alkoholů, stejně tak jako dalších kyslíkatých složek, intenzivně uvažuje, a to nejen v souvislosti s technickými, ale i ekologickými aspekty, neboť paliva s kyslíkatými složkami produkují při spalování v automobilových motorech nižší emise. Podstatná je v současné době skutečnost, že alkoholy získané na bázi biomasy mohou nahradit část paliva, vyrobeného z ropy jakožto neobnovitelného zdroje. V následující tabulce (tab. 1.5) jsou shrnuty charakteristiky některých alkoholů, použitelných jako motorová paliva, ve srovnání s automobilovým benzínem [14].

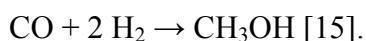
Tab. 1.5: Charakteristiky alkoholů [14]

	Methanol	Ethanol	TBA*	Benzín
Bod varu, °C	65	78	118	26-230
Oktanové číslo, MM	92	96	78	82-88
Oktanové číslo, VM	125	130	96	92-98
Tlak par podle Reida, kPa	522	222		70-100
Výhřevnost, MJ / l	16	19,6	29,2	32
Citlivost na vodu	---	---	-	+

1.5.1 Methanol

Základní charakteristika

Methanol má širokou škálu použití, v dopravě se používá buď při přepracování řepkového (příp. jiného rostlinného) oleje na tzv. bionaftu (směsi methyl-esterů mastných kyselin), jako přísada do nemrznoucích směsí nebo jako přísada do pohonných látek, i jako samostatná pohonná látka (zejména u přeplňovaných spalovacích motorů). Původně se vyráběl suchou destilací dřeva, v současné době se však průmyslově vyrábí katalytickou hydrogenací oxidu uhelnatého z vodního plynu, tedy směsi vodíku a oxidu uhelnatého za vysokých teplot (250 °C) a tlaků (5 až 10 MPa) a za přítomnosti katalyzátorů na bázi směsi mědi, oxidu zinečnatého a oxidu hlinitého podle rovnice:



Metanol je bezbarvá tekutina, která je silně jedovatá, těkavá a hořlavá. Má charakteristický alkoholový zápach a lze ho neomezeně mísit s vodou. Zejména kvůli jeho toxickým vlastnostem je třeba dbát zvýšené opatrnosti, může se totiž do krevního oběhu dostat i pouhým kontaktem s kůží.

Vliv na životní prostředí, emise

Při spalování směsi metanolu s benzínem se ve výfukových plynech snižuje obsah CO, nespálených uhlovodíků, NO_x, ale mohou se objevit stopy formaldehydu.

1.5.2 Ethanol

Základní charakteristika

Ethanol neboli ethylalkohol, je druhý nejnižší alkohol. Jde o bezbarvou kapalinu ostré vůně, snadno zápalné a je proto klasifikována jako hořlavina 1. třídy. Ethanol je vysoce hodnotné biopalivo pro spalovací motory, které má antidetonační vlastnosti. Jeho nedostatkem je schopnost vázat vodu, způsobuje tak korozi motoru, což lze ale odstranit přidáním vhodných aditiv (antikoročních přípravků). Nespornou předností ethanolu je jeho vyšší oktanové číslo (101 a více – většinou 104 až 105). U běžných nepřestavěných vozidel se většinou používá v poměru 1:1 ve směsi s naturelem, je však možné si nechat vozidlo přestavět tak, že bude schopné spalovat směs v jakémkoliv poměru (tzn. včetně čistého ethanolu). Nejvíce oblíbeným palivem je ethanol v Brazílii a ve Skandinávii, poměrně rozšířený je i v Německu. U nás v České republice příliš rozšířený není (viz obr. 1.4) [16]. Nejznámějším palivem v ČR je Etanol 85.



Obr. 1.4 Čerpací stanice Etanolu 85 v ČR [17]

Vliv na životní prostředí, emise

Oproti fosilním palivům ethanol produkuje méně škodlivých exhalací, což by mohlo vést ke zlepšení kvality ovzduší. Především ve světě mnohá města a aglomerace zavádějí ethanol do širšího povědomí svých občanů. Úspora skleníkových plynů ve srovnání s fosilními palivy je hlavním důvodem jeho zavádění. Například ethanol vyrobený z cukrové řepy produkuje o 52% méně těchto plynů než fosilní palivo, ethanol vyrobený z cukrové třtiny až o 71% méně škodlivin – na takovéto palivo se masivně jezdí v Jižní Americe, v Evropě v severských zemích. Při spalování ethanolu se snižuje i teplota výfukových plynů, a tedy i množství produkovaných oxidů dusíku [18].

1.6 Étery s pěti a více uhlíky - methyltercbutyléter (MTBE)

Základní charakteristika

Methyltercbutyléter (MTBE) se používá jako kyslíkatá složka benzinů snižující obsah oxidu uhelnatého a uhlovodíků ve výfukových plynech motorů. MTBE lze nahradit ETBE (ethyltercbutyléter), provozní parametry motoru poháněného benzinem s ETBE jsou prakticky shodné s parametry motoru poháněného benzinem s MTBE.

MTBE se používá jako syntetická vysokooktanová složka automobilových benzinů, hlavními surovinami pro jeho výrobu jsou metanol a izobutan a jeho oktanové číslo je 115. MTBE je tedy významnou součástí benzinů vyráběných v některých rafineriích, zejména tehdy, když není v rafinerii k dispozici jiný významný zdroj složek s vysokým oktanovým číslem (izomerát, apod.).

Význam MTBE stoupl zejména v období, kdy docházelo k zákazu používání tetraethylolova jako antidetonační přísady do benzinů. Zároveň bylo však MTBE důležitým představitelem kyslíkatých složek, které se prosazovaly při mísení benzínu v rámci pokusů o jejich reformulaci v 90. letech minulého století zejména v USA. Cílem reformulace bylo příznivější složení benzinů s ohledem na nižší emise automobilových motorů, následně pak bylo v několika případech zjištěno ohrožení zdrojů pitné vody, které byly kontaminovány MTBE díky jeho rozpustnosti ve vodě a jeho stabilitě a jeho použití bylo omezeno. V České republice je obsah MTBE v automobilovém benzínu limitován zejména celkovým obsahem kyslíku 2,7 % (ČSN EN 228), přičemž další kyslíkatou složkou přítomnou v benzínu je dnes ethanol [19]. Vlastnosti MTBE a ETBE jsou zobrazeny v následující tab. 1.6.

Tab. 1.6: Vlastnosti MTBE a ETBE [20]

	Jednotka	MTBE	ETBE
Chemický vzorec		C ₅ H ₁₂ O	C ₆ H ₁₄ O
Hustota při 15°C	Kg / m ³	746	745
Výhřevnost	kWh / kg	9,8	10,1
Obsah kyslíku	% hm.	18,2	15,7
Oktanové číslo		116	118

Vliv na životní prostředí, emise

Přítomnost MTBE v benzínu podporuje dokonalejší spalování, zvyšuje čistotu motoru, což vede ke snížení emisí uhlovodíků a oxidu uhelnatého ve výfukových plynech.

1.7 Methylestery mastných kyselin a jejich směsi s motorovou naftou (MEŘO)

Základní charakteristika

Nejznámějším methylesterem mastných kyselin je methylester řepkového oleje, tzv. MEŘO. Methylester mastných kyselin řepkového oleje se sice chemicky liší od ropných produktů, avšak jeho hustota, viskozita, výhřevnost a průběh spalování se motorové naftě velmi přibližují (viz tab. 1.7).

Provozní přechod na methylester (a naopak) usnadňuje neomezená mísitelnost s motorovou naftou. Filtrovaný řepkový olej se bez dalších úprav může stát plnohodnotnou pohonnou látkou. Dokonce první Dieselův motor pracoval pouze na čistý rostlinný olej.

Pro sjednocení užitných vlastností s běžnou motorovou naftou se však esterifikuje na MEŘO, plnohodnotnou náhradu fosilní motorové nafty.

V praxi se uplatňuje směs methylesteru s běžnou motorovou naftou, v současnosti nejrozšířenější nepotravinářské využití řepky. Podíl MEŘO v motorové naftě činí 30 - 31 %. Tato směs se distribuuje pod názvem Ekodiesel.

Tab. 1.7: Parametry směsi MEŘO s motorovou naftou [21]

Znak jakosti	Jednotka	Hodnota
Obsah MEŘO	V/V	min. 30%
Cetanové číslo		min. 51,0
Hustota při 15 °C	Kg / m ³	820 + 860
Destilační značka:		
Při 250°C predestiluje	V/V	< 65 %
Při 350°C predestiluje	V/V	min. 85 %
95% (V/V) predestiluje při	°C	360
Polycyklické aromatické uhlovodíky	m/m	max. 8 %
Cetanový index		min. 46
Obsah síry	Mg/kg	max. 10

Vliv na životní prostředí, emise

Methylester řepkového oleje je energetický zdroj pocházející z obnovitelných zdrojů, tudíž ekologické palivo šetrné k životnímu prostředí a příznivě působí v oblasti omezení vzniku skleníkových plynů. Vykazuje podstatně lepší parametry ve srovnání s motorovou naftou v emisích CO₂, SO₂ a kouřivosti. Mírně vyšší má pouze emise NO_x, což lze eliminovat seřízením motoru.

1.8 Vodík

Základní charakteristika

Vodík je v současné době předmětem intenzivního výzkumu a některými vědci je považován za palivo budoucnosti. Využití vodíku v dopravě je dvojí - buď formou spalování vodíku v klasických motorech, nebo jeho využití v palivových článcích.

V prvním případě se vodík (stlačený nebo zkapalněný) spaluje obdobně jako běžné pohonné hmoty, při jeho spalování vzniká jen obyčejná voda a malé množství kyslíčků dusíku. Tento způsob má však dvě podstatné nevýhody, a to, že výroba vodíku je v dnešní době velice nákladná a vodík ve směsi se vzduchem je silně výbušný.

V druhém případě, tedy jeho využití v palivových článcích, je pohonnou jednotkou ve vozidle elektromotor a elektřina je vyráběna přímo ve vozidle v palivových článcích. Elektřina vzniká exotermní elektrochemickou reakcí samotného vodíku (stlačeného nebo zkapalněného) nebo vodíku chemicky vyvinutého taktéž v automobilu (např. ze zemního plynu, methanolu, benzínu apod.) s kyslíkem ze vzduchu. Kromě elektřiny zde vzniká také

voda nebo vodní pára, nejedná se tedy o spalování paliva, ale o chemickou reakci - opak elektrolýzy.

Proti klasickým akumulátorům elektromotorů mají palivové články řadu výhod, především jde o vyšší jízdní dojezd, ekologickou čistotu. Rovněž vyřazené palivové články nezatěžují životní prostředí těžkými kovy jako klasické olověné akumulátory.

Několik desítek automobilů na vodíkový pohon již v praxi jezdí (viz obr. 1.5 a 1.6) a je jen otázkou času, kdy palivové články nahradí klasické pohonné hmoty jako je automobilový benzín nebo motorová nafta. Vzhledem k mnohem menším nákladům na spalovací motory v porovnání s palivovými články se zdá, že varianta spalování vodíku bude preferovanějším řešením do doby výrazného snížení nákladů palivových článků nebo do doby zvýšení jejich účinnosti energetické přeměny.



Obr. 1.5 Autobus na stlačený vodík, Mnichov [22]



Obr. 1.6 Toyota Mirai, automobil, který využívá vodíkové palivové články Mnichov [23]

Důležité je, že vodík není energickým zdrojem, ale pouze nosičem energie, má výhody (obdobně jako elektřina), že může být vyráběn z různých energetických zdrojů a na rozdíl od elektřiny může být i skladován. Vodík může být vyráběn elektřinou vyráběnou z nízkouhlíkatých paliv (zemní plyn) nebo elektřinou nukleární a z obnovitelných zdrojů.

Potenciální výhody vodíku jako motorového paliva bude dosaženo po budoucím technologickém vývoji zásobníků vodíku a technologie palivových článků až po nákladných investicích do výroby vodíku a jeho distribuce. V současné době se jedná o nejnadějnější alternativu ke klasickým vozidlům, ale ještě nějakou dobu bude trvat, než dojde k plně komerčnímu využití [24].

V České republice funguje od roku 2009 jedna vodíková čerpací stanice, která se nachází v Neratovicích.

Vliv na životní prostředí, emise

Výfukové plyny prakticky neobsahují plynné škodliviny, oxid uhelnatý (způsobující skleníkový efekt), nespálené uhlovodíky ani pevné částice. Z legislativně limitovaných plynných škodlivin jsou ve výfukových plynech vodíkového spalovacího motoru pouze oxidy dusíku. Pohon s palivovými články produkuje pouze vodu.

1.9 Exotická paliva

Základní charakteristika

Exotická paliva nejsou příliš rozšířenými a používanými palivy běžných motoristů, je však třeba se zmínit o jejich existenci. Mezi nejvýznamnější exotická paliva patří např. amoniak, který má zhruba poloviční výhřevnost než nafta, nezanechává však v motorech saze. Během 2. světové války se amoniak používal jako palivo pro autobusy především v Belgii. Dalším jeho významné použití bylo pro pohon lokomotiv v New Orleansu v roce 1886, kdy byl pro jeho pohon zkonstruován speciální čpavkový motor. Ten využíval stlačitelnosti plynného čpavku a zároveň jeho schopnosti rozpouštět se ve vodě. Tento stroj měl zásobníky se stlačeným amoniakem, odkud plyn proudil do malého pístového stroje. Čpavkový motor se však neujal pro silný zápach [25]. Mezi exotická paliva patří:

- nitromethan - palivo používané do některých závodních speciálů, zejména pro nejvyšší třídy dragsterů. Ve srovnání s benzínem lze při dokonalém spálení stejného objemu palivové směsi nitromethanu získat dvakrát až třikrát více energie.
- dimethyléter (DME) - palivo vhodné pro vznětové motory z důvodu vysokého cetanového čísla. V porovnání s motorovou naftou neobsahuje síru, má nízký bod

varu, je tedy nutné ho skladovat v nádržích pod tlakem. DME má přibližně poloviční výhřevnost, nízkou viskozitu a klade tedy vysoké nároky na těsnost palivové instalace. DME se vstříkuje do válce motoru podobně jako nafta, a aby nedocházelo k poškození pohyblivých částí palivového systému, je nutné zvýšit mazací schopnost vhodnou mazivostní přísadou.

1.10 Bioplyn

Základní charakteristika

Bioplyn je plyn, který vzniká během anaerobního rozkladu organických materiálů v důsledku činnosti živých organismů. Skládá se zejména z methanu a oxidu uhličitého, které tvoří majoritní podíl plynu. Dále ze zbytkových vzdušných plynů jako např. kyslík, vodík, argon a stopového množství látek pocházejících z procesů výroby (např. sirovodík, uhlovodíky, atd.) Správnější název pro toto palivo v dopravě je spíše biomethan neboli vyčištěný bioplyn.

Biomethan a systémy z něj odvozené představují energetické zdroje s velkým přínosem pro ochranu životního prostředí, neboť se jedná o plně obnovitelný energetický zdroj. Veškeré technologie lze v těchto systémech řešit jako ekologicky příznivé procesy, a to i v těch případech, kdy se jedná například o zpracování substrátů bohatých sírou.

Jeho hlavní využití zatím spočívá ve spalování za účelem výroby elektřiny a zbytkové teplo je z procesu odváděno ve formě horké vody. Pro představu, z 1 ha zemědělské půdy je za 1 rok možno vyrobit tolik biomethanu, že by na něj osobní automobil byl schopen ujet přes 67 000 km, což je více než dvojnásobek dojezdu na bionaftu, která by se získala ze stejné plochy půdy.

Následující tabulka 1.8 srovnává energetické vstupy a výstupy výroby a zpracování jednotlivých druhů biopaliv. Zásadní je poměr energie získané v celém procesu produkce daného biopaliva a energie do tohoto procesu vložené. Čím větší je tento poměr, tím je produkce daného biopaliva výhodnější. Poměr o velikosti 1 znamená, že získáme přesně tolik energie, kolik jsme do procesu vložili, což by bylo velmi neekonomické a zbytečné. Biomethan má tento koeficient v hodnotě 8,34, takže na 1 kWh energie spotřebované při výrobě připadá 8,34 kWh energie vyrobené.

Tab. 1.8: Srovnání energetických vstupů a výstupů pěstování a zpracování jednotlivých druhů biopaliv [26]

Palivo	Bionafta	Bioethanol	Biomethan				Biomethan	
Plodina	Řepka olejka	Cukrová řepa	Pšeničné zrna	Cukrová řepa	Pšeničné zrna	Kukuřice	Triticale celá rostlina	Triticale celá rostlina *
Hnojivo (N kg/ha)	195	147	150	147	150	150	160	80
Výnosy (vlhká biomasa t/ha)	3	56	8	56	8	40	38	38
Výnosy (sušina t/ha)	3	11,5	6,9	11,5	6,9	12,6	15	15
Energie pro pěstování (GJ/ha)	12,7	11,9	12,8	11,9	15,5	16,7	16	11,6
Zpracování (GJ/ha)	9,2	41,4	13,2	10,8	8	8	8,3	8,3
Vyprodukované palivo (GJ / ha)	40,4	117	61,1	124,8	89	157	166	166
Energetický poměr (energie získaná / vložená)	1,84	2,2	2,36	5,5	3,79	6,36	6,84	8,34
Vyprodukovaná energie (GJ/ha)	18,5	63,7	35,1	102,1	65,5	132,4	141,7	146,1
Potenciální produkce elektřiny (MWh/ha)				9,4	6,1	12,2	13,1	13,5
Energie potřebná pro vyčištění bioplynu (GJ/ha)				5,3	3,7	6,6	7	7
Energie biometanu (GJ/ha)				96,8	61,8	125,8	134,7	139,1
Ekvivalentní litry nafty	517	1 779	980	2 704	1 726	3 514	3 764	3 885

* v tomto případě předpokládáme nahrazení 50 % průmyslových hnojiv digestátem

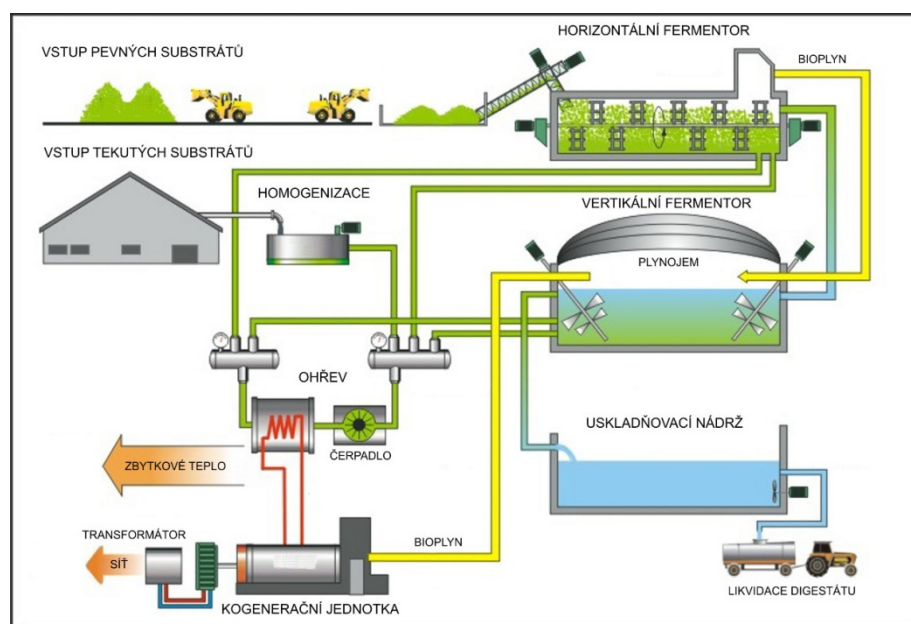
Aby bylo možné bioplyn použít pro pohon vozidel, musí se prvně vyčistit od nežádoucích příměsí. Existuje několik různých technologií čištění bioplynu na biomethan, z nichž nejrozšířenější je technologie využívající rozdílnou rozpustnost plynů ve vodě. Tato metoda se nazývá water scrubbing. Při tomto procesu je spotřebovávána elektrická energie (asi 0,5 kWh/1 m³ bioplynu) a voda (asi 15l/m³ bioplynu), která však může být v procesu recyklována. Takto vyrobené palivo může být poté spalováno například v automobilech se systémem pohonu na CNG. Obě paliva jsou zaměnitelná, neboť jejich majoritní podíl tvoří methan.

Důležitou předností produkce biomethanu oproti produkci bionafty a bioethanolu je široká škála plodin vhodných pro jeho výrobu, možnost výroby z bioodpadů, vysoká energetická výtěžnost a absence vedlejších produktů. Při existenci velkého množství menších bioplynových stanic může být materiál vhodný pro anaerobní fermentaci zpracováván co nejbližší místa jeho vzniku. Tím se sníží nároky na dopravu a mohou tak být využity i zdroje, které by se jinak nevyplatilo vozit na větší vzdálenosti.

Spotřeba biomethanu v m³ je stejná jako spotřeba benzínu v litrech. Automobil spalující methan má o poznání tišší chod než na konvenční paliva. Dokonce jsou vozidla užívající biomethan bezpečnější než vozidla na benzín, naftu nebo LPG, čehož je dosaženo díky fyzikálním vlastnostem biomethanu. Emise ze spalování biomethanu jsou stejně nízké, jako ze spalování zemního plynu.

V České republice je podporováno pouze užití bioplynu pro výrobu elektrické energie a tepla, ostatní alternativní využití (zejména v dopravě) jsou bohužel ponechána v pozadí.

Následující obrázek znázorňuje proces výroby a zpracování biomethanu (obr. 1.7). Na vstupu jsou pevné substráty, které mohou být ve formě bioodpadu nebo plodin k výrobě určeným a tato surovina je dále zpracovávána. Na výstupu zde vidíme elektrickou energii vstupující do rozvodné sítě a zbytkové teplo. Stejně tak ale může být vyrobený bioplyn exportován do plynovodů a distribuován ke svým spotřebitelům (domácnostem, čerpacím stanicím atd.) [26].



Obr. 1.7 Proces výroby a zpracování biomethanu [27]

Vliv na životní prostředí, emise

Termín bioplyn se v posledních letech stal nejen běžně rozšířeným mezi odbornou veřejností, ale i synonymem ekologické energie v laické veřejnosti. Biomethan má nejnižší emise skleníkových plynů a nejnižší spotřebu energie v celém životním cyklu v porovnání s ostatními konvenčními biopalivy, zejména je-li produkován z odpadní biomasy. Tato skutečnost z něj tvoří skutečně nadějný zdroj energie.

1.11 Hybridní pohon

Základní charakteristika

Hybridní pohon je označení pro kombinaci více zdrojů energie využívaných pro pohon jednoho dopravního prostředku. Nejčastěji se jedná o kombinaci elektrické a jiné trakce, jako je tomu u automobilu s hybridním pohonem, kde se jedná o kombinaci elektromotoru a spalovacího motoru. Hybridní pohony jsou využívány nejvíce v silniční a železniční dopravě. Existují následující typy hybridních pohonů:

- spalovací motor + elektromotor + akumulátor;
- spalovací motor + elektromotor + externí přívod elektrické energie (trolej);
- spalovací motor + setrvačnick;
- plynová turbína + generátor + akumulátor + elektromotor;
- lidská síla + elektromotor (elektrokola).

Mezi běžné hybridní pohony dnešní doby patří kombinace spalovacího motoru s elektromotorem a akumulátorem, tzv. sériový hybridní pohon. Tento typ pohonu je při jízdě na krátké vzdálenosti, poháněn stejnosměrným točivým strojem, který se napájí jako elektromotor elektrickou energií z akumulátoru. Ve vozidle jsou dvě spojky, jedna spojuje spalovací motor s elektromotorem a druhá elektromotor s převodovkou. Při jízdě na elektrickou energii je spojka, která připojuje spalovací motor rozpojená. Při jízdě na delší vzdálenost např. mimo město nebo při plném zatížení zajišťuje pohon spalovací motor. Pokud se vozidlo pohybuje silou spalovacího motoru, tak se výkon přenáší prostřednictvím spojek na převodovku. Stejnosměrný elektrický točivý stroj v tento okamžik mění svojí funkci a pracuje jako generátor stejnosměrného proudu a takto získaná elektrická energie je přivedena do akumulátoru. V okamžiku brzdění se rozpojí spojka spalovacího motoru s elektromotorem, tím je odpojen spalovací motor a generátor vytváří elektrickou energii pro dobíjení akumulátoru ze setrvačné energie vozidla [28].

Vliv na životní prostředí, emise

Při rekuperaci energie (dobrzďování nebo jízďě z kopce) dochází k opačnému chodu elektromotoru, který v ten okamžik funguje jako generátor a dodává elektrickou energii zpět do baterií pro pozdější využití. Při jízďě v koloně tak hybridní automobil může produkovat nulové emise, nebo nebude používat spalovací motor a bude poháněn pouze elektromotorem energií z baterií. Hybridní automobily v podstatě zefektivňují využití kinetické energie automobilu a tím snižují spotřebu spalovacího motoru. Tím se snižují celkové emise při provozu automobilu.

1.12 Elektrický pohon

Základní charakteristika

Automobily s elektrickým pohonem neboli elektromobily, používají k pohonu elektromotor, který je napájen z akumulátorů, případně kombinací akumulátorů a palivových článků. Úspory energie je možné dosáhnout tzv. rekuperací, kdy se při brzdění automobilu pohání generátor elektřiny dobíjející akumulátor. Výhodou všech elektromobilů je zcela čistý provoz a jejich velká účinnost. Mezi elektromobily patří i vozy poháněné solární energií pomocí fotovoltaických článků.

Největším problémem elektromobilů je, že nemůže být při své cestě napájen z trolejového vedení (podobně jako tramvaje, trolejbusy nebo vlaky), ale musí si energii „vézt s sebou“ v podobě různých druhů akumulátorů. Akumulátory však nedokážou vyrobit a nastřádat na jednotku hmotnosti takové množství energie jako např. benzín. Měrná kapacita (množství energie na kg) u nejlepších vyráběných akumulátorů dosahuje zhruba 1/15 množství energie z benzínu, hmotnost akumulátoru pro stejný dojezd jako při 40 litrové nádrži benzínu by byla 450–1050 kg, což je prakticky nerealizovatelné. Z tohoto důvodu mají elektromobily menší výkon a menší dojezd, než vozidla se spalovacími motory. U současných elektromobilů je dojezd cca 200 km a je tedy vhodné čistě elektrický pohon použít pro malá a lehká vozidla, pro klasické osobní automobily se častěji používá pohon hybridní.

V současné době je v České republice zhruba 80 elektrodobíjecích stanic, což zobrazuje následující mapa (obr. 1.8), průběh nabíjení elektromobilu zobrazuje obr. 1.9.



Obr. 1.8 Síť dobíjecích stanic elektromobilů [29]



Obr. 1.9 Elektromobil [30]

1.13 Baterie v elektromobilech

Baterie neboli akumulátor v elektromobilu je zařízení, které umožňuje opakované uchování elektrické energie. Většina z nich je založena na elektrochemickém principu- proud procházející v akumulátoru vyvolá vratné chemické změny, které se projeví rozdílným elektrochemickým potenciálem na elektrodách. Množství energie je měřeno v ampérhodinách.

Baterie jsou základní, a tedy nejdůležitější stavební částí elektromobilů. Svoji vysokou cenou a jedinečnými parametry jsou jedinou limitující součástí elektromobilů, která brání jejich masovému nasazení na českých i zahraničních silnicích. Mobilní telefony, notebooky

a další přenosná zařízení kladou na akumulátory stále větší požadavky a proto se od roku 1990 do jejich dalšího vývoje investují vysoké peněžní prostředky. Nejdůležitějšími vlastnostmi akumulátorů jsou kapacita, hmotnost, cena, rozměry, rychlost dobíjení, paměťový efekt, počet možných hloubkových dobíjecích cyklů, samovybití a další parametry, které jsou jedním z klíčových ukazatelů a které ovlivní budoucnost elektromobilů ve světě.

Měrná kapacita, tedy množství energie na jeden kilogram jasně ukazuje, proč je tak těžké konkurovat benzínu. Benzín obsahuje 11 kWh/kg, zatímco např. olověný akumulátor obsahuje pouze cca 40 Wh/kg. Litr benzínu tedy obsahuje 275krát více energie oproti olověnému akumulátoru.

U elektromobilů hovoříme o tzv. trakčních bateriích, které oproti klasickým startovacím jsou konstruované pro hluboké vybití a mnohem méně podléhají opotřebení elektrod při jejich vybití a nabíjení. Trakční baterie se používají např. v golfových vozítkách, elektrických automobilech, apod. Jejich baterie mají silné elektrody, které nejsou schopny dodat tak velký proud, jako startovací baterie, ale vydrží časté a hluboké vybití.

Nejčastěji používané akumulátory v automobilech jsou:

- olověný;
- nikel-kadmiový (NiCd);
- nikel-metal hydridový (NiMH);
- lithium-iontový (Li-Ion);
- lithium-polymerový;
- ostatní (doposud nedovyvinuté).

Na základě dostupných údajů byly ze získaných zdrojů vytvořeny tabulky obsahující podstatné výhody a nevýhody jednotlivých typů akumulátorů (viz tab. 1.9 – 1.13).

1.13.1 Olověný akumulátor

Olověný akumulátor v dnešní době není příliš využíván. Aktivní hmotu záporné elektrody v nabitém stavu tvoří olovo (Pb) a u kladné elektrody ji tvoří oxid olovičitý (PbO₂). U plně nabitého olověného akumulátoru je elektrolytem vodou zředěná kyselina sírová (H₂SO₄) o koncentraci přibližně 35% obj. a může být z technických důvodů nasáknutý do vaty ze skelných vláken (AGM) nebo ztužený do formy gelu. Vybitím akumulátoru se aktivní hmota záporné i kladné elektrody přeměňuje na síran olovnatý (PbSO₄) a elektrolyt je ochuzován o kyselinu sírovou a obohacován o vodu. Při jeho vybití tedy klesá koncentrace elektrolytu a naopak při nabíjení koncentrace roste.

Podle automobilky Kia jsou olověné baterie oproti li-ion bateriím levnější a nepotřebují aktivní chlazení, navíc na konci životního cyklu jsou snadněji recyklovatelné.

U hybridů automobilů Kia z roku 2014 (konkrétně Mild-hybrid Kia Optima) je olověná baterie umístěna pod podlahou kufru a je napojená na generátor nahrazující klasický alternátor, který je schopný nastartovat motor pod přední kapotou. Vzhledem k tomuto uspořádání při startování motoru téměř odpadá jakýkoliv hluk a vibrace [32].

Na následujícím obrázku (obr. 1.10) je zobrazen olověný akumulátor v automobilu, tab. 9 zobrazuje výhody a nevýhody olověných akumulátorů.



Obr. 1.10 Těžké olověné akumulátory pod kapotou prvního elektromobilu BMW 1602 [33]

Tab. 1.9: Výhody a nevýhody olověných akumulátorů [32]

Výhody	Nevýhody
Cena (cena olova je asi desetinová v porovnání např. s niklem)	Malá hustota energie na kilogram (30-40 Wh/kg)
Akumulátor je schopen dát velké proudy	Menší počet dobíjecích cyklů (500-800)
	Nutnost ekologické likvidace (tento proces je však dnes už velmi dobře technologicky zvládnutý)
	Velmi toxické
	Nevratné změny na elektrodách v případě vybití (tzv. sulfatace- výrazné snížení kapacity, nutnost stálého udržování akumulátoru v dobitém stavu)
	Nižší účinnost dobíjení (70-92%)

1.13.2 Nikl - kadmiový akumulátor

Nikl-kadmiový akumulátor (NiCd) je druh galvanického článku, jehož výhodou je, že mu nevadí skladování ve vybitém stavu a s tím související odolnost vůči hlubokému vybití. Nevýhodou ve srovnání s nikl-metal hybridovými a lithium-iontovými akumulátory je jeho relativně nižší měrná kapacita. Velkým problematickým rysem NiCd akumulátoru je jedovatost kadmia, z něhož se skládá jedna z elektrod baterie (záporná) a tedy i nezbytnost sběru jejich opotřebovaných kusů, stejně jako v případě olověných akumulátorů. Jejich výhodou je, že s relativně nízkým vnitřním odporem může NiCd baterie dodávat vysoké proudy přepětí. NiCd akumulátory mají oproti jiným bateriím ještě jednu nevýhodu - paměťový efekt. Paměťový efekt je stav, kdy baterie postupně ztrácí svoji maximální kapacitu, jsou-li opakovaně dobíjeny jen po částečném, ne úplném vybití [32].

Na obr. 1.11 je vyobrazen NiCd akumulátor v automobilu, tab. 10 ukazuje jeho výhody a nevýhody.



Obr. 1.11 Automobil s nikl-kadmiovým akumulátorem [34]

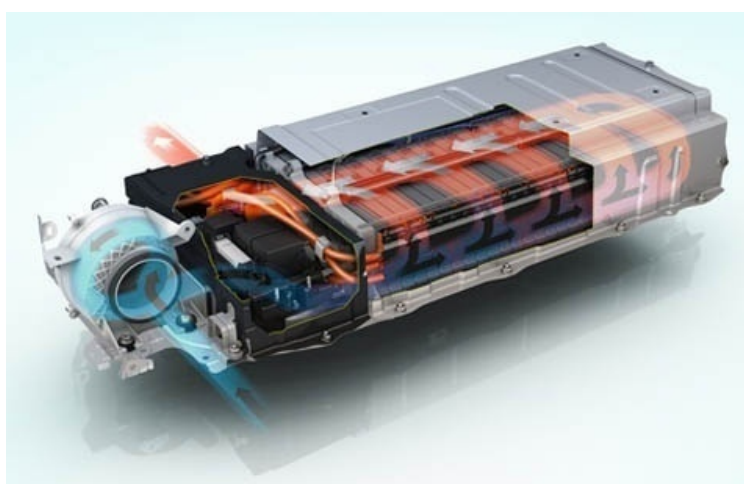
Tab. 1.10: Výhody a nevýhody NiCd akumulátorů [32]

Výhody	Nevýhody
Možnost úplného a dlouhodobého vybití bez ztrát	Menší hustota energie na kilogram (40-60 Wh/kg)
Dostačující počet dobíjecích cyklů – více jak 2000 dobíjecích cyklů	Nižší účinnost dobíjení (66-90%)
Možnost skladování ve vybitém stavu	Nákladná výroba, vyšší cena, zejména oproti olověným akumulátorům
	Paměťový efekt
	Rychlé samovybití (až 20% / měsíc)
	Nutnost ekologické likvidace - baterie jsou velmi toxické

1.13.3 Nikl - metal hydridový akumulátor

Nikl-metal hydridový akumulátor (NiMH) je druh galvanického článku a je dnes jedním z nejpoužívanějších druhů akumulátorů (viz obr. 1.12). Ve srovnání s NiCd akumulátorem má přibližně dvojnásobnou, někdy trojnásobnou kapacitu. Hlavními důvody rozšíření NiMH akumulátoru je jeho výrazně velká kapacita a schopnost dodávat poměrně velký proud spolu s přijatelnou cenou. Další výhodou tohoto typu baterie je udržení garantovaného napětí téměř až do úplného vybití [32].

V tab. 1.11 jsou vypsány výhody a nevýhody NiMH akumulátorů.



Obr. 1.12 Nikl-metal hydridový akumulátor [35]

Tab. 1.11: Výhody a nevýhody NiMH akumulátorů [32]

Výhody	Nevýhody
Cena	Nižší hustota energie na jeden kilogram (30-80 Wh/kg)
Poměrně ekologické	Nižší účinnost dobíjení (66%)
Udržují napětí až do úplného vybití	Některé typy mají rychlé samovybíjení (až 20% za měsíc)
	Menší počet dobíjecích cyklů oproti NiCd akumulátorům
	Paměťový efekt

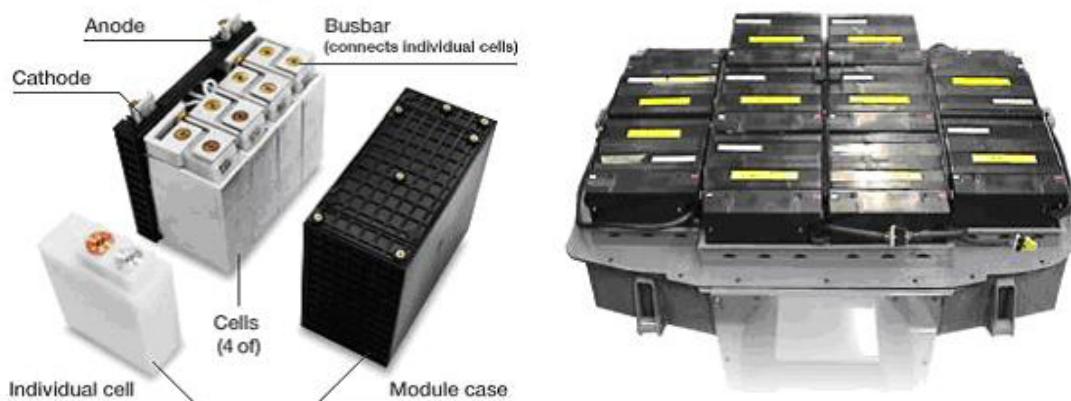
1.13.4 Lithium - ion akumulátory

Lithium - ion akumulátor (Li-Ion) je typ nabíjecí baterie, ve kterém se lithium - ionty pohybují mezi anodou a katodou. Tento typ baterií (viz obr. 1.13) má vysokou hustotu energie vzhledem k objemu a výborně se tedy hodí pro přenosná zařízení. Li-ion baterie se již dnes běžně používají ve spotřební elektronice, jedná se o jeden z nejoblíbenějších typů baterií pro přenosné elektronické přístroje. Li-Ion akumulátor má vynikající poměr energie/hmotnost, žádný paměťový efekt a pomalé samovybíjení, nicméně špatné používání baterie může způsobit jejich explozi.

Li-Ion akumulátory mají ovšem velké množství vlastností, které jejich použití, hlavně v elektromobilech, silně omezují. Hlavní nevýhodou je jejich stárnutí, tedy výrazné snižování kapacity nezávisle na používání. Při skladování baterie při teplotě 20°C se bude kapacita baterií snižovat o 20% za rok, ale pokud by byla baterie skladována při teplotě 4°C, snižovala by se za rok kapacita jen o 4%. Další výhody a nevýhody tohoto typu akumulátoru je možné vidět v tab. 1.12.

Oproti NiCd a NiMH akumulátorům mají Li-Ion baterie vyšší vnitřní odpor, tedy není možné z nich získat tak vysoký proud, ale v případě přehřátí nebo připojení vyššího napětí může baterie explodovat [32].

Li-ion baterií existuje obrovské množství a obvykle platí, že co výrobce, to jiný typ použité chemie. Například Nissan Leaf a Chevrolet Volt používají LiMn_2O_4 , zatímco Tesla Roadster LiCoO_2 a Model S LiNiCoAlO_2 .



Obr. 1.13 Li-Ion články vyvinuté pro Mitsubishi firmou Matsushita Electric (Panasonic) [36]

Tab. 1.12: Výhody a nevýhody Li-Ion akumulátorů [32]

Výhody	Nevýhody
Nízká toxicita	Příliš rychlé stárnutí baterie (životnost 2-3 roky)
Velmi vysoká hustota energie (160 Wh/kg)	Explozivnost při špatném zacházení
Možnost tvarovat baterii dle vlastních požadavků	Možnost zničit baterii při úplném vybití
Malé samovybíjení	
Vysoké nominální napětí	
Dobrá dobíjecí účinnost (80-90%)	

1.13.5 Lithium - polymerový akumulátor

Jedná se o další verzi lithium - iontových baterií, jejichž katoda je složená z lithium železo fosfátu (LiFePO_4). Anoda je stejně jako u ostatních li-ion baterií vyrobena z uhlíku. Mezi hlavní přednosti lithium-polymerových akumulátorů oproti klasickým lithium - iontovým akumulátorům patří především schopnost dodat vyšší proud, a také, že při extrémních podmínkách nevybuchují. Mají však o něco nižší napětí a také nižší hustotu energie. Tato technologie vznikla v roce 1997 a zaujala hlavně díky svým výhodám, že je zcela netoxická, má dobrou teplotní stabilitu, velmi dobrý elektrochemický výkon a vysokou kapacitu (viz tab. 1.13). Na obr. 1.14 je možno vidět příklad, jak vypadá LiFePO_4 akumulátor.



Obr. 1.14 Jeden z možných vzhledů LiFePO₄ baterie [37]

Tab. 1.13: Výhody a nevýhody lithium-polymerových akumulátorů [32]

Výhody	Nevýhody
Téměř plochá křivka až do úplného vybití baterie	Snižování životnosti při rychlém dobíjení
Vysoký počet dobíjecích cyklů (2000 až 3000)	Možnost předčasného selhání při větším počtu hlubokých cyklů (vybití pod 33%)
Zcela netoxické	
Neexistence paměťového efektu	
Bezpečnost oproti jiným typům	
Vysoká životnost (3-10 let)	
Cena	
Vyšší hustota energie	
Vysoká dobíjecí účinnost (95%)	

1.13.6 Ostatní akumulátory pro elektromobily

Existuje spousta dalších typů akumulátorů do elektromobilů, které vědci neustále vyvíjejí nebo s nimi ještě doposud nepřišli na trh. Jedná se o vývoj již známých typů baterií, který probíhá prakticky neustále, ale i výzkum zcela nových technologií. Firmy se snaží o dosažení nejlepších vlastností akumulátorů, jako je co nejvyšší dojezd, co nejkratší doba nabíjení a hlavně cenová dostupnost. Mezi doposud nedovyvinuté typy akumulátorů patří například uhlíkové baterie nebo baterie hliníkovo - vzduchové.

Uhlíkovou baterii představila poprvé firma Power Japan Plus v roce 2014, je levná, bezpečná a 100% recyklovatelná. Princip fungování je jednoduchý - katoda i anoda jsou vyrobeny z uhlíku a mezi nimi se nachází organický elektrolytický roztok. V akumulátoru není použit žádný drahý kov, a tak může být cena výrazně nižší. Baterie se zároveň nezahřívá při provozu ani nabíjení, což zvyšuje bezpečnost, ale i snižuje cenu - do elektromobilů není třeba montovat výkonné chlazení. Má nespočet výhod - výrobce slibuje funkčnost po zhruba tři tisíce nabíjecích cyklů, což je asi desetinásobek proti v současnosti používaným bateriím, navíc je baterie nabita asi 20× rychleji, než lithium - iontová konkurence [38].

Izraelská společnost Phinergy vyvinula hliníkovo - vzduchovou baterii, se kterou dokáže malý elektromobil ujet až 1600 km na jedno nabití. Auto s tímto typem akumulátoru by mělo přijít na trh už v roce 2017. Jedná se vlastně spíše o kombinaci baterie a palivového článku. Funguje totiž na principu reakce hliníku se vzduchem a vodou. Celý článek tedy nenahrazuje li-ion baterii, ale funguje s ní ve spolupráci [39].

1.14 Škodlivé plyny v dopravě

Znečištění ovzduší, způsobené dopravou má významný vliv na zdraví člověka. Městské ovzduší ovlivněné výfukovými plyny má na lidské zdraví podobné účinky jako cigaretový kouř. Látky, které jsou součástí výfukových plynů, mohou způsobit celou řadu závažných onemocnění či zdravotních problémů.

Výfukové plyny motorových vozidel jsou směsí chemických látek, jejichž složení závisí na druhu paliva, typu a stavu motoru a případném užívání zařízení na snižování emisí (například filtrů u dieselových automobilů nebo katalyzátorů u benzínových automobilů). Citlivějšími skupinami lidí vůči negativním účinkům výfukových plynů jsou zejména děti, starší lidé a osoby s dýchacími nebo srdečními chorobami. Mezi nejškodlivější plyny z dopravy patří oxidy dusíku, oxid uhelnatý, oxid uhličitý a další plyny.

1.14.1 Oxidy dusíku (NO_x)

Oxidy dusíku, mezi které patří oxid dusnatý a oxid dusičitý, patří v současné době k hlavním problémům spojeným se znečišťováním ovzduší. Jejich zdroji jsou jak stacionární zdroje, např. elektrárny nebo vytápění, tak doprava, tedy spalovací motory. Oxidy dusíku vznikají při spalovacích procesech z dusíku, který je obsažen ve vzduchu. Motorová vozidla produkují až 57% jejich celkového objemu. Nutno podotknout, že vznikají za vysokých spalovacích teplot (snaha zvyšovat výkony motorů – vyšší kompresní tlaky a spalovací teploty – slučování vzdušného dusíku se vzdušným kyslíkem).

1.14.2 Oxid uhelnatý (CO)

Oxid uhelnatý vzniká při nedokonalém spalování uhlíku a organických látek, je emitován např. automobily, lokálními topeništi, energetickým a metalurgickým průmyslem a vzniká zejména, pokud je teplota spalování příliš nízká, aby mohlo dojít k úplné oxidaci pohonných látek, čas hoření ve spalovací komoře je příliš krátký anebo není k dispozici dostatek kyslíku. Díky povinnému zavedení řízených katalyzátorů u vozidel s benzinovými motory se však emise oxidu uhelnatého v poslední době snižují.

Oxid uhelnatý působí na srdce, cévní a nervový systém, při jeho nízkých koncentracích může zdravý člověk pociťovat únavu, člověk se srdečními problémy bolest na prsou, v některých případech a vyšších koncentracích může dojít k poruchám vidění a koordinace, bolestem hlavy, závratím, zmatečnému chování či může být pociťována žaludeční nevolnost. Velmi vysoké koncentrace oxidu uhelnatého jsou dokonce smrtelné [40].

1.14.3 Oxid uhličitý (CO₂)

Oxid uhličitý je bezbarvý plyn bez chuti a zápachu, který je těžší než vzduch a vzniká reakcí uhlíku s kyslíkem, procesem zvaným spalování. Po hromadném zavedení katalyzátorů měnících jedovatý oxid uhelnatý na oxid uhličitý se podstatně snížilo riziko otrav výfukovými plyny v uzavřených prostorech. Oxid uhličitý je však také jedna z hlavních příčin skleníkového efektu, respektive globálního oteplování.

CO₂ je v současné době velmi diskutovaný problém, je však často zaměňován s pojmem emise výfukových plynů, což není zcela správně, jelikož složek výfukových plynů je mnohem více. V posledních letech se výrobci automobilů předhánějí ve snižování produkce oxidu uhličitého, řidiči začínají myslet taktéž „zeleně“ a v řadě států vznikají vládou podporované programy propagující ekologická vozidla [41].

Obecně možno konstatovat, že čím nižší spotřeba paliva, tím nižší produkce oxidu uhličitého. Například pro zážehové motory platí přibližně (podrobně by bylo možno vypočítat pro konkrétní palivo z Brettchsnidrova vztahu):

$$\text{množství CO}_2 [\text{g/km}] = 24 \times \text{spotřeba paliva [l/100 km]}.$$

1.14.4 Ostatní škodliviny

Je potřeba připomenout, že existují i další škodlivé látky, který se významně podílí na znečišťování ovzduší a mají vliv na lidské zdraví. Jedná se například o prachové částice (PM), které produkují automobily s dieselovými motory, uhlovodíky (HC), které dráždí

sliznici a oči a v některém případě mohou být i karcinogenní, dále pak oxid siřičitý (SO₂), který se vstřebává v horních cestách dýchacích a například polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), které mohou být též karcinogenní. Nemalý vliv na životní prostředí má i vznik přízemního ozónu (O₃), kde chemickými reakcemi výfukových plynů za účasti slunečního záření vznikne fotochemický smog, který kromě dalších škodlivých látek obsahuje i ozón. Ten je pro člověka jedovatý a snižuje schopnost plic vykonávat jejich funkce.

1.15 Těžba ropy a její distribuce v České republice

Těžba ropy a její distribuce po síti čerpacích stanic v České republice se nemalou částí podílí na produkci škodlivých plynů, zejména cisternová přeprava ropných produktů. Proto je pro potřeby této diplomové práce nutno zmínit, jak tento cyklus v České republice probíhá.

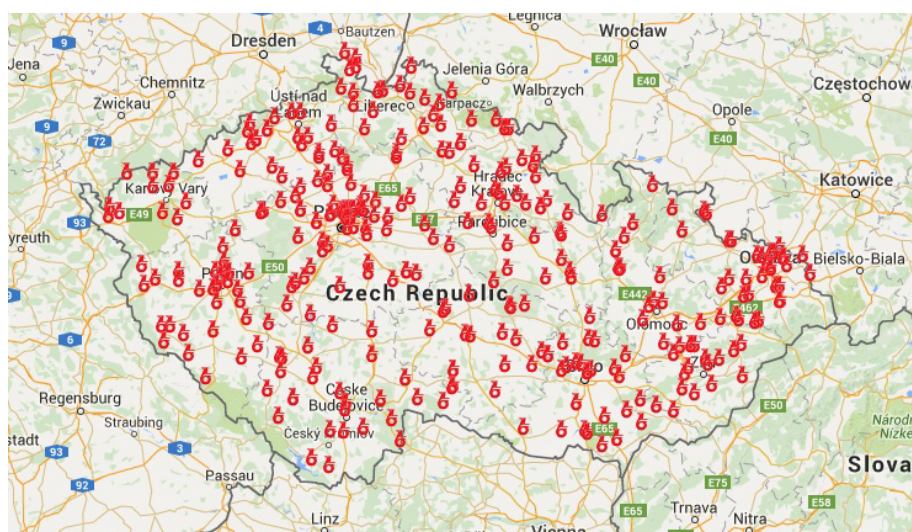
Největší společností zabývající se těžbou ropy v České republice je MND. Tato společnost působí i v zahraničí – v Ruské federaci a dalších částech Evropy, na Středním a Blízkém Východě a v severní Africe. V České republice těžba probíhá v Jihomoravském kraji a ropu z těchto dolů přebírá v Kloboucích u Brna ropovod Družba, který vede těžkou ropu z Ruska. Množství ropy, vytěžené v Moravských naftových dolech, ve srovnání s ropou spotřebovanou v České představuje naprostou nedostatečnost české těžby. I v roce 2003, kdy se vytěžilo nejvíce ropy, by pokryla maximálně 5% spotřeby, je tedy nezbytné, aby Česká republika zajistila dostatečné množství pohonných hmot z jiných zdrojů.

Nejdůležitější částí distribuce zahraničních pohonných hmot v České republice jsou ropovody. Na české území zasahují 2 ropovody, ropovod Družba a ropovod IKL. Ropovod Družba vstupuje do České republiky poblíž Hodonína a postupuje skrze Centrální tankoviště v Nelahozevsi až do rafinérie u Litvínova s odbočkou do pardubické rafinérie Paramo. Ropovod IKL vede do Centrálního tankoviště v Nelahozevsi, kde je navázáno zvláštní potrubí pro předávku ropy do kralupské rafinérie. Ropovod IKL byl stavěn v první polovině 90. let a jeho technologický stav je na lepší úrovni, než ropovod Družba. Ropovod IKL je přibližně 350 km dlouhý a dokáže přepravit až 10 milionů tun ročně. Jak již bylo zmíněno, oba ropovody vedoucí ropu do České republiky ji vedou do Centrálního tankoviště v Nelahozevsi, kde se nachází velké skladovací nádrže a dochází zde k odvodnění ropy. Poté už je ropa připravena k distribuci do rafinérie v Kralupech nebo v Litvínově skrze poslední část ropovodu Družba. Společnost Česká rafinérská a.s., Litvínov se stará o to, aby z ropy byly vytvořeny produkty, v našem případě motorová nafta a automobilový benzin. Oba produkty musí splňovat přísné normy stanovené Evropskou unií.

Ropné produkty z rafinérie v Litvínově se nadále přepravují třemi různými způsoby – produktovody, automobilovými cisternami a železničními cisternami. Produktovod v České republice vlastní společnost Čepro, a.s. a má v tuto chvíli 4 trasy, z nichž každá má 1 středisko, které řídí 4 až 5 skladů. Společnost Čepro, a.s. v současné době vlastní i cisternové návěsy, kterými ropné produkty dále přepravuje. Některé velké společnosti prodávající pohonné hmoty v České republice mají k dispozici vlastní automobilové cisterny sloužící k přepravě paliv z rafinérie, skladů či středisek produktovodní sítě. Jedná se o společnosti Čepro, jejich čerpací stanice EuroOil a také Unipetrol s čerpacími stanicemi Benzina. Ne všechny čerpací stanice si však mohou dovolit vlastní automobilovou přepravu, a tak využívají služeb firem poskytující cisternovou přepravu. Co se týče železniční přepravy, její největší nevýhoda plyne z nemožnosti zavážet čerpací stanice palivy pouze skrze ni, a proto je tento typ distribuce pohonných hmot využíván zejména společnostmi či partnery zahraničními.

Posledním článkem distribuce pohonných hmot v logistickém řetězci je čerpací stanice. V České republice je velmi hustá síť čerpacích stanic (viz obr. 1.15), podle údajů Ministerstva průmyslu a obchodu bylo ke konci roku 2014 v provozu celkem (veřejných, neveřejných a poloveřejných) 7013 stanic [42].

Celý logistický řetězec pohonných hmot nemalou mírou přispívá k zátěži životního prostředí, zejména jeho cisternová přeprava. Je tedy nutné vzít v úvahu fakt, že konečné množství produkce škodlivých plynů bude po zahrnutí cisternové přepravy do životního cyklu automobilu mnohem výraznější.



Obr. 1.15 Síť čerpacích stanic Benzina, obchodní společnost s nejrozsáhlejší sítí čerpacích stanic v ČR [43]

2 Cíle a použité metody práce

Tato diplomová práce analyzuje alternativní pohony automobilů z pohledu vlivu na životní prostředí.

Hlavním cílem této diplomové práce je definovat a porovnat jednotlivé druhy paliv a jejich produkci škodlivých plynů, stanovit metodiku výpočtů produkce oxidu uhličitého v jednotlivých fázích životního cyklu vybraných typů vozidel.

Metody práce:

- Analýza současného stavu užívaných motorových paliv, paliv alternativních a vozidel využívajících alternativní zdroje energie;
- výběr a popis zvolených typů vozidel;
- sběr vstupních dat;
- stanovení jednotlivých etap životního cyklu vozidla z pohledu produkce oxidu uhličitého;
- stanovení metodiky výpočtu produkce oxidu uhličitého v jednotlivých fázích životního cyklu vozidel;
- výpočet produkce oxidu uhličitého v jednotlivých fázích životního cyklu vozidel dle získaných dat;
- zhodnocení a porovnání výsledků jednotlivých typů vozidel.

3 Výsledky řešení - automobil se spalovacím motorem versus elektromobil

Následující praktická část této diplomové práce se zaměřuje na porovnání automobilu se spalovacím motorem s elektromobilem, nejdříve stručně z pohledu jejich konstrukce a poté podrobněji z pohledu vlivu na životní prostředí, konkrétně na produkci oxidu uhličitého v jednotlivých fázích životního cyklu vozidel.

3.1 Základní charakteristika konstrukce benzínových a naftových automobilů

Základní částí konstrukce osobního automobilu (obr. 3.1) je jeho karoserie, polonosná nebo samonosná. Polonosná karoserie přebírá nosnou funkci rámu, který může mít lehčí konstrukci a samonosná karoserie zcela přebírá nosnou funkci rámu.

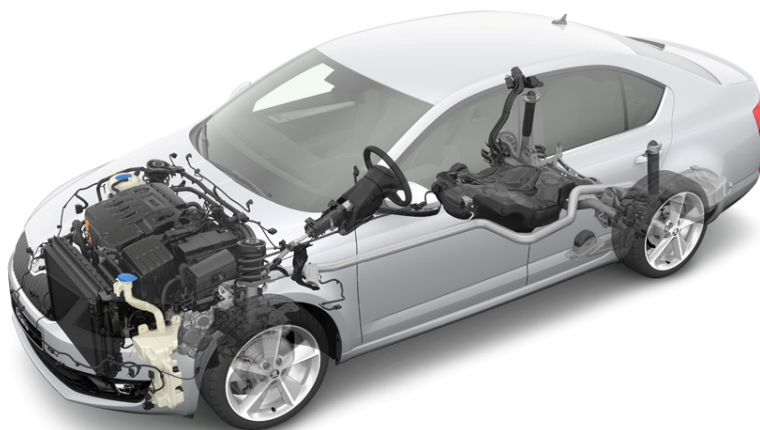
Automobil, ať už benzínový či naftový, se nadále skládá z podvozku, jehož nejdůležitějšími částmi jsou přední a zadní podvěsy, řídicí a hnací nápravy, pérování, brzdový systém, kola, řízení a ostatní příslušenství podvozku, jako je např. ovládací ústrojí spojky nebo karburátoru.

Další, nejdůležitější částí osobního automobilu je jeho poháněcí soustava, skládající se z hnacího ústrojí (vznětový či zážehový motor s příslušenstvím), převodového ústrojí, spojky, převodovky s řídicím ústrojím, spojovací kloubové hřídele a rozvodovky.

Důležitou částí těchto automobilů je také jejich příslušenství, tedy zařízení a přístroje pevně spojené s vozidlem a jsou po technické stránce nezbytné pro dopravní činnost vozidla, řadíme mezi něj např. zapalování, osvětlení, chlazení, apod.

Výstroj osobního automobilu jsou zařízení a přístroje pevně spojené s vozidlem a jsou nezbytně nutné pro dopravní činnost vozidla (stěrač skla, zpětná zrcátka, rychloměr, bezpečnostní pásy).

Výbava jsou části, které nejsou pevně spojeny s vozidlem, např. náradí, náhradní díly, lékárnička, trojúhelník nebo hasicí přístroj.



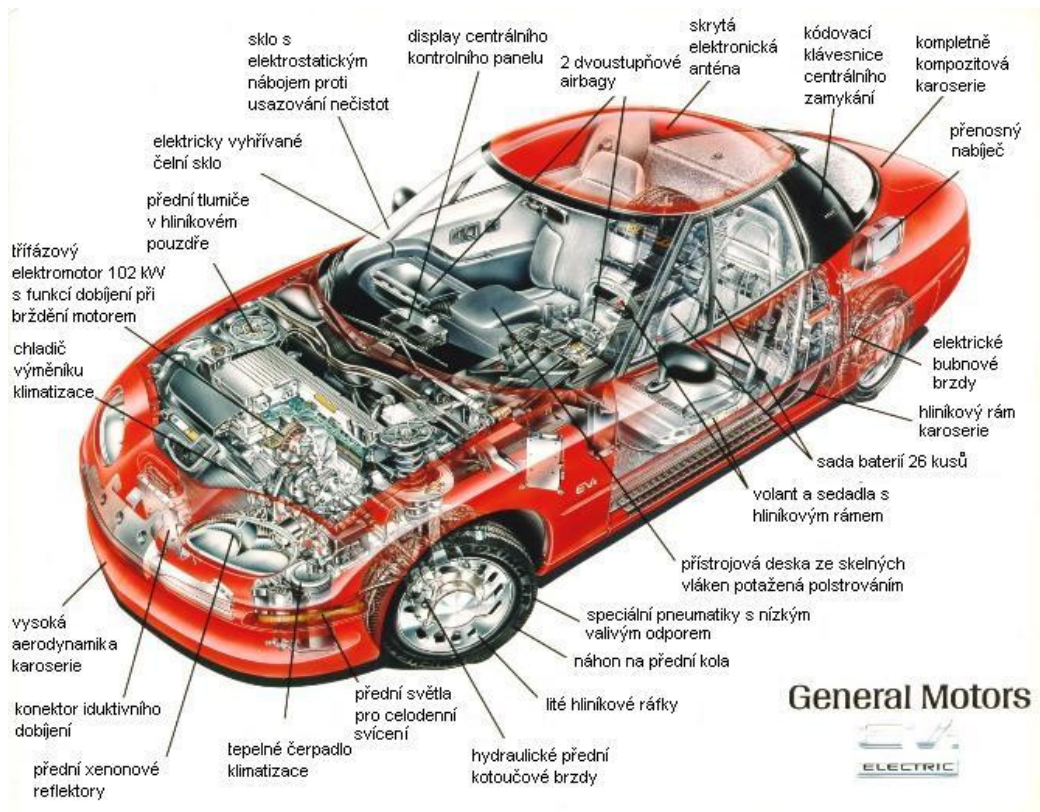
Obr. 3.1 Konstrukce automobilu [44]

3.1.1 Základní charakteristika konstrukce elektromobilu

Základní konstrukce elektromobilu (obr. 3.2) je z velké části totožná s konstrukcí benzínového či naftového automobilu, ať už se jedná o karoserii, podvozek, jeho příslušenství, zařízení či vybavení pevně spojené s vozidlem či jeho výbava. Zaměříme se tedy na části elektromobilu, které totožné nejsou.

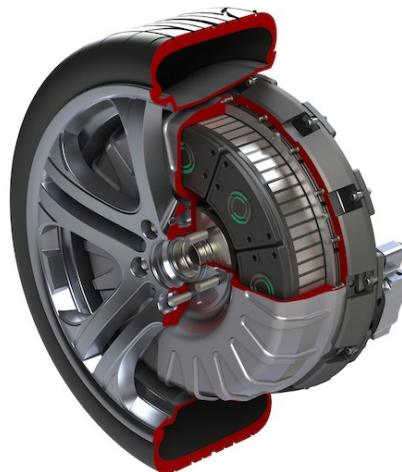
Základem elektrického systému tohoto typu automobilu je baterie, startér, alternátor nebo generátor, regulátor napětí a pojistková skříň. Akumulátor, dnes různých typů, dodává do systému potřebnou energii do všech elektrických zařízení a uchovává energii potřebnou k nastartování vozidla. Alternátor spalovacího auta je svou složitostí identický s elektromotorem sloužícím k pohonu i brzdění elektromobilu, hlavní rozdíl je jen v rozměrech a není o nic složitější než startovací akumulátor u spalovacího motoru. Díky novým technologiím na bázi Lithia je rovněž bezúdržbový a jeho životnost je několikanásobná.

Další důležitou součástí elektrického systému je startér, který spotřebovává největší část elektrické energie z celého elektrického systému, i přesto, že je použit jen párkrát za den. Startér otáčí klikovou hřídelí motoru a ve válcích tak začíná proces sání, následně zažehnutí a tím se celý motor dostává do chodu. Pojistková skříň, ke které je vedením napojeno každé elektrické zařízení, zabraňuje zkratu nebo přetížení chodu těchto zařízení [45].



Obr. 3.2 Konstrukce elektromobilu [46]

Klíčovou součástí každého elektromobilu je jeho elektromotor, tedy elektrický stroj, který slouží k přeměně elektrické energie na mechanickou práci. Elektromotor může mít různé způsoby uložení. Prvním takovým způsobem je elektromotor uložený vpředu pohánějící přední nápravu, v dnešní době ho používá mnoho dnešních elektromobilů. Dalším běžným řešením je elektromotor uložený uprostřed, pohánějící zadní nápravu. Novinkou roku 2013 je však uložení elektromotoru přímo v kolech auta (obr. 3.3). Tyto motory dokážou zcela nahradit klasický elektromotor a výrazně snížit spotřebu.



Obr. 3.3 In-wheel motor [47]

3.1.2 Porovnání dílů elektromobilu a automobilu se spalovacím motorem

Elektromobil, na rozdíl od automobilu se spalovacím motorem nepotřebuje palivovou nádrž, palivové čerpadlo, vstřikování paliva, palivový filtr, olej, olejový filtr, olejové čerpadlo, čidlo tlaku oleje, vodní chlazení, vzduchový filtr, výfuk, turbodmychadlo, katalyzátor, rozvodový řemen, ventily, písty, válce, kliková hřídel, setrvačnick, spojka, převodovka, diferenciál, startér, svíčky, zapalování a rozdělovač. Tyto díly se u automobilu se spalovacím motorem mohou porouchat, často se opotřebovávají a potřebují časem vyměňovat.

Jediná věc, kterou auto se spalovacím motorem nepotřebuje a elektromobil ano, je konektor a elektronika pro nabíjení akumulátoru ze sítě.

3.2 Porovnání automobilu a elektromobilu z pohledu vlivu na životní prostředí

Emise výfukových plynů a hlavně produkce oxidu uhličitého je v dnešní době často diskutované téma. Výrobci automobilů všech druhů se snaží dosáhnout co nejnižší produkci těchto plynů a eliminovat škodliviny na minimum. Široké veřejnosti jsou opomíjeny fakta, že automobil se na znečišťování ovzduší podílí nejen v průběhu jeho vlastního provozu, ale i v dalších etapách životního cyklu, jako je například jeho výroba, likvidace a související přeprava pohonných hmot k čerpacím stanicím.

Elektromobil ve fázi vlastního provozu neprodukuje žádné emise výfukových plynů. V dalších fázích životního cyklu elektromobilu tomu však tak není. Jedná se zejména o výrobu elektrické energie, ale i její distribuci. Tyto etapy související s provozem automobilu na elektrický pohon mají rovněž velký vliv na znečišťování životního prostředí.






3.2.1 Výběr a popis zvolených typů vozidel

Pro jasnou představu rozdílů automobilu a elektromobilu v praxi byla zvolena vozidla z kategorie nižší střední třída, a to Škoda Octavia III. generace, v benzínové verzi 1.2 TSI, v dieselové verzi 1.6 TDI a z elektromobilů vozidlo Nissan Leaf. Vozidla jsou srovnatelná nejen svou kategorizací z pohledu jejich třídnosti, ale byla vybrána i z pohledu jejich výkonu v kilowattech. Výkon spalovacího motoru a elektromotoru však není úplně vhodné porovnávat vzhledem k rozdílné křivce rozložení výkonu v závislosti na otáčkách. Vzhledem k tomu, že na českých silnicích nejezdí pouze nová vozidla, byli zvoleni i zástupci vozů ze starších řad, v tomto případě Octavie I. generace, v benzínové verzi 1.6 MPI, v dieselové podobě 1.9 TDI, aby bylo možné porovnat vývoj produkce emisních plynů.

Na základě ankety Nejlepší auta roku 2015, internetového serveru autohit.cz byl 3617 čtenáři zvolen automobil Škoda Octavia jako nejlepší a nejoblíbenější vůz z kategorie „nižší střední třída“. Automobil Škoda Octavia je zároveň 1. nejprodávanějším automobilem roku 2015 v České republice, celkem se dle serveru autorevue.cz prodalo 24 346 kusů. Co se týče elektromobilu Nissan Leaf, je podle serveru hybrid.cz nejprodávanějším elektromobilem světa roku 2015.

Následující tabulka (tab. 3.1) zobrazuje jednotlivé typy vozidel pro potřeby analýzy a přehled emisí produkovaných vlastním provozem tohoto vozidla v g/km.

Tab. 3.1 Vybrané automobily

Palivo	Škoda Octavia I	Škoda Octavia III		Nissan Leaf
Benzín	 Motor: 1,6 MPI 75 kW Emise CO ₂ při provozu: 169 g/km	 Motor: 1,2 TSI 63 kW Emise CO ₂ při provozu: 112 g/km	Elektromobil	 Elektromotor: 70 kW Emise CO ₂ při provozu: 0 g/km
Nafta	 Motor: 1,9 TDI 74 kW Emise CO ₂ při provozu: 138 g/km	 Motor: 1,6 TDI 66 kW Emise CO ₂ při provozu: 99 g/km		

Škoda Octavia I

Škoda Octavia je automobil nižší střední třídy vyráběný českou firmou Škoda. První generace těchto automobilů byla v České republice úspěšně prodávána pod názvem Octavia Tour. Pro potřeby analýzy v této práci byla zvolena starší řada automobilů Škoda Octavia I, v benzínovém provedení ve verzi 1,6 MPI, 75 kW, v naftovém provedení s motorem 1,9 TDI s výkonem 74 kW. Benzínová verze tohoto automobilu splňuje emisní noru EURO 4. Automobil Škoda Octavia první generace se začal vyrábět v roce 1996, v roce 2000 prošel první modernizací, která upravila vzhled vozu. Definitivně se tento automobil přestal vyrábět v roce 2000.

Škoda Octavia III

Nový automobil Škoda Octavia byl představen 11. prosince 2012 a oproti druhé generaci těchto automobilů se v ní objevily nové generace motorizací TSI (EA211) i TDI (EA288). Škoda Octavia III přináší výrazně více místa pro cestující díky zvětšení vnějších rozměrů a hlavně rozvoru náprav. Octavia ve třetí generaci poprvé získala plný počet hvězdiček v nárazových testech Euro NCAP. Vozidlo Škoda Octavia III se vyrábí dodnes a je velice oblíbeným automobilem nejen v České republice, ale i zahraničí. V České republice se tento automobil stal nejprodávanějším a nejoblíbenějším vozem roku 2015.

Pro jasnou představu automobilu a jeho základních vlastností byla zpracována tabulka základních technických parametrů těchto vozidel (tab. 3.2). Z tabulky vyplývá, že čím větší je spotřeba pohonných hmot, tím větší je produkce emisí CO₂. Rovněž je vidět, že starší vozidla, v tomto případě Škody Octavie I. generace, mají rozdílně vyšší emise oxidu uhličitého, než jejich nástupci, Škody Octavie III. generace.

Tab. 3.2: Základní vlastnosti vybraných automobilů

	B E N Z I N		N A F T A	
	Škoda Octavia I 1,6 MPI	Škoda Octavia III 1,2 TSI	Škoda Octavia I 1,9 TDI	Škoda Octavia III 1,6 TDI
Zdvihový objem [cm³]	1 595	1 197	1 896	1 598
Maximální točivý moment [Nm/min⁻¹]	148	160	240	230
Maximální výkon [kW/min⁻¹]	75	63	74	66
Kombinovaná spotřeba [l/100km]	7,2	4,7	5,1	3,7
Emise CO₂ [g/km]	173	110	138	98
Pohotovostní hmotnost [kg]	1 280	1 150	1 270	1 230

Nissan Leaf

Elektromobil Nissan Leaf se začal prodávat v roce 2010 a jednalo se o jeden z prvních sériově vyráběných elektromobilů. V současné době se jedná o nejprodávanější elektromobil, kterému patří na evropském trhu více než čtvrtinový podíl v prodejnosti. V září roku 2015 Nissan představil na autosalonu Frankfurtu elektromobil Leaf s 30kWh lithium - iontovou baterií. Tato nejnovější verze nabízí řidičům dojezd až 250 km. Model Leaf pro rok 2016

je dostupný ve třech úrovních výbavy: Visia, Acenta a Tekna. Největším problémem elektromobilů v České republice je síť rychlonabíjecích stanic.

Tab. 3.3: Parametry Nissanu Leaf

	Nissan Leaf
Maximální točivý moment [Nm/min ⁻¹]	280
Maximální výkon [kW/min ⁻¹]	80
Pohotovostní hmotnost [kg]	1 535
Maximální rychlost [km/hod]	144
Zrychlení 0-100 km/h [s]	11,9
Kombinovaná spotřeba [kWh/100km]	16
Emise CO ₂ [g/km]	68
Dojezd [km]	250
Cena vozidla (základní výbava) [Kč]	730 000

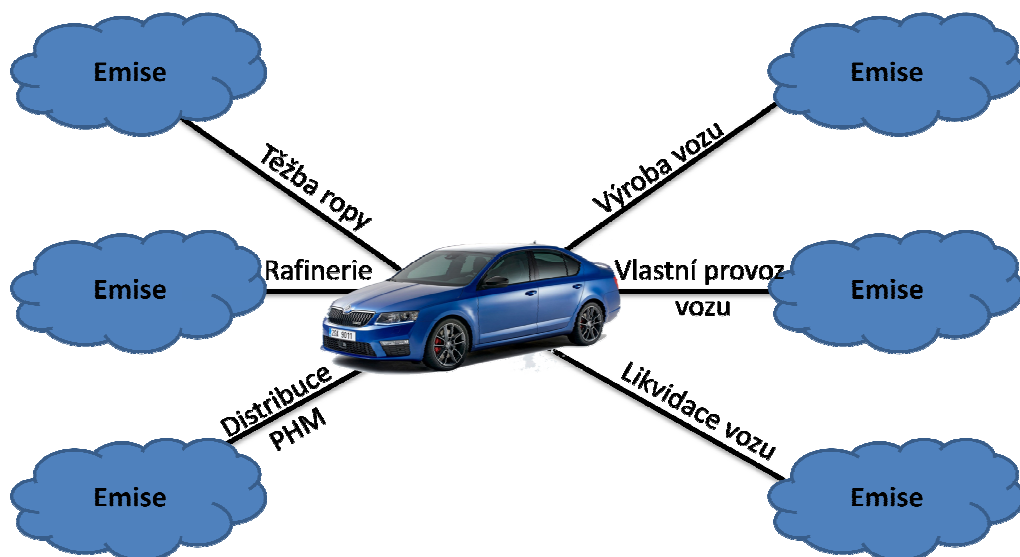
3.2.2 Emise automobilu a jeho životní cyklus

Potřeba snižovat emise je v dnešní době jedním z nejdůležitějších problémů, který je potřeba řešit z globálního hlediska. Už jen proto, že například v České republice vlastní téměř každý druhý občan vlastní automobil. Nejen produkce smogu, ale i ubývání ropných zásob vede experty k zamyšlení se nad situací záchrany životního prostředí formou nových alternativních obnovitelných pohonných zdrojů. Lidstvu se jeví jako šetrné k životnímu prostředí právě elektromobily, avšak je nutné rozlišovat mezi emisemi přímými, vznikající při provozu vozidla, které jsou u elektromobilu nulové a emisemi nepřímými, které vznikají při produkci energie např. v tepelných elektrárnách či jiných zdrojích.

Dalším problémem je nejdůležitější součást elektromobilu - akumulátor, konkrétně jeho výroba a likvidace. Technologický pokrok při výrobě baterie zatím není schopen snížit emise škodlivých plynů na snesitelnou úroveň. Výroba jedné baterie vyprodukuje 1/6 celkových emisí CO₂ vypuštěných za celý životní cyklus elektromobilu. Taktéž ekologická likvidace je kvůli obsaženým chemikáliím velice nákladnou záležitostí. Z tohoto důvodu je nutné provést podrobné objektivní posouzení a vzít v úvahu veškeré aspekty výroby, užívání i likvidace automobilu či elektromobilu.

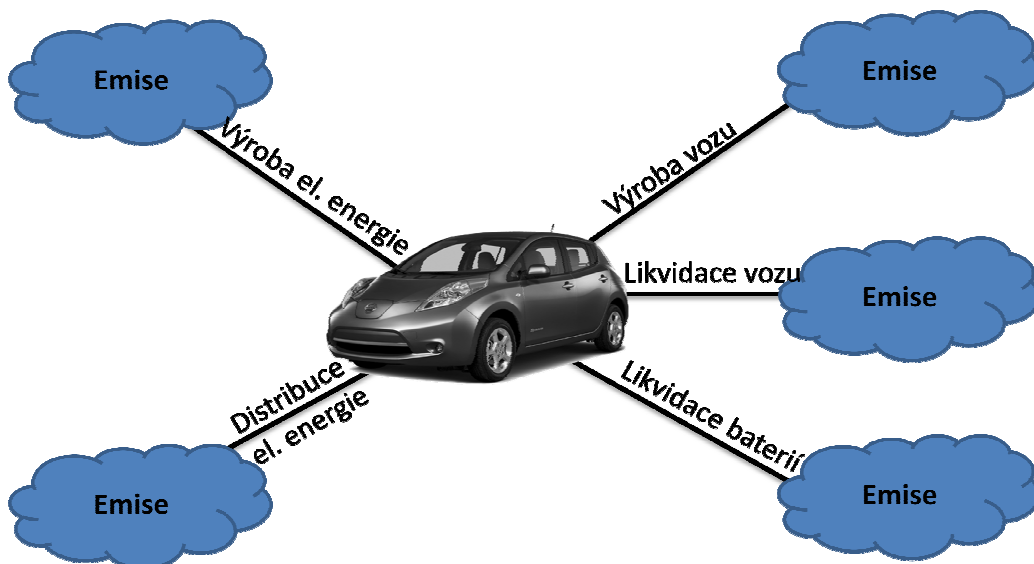
Na základě uvedené problematiky byla vytvořena základní schémata automobilu na benzínový, respektive dieselový pohon, elektromobilu a všechny fáze jejich životního

cyklu, ve kterých se oxid uhličitý významně podílí na znečišťování životního prostředí. Jednotlivé fáze životního cyklu automobilu se spalovacím motorem zobrazuje obr. 3.4.



Obr. 3.4 Fáze životního cyklu automobilu

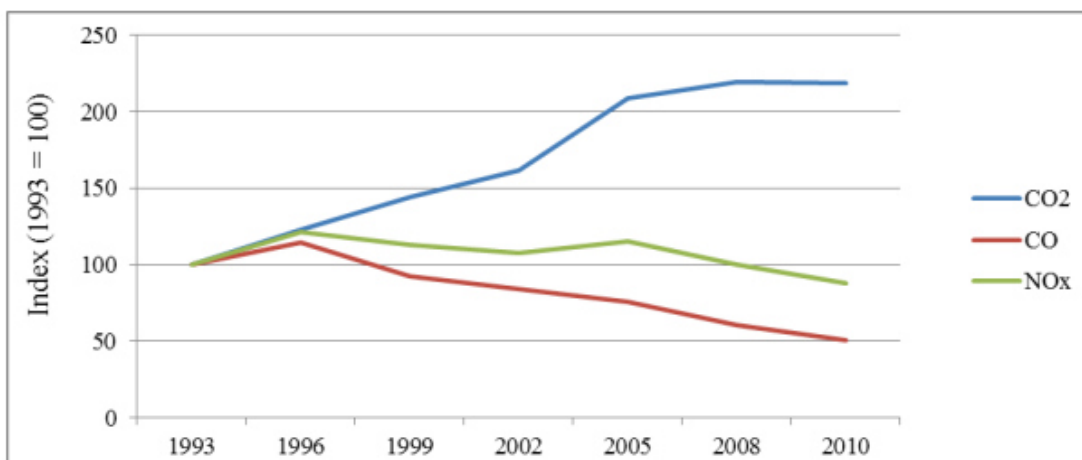
Fáze životního cyklu elektromobilu, které se podílí produkcí oxidu uhličitého na znečišťování životního prostředí zobrazuje obr. 3.5.



Obr. 3.5 Fáze životního cyklu elektromobilu

Z uvedeného grafu 3.1 (viz níže) vyplývá, že jednoznačně nejrizikovější ze zmíněných výfukových plynů je oxid uhličitý (CO₂), jeho produkce v dopravě vzrostla během sedmnácti let o 120 %, hlavně v důsledku stále se zvyšujícího počtu vlastníků motorových vozidel.

Z tohoto důvodu je pro potřeby této analýzy zvolen oxid uhličitý jako zástupný výfukový plyn, na který je nutné se v následující části diplomové práce zaměřit.



Graf 3.1 Vývoj produkce výfukových plynů v dopravě v letech 1993-2010 [48]

3.2.3 Metodika výpočtu v jednotlivých fázích životního cyklu vozidel

V následující části práce bude věnována pozornost metodice výpočtu jednotlivých fází životního cyklu, tedy výrobě automobilu, vlastnímu provozu, likvidaci a distribuci pohonných hmot k čerpacím stanicím u automobilů se spalovacím motorem. Další fáze v práci nebudou uvažovány z důvodu nedostupnosti dat nebo z důvodu minimálního ovlivnění celkového stavu emisí.

Výroba vozidla

Důležitou součástí životního cyklu automobilu je rovněž jeho samotná výroba. Dle Volkswagen AG z roku 2008 je udáno konstantní množství oxidu uhličitého u vozidel se spalovacím motorem, ze kterého se vychází při výpočtu produkce tohoto plynu při výrobě automobilu.

Produkci CO₂ při výrobě elektromobilu je nutno rozložit na dvě části, z nichž do první se započítávají běžné součásti jako např. karoserie, přístrojová deska, brzdy apod. a hodnota produkce CO₂ je přibližně stejná jako u konvenčních vozidel, v druhé části produkce elektromobilu jde především o náročnou výrobu baterie, kde je vliv na životní prostředí velmi vysoký.

V následující části je uvedena metodika výpočtu emisí vznikajících při výrobě automobilu se spalovacím motorem a při výrobě elektromobilu.

Automobil se spalovacím motorem

$$E_{vs} = m_s \cdot P \text{ [kg]}$$

kde

E_{vs} - emise automobilu se spalovacím motorem během výroby [kg],

m_s - provozní hmotnost automobilu [kg],

P - koeficient označující produkci oxidu uhličitého během výroby automobilu [kg/kg].

Elektromobil

$$E_{ve} = (m_e - m_a) \cdot P + m_a \cdot P_a \text{ [kg]}$$

kde

E_{ve} - emise elektromobilu během výroby [kg],

m_e - provozní hmotnost elektromobilu [kg],

P - koeficient označující produkci oxidu uhličitého během výroby automobilu [kg/kg],

m_a - hmotnost akumulátoru elektromobilu [kg],

P_a - koeficient označující produkci oxidu uhličitého během výroby akumulátoru elektromobilu [kg].

Provoz vozidla

Automobil se spalovacím motorem

Emise produkované při vlastním provozu jsou u vozidel s benzínovým a diesellovým motorem udávány výrobcem a z těchto dat je pro potřeby práce vycházeno.

$$E_{psc} = E_{ps} \cdot ZC \text{ [g]}$$

kde

E_{psc} - emise vyprodukované v průběhu celého životního cyklu automobilu [g],

E_{ps} - emise udávané výrobcem u automobilů se spalovacím motorem [g/km],

ZC - stanovený životní cyklus automobilu [km].

Elektromobil

Největší předností elektromobilu jsou nulové přímé emise, tedy emise z provozu na pozemní komunikaci. Je žádoucí se tedy zaměřit na emise nepřímé, vyprodukované elektrárnou při výrobě elektřiny, z které je elektromotor poháněn.

Určujícím faktorem pro objektivní zhodnocení situace v České republice je zjištění procentuálního zastoupení různých energetických zdrojů a stanovení českého energetického mixu, což je procentuální zastoupení různých typů elektráren na celkové produkci elektrické energie. Bylo zjištěno, že dominantní zastoupení v České republice mají tepelné elektrárny, menší paroplynové elektrárny.

Při výpočtu emisí vznikajících během výroby elektřiny v elektrárně bude využito dat z Vyhlášky č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, kde jsou uvedeny hodnoty emisí. Aby byl výpočet relevantní, je nutno vzít v úvahu také účinnost daného druhu elektrárny, udávanou v procentech.

$$E_{pe1} = \frac{E_t}{\eta_t} \left[\frac{g}{kWh} \right]$$

kde

E_{pe1} - emise vznikající při produkci elektrické energie v tepelných elektrárnách [g/kWh],

E_t - koeficient produkce emisí CO₂ během výroby elektřiny v tepelných elektrárnách [kg CO₂/MWh],

η_t - účinnost výroby elektrické energie v tepelných elektrárnách.

$$E_{pe2} = \frac{E_p}{\eta_p} \left[\frac{g}{kWh} \right]$$

kde

E_{pe2} - emise vznikající při produkci elektrické energie v paroplynových elektrárnách [g/kWh],

E_p - koeficient produkce emisí CO₂ během výroby elektřiny v paroplynových elektrárnách [kg CO₂/MWh],

η_p - účinnost výroby elektrické energie v paroplynových elektrárnách.

Dalšími zdroji pro výrobu elektrické energie jsou obnovitelné zdroje a štěpení jaderného paliva. Faktem je, že tyto zdroje neprodukují během výroby žádné emise CO₂, proto hodnota emisí se spočítá metodou váženého průměru a následně se bude postupovat výpočtem nepřímých emisí elektromobilu.

$$E_{vp} = \frac{E_{pe1} \cdot w_1 + E_{pe2} \cdot w_2 + E_{pe3} \cdot w_3}{w_1 \cdot w_2 \cdot w_3} \left[\frac{g}{km} \right]$$

kde

E_{vp} - uvažovaná hodnota [g/km],

w_n - váha.

$$E_{pe} = \frac{E_{mix} \cdot S_e}{100} \left[\frac{g}{km} \right]$$

kde

E_{pe} - nepřímé emise vznikající výrobou elektrické energie [g/km],

E_{mix} - emise elektráren spočítané metodou váženého průměru [g/kWh],

S_e - spotřeba elektrické energie elektromobilu [kWh/100 km].

$$E_{pec} = E_{pe} \cdot ZC [g]$$

kde

E_{pec} - nepřímé emise vyprodukované za celý životní cyklus elektromobilu [g],

E_{pe} - nepřímé emise vznikající výrobou elektrické energie [g/km],

ZC - stanovený životní cyklus elektromobilu [km].

Likvidace vozidla

V České republice je okruh likvidace automobilů a produkce CO₂ s tím spojená tématem doposud nezmapovaným. Na internetu neexistují žádné záznamy ani studie, které by obsahovaly jakékoli údaje o emisích vypuštěných do ovzduší během ekologické likvidace vozidel. Proto je nutné přistoupit k použití celoevropského emisního průměru pro běžná osobní vozidla.

Do výpočtu emisního průměru jsou zahrnuty následující procesy: vypuštění veškerých provozních kapalin (benzín, nafta, olej, brzdové a chladicí kapaliny), demontáž veškerých plastových částí, sedaček, odstranění skel, odstranění podvozku, tedy separace na jednotlivé druhy materiálů s následným sešrotováním karoserie a odesláním jednotlivých druhů materiálů na druhotné zpracování, respektive na skládku.

K likvidaci elektromobilu je potřeba přičíst likvidaci baterie, která je díky jejím chemickým částem ekologicky náročnější.

Automobil se spalovacím motorem

$$E_{ls} = EP \text{ [kg]}$$

kde

E_{ls} - emise automobilu se spalovacím motorem vyprodukované během likvidace [kg],

EP - konstanta daná celoevropským emisním průměrem při likvidaci automobilu [kg].

Elektromobil

$$E_{le} = EP + EP_a \text{ [kg]}$$

kde

E_{le} – emise elektromobilu vyprodukované během likvidace [kg],

EP - konstanta daná celoevropským emisním průměrem při likvidaci automobilu [kg],

EP_a - konstanta daná emisním průměrem při likvidaci akumulátoru elektromobilu [kg].

Distribuce PHM u vozidel se spalovacím motorem

Automobil se spalovacím motorem

S životním cyklem automobilu jsou spjaty i další činnosti, které mají vliv na produkci CO₂. V případě automobilů se spalovacím motorem se jedná o těžbu ropy, její následné zpracování a distribuci cisternovou přepravou k čerpacím stanicím.

V této práci bude uvažována cisternová přeprava pohonných hmot k čerpacím stanicím. Jedná se pouze o model, jak by tato situace mohla vypadat a nebudou použita data z ověřených zdrojů.

Dále v práci bude uvažováno s faktem, že pohonné hmoty jsou přepravovány pouze jediným druhem dopravy, a to přepravou kamionovou.

$$E_d = \frac{d \cdot E_t \cdot S_p \cdot ZC}{100 \cdot K_c} \text{ [g]}$$

kde

E_d - množství emisí vyprodukovaných při distribuci PHM v životním cyklu automobilu[g],

d - vzdálenost k čerpací stanici a zpět z distribučního místa [km],

E_t - průměrné emise CO₂ tahače, který dopravuje cisternu k čerpací stanici [g/km],

ZC - stanovený životní cyklus automobilu [km],

S_p - spotřeba automobilu [l/100 km],

K_c - kapacita cisterny [l].

Elektromobil

V případě elektromobilů je to import elektrické energie do České republiky, jedná se zhruba o 1/7 veškeré roční spotřeby, avšak ten ve výpočtech z důvodu nedostupnosti informací nebude uvažován.

3.2.4 Výpočty jednotlivých fází životního cyklu vozidel

Automobil se spalovacím motorem

Ve fázi výroby vozidla je uvažováno s konstantním množstvím produkce oxidu uhličitého, dle Volkswagen AG z roku 2008² je produkce oxidu uhličitého při výrobě automobilu přibližně 5 kg CO₂/kg. Aktuálnější údaje se nepodařilo zjistit.

Ve výpočtu emisí vzniklých vlastním provozem automobilu je využito dat udávaných výrobcem a životní cyklus automobilu je stanoven na 300 000 ujetých kilometrů (odůvodnění viz výpočet emisí u elektromobilu).

Ve fázi likvidace osobního automobilu je nutné přistoupit k použití celoevropského emisního průměru, samotná likvidace vozidla tak vyprodukuje v průměru pouze 287 kg CO₂, což se může zdát někomu až překvapivé.

Další etapou životního cyklu automobilu se spalovacím motorem je jeho distribuce pohonných hmot k čerpacím stanicím. Následující část práce popisuje navržený model cisternové přepravy k čerpacím stanicím pohonných hmot.

Podle společnosti ČAPPO se v roce 2014 v České republice spotřebovalo přibližně 4,4 milionu tun nafty (5,17 miliardy litrů) a asi 1,6 milionu tun benzínu (2,09 miliardy litrů)

² Výroční zpráva Volkswagen z roku 2008, množství vyprodukovaného CO₂ se může lišit vzhledem k aktuálnosti vydané výroční zprávy.

a počet čerpacích stanic byl v České republice k 31.12.2014 7013, z toho 3792 veřejných, přístupných pro všechny zákazníky [49].

Tab. 3.4: Spotřeba pohonných hmot v České republice [49]

Rok	Benzín [mil. tun]	Nafta [mil. tun]
2010	1 858	3 980
2011	1 791	4 075
2012	1 669	4 058
2013	1 570	4 138
2014	1 577	4 359

Dle společnosti G7, a.s., která zajišťuje distribuci pohonných hmot v České republice a je vybavena speciálními, moderními cisternovými návěsy, určenými pro silniční přepravu nebezpečných látek dle ADR (Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí), je průměrná kapacita (objem) cisterny pro distribuci pohonných hmot 29 300 litrů. Při průměrné spotřebě 35 l/100km jsou emise cisterny přibližně 818 g CO₂/km. Pro představu je nutno uvést průměrnou vzdálenost pro přepravu pohonných hmot k čerpací stanici v obou směrech. Byly vypočítány výsledné hodnoty produkce CO₂ [kg] pro vzdálenosti uvedené v tab. 3.5. Z uvedené tabulky byla pro zanesení dat do celkového výpočtu emisí životního cyklu automobilu zvolena vzdálenost 300 km. V případě zvolené vzdálenosti se jedná pouze o zjednodušení situace, neopírající se o ověřená fakta. Tato problematika by mohla být tématem další diplomové práce.

Tab. 3.5: Produkce CO₂ při zvolení různých vzdáleností k čerpacím stanicím při distribuci PHM

Vzdálenost [km]	Výsledná hodnota CO₂[kg]
100	31
200	62
300	93
400	124
500	155

Pro potřeby této práce je životní cyklus automobilu stanoven na 300 000 km a výslednou hodnotu produkce oxidu uhličitého je nutno přičíst k ostatním emisím CO₂ vyprodukovaným za životní cyklus automobilu.

Tab. 3.6: Výpočty emisí Škody Octavie 1,6 MPI

	Škoda Octavia I 1,6 MPI
Vstupní data	$m_s = 1280 [kg]$ $P = 5 [kg/kg]$ $E_{ps} = 173 [g/km]$
1. Fáze výroby	$E_{vs} = 1280 \cdot 5 [kg]$ $E_{vs} = 6400 [kg]$
2. Fáze provozu	$E_{psc} = 173 \cdot 300\,000 [g]$ $E_{psc} = 51\,900\,000 [g] = 51\,900 [kg]$
3. Fáze likvidace	$E_{ls} = 287 [kg]$
4. Distribuce PHM	$E_d = \frac{300 \cdot 818 \cdot 7,2 \cdot 300\,000}{100 \cdot 29\,300} [g]$ $E_d = 180\,909 [g] = 181 [kg]$

Tab. 3.7: Výpočty emisí Škody Octavie 1,9 TDI

	Škoda Octavia I 1,9 TDI
Vstupní data	$m_s = 1270 [kg]$ $P = 5 [kg/kg]$ $E_{ps} = 138 [g/km]$
1. Fáze výroby	$E_{vs} = 1270 \cdot 5 [kg]$ $E_{vs} = 6350 [kg]$
2. Fáze provozu	$E_{psc} = 138 \cdot 300\,000 [g]$ $E_{psc} = 41\,400\,000 [g] = 41\,400 [kg]$
3. Fáze likvidace	$E_{ls} = 287 [kg]$
4. Distribuce PHM	$E_d = \frac{300 \cdot 818 \cdot 5,1 \cdot 300\,000}{100 \cdot 29\,300} [g]$ $E_d = 128\,144 [g] = 128 [kg]$

Tab. 3.8: Výpočty emisí Škody Octavie 1,2 TSI

	Škoda Octavia III 1,2 TSI
Vstupní data	$m_s = 1150 [kg]$ $P = 5 [kg/kg]$ $E_{ps} = 110 [g/km]$
1. Fáze výroby	$E_{vs} = 1150 \cdot 5 [kg]$ $E_{vs} = 5750 [kg]$
2. Fáze provozu	$E_{psc} = 110 \cdot 300\,000 [g]$ $E_{psc} = 33\,000\,000 [g] = 33\,000 [kg]$
3. Fáze likvidace	$E_{ls} = 287 [kg]$
4. Distribuce PHM	$E_d = \frac{300 \cdot 818 \cdot 4,7 \cdot 300\,000}{100 \cdot 29\,300} [g]$ $E_d = 118\,094 [g] = 118 [kg]$

Tab. 3.9: Výpočty emisí Škody Octavie 1,6 TDI

	Škoda Octavia III 1,6 TDI
Vstupní data	$m_s = 1230 [kg]$ $P = 5 [kg/kg]$ $E_{ps} = 98 [g/km]$
1. Fáze výroby	$E_{vs} = 1230 \cdot 5 [kg]$ $E_{vs} = 6150 [kg]$
2. Fáze provozu	$E_{psc} = 98 \cdot 300\,000 [g]$ $E_{psc} = 29\,400\,000 [g] = 29\,400 [kg]$
3. Fáze likvidace	$E_{ls} = 287 [kg]$
4. Distribuce PHM	$E_d = \frac{300 \cdot 818 \cdot 3,7 \cdot 300\,000}{100 \cdot 29\,300} [g]$ $E_d = 92\,967 [g] = 93 [kg]$

Elektromobil

Výpočet emisí výfukových plynů při výrobě elektromobilu, jak již bylo zmíněno, je nutné rozložit na dvě části. Do první jsou započítávány běžné součásti vyjma akumulátoru a hodnota produkce CO₂ je přibližně stejná jako u vozidel se spalovacím motorem. V druhé

částí produkce elektromobilu jde především o náročnou výrobu baterie, kde je vliv na životní prostředí velmi vysoký a produkce oxidu uhličitého dosahuje až 22 kg/kg. V našem případě jde o akumulátor s kapacitou 30 kWh a hmotností 317 kg u nejnovější verze Nissanu Leaf.

Celková doba životního cyklu elektromobilu je pro potřeby tohoto výzkumu stanovena na 300 000 kilometrů, jako je tomu u vozidel se spalovacím motorem a je to zároveň běžná doba pro výměnu baterie v elektromobilu. Úvaha vychází z průměrné deklarované životnosti 3 000 nabíjecích cyklů, než kapacita baterie klesne na 80% původní kapacity, přičemž na jeden nabíjecí cyklus elektromobil ujede 100 km. Tab. 3.10 zobrazuje množství produkovaného množství CO₂ při výrobě elektřiny různými druhy elektráren. Tepelné elektrárny se podílí na celkové výrobě elektrické energie 47,3% a paroplynové elektrárny zhruba 2,2%. Oproti tepelným elektrárnám vynikají svou vysokou účinností, pohybující se okolo 56%. Dalšími zdroji pro výrobu elektrické energie jsou obnovitelné zdroje a štěpení jaderného paliva. Faktem je, že tyto zdroje neprodukují během výroby žádné emise CO₂, proto hodnota emisí nabude metodou váženého průměru 454 g CO₂ / kWh.

Tab. 3.10: Produkce CO₂ během výroby energie

Zdroj energie	Produkce CO₂ [g/kWh]
Tepelná elektrárna	330
Paroplynová elektrárna	200
Obnovitelné zdroje	-
Štěpení jaderného paliva	-

K likvidaci elektromobilu je potřeba přičíst likvidaci baterie, která je díky jejím chemickým částem ekologicky náročnější a vyprodukuje až 312 kg CO₂.

Nutno též podotknout, že v případě elektromobilů není v práci zahrnuta případná distribuce elektrické energie ze zahraničí a počítá se s případem její produkce v České republice.

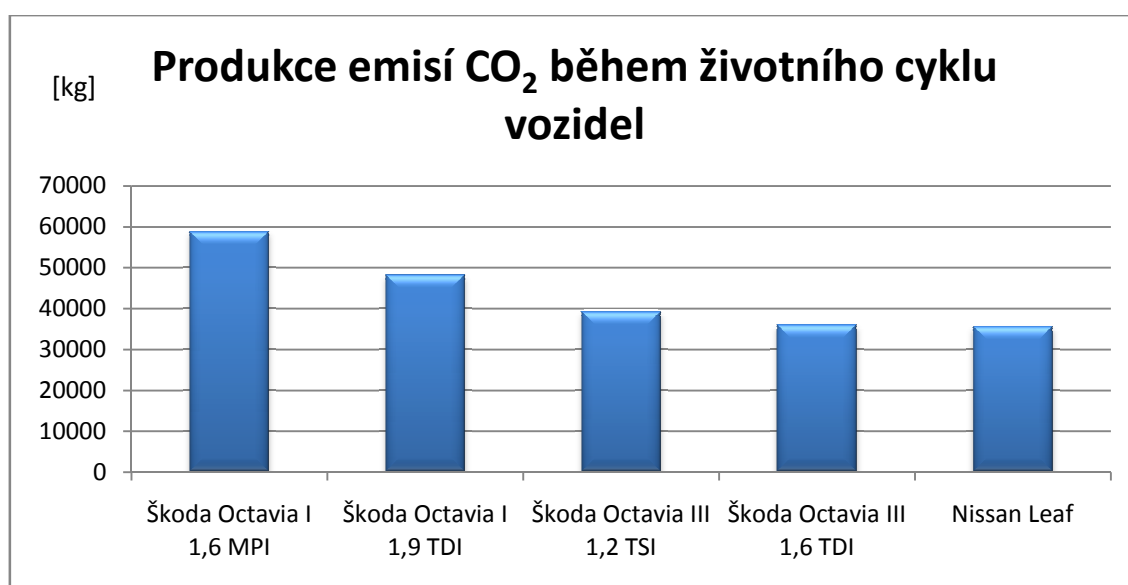
Tab. 3.11: Výpočty emisí Nissanu Leaf

	Nissan Leaf
Vstupní data	$m_e = 1535 [kg]$ $P = 5 [kg/kg]$ $m_a = 317 [kg]$ $P_a = 22 [kg/kg]$ $\eta_t = 0,35$ $\eta_p = 0,56$ $E_{pe3} = 0 [\frac{g}{kWh}]$ $w_1 = 47,3 [\%]$ $w_2 = 2,2 [\%]$ $w_2 = 50,5 [\%]$
1. Fáze výroby	$E_{ve} = (1535 - 317) \cdot 5 + 317 \cdot 22 [kg]$ $E_{ve} = 13064 [kg]$
2. Fáze provozu	$E_{pe1} = \frac{330}{0,35} [\frac{g}{kWh}]$ $E_{pe1} \doteq 943 [\frac{g}{kWh}]$ $E_{pe2} = \frac{200}{0,56} [\frac{g}{kWh}]$ $E_{pe2} \doteq 357 [\frac{g}{kWh}]$ $E_{vp} = \frac{943 \cdot 47,3 + 357 \cdot 2,2 + 0 \cdot 50,5}{47,3 \cdot 2,2 \cdot 50,5} [\frac{g}{km}]$ $E_{pe} = 454 [\frac{g}{km}]$ $E_{pe} = \frac{454 \cdot 16}{100} [\frac{g}{km}]$ $E_{pe} \doteq 73 [\frac{g}{km}]$ $E_{pec} = 73 \cdot 300\,000 [g]$ $E_{pec} = 21\,900\,000 [g] = 21\,900 [kg]$
3. Fáze likvidace	$E_{le} = 287 + 312 [kg]$ $E_{le} = 599 [kg]$

3.2.5 Porovnání výsledků jednotlivých etap životního cyklu vozidel

Tab. 3.12: Porovnání výsledků všech vozidel v jednotlivých fázích životního cyklu vozidel

Produkce CO ₂ v jednotlivých fázích životního cyklu vozidel	Škoda Octavia I 1,6 MPI	Škoda Octavia I 1,9 TDI	Škoda Octavia III 1,2 TSI	Škoda Octavia III 1,6 TDI	Nissan Leaf
Výroba [kg]	6 400	6 350	5 750	6 150	13 064
Provoz [kg]	51 900	41 400	33 000	29 400	21 900
Likvidace [kg]	287	287	287	287	599
Distribuce PHM [kg]	181	128	118	93	-
Celkem [kg]	58 768	48 165	39 155	35 930	35 563



Graf 3.2: Grafické porovnání výsledků všech vozidel v jednotlivých fázích životního cyklu vozidel

Celková produkce oxidu uhličitého je u tří nejnovějších vozidel velice podobná. Jedná se o automobily Škoda Octavia III a elektromobil Nissan Leaf. Průměrnou produkcí tohoto plynu se elektromobil liší od dieselové octavie o pouhé 1 %, od benzínové však už o 10%. V porovnání s první generací Škody Octavie je to o 65% s benzínovou verzí a o 35% s dieselovou variantou. Takovéto hodnoty již provozovatele vozidla či potenciálního kupce vede k hlubšímu zamýšlení. Z výsledků této analýzy vyplývá, že je velkým trendem automobilového průmyslu snižovat produkci emisí benzínových a naftových vozidel v kategorii nižší střední třídy, ale zajistě i kategoriích ostatních typů vozidel.

Tento závěr však není možné brát za rezolutní, protože celý výpočet je postaven na zástupných modelech, nikoliv na přesných datech exaktně odpovídajících skutečnosti.

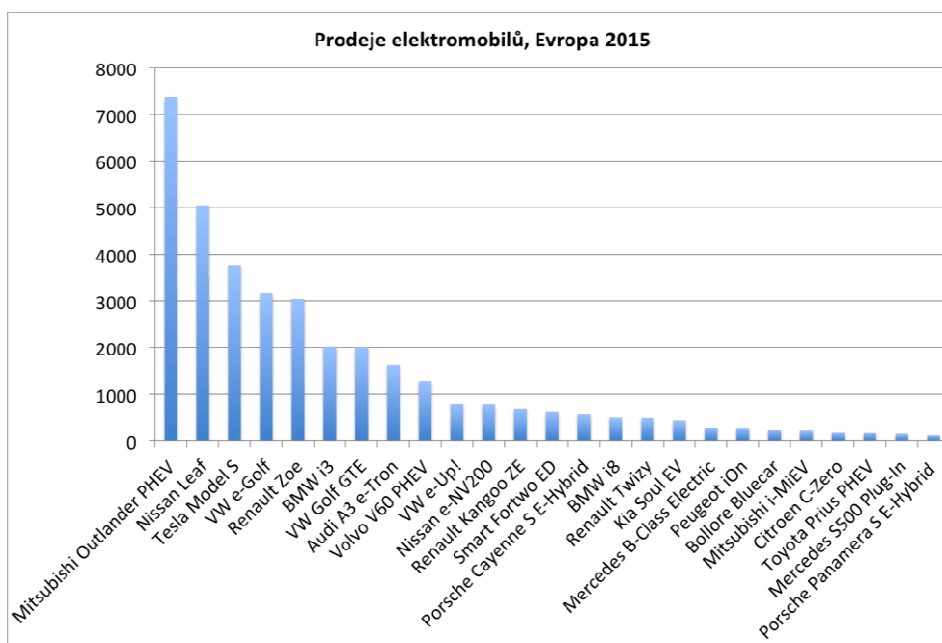
Na základě této analýzy nelze tedy jednoznačně říci, zda je elektromobil opravdu ekologicky více zatěžující než benzínový či dieselový automobil.

Do výpočtů nebyla zahrnuta elektřina z importu, která tvoří zhruba 1/7 veškeré roční spotřeby v České republice, a protože tato elektřina pochází většinou z uhelných elektráren, je tedy možné se domnívat, že po jejím započtení by elektromobil dopadl mnohem hůře.

3.3 Elektromobilita v České republice a porovnání s evropskými státy

V České republice elektromobily tvoří jen malý zlomek z celkového počtu registrovaných vozidel, přestože v dnešní době počet výrobců, kteří je nabízejí, je relativně vysoký. Podle dat Ministerstva dopravy ČR bylo v České republice k 1. lednu 2014 registrováno celkem 1 768 elektrovozidel, přičemž tento počet zahrnuje veškerá vozidla, tedy i motocykly a podíl osobních automobilů tvoří jen 13 procent z uvedeného počtu. To je v porovnání s ostatními státy Evropské unie velmi málo.

V porovnání s Evropou je Česká republika v elektromobilismu začátečníkem. Podíl elektromobilů na celkových prodejkách má jednoznačně nejvyšší Norsko s 13,7 procenta. Česko je s 0,3 procenta pod průměrem Evropské unie, který je 0,76 procenta. Růst registrací osobních aut s elektrickým pohonem zaznamenaly všechny země s výjimkou Nizozemska, které ale o rok dříve vykazalo absolutní rekord v jejich prodejnosti. Skutečně významný růst přes 11 000 vozidel byl v roce 2014 jen v Norsku a Velké Británii.



Graf 3.3: Prodej elektromobilů v Evropě v roce 2015[50]

Jedním z největších problémů existence elektromobilů v České republice je jejich relativně vysoká pořizovací cena a s ní související fakt, že v rámci České republiky není potencionální zákazník nijak motivován k nákupu elektromobilu ze strany státu. Ve velké části zemí Evropské unie je tomu právě opačně, například ve Velké Británii je každý zájemce o elektromobil motivován nemalou částkou 5 000 liber, ve Francii částka činí 5 000 eur, v Rakousku 2 751 eur a Rumunsku 3 700 eur. V Dánsku jsou provozovatelé elektromobilu zbaveni povinnosti platit silniční daň, což dělá úsporu více než 5.000 eur během 4 let provozu u soukromého vlastníka a více než 19 000 eur pro elektromobil využívaný firmou. Prodej elektromobilů v Dánsku tím pádem v posledních dvou letech stoupl z 1 658 na 5 650 kusů za rok. Další zemí, s jedním z největších evropských trhů s elektromobily, je Norsko. Zde se totiž nemusí odvádět žádné daně, které dělají téměř polovinu z každého zakoupeného vozidla. V Norsku se během roku 2012 prodalo 3 950 elektromobilů, v roce 2013 tento prodej stoupl až na 7 882 čistě elektrických vozidel a v současné době zde jezdí více než 13 000 elektromobilů. V poslední době je možné též i v Německu obdržet dotace na nákup elektromobilu.

Důvodem pro menší oblíbenost elektromobilů na našem území je fakt, že Česká republika nijak výrazně tento trend nepodporuje. Jediným subjektem, který je motivován k nákupu elektromobilu, je právnická osoba, která v případě zakoupení elektromobilu získá výhodu v podobě oproštění od silniční daně. Avšak tato skutečnost může v případě osobního vozidla představovat úsporu maximálně 5 000 Kč za kalendářní rok, u nákladního vozidla pak až 50 000 Kč. Vzhledem k vysoké pořizovací ceně elektromobilu ale nemůže ve většině případů tato skutečnost nijak výrazně ovlivnit množství prodaných elektromobilů v České republice. Doposud jediný způsob, jak získat finanční dotaci na nákup elektromobilů, je Evropská unie, avšak výsledky tohoto snažení jsou nejisté.

Dalším problémem týkající se elektromobilismu v České republice je skutečnost, že infrastruktura dobíjecích stanic v České republice je značně omezená. Současně je zde asi 80 profesionálních dobíjecích stanic. Tento fakt vede zákazníka k oprávněným obavám o využitelnosti elektrického vozidla. Do roku 2020 by však díky dotacím Evropské unie mělo dojít k vybudování rychlodobíjecích stanic na území celé Evropy, v České republice by to mělo být až 13 000 stanic. V současné době se zde na území nachází 6551 čerpacích stanic.

Podle studie zpracované poradenskou společností Roland Berger stojí za malým rozšířením elektromobilů i negativní mediální obraz, kdy jsou v souvislosti s elektromobily zmiňována témata týkající se dlouhodobé ekologické stopy baterií, omezeného dojezdu

či bezpečnosti. Řada potenciálních zájemců o koupi elektromobilu může mít tedy nepodložené obavy, např. kvůli výdrži baterií či spotřebě energie. Rozsáhlejšímu rozšíření také nepomáhá fakt, že čeští zákazníci mají všeobecně velmi omezenou citlivost k tématu emisí CO₂ [51].

3.3.1 Budoucnost elektromobility v České republice

Česká republika je v porovnání s ostatními státy Evropy, kde jsou běžné finanční i nefinanční motivace při pořízení elektromobilu, trochu outsider. Rozvoj elektromobility v Česku bude v nastávajících letech záviset především na ekonomické situaci státu. Jedině státní dotace, zvýhodnění v podobě povolení vjezdu do center měst, parkování zdarma či úlevy na daních by mohly přimět občany a firmy k pořízení elektromobilu, neboť nejlevnější elektromobily nižších tříd atakují ceny vozů střední třídy. Avšak na masivnější zastoupení elektromobilů na českých silnicích si pravděpodobně budeme muset ještě pár desítek let počkat, dokud se jejich ceny nepřiblíží cenám běžného automobilu stejné třídy. Dle některých odhadů by se cena elektromobilů měla v příštích 10 až 20 letech značně snížit, přičemž nejoptimističtější odhady spekulují o poklesu ceny až o 50 %. V tomto případě by se pak nákup elektromobilu za nízkou pořizovací cenu mohl stát lukrativní záležitostí pro širokou veřejnost, i zákazníka s průměrným příjmem. V současné době roste počet koupí elektromobilu v České republice velmi pozvolným tempem, řádově se dá hovořit o tom, že počet se zvyšuje po jednotkách kusu, což je oproti ostatním členským zemím Unie velmi pomalé tempo.

K výraznému rozšíření vozidel poháněných elektrickou energií v Česku dojde podle studie zpracované poradenskou společností Roland Berger až po roce 2020, a to i bez výraznější podpory státu. V Česku by se pak v roce 2020 mělo prodat až 7 tisíc elektromobilů a plug-in hybridů, což představuje kolem tří procent celkového trhu. Zároveň to ale znamená zpoždění o několik let v porovnání se západní Evropou, kde je tento podíl očekáván na úrovni 5 až 10 procent. Z dlouhodobého pohledu dosáhnou v budoucnosti elektromobily zhruba dvacetiprocentního podílu na prodeji nových vozidel. Mělo by se jednat zhruba o 50 tisíc prodaných vozidel za kalendářní rok. V roce 2030 by tak podle studie mělo v Česku jezdit přibližně čtvrt milionu elektrických vozidel [51].

ZÁVĚR

Diplomová práce je koncipována do tří částí. První část se zabývá analýzou současného stavu. Je zaměřena na charakteristiku jednotlivých druhů automobilových paliv - na paliva klasická, jako je benzín a nafta, na paliva alternativní, mezi které patří například LPG, CNG či vodík, tak i vozidla, která využívají ke svému pohonu alternativní zdroje energie, tedy elektrický pohon. Současně se tato část diplomové práce zaměřuje na emise jednotlivých druhů paliv, které jsou vypouštěny do ovzduší a jejich vliv na životní prostředí.

Ve druhé části byly na základě analýzy současného stavu v dané problematice stanoveny cíle a metody této práce.

Třetí, praktická část diplomové práce, si klade za cíl zanalyzovat alternativní pohony automobilů z pohledu vlivu na životní prostředí. Pro jasnou představu v praxi a vzájemné porovnání byli zvoleni zástupci benzínových a dieselových automobilů a elektromobil. Vozidla byla porovnána v průběhu celého jejich životního cyklu v jednotlivých fázích – ve fázi výroby, vlastním provozu automobilu, jeho likvidaci a distribuci pohonných hmot k čerpacím stanicím, tedy vliv cisternové dopravy na znečišťování životního prostředí. Na základě získaných poznatků byla stanovena metodika výpočtu produkce oxidu uhličitého v jednotlivých fázích životního cyklu všech zvolených vozidel a následně byly tyto výsledky porovnány.

Pokud se praktická část řídí pouze stanovenou koncepcí, tj. konkrétními typy vozidel a zvolenými vstupními daty, uvedené v této diplomové práci, je až překvapující, že produkce oxidu uhličitého u elektromobilu se liší o pouhé 1% od automobilu na dieselový pohon. Tento výsledný rozdíl se však může diferencovat ve srovnání s ostatními státy Evropy z důvodu jiného procentuelního zastoupení typů elektráren ve zvolené distribuční síti.

Elektromobil během svého provozu neprodukuje žádné emise škodlivých plynů. Veřejnosti je však opomíjen fakt, že se na produkci oxidu uhličitého podílí během výroby elektrické energie, která je nezbytná pro jeho vlastní provoz, tzv. nepřímé emise. V ostatních fázích životního cyklu vozidla se podílí na produkci tohoto plynu stejnou nebo ještě větší měrou než automobily se spalovacím motorem. To je způsobené akumulátorem, který napájí elektromotor elektrickou energií a ve fázi výroby a likvidace zatěžuje životní prostředí více než konvenční automobily. Na druhou stranu je však nutné se zamyslet nad otázkou zásob ropy, které jsou značně omezené a podle dostupných zdrojů budou postačovat pouze do roku 2060. Je tedy vskutku nezbytné se otázkou vozidel užívajících alternativní zdroje energie zabývat.

LITERATURA

- [1] PRAŽÁK, Jan. Motorová paliva – historie a současnost [online]. In: s. 9 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z:
http://www.crc.cz/data/publications/motorova_paliva_historie_soucasnost.pdf
- [2] MATĚJOVSKÝ, Vladimír. Automobilová paliva. Grada Publishing, spol. s r. o., 2004. ISBN 80-247-0350-5
- [3] TRYNER, Miroslav. Nafta či benzín [online]. 2013 [cit. 2016-05-19]. Dostupné z:
<http://zpravy.e15.cz/byznys/doprava-a-logistika/nafta-ci-benzin-diesel-ma-v-cesku-navrch-zamichat-karty-muze-ekonorma-1040245>
- [4] Automobilový benzín. <http://www.cappo.cz/> [online]. 2012 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z:
<http://www.cappo.cz/res/data/000067.pdf>
- [5] Automobilové benzíny [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z:
<http://www.ceskarafinerska.cz/cz/automobilove-benziny.aspx>
- [6] Motorová nafta [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.crc.cz/cz/motorova-nafta.aspx>
- [7] BENZÍN VERSUS DIESEL [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.free-riders.cz/page26.html>
- [8] Kvalitativní požadavky na LPG [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z:
<http://www.petroleum.cz/vyroby/lpg-kvalita.aspx>
- [9] [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://seznamlpg.cz/>
- [10] Zkapalněný ropný plyn (LPG) [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z:
http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=zkapalneny_ropny_plyn_%28lpg%29&site=doprava
- [11] ŘEHÁK, Martin. Využití CNG [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/3324813-Vyuziti-cng-pro-vysokozdvizne-voziky-mgr-martin-rehak.html>
- [12] Interaktivní mapa CNG stanic [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.cng.cz/cs/interaktivni-mapa/>
- [13] Zemní plyn [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.zemniplyn.cz/plyn/>
- [14] Alkoholy - v motorových palivech [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z:
<http://www.petroleum.cz/slovník.aspx?pid=41>
- [15] Methanol. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Methanol>
- [16] Alternativní paliva – etanol E85 [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://point-s.cz/novinky/alternativni-paliva-etanol-e85/>
- [17] [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z:
<https://www.google.com/maps/d/viewer?msa=0&mid=zgeM0YBQhaiw.k1NnVHmQmG7U>
- [18] KANOVSKÁ, Irena a Štefan KANOVSKÝ. CO MOŽNÁ NEVÍTE O ETHANOLU [online]. 2012 [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.motorexpert.cz/clanek011.htm>
- [19] MTBE [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/slovník.aspx?pid=134>
- [20] LAURIN, Josef. Ětery získávané z biomasy jako alternativní automobilová paliva [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/etry-ziskavane-z-biomasy-jako-alternativni-automobilova-paliva>
- [21] [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/1915312/>
- [22] *Vodík / palivové články* [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.cng.cz/cs/alternativni-pohonne-hmoty-123/>

- [23] DVORÁK, František. *Toyota veze do Evropy auto na vodík* [online]. 2014 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: http://auto.idnes.cz/toyota-mirai-c9x-/ak_aktual.aspx?c=A141118_230048_ak_aktual_fdv
- [24] *Vodík / palivové články* [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.cng.cz/cs/alternativni-pohonne-hmoty-123/>
- [25] *Amoniak* [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: www.eprojekt.gjs.cz/Services/Downloader.ashx?id=13023
- [26] *Použití bioplynu v dopravě* [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.bioplynovestanice.cz/technologie-bps/pouziti-bioplynu-v-doprave/>
- [27] *Bioplynové stanice* [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.power-energo.cz/produkty/bioplynovestanice.html>
- [28] *Použití bioplynu v dopravě* [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.bioplynovestanice.cz/technologie-bps/pouziti-bioplynu-v-doprave/>
- [29] [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: http://www.elektromobily.org/wiki/Mapy_nab%C3%ADjec%C3%ADch_stanic
- [30] *Nissan urychluje rozvoj sítě rychlodobíjecích stanic* [online]. 2011 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/nissan-urychluje-rozvoj-evropske-site-rychlodobijecich-stanic>
- [32] *Baterie v elektromobilech* [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://elektromobil.vseznamu.cz/baterie-v-elektromobilech>
- [33] *Elektromobilita BMW* [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: http://www.automobilrevue.cz/rubriky/automobily/historie/bmw-efficient-dynamics-1970-2015-elektromobilita_43745.html
- [34] [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: http://auto.idnes.cz/foto.aspx?foto1=FDV1a99bf_IMG_3772.JPG
- [35] HORČÍK, Jan. *Toyota zůstane u NiMH baterií* [online]. 2010 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/clanky/toyota-zustane-u-nimh-baterii>
- [36] *Elektromobily Mitsubishi* [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.electroauto.cz/mitsubishi.html>
- [37] [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: http://www.alibaba.com/product-detail/Electromobile-rechargeable-battery-24V-100Ah-Lifepo4_1972317761/showimage.html
- [38] *Uhlíkové baterie: Přinesou revoluci pro elektromobily?* [online]. 2014 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.stoplusjednicka.cz/uhlikove-baterie-prinesou-revoluci-pro-elektromobily>
- [39] *Hliníkovo-vzduchová baterie: dojezd elektromobilu až 1600 km* [online]. 2013 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/hlinikovo-vzduchova-baterie-dojezd-elektromobilu-az-1600-km>
- [40] *Oxid uhelnatý CO* [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.cistenebe.cz/stav-ovzdusi-na-ostrovsku/slovnicek-pojmu/12-oxid-uhelnaty-co?gclid=Cj0KEQIAxMG1BRDFmu3P3qjwmeMBEiQAEzSDLhslMFquw6i6Ckxz09gl-i4KBSqve6-I5254ED-HEK1aAuE08P8HAQ>
- [41] *Oxid uhličitý CO₂* [online]. 2011 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/oxid-uhlicity-co2/>
- [42] CHOCHOL, Jan. *Analýza distribuce pohonných hmot v ČR* [online]. 2013 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: https://www.vse.cz/vskp/36420_analyza_distribuce_pohonnych_hmot_v%C2%A0cr
- [43] [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.cerpaci-stanice.eu/benzina>
- [44] [online]. [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://www.skoda-auto.cz/models/nova-octavia/bezpecnost>

- [45] MELOUNEK, Michal. Koncepce elektromobilu [online]. 2010 [cit. 2016-05-21]. Bakalářská práce. VUT Brno. Vedoucí práce Ing. Petr Porteš, Dr.
- [46] [online]. [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://jalopnik.com/a-review-of-the-gm-ev1-or-at-least-what-i-can-remember-1751903085>
- [47] HORČÍK, Jan. Elektromobily v kolech: nejslibnější technologie [online]. 2012 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/elektromotory-v-kolech-nejslibnejsi-technologie-roku-2013>
- [48] KONEČNÝ, Lukáš. Vliv elektromobilů na životní prostředí z hlediska produkce CO2 [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: http://www.lukaskonecny.cz/wp-content/uploads/2015/11/Vliv_elektromobilu.pdf
- [49] Spotřeba pohonných hmot loni vzrostla, i kvůli poklesu cen [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.denik.cz/ekonomika/spotreba-pohonnych-hmot-loni-vzrostla-i-kvuli-poklesu-cen-20150311.html>
- [50] VOŘÍŠEK, Martin. Prodeje elektromobilů v Evropě neustále rostou [online]. 2015 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/elektromobilita/prodeje-elektromobilu-v-evrope-neustale-rostou/>
- [51] BLAHÁČEK, Marek. Jak na masovější rozšíření elektromobilů [online]. 2014 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.tipcars.com/magazin-jak-na-masovejsi-rozsireni-elektromobilu-6905.html>

SEZNAM ZKRATEK

AGM	z angl. Absorbed Glass Mat, typ olověného akumulátoru, ve kterém je elektrolyt (kyselina sírová o hustotě 1,3 g/cm ³) nasáknut do netkané textilie ze skelného vlákna
CNG	Compressed Natural Gas
DME	dimethyléter
ETBE	ethyltercbutyléter
IKL	zkratka podle plánované trasy Ingolstadt - Kralupy nad Vltavou - Litvínov
Li-Ion	lithium-ion akumulátor
LNG	Liquefied Natural Gas
LPG	Liquefied Petroleum Gas
MEŘO	methylester řepkového oleje
MND	Moravské naftové doly
MTBE	methyltercbutyléter
NiCd	nikl-kadmiový akumulátor
NiMH	nikl-metal hydridový akumulátor
PHM	pohonné hmoty

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 LPG stanice v ČR [9].....	- 16 -
Obr. 1.2 Plnicí stanice CNG [12].....	- 19 -
Obr. 1.3 Zásoby zemního plynu [13]	- 20 -
Obr. 1.4 Čerpací stanice Etanolu 85 v ČR [17].....	- 22 -
Obr. 1.5 Autobus na stlačený vodík, Mnichov [22].....	- 26 -
Obr. 1.6 Toyota Mirai, automobil, který využívá vodíkové palivové články Mnichov [23]	- 26 -
Obr. 1.7 Proces výroby a zpracování biomethanu [27].....	- 30 -
Obr. 1.8 Síť dobíjecích stanic elektromobilů [29]	- 33 -
Obr. 1.9 Elektromobil [30]	- 33 -
Obr. 1.10 Těžké olovené akumulátory pod kapotou prvního elektromobilu BMW 1602 [33]	- 35 -
Obr. 1.11 Automobil s nikel-kadmiovým akumulátorem [34]	- 36 -
Obr. 1.12 Nikl-metal hydridový akumulátor [35].....	- 37 -
Obr. 1.13 Li-Ion články vyvinuté pro Mitsubishi firmou Matsushita Electric (Panasonic) [36]	- 39 -
Obr. 1.14 Jeden z možných vzhledů LiFePO ₄ baterie [37]	- 40 -
Obr. 1.15 Síť čerpacích stanic Benzina, obchodní společnost s nejrozsáhlejší sítí čerpacích stanic v ČR [43] -	44 -
Obr. 3.1 Konstrukce automobilu [44]	- 47 -
Obr. 3.2 Konstrukce elektromobilu [46].....	- 48 -
Obr. 3.3 In-wheel motor [47].....	- 48 -
Obr. 3.4 Fáze životního cyklu automobilu.....	- 53 -
Obr. 3.5 Fáze životního cyklu elektromobilu	- 53 -

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1 Vybrané kvalitativní parametry bezolovnatého automobilového benzínu [4]	- 12 -
Tab. 1.2 Vybrané kvalitativní parametry motorové nafty (mírné klima) [4]	- 15 -
Tab. 1.3 Technické požadavky na LPG pro pohon [8]	- 17 -
Tab. 1.4 Technické parametry zemního plynu [11]	- 18 -
Tab. 1.5: Charakteristiky alkoholů [14].....	- 21 -
Tab. 1.6: Vlastnosti MTBE a ETBE [20].....	- 24 -
Tab. 1.7: Parametry směsi MEŘO s motorovou naftou [21]	- 25 -
Tab. 1.8: Srovnání energetických vstupů a výstupů pěstování a zpracování jednotlivých druhů biopaliv [26]-	29 -
Tab. 1.9: Výhody a nevýhody olověných akumulátorů [32].....	- 35 -
Tab. 1.10: Výhody a nevýhody NiCd akumulátorů [32].....	- 37 -
Tab. 1.11: Výhody a nevýhody NiMH akumulátorů [32].....	- 38 -
Tab. 1.12: Výhody a nevýhody Li-Ion akumulátorů [32]	- 39 -
Tab. 1.13: Výhody a nevýhody lithium-polymerových akumulátorů [32]	- 40 -
Tab. 3.1 Vybrané automobily	- 50 -
Tab. 3.2: Základní vlastnosti vybraných automobilů.....	- 51 -
Tab. 3.3: Parametry Nissanu Leaf.....	- 52 -
Tab. 3.4: Spotřeba pohonných hmot v České republice [49]	- 60 -
Tab. 3.5: Produkce CO ₂ při zvolení různých vzdáleností k čerpacím stanicím při distribuci PHM	- 60 -
Tab. 3.6: Výpočty emisí Škody Octavie 1,6 MPI	- 61 -
Tab. 3.7: Výpočty emisí Škody Octavie 1,9 TDI.....	- 61 -
Tab. 3.8: Výpočty emisí Škody Octavie 1,2 TSI	- 62 -
Tab. 3.9: Výpočty emisí Škody Octavie 1,6 TDI.....	- 62 -
Tab. 3.10: Produkce CO ₂ během výroby energie	- 63 -
Tab. 3.11: Výpočty emisí Nissanu Leaf.....	- 64 -
Tab. 3.12: Porovnání výsledků všech vozidel v jednotlivých fázích životního cyklu vozidel.....	- 65 -

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1.1: Zastoupení jednotlivých druhů pohonů v ČR, 2013 [3]	- 11 -
Graf 1.2 Porovnání emisí výfukových plynů ze spalování benzínu, nafty a LPG (%) [10].....	- 17 -
Graf 3.1 Vývoj produkce výfukových plynů v dopravě v letech 1993-2010 [48]	- 54 -
Graf 3.2: Grafické porovnání výsledků všech vozidel v jednotlivých fázích životního cyklu vozidel.....	- 65 -
Graf 3.3: Prodej elektromobilů v Evropě v roce 2015[50]	- 66 -