

**Univerzita Pardubice**  
**Fakulta ekonomicko-správní**

**Analýza přínosu elektromobility ke zlepšení kvality ovzduší**

**Tomáš Goliáš**

**Bakalářská práce 2019**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Goliáš**  
Osobní číslo: **E15129**  
Studijní program: **B6202 Hospodářská politika a správa**  
Studijní obor: **Veřejná ekonomika a správa: Ekonomika pro kriminalisty a celníky**  
Název tématu: **Analýza přínosu elektromobility ke zlepšení kvality ovzduší**  
Zadávací katedra: **Ústav správních a sociálních věd**

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

Cílem práce je na základě komparativní analýzy zhodnotit rozdíly v produkovaných emisích z dopravy v případě, že by byl stávající vozový park tvořen výlučně elektromobily, případně vozy na vodíkový pohon. Práce dále zahrne v přiměřené míře i ekonomické hledisko a zhodnocení dosažených environmentálních efektů v jeho kontextu.

Osnova:

- Rešerše stávajícího stavu zahrnující rovněž co největší část řetězce LCA pro výrobu paliv a elektrické energie
- Výběr vhodných indikátorů a metod
- Diskuse výsledků

Rozsah grafických prací: —  
Rozsah pracovní zprávy: 30 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

DOLEJŠ, Jan. Jsou dnešní elektromobily ekologické?. CHYTRÁ AUTA [online]. 2017 [cit. 2018-06-19]. Dostupné z:

<https://www.chytraauta.cz/jsou-elektromobily-ekologicke-201701/>

FIGENBAUM, Erik, Terje ASSUM a Marika KOLBENSTVEDT.

Electromobility in Norway: Experiences and Opportunities. Elsevier. 2015, (50), 29-38.

ŠVARC, Michal. Je běžný automobil ekologičtější než elektromobil?. EcoFuture [online]. 2017 [cit. 2018-06-19]. Dostupné z: <https://www.ecofuture.cz/clanek/je-bezny-automobil-ekologictejsi-nez-elektromobil>

VANCE, Ashlee. Elon Musk: Tesla, SpaceX a hledání fantastické budoucnosti. Přeložil Eva NEVRLÁ. V Brně: Jan Melvil Publishing, 2015. Hvězdy (Jan Melvil). ISBN 978-80-87270-73-8.

VEGR, Jaromír. Elektromobily - historie a současnost. PRO-ENERGY. 2008, (3/2008), 44-50.

Vedoucí bakalářské práce:

  
Ing. Robert Baťa, Ph.D.

Ústav správních a sociálních věd

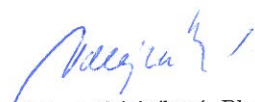
Datum zadání bakalářské práce: 3. září 2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2019

  
doc. Ing. Romana Provozničková, Ph.D.

děkanka

L.S.

  
doc. Ing. Jolana Volejníková, Ph.D.

vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 3. září 2018

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci 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.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 11. 4. 2018

Tomáš Goliáš

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Robertu Baťovi, Ph.D. za jeho odbornou pomoc, připomínky a cenné rady, které mi pomohly se zpracováním bakalářské práce. Dále bych chtěl vyjádřit poděkování rodině, která za mnou stála po celou dobu mého studia.

## **ANOTACE**

Práce se zabývá vlivy elektromobilů na životní prostředí. Cílem bakalářské práce je porovnání produkce teoretických výfukových plynů elektromobilů s výfukovými plyny klasických automobilů se spalovacím motorem. Nejprve jsou vymezeny výfukové plyny a hlavní zdroje znečištění, následně je řešena technologie a recyklace elektromobilů. Dále jsou pak prezentovány výsledky provedené srovnávací analýzy mezi elektromobily a klasickými automobily v případě tří vybraných plynů.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Elektromobilita, životní prostředí, elektromobily, výfukové plyny, vzduch, znečištění, recyklace

## **TITLE**

Analysis of the benefits of electromobility to improve air quality

## **ANNOTATION**

This bachelor thesis is focused on environmental impacts of electric vehicles. The goal of this work is to compare production of theoretical exhaust gases of electric vehicles and exhaust gases of conventional vehicles with internal combustion engine. As first are defined exhaust gases and the main sources of pollution, and after is solved technology and recycling of electric vehicles. Next is the presentation of results of performed analysis between electric vehicles and conventional vehicles in the case of the three selected gases.

## **KEYWORDS**

Electromobility, environment, electric vehicles, exhaust gases, air, pollution, recycling

# Obsah

<b>ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
<b>1 VÝFUKOVÉ PLYNY .....</b>	<b>12</b>
1.1 CO .....	12
1.2 CO <sub>2</sub> .....	12
1.3 NO <sub>x</sub> .....	13
1.4 SO <sub>2</sub> .....	13
1.5 HC .....	13
1.6 PM.....	13
<b>2 ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ.....</b>	<b>15</b>
2.1 Lokální topeniště v domácnostech.....	15
2.2 Veřejná a průmyslová energetika a výroba tepla .....	15
2.3 Doprava.....	16
<b>3 AKTUÁLNÍ SITUACE V DOPRAVĚ V ČR .....</b>	<b>17</b>
3.1 Výkony silniční dopravy v ČR .....	17
3.2 Spotřeba energie a paliv v dopravě .....	18
3.3 Emise z dopravy.....	20
<b>4 EMISNÍ NORMY EURO .....</b>	<b>23</b>
<b>5 TECHNOLOGIE ELEKTROMOBILŮ .....</b>	<b>26</b>
5.1 Argumenty pro pořízení elektromobilu .....	27
5.2 Nevýhody pořízení elektromobilu .....	28
<b>6 RECYKLACE BATERIÍ ELEKTROMOBILŮ.....</b>	<b>29</b>
6.1 Hydrometalurgie .....	29
6.2 Pyrometalurgie.....	30
6.3 Další využití vysloužilých baterií .....	30
<b>7 SROVNÁNÍ PRODUKCE CO<sub>2</sub> S VOZY NA FOSILNÍ PALIVA.....</b>	<b>32</b>
7.1 Malé vozy .....	33

7.2	Kompaktní vozy.....	33
7.3	Vyšší střední třída .....	34
7.4	Zjištění .....	35
<b>8</b>	<b>EMISE CO A NO<sub>x</sub> U ELEKTROMOBILŮ V SOUČASNÉM ČESKÉM ELEKTRÁRENSKÉM MIXU .....</b>	<b>36</b>
8.1	Produkce NO <sub>x</sub> při odběru 1 kWh ze současného elektrárenského mixu .....	37
8.2	Produkce CO při odběru 1 kWh ze současného elektrárenského mixu .....	38
8.3	BMW i3 94ah.....	39
8.4	Pomocné výpočty.....	39
8.5	Výpočty produkce NO <sub>x</sub> a CO z provozu BMW i3 94ah.....	41
<b>9</b>	<b>ZMĚNA EMISÍ VYBRANÝCH VÝFUKOVÝCH PLYNŮ Z DOPRAVY NA ÚZEMÍ ČR PŘI PŘECHODU NA ELEKTROMOBILITU.....</b>	<b>44</b>
9.1	PRŮMĚRNÝ ROČNÍ KILOMETROVÝ NÁJEZD AUTOMOBILU V ČR .	44
9.2	CELKOVÉ EMISE CO A NO <sub>x</sub> BENZÍNOVÝCH AUTOMOBILŮ V ČR..	45
9.3	CELKOVÉ EMISE CO A NO <sub>x</sub> NAFTOVÝCH AUTOMOBILŮ V ČR.....	46
9.4	CELKOVÉ EMISE ELEKTROMOBILŮ V ČR.....	48
9.5	SROVNÁNÍ PRODUKCE CO A NO <sub>x</sub> VOZY NA FOSILNÍ PALIVA A ELEKTROMOBILŮ .....	49
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>51</b>
	<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>53</b>

## SEZNAM TABULEK

<b>Tabulka 1:</b> Počet vozidel podle emisních norem EURO za rok 2014 .....	24
<b>Tabulka 2:</b> Limity emisních norem EURO .....	24

## SEZNAM ILUSTRACÍ

<b>Obrázek 1:</b> Vývoj přepravních výkonů osobní dopravy 2000-2016.....	18
<b>Obrázek 2:</b> Spotřeba energie dle druhu dopravy.....	19
<b>Obrázek 3:</b> Spotřeba energie dle paliv .....	20
<b>Obrázek 4:</b> Vývoj emise znečišťujících látek 2000-2016.....	21
<b>Obrázek 5:</b> Emise znečišťujících látek a skleníkových plynů dle druhů dopravy .....	22
<b>Obrázek 6:</b> Srovnání spalovacího motoru a elektromotoru .....	27
<b>Obrázek 7:</b> Velkokapacitní bateriové úložiště .....	31
<b>Obrázek 8:</b> Přesun znečištění z dopravy do energetiky .....	43

## Seznam zkratk a značek

ADAC	Allgemeiner deutscher Automobilclub (Všeobecný německý autoklub)
Ah	ampérhodina
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	benzen
CH <sub>2</sub> O	formaldehyd
CNG	stlačený zemní plyn
CO	oxid uhelnatý
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
HC	uhlovodíky
Hg	rtuť
kW	kilowatt
kWh	kilowatthodina
LCA	Life Cycle Assessment, posuzování životního cyklu
LPG	zkapalněný ropný plyn
NEDC	New European Driving Cycle
Nm	newtonmetr
NO <sub>x</sub>	oxidy dusíku
osbkm.	osobokilometr
Pb	olovo
PJ	petajoule
PM	pevné částice, těž prachové částice
PM <sub>2,5</sub>	jemný polétavý prach
PM <sub>10</sub>	polétavý prach
SO <sub>2</sub>	oxid siřičitý

VOC	těkavé organické látky
WLTP	Worldwide harmonised Light vehicles Test Procedure
ZTP	zvlášť těžké postižení

## ÚVOD

V posledních letech ve vzduchu stále častěji rezonuje otázka, v čem spočívá budoucnost přepravy osob i zboží. Tato otázka se dostává do popředí také z důvodu stále se zvyšujících politických tlaků k dosažení lepšího životního prostředí, což nutí výrobce automobilů neustále zlepšovat technologie vozů, ale protože se staly požadavky představitelů nadnárodních společností v poslední době již téměř prakticky nerealizovatelné, začíná se místo zlepšování klasických automobilů na fosilní paliva spíše nahrazovat jejich pohon environmentálně přijatelnějšími alternativami.

Jednou z možností je přechod na elektromobilitu. Důležitá témata, kterými se v této práci bude zabývat, jsou hlavní zdroje znečištění ovzduší v České republice, aktuální situace v dopravě v ČR, samotná technologie elektromobilů a výdaje na ochranu životního prostředí v ČR.

Přechod na elektromobily je v následujících letech nutný a neodvratitelný také z důvodu stále se ztenčujících světových zásob ropy. Různé zdroje uvádí různou dobu, po kterou nám toto nerostné bohatství vydrží, ovšem všem je v tuto chvíli jasné, že jednou tyto zásoby dojdou ať dříve nebo později a do té doby bychom měli vyřešit otázku, na jaký druh paliva poté přejdeme.

Hned v úvodu nutno podotknout, že hlavním hnacím vývojem elektromobilů je jejich dopad na životní prostředí, a proto jsou označovány za vozidla s nulovými emisemi neboli čistý provoz, tato práce poukazuje na fakt, že toto tvrzení je ve skutečnosti opravdu zavádějící a v extrémních případech může mít provoz elektromobilu horší dopady na životní prostředí než klasický automobil. To znamená, že pokud budeme chtít dosáhnout pokroku v kvalitě ovzduší nelze jenom přesunout emise plynů z jednoho zdroje, kterým je výfuk automobilu, do druhého, kterým je elektrárenský komín.

**Tato práce si klade za hlavní cíl porovnat dopady provozu elektromobilu na životní prostředí, konkrétně na ovzduší, s provozem vozu na klasická paliva, kterými jsou z většiny případů benzín nebo nafta.**

# 1 VÝFUKOVÉ PLYNY

Výfukové plyny, též výfukové exhalace, jsou směsicí chemických látek unikajících ze spalovacích zařízení, kterými mohou být např. spalovací motory automobilů, lodí, letadel, ale i turbíny elektráren. Paliva mohou být ropného nebo biologického původu, nejčastěji se pak jedná o benzín nebo naftu. Složení těchto plynů není závislé pouze na typu paliva, ale dále také na typu spalovacího zařízení a na skutečnosti, zda spalovací zařízení používá další komponenty ke snížení emisí, kterými mohou být například katalyzátory, filtry, pračky a další.

Výfukové exhalace se skládají převážně z oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ), oxidu uhelnatého ( $\text{CO}$ ), oxidu dusíku ( $\text{NO}_x$ ), oxidu siřičitého ( $\text{SO}_2$ ) a prachových částic ( $\text{PM}$ ), mohou však obsahovat i další látky jako formaldehyd ( $\text{CH}_2\text{O}$ ), olovo ( $\text{Pb}$ ), rtuť ( $\text{HG}$ ) nebo benzen ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ).

Většina těchto plynů nemá jenom negativní účinky na životní prostředí, ale zároveň i působí negativně na člověka, převážně pak na dýchací cesty (prachové částice), oběhovou soustavu (oxid uhelnatý) a velká část z nich je také karcinogenních (formaldehyd).

Na znečištění ovzduší se podílí vznikem smogu, přízemního ozonu a ty z nich, které jsou skleníkovými plyny, pak na změnách klimatu a především globálním oteplováním.

Provoz elektromobilu sám o sobě nevytváří žádné výfukové plyny, tudíž se označuje za tzv. čistý provoz.

## 1.1 CO

Oxid uhelnatý je bezbarvý toxický plyn. Je lehčí než vzduch, ale mísí se s ním.  $\text{CO}$  je bez chuti a zápachu, a proto ročně zemřou desítky lidí na jeho otravu. V těle zabraňuje přenos kyslíku z plic do tkání, tím že se naváže na hemoglobin až 300krát rychleji, a proto nezůstává dostatek prostoru pro přenos kyslíku. Vzniká nedokonalým spalováním uhlovodíků a organických látek. V atmosféře se naváže na molekuly kyslíku a rychle se mění na  $\text{CO}_2$ .

## 1.2 CO<sub>2</sub>

Oxid uhličitý je bezbarvý plyn bez chuti a zápachu, ovšem ve vysokých koncentracích má jemně nakyslou chuť. Jeho pevné skupenství se nazývá suchý led. Je těžší než vzduch a řadí se mezi skleníkové plyny. Zelené rostliny ho v procesu zvaném

fotosyntéza mění za pomoci světla a vody na kyslík. Je běžnou součástí zemské atmosféry ze zhruba 0,04 %, ovšem jeho koncentrace se mění v závislosti na lokálních vlivech, výšce nad povrchem a vlhkosti vzduchu. V půdě je jeho koncentrace 2krát větší a ve vodě až 50krát. Pokud je jeho koncentrace ve vzduchu větší než 0,5 % způsobuje bolest hlavy, koncentrace nad 5 % tlumí centrální nervovou soustavu a dýchání, při koncentraci 20 % nastává zhroucení a smrt.

### **1.3 NO<sub>x</sub>**

Mezi nejběžnější oxidy dusíku lze zařadit oxid dusnatý a oxid dusičitý. Dusík je prvek, který v přiměřeném množství pomáhá růstu rostlin, ovšem ve větších dávkách jim škodí a vyvolává větší náchylnost k vnějším vlivům, jakými mohou být plísňe a mráz. Oxidy dusíku se podílí na vzniku kyselých dešťů, přízemního ozónu a smogu. Oxid dusnatý se řadí mezi skleníkové plyny. Oxidy dusíku mohou nepříznivě působit na zdraví člověka pouze ve vyšších koncentracích, které se v atmosféře nenachází. Ovšem při vdechování vysokých dávek zhoršuje přenos kyslíku z plic do tkání a přispívá vzniku nádorových onemocnění. NO<sub>x</sub> vznikají při vysokých teplotách hoření a nadbytku kyslíku. Snížení spotřeby může vést k zvětšení produkce NO<sub>x</sub>, protože účinnější spalování vede k vyšším teplotám. Proto se do paliva přidávají aditiva.

### **1.4 SO<sub>2</sub>**

Oxid siřičitý je bezbarvý, toxický a štiplavě páchnoucí plyn. Napadá sliznice, plíce a při styku s pokožkou dochází k poleptání. Vzniká především spalováním síry. Dále vzniká při sopečné erupci, při které je schopný se dostat až do stratosféry, kde se podílí na vzniku aerosolu kyseliny sírové a zabraňuje průniku slunečního záření na povrch, čímž dochází na některých místech k ochlazení nebo oteplení povrchu. Snížením síry v palivu dochází ke snížení vzniku SO<sub>2</sub> v atmosféře.

### **1.5 HC**

Mezi HC neboli nespálené uhlovodíky patří alkany, alkeny, jedovaté aldehydy a další. Obsahují karcinogenní aromáty. Vznikají při spalování, ve kterém není dostatečný přísun kyslíku nebo je chudá směs. Na světle reagují s NO<sub>x</sub> a vytvářejí látky dráždicí sliznice. HC se dále podílí na vzniku přízemního ozónu.

### **1.6 PM**

Pevné nebo prachové částice jsou drobné částice pevného skupenství nacházející se ve vzduchu. Jejich vyšší koncentrace mohou způsobit vážné zdravotní následky, jelikož

jsou nosiči karcinogenů a mutagenů. Napadají především kardiovaskulární a plicní systém.

## 2 ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ

Odpověď na otázku, jaké zdroje znečištění ovzduší patří v České republice mezi nejvýraznější, lze nejlépe stanovit porovnáním třech hlavních zdrojů znečištění. Mezi hlavní zdroje znečištění ovzduší patří v ČR lokální topeniště v domácnostech, veřejná a průmyslová energetika a výroba tepla a dále pak doprava.

### 2.1 Lokální topeniště v domácnostech

Sektor vytápění domácností má hlavní vliv na celkových emisích primárních částic  $PM_{2,5}$  neboli jemného polétavého prachu ze 74 % a na částicích  $PM_{10}$  neboli polétavého prachu z 57 %. (Koželouh, 2018) Největší podíl mají domácnosti na celkových emisích benzo(a)pyrenu a to celkově z 98 %. (Koželouh, 2018) Na celkových emisích VOC neboli těkavých organických látek se podílí z celkem 46 %. (MŽP, 2016) Zastoupení  $SO_2$  a  $NO_x$  z domácností je menší než z ostatních, ovšem s postupným snižováním v dalších sektorech, toto procento roste.

Od roku 2016 se realizují pravidelné kontroly kotlů, dále pak jsou poskytovány kotlíkové dotace, které mají za úkol snížit emise z lokálních topenišť za pomoci výměny 80 tisíc starých kotlů. Ideální budoucnost leží v potlačení využívání pevných paliv domácnostmi na minimum a nahrazení ekologičtějšími zdroji, kterými mohou být například tepelná čerpadla.

### 2.2 Veřejná a průmyslová energetika a výroba tepla

Tento sektor produkuje celkem přibližně 11 %  $PM_{10}$  a 5 %  $PM_{2,5}$  (MŽP, 2016), ovšem při provozu těchto zařízení lze předpokládat, že vznikají další částice látek, ze kterých pak prach v ovzduší může vznikat. Jsou hlavním zdrojem vzniku  $SO_2$  70 % a  $NO_x$  42 % (MŽP, 2016), to znamená, že jsou hlavním zdrojem látek, které se v atmosféře mění na přízemní ozón. Výroba a spalování hnědého uhlí v ČR nás řadí mezi jednoho z největších producentů rtuti do atmosféry.

Plošně je energetika hlavním zdrojem organických těkavých látek, ovšem na několik lokálních místech, ku příkladu Ostravsko, je energetika dominujícím zdrojem znečištění a dochází zde k častému, a i několikanásobnému překračování limitů.

Na druhou stranu bylo a je v tomto sektoru přijato nejvíce legislativních omezení počínaje 90. léty až do současnosti, také zde bylo proinvestováno nejvíce prostředků jak v soukromém, tak veřejném sektoru.

### 2.3 Doprava

Doprava se velice nepříznivě podílí na celkové produkci  $\text{NO}_x$  a to přibližně ze 34 %. (MŽP, 2016) Produkci CO se doprava podílí na znečištění ze 13 %. Dále pak produkuje asi 9 % z celkové produkce  $\text{PM}_{2,5}$  a 12 % z celkové produkce  $\text{PM}_{10}$ . (MŽP, 2016) Ovšem stejně jako doprava produkuje látky, ze kterých může vznikat přízemní ozón a provozem vozidla vzniká prach, který se nedá zachytit ve statistice. Tento prach navíc vzniká v úrovni dýchání a automobily ho pak dále víří.

V Praze se doprava podílí na znečištění v případě  $\text{PM}_{2,5}$  a  $\text{PM}_{10}$  z 95 %, benzo(a)pyren z 71 % a ze 68 % v případě  $\text{NO}_x$ , v případě Brna je situace obdobná, z čehož vyplývá, že doprava je hlavním zdrojem znečištění na místech s velkou koncentrací obyvatelstva. (Koželouh, 2018)

Ochrana obyvatelstva proti negativním vlivům dopravy se realizuje zpřísněnou kontrolou měření emisí automobilů, plánováním a řízením dopravy ve městech a stavením obchvatů měst. Dalším řešením je podpora prodeje nových automobilů, ty jsou vybaveny katalyzátory a filtry pevných částic, dále pak podpora prodeje automobilů na elektrinu nebo alternativní pohony a další zvyšování ekologických daní.

### **3 AKTUÁLNÍ SITUACE V DOPRAVĚ V ČR**

Doprava v ČR, obdobně jako celé Evropě, je odvětvím hospodářství s téměř nejhoršími vlivy na životní prostředí a zdraví člověka. V dopravě vlivem spalování vznikají skleníkové plyny, emise výfukových plynů a neopomenutelnou částí je i hluk.

Co se pak jednotlivých druhů dopravy týče, tak nejhorší dopady způsobuje silniční doprava. Snížení těchto dopadů je možné pomocí využívání druhů dopravy šetrnějším k životnímu prostředí, za kterou lze považovat například železniční dopravu, dále pak odklonem od osobní silniční dopravy k veřejné silniční dopravě nebo vyvíjením tlaků na výrobce automobilů, aby se postupně přecházelo od paliva z ropných produktů na paliva alternativní. (CDV, 2017)

Procento dopravy na celkovém znečištění se rapidně snížilo v 90. letech, kdy v Česku bylo znečištění ovzduší jedno z nejhorších v Evropě, což bylo způsobeno nedostatečnou ochranou ovzduší proti zplodinám produkovaných průmyslem a energetikou. Ovšem po roce 2000 se tento trend obrátil a celkově se podíl dopravy na znečištění ovzduší zase zvyšuje, jelikož situace v energetice a průmyslu se rapidně zlepšila. (CDV, 2017)

#### **3.1 Výkony silniční dopravy v ČR**

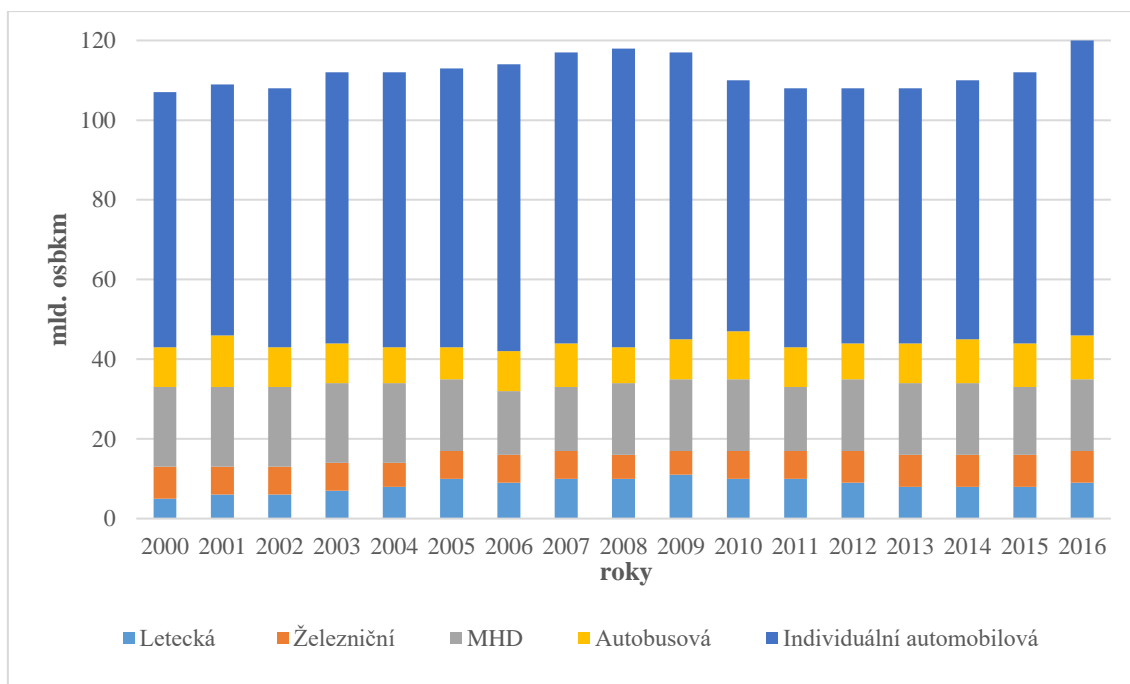
Veřejná osobní doprava tvoří v ČR 33,6 % celkových pozemních výkonů dopravy a tento podíl je v dlouhém časovém období stabilní. Pozitivum lze vidět v tom, že výkon veřejné dopravy roste rychleji než dopravy individuální, například v městské hromadné dopravě meziroční nárůst v roce 2016 tvořil 8,0 %. (CDV, 2017)

Celkové výkony osobní dopravy v roce 2016 meziročně vzrostly o 4,5 % na 119,0 mld. osbkm, což představuje nárůst o 17,3 % od roku 2000. (CDV, 2017)

Výkony individuální automobilové dopravy meziročně vzrostly o 3,7 %, od roku 2016 pak o 13,0 %. Meziroční nárůst byl způsoben především dobrou ekonomickou situací, která se projevila ve snížení cen pohonných hmot. (CDV, 2017)

Výkony autobusové dopravy bez MHD (linkové a nepravidelné spoje) se meziročně zvýšily o 2,6 % na 10,6 mld. osbkm. To představuje nárůst o 9,7 % od roku 2000. Výkony MHD v roce 2016 vzrostly o 8,0 % na 17,4 mld. osbkm., což představuje nárůst o 16,2 % oproti roku 2000. (CDV, 2017)

Nákladní silniční doprava poklesla v roce 2016 o 14,3 % na 50,3 mld. tkm, detailněji mezinárodní nákladní silniční doprava poklesla o 25,4 %, naproti tomu však vnitrostátní nákladní silniční doprava vzrostla o 5,3 %. (CDV, 2017)



**Obrázek 1:** Vývoj přepravních výkonů osobní dopravy 2000-2016

*Zdroj: vlastní zpracování podle (CDV, 2017)*

Změna výkonu individuální automobilové dopravy není způsobena poklesem jejího výkonu, ale pouze změnou metodiky sčítání, proto tento jev nelze chápat jako pokles individuální automobilové dopravy, ani jako celkový pokles.

### 3.2 Spotřeba energie a paliv v dopravě

Spotřeba energie v roce 2016 vzrostla meziročně o 4,2 % (11,0 PJ) na 274,0 PJ, ne jinak tomu bylo v předchozích třech letech. Za posledních 16 let se spotřeba zvýšila o 59,5 % a předpokládá se, že tento trend bude v následujících letech s rostoucí ekonomikou pokračovat. (CDV, 2017)

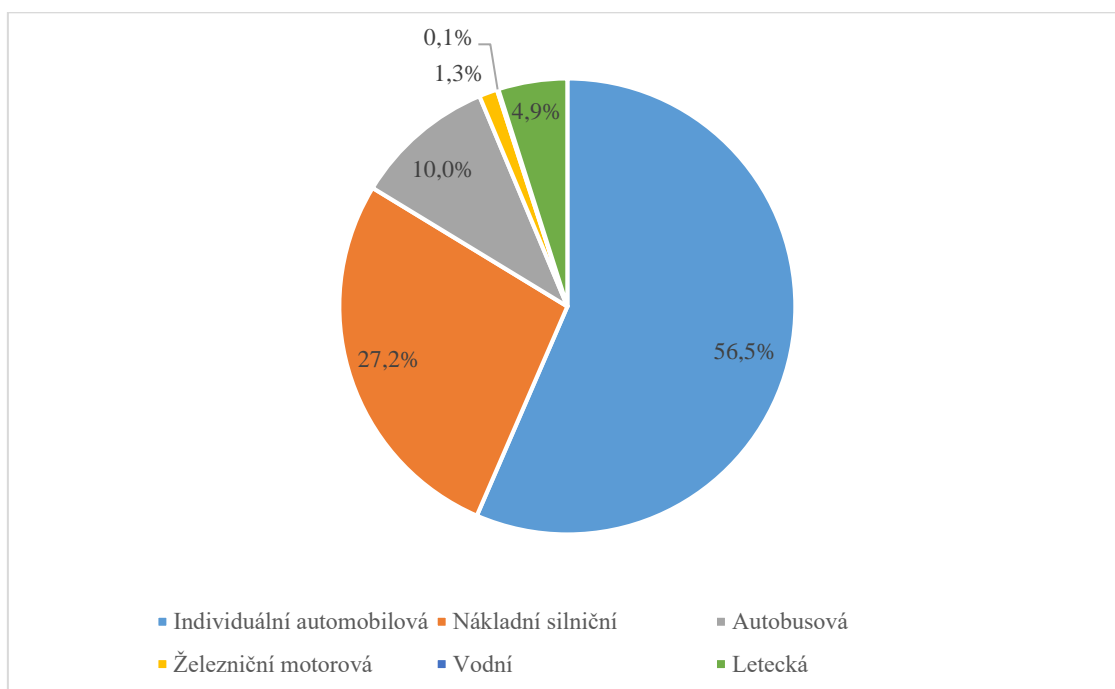
Energeticky nejnáročnější složkou dopravy je individuální automobilová doprava, která tvořila 56,5 % celkové spotřeby. Pokud bychom k ní přičetli i ostatní silniční dopravu, tzn. nákladní a autobusovou, bude tvořit 93,7 % z celkového množství spotřebované energie. Nárůst energetické spotřeby individuální automobilové dopravy činil 3,7 % neboli 5,5 PJ. (CDV, 2017)

Nejčastěji spotřebovávaným palivem v ČR je dlouhodobě motorová nafta, meziroční přírůst je o 4,6 % na 4,3 mil. t a to i přes legislativní kroky vedoucí k regulaci diesellových aut, od roku 2000 pak spotřeba vzrostla na více než dvojnásobek. (CDV, 2017)

Silný nárůst zaznamenal stlačený zemní plyn (CNG), meziroční nárůst byl 36,1 % a od roku 2014 vzrostl počet čerpacích stanic více než dvojnásobně. (CDV, 2017)

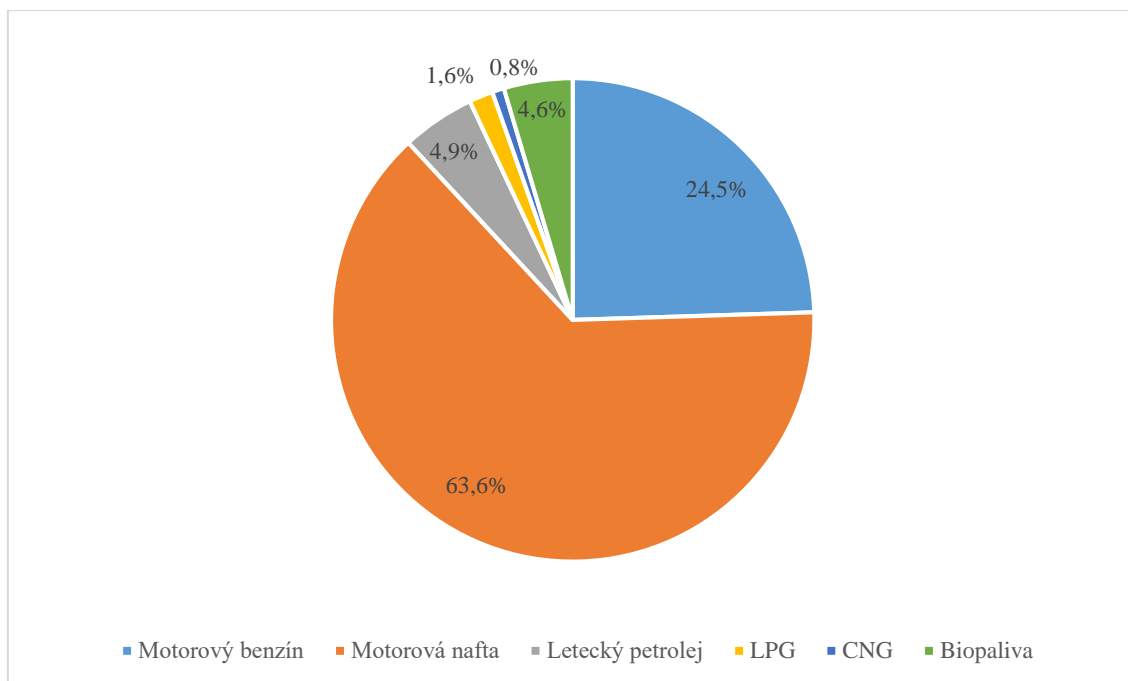
Spotřeba biopaliv, která jsou povinně přimíchávána do benzínu a nafty, ale i prodávána samostatně, po dosažení maxima v roce 2014 v posledních dvou monitorovaných letech klesala, meziročně v roce 2016 o 11,9 % (1,6 PJ) na 11,9 PJ, což činí 4,6 % spotřeby energie v dopravě. (CDV, 2017) Tento vývoj je chápán jako důsledek nižších cen ropných produktů.

Podíl obnovitelných zdrojů energie v roce dosáhl 6,5 % cíle, národní akční plán však počítá s 10 % do roku 2020, tudíž ještě splněn nebyl. (CDV, 2017)



**Obrázek 2:** Spotřeba energie dle druhu dopravy

*Zdroj: vlastní zpracování podle (CDV, 2017)*



**Obrázek 3:** Spotřeba energie dle paliv

*Zdroj: vlastní zpracování podle (CDV, 2017)*

### 3.3 Emise z dopravy

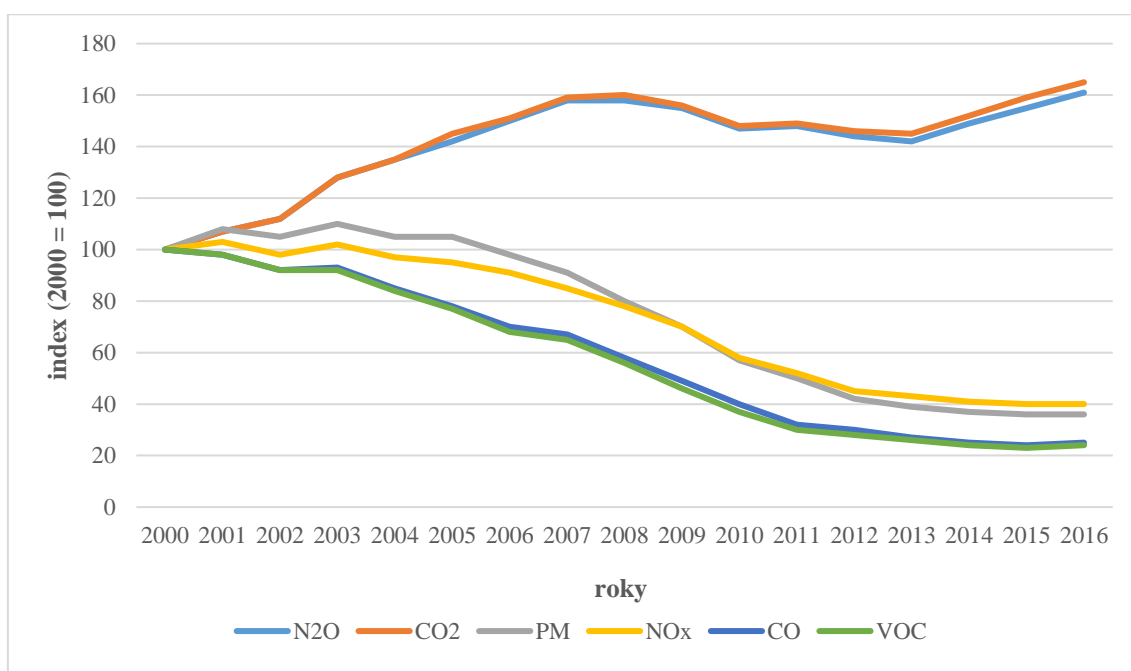
Za posledních sledovaných 16 let se emise NO<sub>x</sub>, VOC (těkavé organické látky) a CO snížily, což má za následek blahodárný vliv na zdraví člověka a kvalitu životního prostředí, hlavně pak ovzduší. Konkrétní čísla ukazují, že emise NO<sub>x</sub> klesly o 57,4 %, VOC o 76,9 %, CO o 75 % a PM o 62,4 %. Největší pokles byl zaznamenán mezi roky 2005-2010 a to z důvodu probíhající obměny vozového parku, kdy novější vozidla už z převážné většiny splňovaly přísnější emisní normu, dalším důvodem byla ekonomická krize v druhé polovině tohoto období. (CDV, 2017)

Za měřené období bylo zjištěno, že poklesla emisní zátěž částic NO<sub>x</sub>, VOC, CO a PM ve všech druzích silniční dopravy na jednotku přepravního výkonu. Emise NO<sub>x</sub> poklesly od roku 2000 o 68,2 % u individuální silniční dopravy, což představuje pokles na třetinu a o 74,4 % u nákladní silniční dopravy, což je pokles na téměř jednu čtvrtinu. Všechny tyto skutečnosti byly způsobeny díky legislativě, která postupovala směrem k omlazení vozového parku. (CDV, 2017)

V prvním monitorovaném roce 2000 zaujímala vozidla bez emisní normy EURO 28,3 % vozidel a přísnější emisní normy ještě nebyly zavedeny, tak v posledním monitorovaném roce 2016 splňovalo normy EURO 4 a vyšší už 67,4 % automobilů.

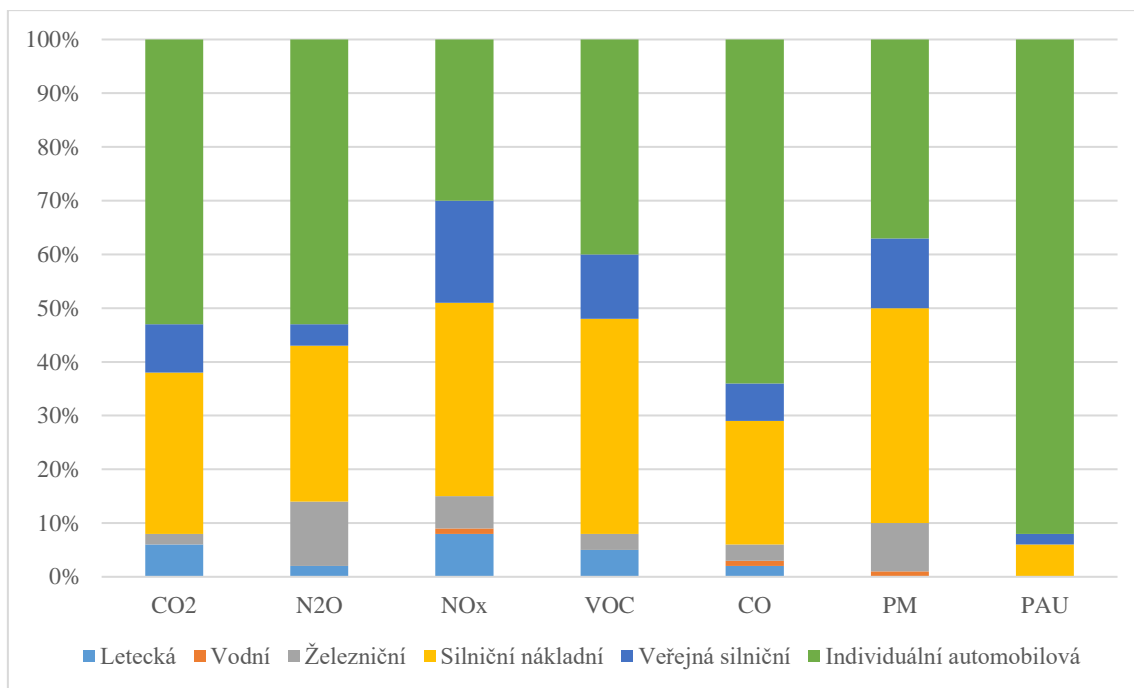
V roce 2016 byl také zaznamenán rekord v prodeji nových automobilů, který čítal 259,7 tis. vozidel, což představovalo 4,9 % celého vozového parku. I přes tuto skutečnost patří český vozový park k jednomu z nejstarších, 60,6 % automobilů bylo starších 10 let, ačkoli data říkají, že jejich vzdáleností náběh je menší než u aut novějších, pořád zůstávají největší překážkou ve zlepšování kvality ovzduší. (CDV, 2017)

Kvůli zvětšování spotřeby paliv a malému využívání paliv alternativních rostou emise skleníkových plynů. Pokles těchto emisí nastal v období 2009–2013 kvůli poklesu přepravy z důvodu nepříznivé ekonomické situace. V monitorovaném období 2000–2016 emise CO<sub>2</sub> vzrostly o 60,4 %, emise N<sub>2</sub>O o 65,0 %. Pozitivem v této situaci je zjištění, že emisní náročnost vozidel klesá. Cílem EU bylo k roku 2015 snížit emise nových vozidel na 130 g/km CO<sub>2</sub>, což se podařilo a nové automobily produkují v případě zážehových motorů průměrně 125,9g/km, čemuž odpovídá pokles o 15,1 % od roku 2010 a v případě naftových motorů průměrně nové automobily produkují 122,6 g/km, což činí pokles o 18,8 %. další legislativní změny počítají, že by se tato hodnota měla snížit k roku 2021 na 95 g/km. (CDV, 2017)



**Obrázek 4:** Vývoj emise znečišťujících látek 2000-2016

*Zdroj: vlastní zpracování podle (CDV, 2017)*



**Obrázek 5:** Emise znečišťujících látek a skleníkových plynů dle druhů dopravy

*Zdroj: vlastní zpracování podle [3]*

## 4 EMISNÍ NORMY EURO

Emisní norma EURO je závazný předpis Evropské unie, která stanovuje přípustné množství výfukových emisí automobilu. EURO se zaměřuje u automobilů na tyto látky: CO, NO<sub>x</sub>, HC a PM.

Nevýhodou emisních norem EURO je fakt, že neřeší další nebezpečné látky, kterými mohou být například CO<sub>2</sub> nebo sloučeniny síry, které způsobují další negativní vlivy.

První emisní norma EURO 0 byla zavedena v EU v roce 1992, nutno podotknout, že jim ale předcházely již starší méně rozšířené normy. Úplně první emisní norma vyšla v Kalifornii v roce 1968. Poslední norma, výrobci často označovaná jako EURO 6c, změnila metodiku testování. Nová metodika se nazývá WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures) a je mnohem více odpovídající reálnému provozu, a nejenom laboratornímu. K tomuto kroku se zákonodárci uchýlili především z důvodu aféry Dieseldate, což byl skandál automobilky Volkswagen, který vypukl v roce 2015, když americká Agentura pro životní prostředí zveřejnila studii o tom, že vozy Volkswagen měly nainstalovaný software, který poznal, že automobil je testován v laboratorním provozu a z toho důvodu dočasně upravil svůj provoz, tak aby vyhovoval přísnějším emisním kritériím. (Dusil, 2017)

Hlavní rozdíl mezi předcházející metodikou NEDC (New European Driving Cycle) a WLTP je, jak už bylo řečeno, že WLTP mnohem více odpovídá reálnému provozu, a to především z důvodu že NEDC se skládá ze dvou cyklů, a to městského a mimoměstského, naopak WLTP se skládá již z cyklů čtyř. Delší je také čas a ujetá vzdálenost automobilu během testu, zatímco při NEDC vozidlo strávilo testováním 1180 sekund a ujelo vzdálenost 11,007 km, tak testování WLTP zabere 1800 sekund a vozidlo při něm překoná vzdálenost 23,266 km. Dalším rozdílem je i maximální rychlost, kterou vozidlo vyvine, u NEDC tato hodnota činí 120 km/h, kdežto u WLTP je to již 135 km/h. Posledním celkem výrazným rozdílem je fakt, že u NEDC byly jasně dány převodové stupně, na které automobil během testu pojede, to se u WLTP změnilo a převodové stupně se mění v závislosti na vozidle. (Dusil, 2017)

Z důvodu stále většího tlaku na čistší provoz jsou automobilky nuceny vybavovat svoje motory katalyzátory, filtry pevných částic, kapalná aditiva do vznětových motorů, část svých automobilů musí uzpůsobit na provoz na alternativní paliva. Dále pak se uchylují

k veřejnosti často odsuzovanému downsizingu, což je v posledních letech téměř konstantní snižování zdvihového objemu motorů.

Pokud vyjde novější emisní norma EURO, hlavní dopad je samozřejmě na automobilky, jelikož ji musí splňovat nově registrované automobily, proto se jí většina z nich snaží plnit již s předstihem. Majitele starších automobilů ji plnit samozřejmě nemusí.

Ovšem aby se tento fakt částečně vykompenzoval, tak při přepisu vozidla, které nesplňuje žádnou emisní normu nebo splňuje normy EURO 1–3, musí nově nabývajícím zaplatit poplatek, pro který se vžilo označení tzv. Ekologická daň. Tento poplatek je stanoven ve výši 3000–10000 Kč. Ekologická daň se neplatí u motocyklů, veteránů a automobilů nad 3,5 t. Placení tohoto poplatku jsou dále ušetření ZTP, osoby dělicí se o majetek z důvodu zániku manželství a osoby, na které bude převeden automobil po skončení dědického řízení. (Ekologická likvidace vozidel, 2016)

**Tabulka 1:** Počet vozidel podle emisních norem EURO za rok 2014

Druh vozidel	EURO I	EURO II	EURO III	EURO IV	EURO V	EURO VI
Osobní automobily	253,3	1028,1	1338,9	1235,2	816,0	0,04
Nákladní automobily	7,81	13,08	25,61	24,8	43,32	8,73
Autobusy	0,55	1,99	4,21	2,68	5,6	1,07
Celkem	261,7	1043,2	1368,7	1262,7	864,9	9,84

*Zdroj: vlastní zpracování podle (CDV, 2016)*

**Tabulka 2:** Limity emisních norem EURO

Rok/norma		CO [g/km]		NO <sub>x</sub> [g/km]		HC + NO <sub>x</sub> [g/km]		HC [g/km]	PM [g/km]
1992	I	3,16	3,16	-	-	1,13	1,13	-	0,18
1996	II	2,20	1,00	-	-	0,50	0,70*	-	0,08**
2000	III	2,30	0,64	0,15	0,50	-	0,56	0,20	0,05
2005	IV	1,00	0,50	0,08	0,25	-	0,30	0,10	0,025
2009	V	1,00	0,50	0,06	0,18	-	0,23	0,10	0,005
2014	VI	1,00	0,50	0,06	0,08	-	0,17	0,10	0,005

benzínové motory

diesellové motory

\*0,90 pro motory s přímým vstřikováním

\*\*0,10 pro motory s přímým vstřikováním

*Zdroj: vlastní zpracování podle (Sajdl, 2016)*

Ačkoli celkově emise z dopravy v posledních letech spíše klesaly, tak ve stejnou dobu byl zaznamenán růst dopravních výkonů a tento trend není do budoucna dostatečně udržitelný. Prvním a realizovatelným řešením by měl být přechod z klasických fosilních paliv na alternativní biopaliva druhé generace. Příkladem budiž synteticky vyráběný metan, který lze získat z přebytků elektřiny větrných elektráren nebo oxidu uhličitého a další možnosti přeměny přebytků elektřiny na syntetické palivo. Byl by zde i prostor pro bioCNG, neboli stlačený zemní plyn vyráběný v bioplynových stanicích.

Dalším logickým krokem, který by umožnil přesun od fosilních paliv, se zdá být přesun na elektromobilitu, potažmo i vodíkový pohon, ale jelikož je tato technologie pořád ještě na začátku, pro účely této práce ji vynechám.

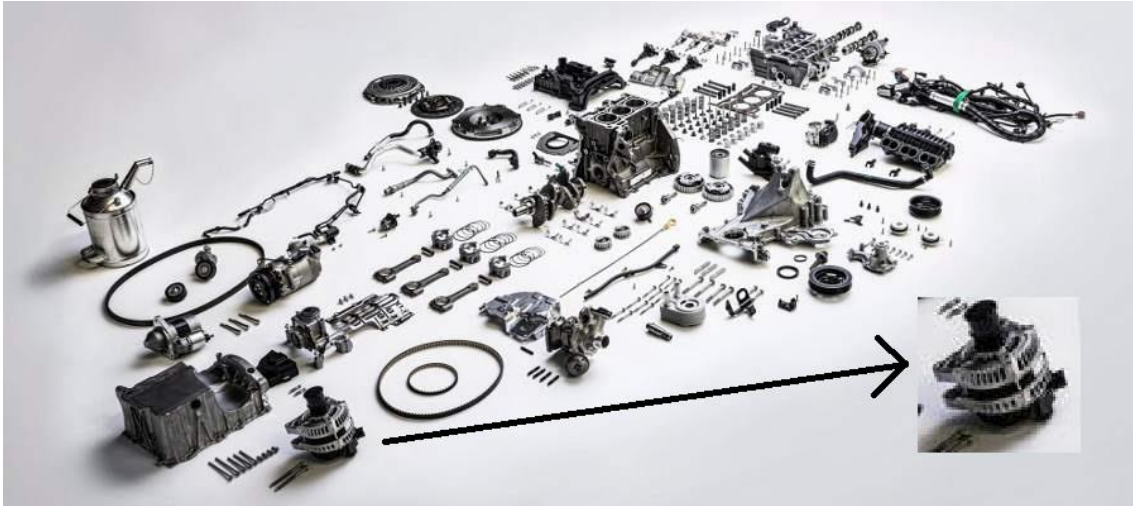
Jak již bylo zmíněno největší škody doprava napáchá v metropolích, kde je velká koncentrace automobilů na jednom místě. Pokud se přejde na elektromobilitu, automobily nebudou produkovat škodliviny přímo v místě jejich provozu, tudíž se tyto nebezpečné látky přesunou z úrovně a místa dýchání ve spoustě případů někam za město, jelikož elektrárny typicky nebývají vystavěny v centru měst. Ovšem je dost pravděpodobné, že pokud bychom se přesunuli od automobilů se spalovacími motory k elektromobilům, nic by se nezměnilo, jelikož by se zvedla produkce elektrárenských zařízení a tento rozvoj by do budoucna byl stejně neudržitelný jako když bychom zůstali u užívání automobilů na fosilní paliva. Proto je nutné do budoucna přejít na šetrné zdroje energie, jednou možností je fakt, že v každou chvíli dopadá na povrch země tolik sluneční energie, která by pokryla celosvětovou spotřebu energie, jen je nutné se naučit ji efektivně využívat.

## 5 TECHNOLOGIE ELEKTROMOBILŮ

Ačkoli by se elektromobil mohl někomu jevit jako nová forma dopravy, tak ve skutečnosti první elektromobil byl sestaven již v roce 1835 holandským profesorem Sibrandem Stranighem. V roce 1899 již elektromobil sestavený Belgičanem Camillem Jenatzym překonal rychlost 100 km/h a o tři roky později dokonce elektromobil Torpédo KID dosáhl rychlosti 170 km/h. Na našem území první elektromobil sestavil Ing. František Křížík v roce 1895 poháněný stejnosměrným motorem o výkonu 3,6 kW a později pro zlepšení dojezdu sestavil i hybridní automobil. Kolem roku 1900 v USA dokonce jezdilo více elektromobilů než vozů se spalovacím motorem, ovšem s příchodem Fordu T a zavedením sériové výroby toto období skončilo a elektromobily se na dlouhou dobu odmlčely. (Vegr, 2008) Ačkoli bylo v průběhu 20. století nespočet pokusů o vyvinutí ideálního elektromobilu, dalo by se říci, že nová kapitola elektromobilů trávající dodnes se začala psát v roce 2003, když se podnikatel a vizionář Elon Musk seznámil s J. B. Straubelem, který již v roce 1997 vyvinul elektromobil, který zrychlil z 0 na 100 za 4,9 s. Elon Musk uviděl v tomto odvětví potenciál a za necelých deset let již světlo světa spatřil první elektromobil od společnosti Tesla, což je jeden z řady nejvyspělejších elektromobilů dneška. (Vance, 2015)

Nespornou výhodou elektromobilů je jejich celkem jednoduchá konstrukce. Elektromobil pro svůj provoz nepotřebuje palivovou nádrž, čerpadlo, vstřikovače, olej, olejový filtr, turbodmychadlo, ventily, písty, válce a spoustu dalších dílů. Většina těchto dílů vykonává mechanickou práci a z toho důvodu se časem opotřebovávají a je nutné je opravit nebo vyměnit, čímž vznikají dodatečné náklady.

Pohon elektromobilu je v podstatě tvořen hlavními třemi částmi. První je samotný elektromotor, který je svou konstrukcí podobný alternátoru automobilu se spalovacím motorem. Druhou je akumulátor, který je obdobou startovacího akumulátoru automobilu, díky novým technologiím je akumulátor bezúdržbový, ovšem jeho dojezd a životnost jsou v současné době jedním z nejdiskutovanějších témat. Poslední hlavní částí je nabíjení akumulátoru a jeho přenos do soustavy.



**Obrázek 6:** Srovnání spalovacího motoru a elektromotoru

*Zdroj: převzato z (Blomhäll, 2015)*

### 5.1 Argumenty pro pořízení elektromobilu

Zde je nutno uvést hlavní a nejdiskutovanější argumenty pro pořízení elektromobilu (Kubiš, 2014), kterými mohou být:

- Náklady na ujetý kilometr jsou oproti běžným automobilům několikanásobně menší
- Lepší jízdní dynamika (okamžitý záběr, bez záškubů z řazení, vyšší zrychlení)
- Účinnost elektromotoru se pohybuje kolem 85 % (klasické spalovací motory asi 15–20%)
- Jednodušší konstrukce (elektromobil má v podstatě jen jeden hlavní pohyblivý díl – elektromotor)
- Odpadá nutnost měření emisí (svým provozem nevypouští žádné exhalace)
- Odpadá nutnost výměn oleje
- Elektromobil je mnohem šetrnější k brzdám (díky rekuperaci energie brzdí pomocí vracení elektřiny zpět do soustavy, mnohem méně produkuje pevné částice)
- Elektromobil je méně hlučný (slyšet je pouze aerodynamický šum a tření kol)
- Produkuje pouze nepřímé emise CO<sub>2</sub>
- Cena elektřiny roste pomaleji než cena pohonných hmot
- Nižší povinné ručení
- Elektřinu lze získávat mnoha způsoby (budoucnost obnovitelných zdrojů je pochybná)

## 5.2 Nevýhody pořízení elektromobilu

Hlavní argumenty proti pořízení elektromobilu mohou být tyto (Kubiš, 2014):

- Síť dobíjecích míst je v současné době značně omezená
- Elektromobil má omezený dojezd (pokud řidič ujede víc než 200 km denně, je pro něj zatím nákup elektromobilu značně rizikový)
- Elektromobily jsou proti srovnatelným automobilům se spalovacím motorem příliš drahé
- Dlouhá doba nabíjení (pokud nabíjíte elektromobil doma ze zásuvky, může tato doba trvat i 12 hodin)
- Zátěž životního prostředí během výroby a získáváním energie

Další značnou nevýhodou elektromobilu, která je velice často zmiňována ochránci životního prostředí, může být velice recyklace, která může být velice komplikovaná a náročná na životní prostředí, a proto se jí bude věnovat další kapitola.

## 6 RECYKLACE BATERIÍ ELEKTROMOBILŮ

Jedním z nejvíce diskutovaných témat v souvislosti s elektromobily je údajně špatná recyklovatelnost jejich elektrických článků. Ovšem toto tvrzení nemusí být tak docela pravda. Důležitý fakt, který je nutné si v souvislosti s bateriemi elektromobilu uvědomit, je ten, že baterie elektromobilu má podle různých odhadů životnost minimálně 10–15 let, než kapacita klesne na neúnosnou hranici, tudíž s rozšířením elektromobilismu v posledních pár letech nastane nutnost tuto skutečnost řešit až za přibližně deset let, ovšem výrobci se na něj připravují již v současné době.

EU již zavedla řadu nařízení, jak mají být baterie recyklovány. Stěžejní části těchto směrnic říkají, že 95 % baterií dodávaných na trh musí být zpětně shromážděno, 50 % celkové hmotnosti baterií musí být recyklováno a je nutné podávat zprávy příslušným úřadům o shromažďování. (Vytlačil, 2018)

Jedním z hlavních podnětů, co se týče recyklování, jsou také ekonomické důvody. V bateriích jsou obsaženy vzácné kovy, kterými jsou lithium, kobalt a nikl. Tyto vzácné kovy jsou na zemi obsaženy v značně limitované míře, a proto by mohl být další vývoj v budoucnu brzděn nedostatkem materiálu. Dále by pak úbytek materiálu působil k destabilizaci jejich ceny, což by se také negativně odrazilo na konečné ceně elektromobilu. Ovšem na druhou stranu s větším zastoupením elektromobilů na trhu dochází k menší těžbě platiny, paladia a rhodia, které jsou součástí katalyzátorů automobilů se spalovacími motory. Recyklace také pomáhá ke snižování CO<sub>2</sub> a další úspoře energie, z jejíž výroby by se potenciálně mohli dostat další nebezpečné látky do životního prostředí. V současné době existují dvě převažující možnosti, jak baterii recyklovat, těmi jsou hydrometalurgie a pyrometalurgie.

### 6.1 Hydrometalurgie

V současné době je nejvíce rozšířeným způsobem recyklace pyrometalurgie a hydrometalurgie.

Hydrometalurgie je proces využívající vodný roztok a operace s ním k rozdělení různých komponent. Kovy a materiály, které se získají touto operací, jsou následně zpracovány jako meziprodukty a očištěny. Celý proces probíhá za nízkých teplot, kde kovy obsažené ve výrobku, jsou solí nebo kyselinou pozměněny na kovový roztok. Získání kovu z tohoto roztoku lze docílit cementací, elektrolyzou, hydrolýzou, destilací a dalšími postupy. Velkou výhodou tohoto postupu je selektivnost, čímž je dosaženo

vysoké efektivnosti. Protože při této metodě není potřeba vysokých teplot, je úroveň vypouštěných emisí do životního prostředí nízká. Ovšem tento postup je celkem časově náročný, a ne tak efektivní. Hlavní získané materiály z tohoto postupu jsou měď, hliník, kobalt a uhličitan lithný. Naopak plně využity nejsou kobalt a mix plastu a oceli. V současné době byl navržen postup, jak získat touto metodou 90 % veškerého lithia, avšak v současných podmínkách je nerealizovatelný. (Vytlačil, 2018)

## **6.2 Pyrometalurgie**

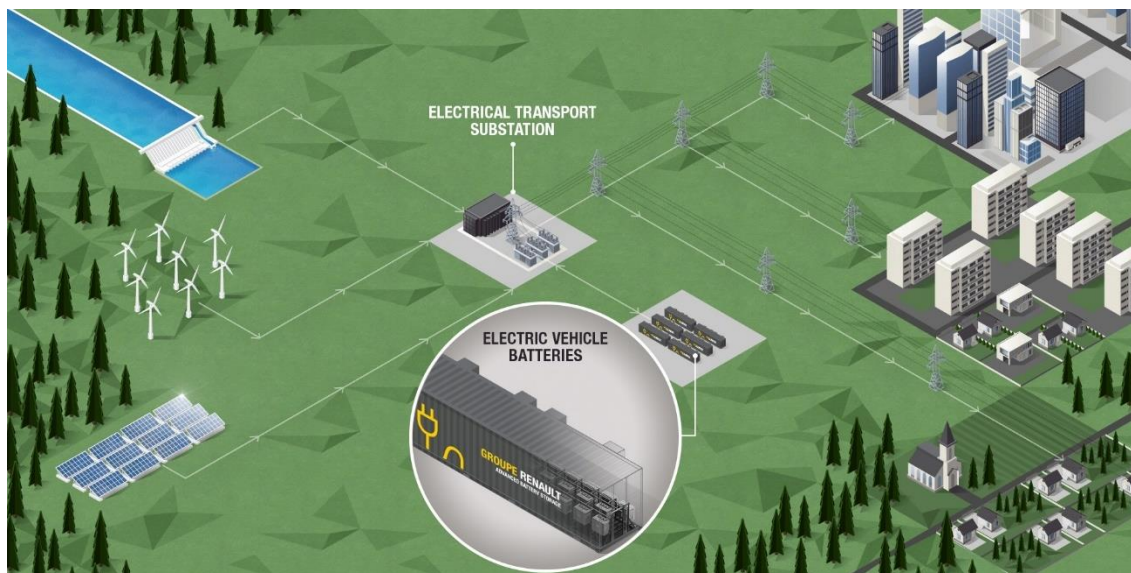
Pyrometalurgie je proces, který naopak od hydrometalurgie využívá k přeměně materiálu vysokých teplot. Při vysokých teplotách je baterie tavena a vzniká tím kovová frakce, struska a těkavé plyny. Tyto plyny vznikají jako těkavé produkty z pálení organických materiálů. Tento postup využívá průmyslové pece, ve kterých jsou kovové materiály roztaveny a kovy z nich vybrané transformovány a čištěny. Jelikož při pyrometalurgie dochází k vysokým teplotám může zde docházet k vysoké zátěži životního prostředí. Získaný materiál tímto postupem je kobalt, nikl a měď. Plně využity ovšem nejsou železo, hliník a lithium. (Vytlačil, 2018)

## **6.3 Další využití vysloužilých baterií**

Ačkoli je v současné době již recyklace poměrně obstojně zvládnuta, stále recyklováním ve valné většině případů vzniká zátěž životnímu prostředí, a proto se zde nabízí možnost baterie využít k jinému účelu než pohonu elektromobilu, ale tak aby byla jejich podstata nezměněna.

Zatím nejlepší možností využití starého článku, který je ještě schopen zastat funkci, pro kterou byl stvořen, avšak v důsledku přirozeného snížení kapacity z opotřebení je v elektromobilu již nepoužitelný, zdá se býti jeho použití jakožto velkokapacitního bateriového úložiště. Což představuje systém využití velkého množství baterií, které jsou napojeny na zdroj elektrické energie, kterou ovšem nechceme využít v přesném okamžiku jejího získání, tudíž je nutné je někde uchovat. Z valné většiny získáváme elektrickou energii z vodních, větrných nebo solárních elektráren. Průkopníkem tohoto řešení v Evropě je Renault, který má v plánu do roku 2020 postavit minimálně na třech místech ve Francii a Německu takovéto úložiště o kapacitě přibližně 60 MWh. (Horčík. 2018) Ovšem Renault není jediným výrobcem automobilů s touto vidinou, v plánu mají tyto úložiště stavět i BMW a Mercedes. Ačkoli se o tento způsob uchování energie zatím zajímají převážně automobilky, je plně využitelný v menším měřítku i

v domácnostech. Tesla, Daimler i Nissan již nabízejí na trhu bateriové úložiště pro domácnosti na překlenutí krátkodobého výpadku elektřiny. Jistou možností zde představuje i nahrazení míst, kde se pro krátkodobě výpadky proudu používají dieselové generátory, bateriemi, jelikož tento proces by byl mnohem šetrnější k ovzduší.



**Obrázek 7:** Velkokapacitní bateriové úložiště

*Zdroj: převzato z (Media Group Renault, 2018)*

Další možnost využití baterií představil Nissan, který z nashromážděných vysloužilých baterií z jejich modelů Nissan Leaf a Nissan e-NV200 vybudoval v japonském městě Namie, které zasáhla vlna tsunami, pouliční osvětlení, které je poháněno solární energií, a o jehož chod se stará tato baterie, a proto není připojeno na elektrárenskou soustavu a činí tak osvětlení naprosto nezávislým. (Horčík, 2018)

Další kapitola bude věnována porovnání vozů na fosilní paliva s elektromobily. Je nutné si připomenout, že v ČR a okolních státech je elektrárenský mix orientován především na uhelné elektrárny, které spotřebovávají také fosilní paliva. Tudiž je potřeba si přesně porovnat, jaké látky se dostanou do životního prostředí provozem vozidla, které je chybně označováno jako vozidlo s nulovými emisemi, potažmo čistý provoz.

## 7 SROVNÁNÍ PRODUKCE CO<sub>2</sub> S VOZY NA FOSILNÍ PALIVA

Kvůli rozrůstající popularitě se na elektromobily zaměřuje stále více organizací sdružujících motoristy. Jednou z nich je hlavní organizace německých motoristů, která se nazývá ADAC. Ačkoli se v Německu meziročně zvedl prodej elektromobilů přibližně o 70 % a stalo se tak jedním z nejrychleji se rozvíjejících trhů s elektromobily na světě, stále se počet elektromobilů a hybridních automobilů pohybuje pod hranicí 500 000 kusů a předpověď milionu prodaných kusů do roku 2020 se téměř s jistotou nenaplní. (Kolman, 2018)

ADAC se tedy rozhodlo srovnat produkci CO<sub>2</sub> s konvenčními automobily, a především s dieselovými. Odpověď na otázku, jaký pohon je nejšetrnější, není vůbec jednoduchá a je zde nutné zkoumat energie ne pouze potřebnou k pohonu automobilu, ale i k výrobě, dodávek elektřiny do sítě a následné recyklaci. Všechny tyto aspekty hrají významnou roli na konečném výsledku. (Kolman, 2018)

Organizace německých motoristů proto provedla analýzu, která dává odpověď na otázku, od jakého kilometrového nájezdu je elektromobil šetrnější než automobil poháněný fosilními palivy. Největší vliv na konečný výsledek mají dva hlavní aspekty, kterými jsou jak specifika konkrétního modelu, tak hlavně složení elektrické sítě. Dle oficiálních statistik je tvořeno 23 % německé elektrické sítě obnovitelnými zdroji, bohužel tato statistika pochází z roku 2013. Německá agentura pro životní prostředí uvádí, že v současné době je již třetina elektrické sítě tvořena obnovitelnými zdroji, což v konečném výsledku hrálo obrovskou roli ve prospěch elektromobilů, avšak tento výzkum počítá se stále udávanými oficiálními 23 %. (Kolman, 2018)

Nespornou výhodou hrající ve prospěch elektromobilů je fakt, že testované vozy nebyly vybírány náhodně, ale byly vybrány právě ty vozy, kterým se v minulosti v testu založeném na kombinaci získávání energie a LCA s nájezdem 150 000 kilometrů. Testované vozy jsou rozděleny do třech kategorií, kterými jsou malé vozy, kompaktní vozy a vyšší střední třída. (Kolman, 2018)

## 7.1 Malé vozy

Tvůrci testu do kategorie malých vozů vybrali tyto modely: Mazda 2, Mitsubishi Space Star, Toyota Yaris, BMW i3. Z testu lze vyčíst, kolik tun CO<sub>2</sub> vyprodukuje každý zmíněný vůz po ujetí 50 000 kilometrů a poté po ujetí 150 000 kilometrů.

V testu na 50 000 kilometrů se nejvíce dařilo diesellovému vozu Mazda 2 Skyactiv-D 105 s výsledkem 11,8 CO<sub>2</sub> t/50 000 km, na druhém místě skončil benzínový vůz Mitsubishi Space Star 1.2 ClearTec s hodnotou 12,4 CO<sub>2</sub> t/50 000 km, hybridní Toyota Yaris vyprodukovala 13 CO<sub>2</sub> t/50 000 km a na posledním místě skončilo elektrické BMW i3 94 Ah. (Kolman, 2018)

Test na 150 000 kilometrů vyhrálo elektrické BMW i3 94 Ah s výsledkem 23,7 CO<sub>2</sub> t/150 000 km, druhé místo obsadila diesellová Mazda 2 Skyactiv-D 105 hodnotou 25 CO<sub>2</sub> t/150 000 km, třetí místo benzínové Mitsubishi Space Star 1.2 ClearTec vyprodukovalo 26,5 CO<sub>2</sub> t/150 000 km, poslední se umístila hybridní Toyota Yaris a to 26,7 CO<sub>2</sub> t/150 000 km. (Kolman, 2018)

Se stávajícím složením elektrické sítě by elektřina začala být šetnější než benzín od 80 000 km, než diesel od 111 000 km a než hybrid od 58 000 km. Za předpokladu že by elektrická síť byla tvořena obnovitelnými zdroji se tyto hodnoty mění v porovnání s benzinem na 24 000 km, oproti dieselu na 25 000 km a oproti hybridu na 14 000 km. (Kolman, 2018)

## 7.2 Kompaktní vozy

V kompaktní třídě se test omezil na dvě kategorie, a to na produkci CO<sub>2</sub> po ujetí 150 000 km a na stanovení mezní hranice, od které bude elektromobil šetnější než ostatní automobily. Ovšem v této kategorii naopak počet testovaných automobilů vzrostl ze čtyřech na sedm. Testovány byly Hyundai Ioniq Electric, Toyota Prius plug-in hybrid, Toyota Prius, Mercedes třídy B, Mazda 3, Dacia Logan a Volkswagen Golf. (Kolman, 2018)

V testu na 150 000 kilometrů první příčku obsadil elektrický Hyundai Ioniq Electric s hodnotou 22,5 CO<sub>2</sub> t/150 000 km, za ním se umístil plug-in hybrid Toyota Prius plug-in hybrid s výsledkem 23 CO<sub>2</sub> t/150 000 km, další skončil stejný automobil, avšak ve specifikaci klasického hybridu, Toyota Prius hodnotou 25 CO<sub>2</sub> t/150 000 km, první testovaný automobil na stlačený zemní plyn Mercedes B 200 vyprodukoval 26 CO<sub>2</sub> t/150 000 km, další místo obsadila diesellová Mazda 3 Skyactiv-D 105

výsledkem 28 CO<sub>2</sub> t/150 000 km, první exemplář na zkapalněný ropný plyn Dacia Logan MCV TCe 90 LPG vypustila do ovzduší 28,2 CO<sub>2</sub> t/150 000 km a poslední skončil benzínový Volkswagen Golf 1.5 TSI ACT BMT s hodnotou 30 CO<sub>2</sub> t/150 000 km. (Kolman, 2018)

Za použití stávajících energetických zdrojů začne být elektromobil šetrnější než benzínový po nájezdu 45 000 km, oproti vozu na zkapalněný ropný plyn po 55 000 km, než dieselový automobil od 57 000 km, pro čistě hybridní vůz je tato hodnota 60 000 km, pro automobil na stlačený zemní plyn od nájezdu 60 000 km a pro relativně šetrný plug-in hybrid od nájezdu 106 000 km. (Kolman, 2018)

Za předpokladu fungující sítě z čistě obnovitelných zdrojů se tyto hodnoty mění na 26 000 km pro vůz na zkapalněný zemní plyn, 21 000 km pro benzínový automobil, na 23 000 km pro automobil na zkapalněný ropný plyn, pro diesel je hodnota také 23 000 km a oba hybridy elektřina pokoří po ujetí 16 000 km. (Kolman, 2018)

### **7.3 Vyšší střední třída**

Vozy vyšší střední třídy se znovu testují pouze z hlediska vypouštění emisí CO<sub>2</sub> po ujetí 150 000 km a z hlediska mezní hodnoty šetrnosti pro životní prostředí. Tato kategorie čítá čtyři vozy, kterými jsou Mercedes třídy E, Tesla Model X, Volvo XC90 a Mercedes třídy E. (Kolman, 2018)

Po ujetí 150 000 km v množství vyprodukovaného CO<sub>2</sub> drží překvapivé prvenství dieselový Mercedes E 220d 9G-Tronic s hodnotou 30 CO<sub>2</sub> t/150 000 km, druhé místo obsadila elektrická Tesla Model X 100D s výsledkem 41 CO<sub>2</sub> t/150 000 km, za ní se umístil plug-in hybrid Volvo XC90 T8 AWD Geartronic plug-in hybrid, který vyprodukoval 43 CO<sub>2</sub> t/150 000 km a na posledním místě skončil benzínový Mercedes E 400 Coupé 4-Matic 9G-Tronic s výsledkem 45 CO<sub>2</sub> t/150 000 km. (Kolman, 2018)

V současném složení zdrojů elektřiny se elektromobil oproti benzínu začne vyplácet od 116 000 km, oproti plug-in hybridu od 130 000 km a než začne být elektromobil šetrnější diesel musí ujet 580 000 km. (Kolman, 2018)

V případě získávání energie z obnovitelných zdrojů se tyto hodnoty mění na 56 000 km pro benzín, 76 000 pro diesel a na 46 000 pro plug-in hybrid. (Kolman, 2018)

## 7.4 Zjištění

Zajímavým zjištěním je, že pouze u kompaktních automobilů byl z hlediska vypouštění CO<sub>2</sub> nejšetrnějším automobilem elektromobil, tudíž tam lze spatřovat největší potenciál v ochraně životního prostředí. Ačkoli v kategorii malých automobilů si elektromobily také nevedly úplně špatně, je nutné si položit otázku, zda malý automobil, který je většinou pořizován jako další vůz do rodiny, vůbec za svůj život ujede zmiňovaných 150 000 km, proto byl také v této jediné kategorii test rozdělen na tři části, kde se zohledňovalo i ujetí pouze 50 000 km. Bohužel v tomto testu se elektromobil ukázal jako nešetrný. Nejhůře si elektromobily vedly v kategorii aut vyšší střední třídy, kde se ukázalo, že jsou v současné době šetrné až po ujetí více než 110 000 km oproti ostatním vozům, což je už téměř u konce životního cyklu nebo ho ve stanovených 150 000 km nedostihnou vůbec.

Aby elektromobily začaly být environmentálně šetrné je potřeba hlavně změnit způsob získávání energie, a to především na obnovitelné zdroje, kterými může být sluneční energie, větrná energie, vodní energie, geotermální energie, energie přílivu nebo biopaliva.

Další možností, jak přispět ke zlepšení kvality ovzduší, je zdanění automobilů podle množství výfukových exhalací, které produkují. Nejjednodušší by bylo určovat výši daně právě podle množství ekvivalentu CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> a PM. Na druhé straně by pak měli být zaváděny daňové úlevy pro elektromobily po vzoru Norska, kde pro ně platí nižší DPH, silniční daň a daňové zvýhodnění pro služební flotily. (Figenbaum, 2015)

Ačkoli je CO<sub>2</sub> jeden z plynů, který má značný dopad na životní prostředí, tak pokud by byl elektromobil posuzován pouze podle toho, kolik oxidu uhličitého vypouští do ovzduší, bylo by to vcelku nic neříkající, proto se následující kapitola zaměří i na další plyny, které mají potenciálně neblahý vliv na člověka a životní prostředí.

## 8 EMISE CO A NO<sub>x</sub> U ELEKTROMOBILŮ V SOUČASNÉM ČESKÉM ELEKTRÁRENSKÉM MIXU

Doposud většina dostupných statistik se u elektromobilů v oblasti znečišťování životního prostředí věnovala pouze emisím CO<sub>2</sub>. Dalšími nezanedbatelnými látkami, které se podílí na znečištění, jsou CO a NO<sub>x</sub>. CO a NO<sub>x</sub> jsou proto upraveny závaznou normou Evropské unie, kterou je emisní norma EURO.

Pro zjištění, zda elektrárny při dodání elektřiny do akumulátoru elektromobilu vyprodukují větší množství těchto dvou plynů, je potřeba nejprve zkoumat, jak si stojí automobily se spalovacími motory.

Pro srovnání se v této práci použijí mezní hodnoty pro nejčistší vozy na ropná paliva, kterými jsou vozidla plnící emisní normu EURO 6 vydanou v roce 2014. Pro vznětové motory je tato hodnota nastavena pro oxid uhelnatý na 0,5 g/km a 0,08 g/km oxidů dusíku. Limity zážehových motorů jsou 1.0 g/km oxidu uhelnatého a 0,06 g/km oxidů dusíku.

Ačkoli tyto hodnoty na papíře vypadají celkem přijatelně, po nedávné kauze Dieselpgate Volkswagenu jsou ve většině případů tyto hodnoty vyšší, a to bohužel platí i pro ostatní výrobce. Podle ratingu společnosti EQUA bylo odhaleno, že dieselová auta vyrobená mezi roky 2015–2016 průměrně vypustí do ovzduší 0,23 g/km NO<sub>x</sub>, což je třikrát tolik než udává výrobce. V tuto chvíli by pak dieselové automobily plnily normu Euro 4. (Šurkala, 2016)

Pakliže je potřeba vypočítat kolik těchto látek vypustí elektromobil, je nutno se nejprve zaměřit na elektrárenský mix v České republice. Data z roku 2017 ukazují, že 43,77 % elektrárenských zařízení využívalo hnědé uhlí, černé uhlí využívalo 5,38 % elektráren a posledním významným znečišťujícím palivem je zemní plyn, který v České republice využívá 5,45 % všech elektráren. (OTE, 2018) Ostatní elektrárny se pro potřeby této práce vynechají, jelikož jejich emise jsou zpravidla minimální.

Z dat od společnosti KONEKO vyplývá, že černouhelná elektrárna, aby v našich podmínkách dodala konečnému spotřebiteli 1 kWh, vyprodukuje 1,724 g NO<sub>x</sub> a 0,06264 g CO. Za stejných podmínek pak hnědouhelná elektrárna vyprodukuje 1,333 g NO<sub>x</sub> a 0,1648 g CO a elektrárna na zemní plyn 2,841 g NO<sub>x</sub> a 0,9562 g CO. Tyto údaje

jsou přepočtené a pouze orientační, ve skutečnosti se mohou zásadně lišit. (KONEKO MARKETING, 2015)

Pro potřeby výpočtů jsou již známy všechny data, tudíž se práce může přesunout k výpočtu rovnic sestavených autorem.

### **8.1 Produkce NO<sub>x</sub> při odběru 1 kWh ze současného elektrárenského mixu**

Pro výpočet použijeme data, která byla popsána v úvodu této kapitoly. Pro zjištění, kolik NO<sub>x</sub> se dostane do ovzduší při odběru 1 kWh ze současného elektrárenského mixu, se použije vztah:

$$\mathbf{NO_x = NO_{x1} \times PO_1 + NO_{x2} \times PO_2 + NO_{x3} \times PO_3} \quad (1)$$

Kde:

**NO<sub>x</sub>** představuje celkovou produkci NO<sub>x</sub> českým elektrárenským mixem při dodání jedné kWh vyjádřenou v gramech

**NO<sub>x1</sub>** představuje přibližnou produkci NO<sub>x</sub> všemi černouhelnými elektrárnami na území České republiky při dodání jedné kWh vyjádřenou v gramech

**PO<sub>1</sub>** představuje podíl dodané energie z černouhelných elektráren vůči celkové energii dodané ze všech elektráren vyjádřený desetinným číslem

**NO<sub>x2</sub>** představuje přibližnou produkci NO<sub>x</sub> všemi hnědouhelnými elektrárnami na území České republiky při dodání jedné kWh vyjádřenou v gramech

**PO<sub>2</sub>** představuje podíl dodané energie z hnědouhelných elektráren vůči celkové energii dodané ze všech elektráren vyjádřený desetinným číslem

**NO<sub>x3</sub>** představuje přibližnou produkci NO<sub>x</sub> všemi elektrárnami na zemní plyn na území České republiky při dodání jedné kWh vyjádřenou v gramech

**PO<sub>3</sub>** představuje podíl dodané energie z elektráren na zemní plyn vůči celkové energii dodané ze všech elektráren vyjádřený desetinným číslem

Dosazení do vztahu (1)

$$\mathbf{NO_x = 1,724 \times 0,0538 + 1,333 \times 0,4377 + 2,841 \times 0,0545}$$

$$\text{NO}_x = 0,0927512 + 0,5834541 + 0,1548345$$

$$\text{NO}_x = 0,8310398 \text{ g}$$

## 8.2 Produkce CO při odběru 1 kWh ze současného elektrárenského mixu

Pro výpočet použijeme data, která byla popsána v úvodu této kapitoly. Pro zjištění, kolik CO se dostane do ovzduší při odběru 1 kWh ze současného elektrárenského mixu, se použije vztah:

$$\text{CO} = \text{CO}_1 \times \text{PO}_1 + \text{CO}_2 \times \text{PO}_2 + \text{CO}_3 \times \text{PO}_3 \quad (2)$$

Kde:

**CO** představuje celkovou produkci CO českým elektrárenským mixem při dodání jedné kWh vyjádřenou v gramech

**CO<sub>1</sub>** představuje přibližnou produkci CO všemi černouhelnými elektrárnami na území České republiky při dodání jedné kWh vyjádřenou v gramech

**PO<sub>1</sub>** představuje podíl dodané energie z černouhelných elektráren vůči celkové energii dodané ze všech elektráren vyjádřený desetinným číslem

**CO<sub>2</sub>** představuje přibližnou produkci CO všemi hnědouhelnými elektrárnami na území České republiky při dodání jedné kWh vyjádřenou v gramech

**PO<sub>2</sub>** představuje podíl dodané energie z hnědouhelných elektráren vůči celkové energii dodané ze všech elektráren vyjádřený desetinným číslem

**CO<sub>3</sub>** představuje přibližnou produkci CO všemi elektrárnami na zemní plyn na území České republiky při dodání jedné kWh vyjádřenou v gramech

**PO<sub>3</sub>** představuje podíl dodané energie z elektráren na zemní plyn vůči celkové energii dodané ze všech elektráren vyjádřený desetinným číslem

Dosazení do vztahu (2)

$$\text{CO} = 0,06264 \times 0,0538 + 0,1648 \times 0,4377 + 0,9562 \times 0,0545$$

$$\text{CO} = 0,00337003 + 0,07213296 + 0,0521129$$

$$\text{CO} = 0,12761589 \text{ g}$$

### 8.3 BMW i3 94ah

V tuto chvíli je již známo, kolik přibližně částic NO<sub>x</sub> a CO vypustí elektrárenské zařízení na území České republiky, lze dopočítat kolik těchto částic vyprodukuje elektromobil na jeden ujetý kilometr.

Jako příklad typického elektromobilu se v této práci použije BMW i3 94ah. U nás je tento vůz jedním z nejoblíbenějších a v sousedním Německu je to od roku 2014 nejprodávanější elektromobil vůbec. Pod kapotou BMW i3 najdeme synchronní elektromotor s permanentním magnetem o nejvyšším výkonu 125 kW a točivým momentem 250 Nm, což odpovídá výkonu průměrného českého automobilu, navíc je tento elektromobil dostatečně velký, aby zabezpečil běžné záležitosti typické rodiny. (Wagenknecht, 2017)

Tento model pohání lithium-ion baterie s kapacitou 33,2 kWh. Využitelná kapacita baterie je však pouze 27,2 kWh a to z důvodu zachování lepší životnosti, jelikož tomuto druhu baterií neschází úplné nabíjení a ani úplné vybití. Účinnost nabíjení se pohybuje lehce nad 80 %, což potvrzují i testy, z kterých vyplývá, že pro plné nabití využitelné kapacity je zapotřebí 32,6 kWh. (Šidlák, 2018) Výrobce udává průměrnou kombinovanou spotřebu 12,6 kWh/100 km, ovšem v reálném provozu se ukázalo, že se tato spotřeba pohybuje spíše kolem 17,4 kWh/ 100 km, ovšem jistě se lze dostat i na nižší spotřebu. (Šidlák, 2018) V tuto chvíli jsou již známa všechna data potřebná k vypočtení následujících rovnic sestavených autorem této práce.

### 8.4 Pomocné výpočty

Pro zjištění, kolik kWh spotřebuje na jeden ujetý kilometr, nelze pouze kalkulovat se spotřebou vydělenou stem, ale je potřeba také připočítat i kolik energie spotřeboval nabíjecí cyklus na jeden kilometr, a proto se použije vztah:

$$R_{km} = BC / FE \quad (3)$$

Kde:

**R<sub>km</sub>** představuje skutečný kilometrový dojezd, zkratka z angl. range

**BC** představuje kapacitu baterie vyjádřenou v kWh, zkratka z angl. battery capacity

**FE** představuje spotřebu paliva zjištěnou z testů vyjádřenou v kWh, zkratka z angl. fuel economy

Dosazení do vztahu (3)

$$\mathbf{R_{km} = 27,2 / 17,4 \times 100 = 156,321839 \text{ km}}$$

Jak již bylo řečeno je nutno kalkulovat i s energií spotřebovanou nabíjecím cyklem, proto se použije vztah:

$$\mathbf{E_{ch} = E_{BC+CH} - BC} \quad (4)$$

Kde:

$E_{cb}$  představuje energii potřebnou pro nabití vyjádřenou v kWh, z angl. energy a charging

$E_{BC+CH}$  součet kapacity baterie a energie potřebné pro nabití vyjádřené v kWh, z angl. energy, battery capacity a charging

$BC$  představuje kapacitu baterie vyjádřenou v kWh, zkratka z angl. battery capacity

Dosazení do vztahu (4)

$$\mathbf{E_{ch} = 32,6 - 27,2 = 5,4 \text{ kWh}}$$

Dalším výpočtem je nutno rozdělit energii potřebnou pro nabití mezi každý jeden kilometr skutečného kilometrového dojezdu, proto se použije vztah:

$$\mathbf{FE_{ch} = E_{ch} / R_{km}} \quad (5)$$

Kde:

$FE_{ch}$  představuje energii potřebnou pro nabití rozdělenou mezi každý kilometr skutečného kilometrového dojezdu vyjádřenou v kWh, z angl. fuel economy a charging

$E_{cb}$  představuje energii potřebnou pro nabití vyjádřenou v kWh, z angl. energy a charging

$R_{km}$  představuje skutečný kilometrový dojezd, zkratka z angl. range

Dosazení do vztahu (5)

$$\mathbf{FE_{ch} = 5,4 / 156,322 = 0,03454408 \text{ kWh}}$$

Poslední údaj, který je nutné znát pro výpočet množství škodlivin produkovaných provozem elektromobilu na každý ujetý kilometr, je součet spotřeby energie

elektromobilu na jeden kilometr s energií potřebnou pro nabití rozdělenou mezi každý jeden kilometr skutečného kilometrového dojezdu, proto dosadíme do vztahu:

$$\mathbf{FE_{km+ch} = FE / 100 + FE_{ch}} \quad (6)$$

Kde:

$\mathbf{FE_{km+ch}}$  představuje celkovou spotřebu paliva na jeden kilometr neboli součet spotřeby paliva na jeden kilometr a energii potřebnou pro nabití rozdělenou mezi každý jeden kilometr skutečného kilometrového dojezdu, vyjádřenou v kWh, zkratka z angl. fuel economy a charging

$\mathbf{FE}$  představuje spotřebu paliva zjištěnou z testů vyjádřenou v kWh, zkratka z angl. fuel economy

$\mathbf{FE_{ch}}$  představuje energii potřebnou pro nabití rozdělenou mezi každý kilometr skutečného kilometrového dojezdu vyjádřenou v kWh, z angl. fuel economy a charging

Dosazení do vztahu (6)

$$\mathbf{FE_{km+ch} = 17,4 / 100 + 0,035 = 0,209 \text{ kWh}}$$

### **8.5 Výpočty produkce NO<sub>x</sub> a CO z provozu BMW i3 94ah**

V tuto chvíli známe už všechny potřebné údaje k dopočtení množství škodlivin, které elektromobil teoreticky vyprodukuje na ujetý kilometr, proto lze provést výpočet pro NO<sub>x</sub>, dosazením do vztahu:

$$\mathbf{NO_{xkm} = FE_{km+ch} \times NO_x} \quad (7)$$

Kde:

$\mathbf{NO_{xkm}}$  představuje přibližnou produkci NO<sub>x</sub> elektromobilem na každý ujetý kilometr vyjádřenou v gramech

$\mathbf{FE_{km+ch}}$  představuje celkovou spotřebu paliva na jeden kilometr neboli součet spotřeby paliva na jeden kilometr a energii potřebnou pro nabití rozdělenou mezi každý jeden kilometr skutečného kilometrového dojezdu, vyjádřenou v kWh, zkratka z angl. fuel economy a charging

$\mathbf{NO_x}$  představuje celkovou produkci NO<sub>x</sub> českým elektrárenským mixem při dodání jedné kWh vyjádřenou v gramech

Dosazení do vztahu (7)

$$\text{NO}_{x\text{km}} = 0,209 \times 0,831 = 0,173679 \text{ g}$$

Produkce CO se poté spočítá dosazením do vztahu:

$$\text{CO}_{\text{km}} = \text{FE}_{\text{km+ch}} \times \text{CO} \quad (8)$$

Kde:

$\text{CO}_{\text{km}}$  představuje přibližnou produkci CO elektromobilem na každý ujetý kilometr vyjádřenou v gramech

$\text{FE}_{\text{km+ch}}$  představuje celkovou spotřebu paliva na jeden kilometr neboli součet spotřeby paliva na jeden kilometr a energii potřebnou pro nabití rozdělenou mezi každý jeden kilometr skutečného kilometrového dojezdu, vyjádřenou v kWh, zkratka z ang. fuel economy a charging

$\text{CO}$  představuje celkovou produkci CO českým elektrárenským mixem při dodání jedné kWh vyjádřenou v gramech

Dosazení do vztahu (8)

$$\text{CO}_{\text{km}} = 0,209 \times 0,128 = 0,026752 \text{ g/km}$$

Z konečného výpočtu lze zjistit, že elektromobil reálně vypustí do ovzduší více  $\text{NO}_x$  než automobily splňující normu EURO VI. Výsledek 0,174 g/km nesplňuje žádnou předepsanou normu pro benzínové motory a normu EURO VI překračuje téměř třikrát. V případě dieselů tento výsledek splňuje kritéria nastavená pro EURO V, ovšem nutno podotknout, že kvůli již zmiňovanému podvádění výrobců u testů, může být toto množství velice pravděpodobně i poloviční proti tomu, co ve skutečnosti dieselové automobily produkují.

Výsledek emisí CO říká, že zde je situace naprosto opačná. Produkce CO elektromobily je 0,027 g/km, tato hodnota je téměř poloviční proti dieselovým automobilům s emisní normou EURO VI a u benzínových motorů je tato hodnota dokonce skoro čtvrtinová.

Závěrem nutno podotknout, že tato čísla jsou pouze orientační a můžou se v reálném provozu lišit. Tyto změny se pak budou dramaticky lišit především místo od místa, což je způsobeno různou skladbou elektráren v tom určitém místě.



**Obrázek 8:** Přesun znečištění z dopravy do energetiky

*Zdroj: Převzato z (Dolejš, 2017)*

## **9 ZMĚNA EMISÍ VYBRANÝCH VÝFUKOVÝCH PLYNŮ Z DOPRAVY NA ÚZEMÍ ČR PŘI PŘECHODU NA ELEKTROMOBILITU**

Hlavním posláním této práce je porovnat, jak by se změnila emise z dopravy, pokud by byl náš současný vozový park nahrazen vozy, které jsou poháněny elektřinou. K provedení tohoto výpočtu je nutno kalkulovat s teoretickými emisemi elektromobilu, což bylo spočteno v předchozí kapitole, dále s počtem automobilů a složením automobilů dle emisních tříd, tyto údaje vychází z tabulek v kapitole 4, dále s počtem najetých kilometrů osobními vozidly na komunikacích na území ČR.

Předpoklady, které musí být splněny jsou následující:

- 1) Vozový park je tvořen pouze vozy na benzín z 2/3 a vozy na naftu z 1/3
- 2) Vozový park se od roku 2015 nezměnil, protože nejsou dostupné novější informace
- 3) Vozy produkují vždy přesně stanovenou mezní hodnotu EURO normy pro škodliviny
- 4)  $\text{NO}_x$ , které není pro EURO I a II uvedeno stanovíme na 1,0 g/km pro EURO I a na 0,7 g/km pro EURO II pro obě paliva bez rozdílu
- 5) Osobní automobily v ČR ujedou 42 619 milionů kilometrů
- 6) Ujeté kilometry jsou mezi všechny vozy rozděleny rovnoměrně
- 7) V používané tabulce je EURO VI vyjádřeno pouze jako 0,04 tis. vozů, což je tak malé zastoupení, že bude pro potřeby výpočtu pominuto

V dalších podkapitolách je nutné spočítat průměrný roční kilometrový nájezd, z čehož se dále spočítají celkové emise automobilů se spalovacími motory, elektromobilů a nakonec samotné porovnání.

### **9.1 PRŮMĚRNÝ ROČNÍ KILOMETROVÝ NÁJEZD AUTOMOBILU V ČR**

Z tabulky v kapitole 4 vyplývá, že na území ČR je registrováno 4 671 tis. automobilů, z čehož lze vypočítat, kolik ujede jeden průměrný český automobil, pakliže je známo, že na našich komunikacích bylo všemi osobními automobily v roce 2016 najeto 42 619 milionů kilometrů. Autor sestavil následující rovnice.

Dosazení do vztahu:

$$AD = TD / A \quad (1)$$

Kde:

**AD** představuje průměrný roční kilometrový náběh českého osobního automobilu, z angl. average a distance

**TD** představuje celkový náběh všech českých osobních automobilů za rok, z angl. total a distance

**A** představuje počet osobních automobilů na území ČR, z angl. automobile

Dosazení do vztahu (1)

$$AD = 42\,619\,000\,000 / 4\,671\,000 = 9\,124,17 \text{ km}$$

## 9.2 CELKOVÉ EMISE CO A NOX BENZÍNOVÝCH AUTOMOBILŮ V ČR

Celkové emise všech automobilů s benzínovým motorem na našem území lze vypočítat rovnicí, která bude rozdělena na šest částí, přičemž v každé je nutné vynásobit tři činitele. Prvním je počet automobilů v každé emisní normě podle tabulky v kapitole 4, druhým je pro zjednodušení mezní limit každé emisní normy pro benzín, přičemž pro NO<sub>x</sub> nejsou limity v emisní normě EURO I a II určeny, proto jsem je odhadl na 0,7 g/km v EURO I a 1,0 g/km pro EURO II, posledním činitelem je průměrný kilometrový náběh vozu na území ČR. Celou rovnici nutno vynásobit ještě 2/3, jelikož u nás přibližně 2/3 automobilů pohání benzín.

Dosazení do vztahu pro CO:

$$CO_B = 2/3 \times (EU_1 \times EU_{1COB} \times AD + EU_2 \times EU_{2COB} \times AD + EU_3 \times EU_{3COB} \times AD + EU_4 \times EU_{4COB} \times AD + EU_5 \times EU_{5COB} \times AD) \quad (2)$$

Kde:

**CO<sub>B</sub>** představuje celkovou produkci CO benzínovými automobily na území ČR

**2/3** představují část automobilů, které v ČR pohání benzín

**EU<sub>1</sub>** až **EU<sub>5</sub>** představuje počty automobilů v příslušných emisních normách

**EU<sub>1COB</sub>** až **EU<sub>5COB</sub>** představují mezní emisní limity v příslušných emisních normách

**AD** představuje průměrný roční kilometrový náběh českého osobního automobilu,  
z angl. average a distance

Dosazení do vztahu (2)

$$\text{CO}_B = 2/3 \times (253\,300 \times 3,16 \times 9\,124,17 + 1\,028\,100 \times 2,20 \times 9\,124,17 + 1\,338\,900 \times 2,30 \times 9\,124,17 + 1\,235\,200 \times 1,00 \times 9\,124,17 + 816\,000 \times 1,00 \times 9\,124,17)$$

$$\text{CO}_B = 49\,835\,844\,274$$

$$\text{CO}_B = 49,84 \text{ mld. g CO}$$

Proto pro  $\text{NO}_x$  dosadíme do vztahu:

$$\begin{aligned} \text{NO}_{\text{XB}} = & \text{EU}_{1\text{B}} \times \text{EU}_{1\text{NOXB}} \times \text{AD} + \text{EU}_{2\text{B}} \times \text{EU}_{2\text{NOXB}} \times \text{AD} + \text{EU}_{3\text{B}} \times \text{EU}_{4\text{NOXB}} \times \text{AD} + \\ & + \text{EU}_{5\text{B}} \times \text{EU}_{5\text{NOXB}} \times \text{AD} + \text{EU}_{6\text{B}} \times \text{EU}_{1\text{NOXB}} \times \text{AD} \end{aligned} \quad (3)$$

Kde:

$\text{NO}_{\text{XB}}$  představuje celkovou produkci CO benzínovými automobily na území ČR

$2/3$  představují část automobilů, které v ČR pohání benzín

$\text{EU}_1$  až  $\text{EU}_5$  představuje počty automobilů v příslušných emisních normách

$\text{EU}_{1\text{NOXB}}$  až  $\text{EU}_{5\text{NOXB}}$  představují mezní emisní limity v příslušných emisních normách

**AD** představuje průměrný roční kilometrový náběh českého osobního automobilu,  
z angl. average a distance

Dosazení do vztahu (3)

$$\text{NO}_{\text{XB}} = 2/3 (253\,300 \times 1,00 \times 9\,124,17 + 1\,028\,100 \times 0,7 \times 9\,124,17 + 1\,338\,900 \times 0,15 \times 9\,124,17 + 1\,235\,200 \times 0,08 \times 9\,124,17 + 816\,000 \times 0,06 \times 9\,124,17)$$

$$\text{NO}_{\text{XB}} = 8\,038\,919\,322$$

$$\text{NO}_{\text{XB}} = 8,04 \text{ mld. g NO}_x$$

### 9.3 CELKOVÉ EMISE CO A NOX NAFTOVÝCH AUTOMOBILŮ V ČR

Pro výpočet emisí naftových automobilů bude postup obdobný jako v minulé podkapitole, pouze celou rovnici je nutné vynásobit  $1/3$ , která značí zbývající počet vozů, které jsou poháněny naftou.

Dosazení do vztahu pro CO:

$$\text{CO}_N = 1/3 \times (\text{EU}_1 \times \text{EU}_{1\text{CON}} \times \text{AD} + \text{EU}_2 \times \text{EU}_{2\text{CON}} \times \text{AD} + \text{EU}_3 \times \text{EU}_{3\text{CON}} \times \text{AD} + \text{EU}_4 \times \text{EU}_{4\text{CON}} \times \text{AD} + \text{EU}_5 \times \text{EU}_{5\text{CON}} \times \text{AD}) \quad (4)$$

Kde:

$\text{CO}_N$  představuje celkovou produkci CO naftovými automobily na území ČR

1/3 představuje část automobilů, které v ČR pohání nafta

$\text{EU}_1$  až  $\text{EU}_5$  představuje počty automobilů v příslušných emisních normách

$\text{EU}_{1\text{CON}}$  až  $\text{EU}_{5\text{CON}}$  představují mezní emisní limity v příslušných emisních normách

$\text{AD}$  představuje průměrný roční kilometrový náběh českého osobního automobilu, z angl. average a distance

Dosazení do vztahu (4)

$$\text{CO}_N = 1/3 \times (253\,300 \times 3,16 \times 9\,124,17 + 1\,028\,100 \times 1,00 \times 9\,124,17 + 1\,338\,900 \times 0,64 \times 9\,124,17 + 1\,235\,200 \times 0,50 \times 9\,124,17 + 816\,000 \times 0,50 \times 9\,124,17)$$

$$\text{CO}_N = 11\,286\,726\,941$$

$$\text{CO}_N = 11,28 \text{ mld. g CO}$$

Proto pro  $\text{NO}_x$  dosadíme do vztahu:

$$\text{NO}_{\text{XN}} = 1/3 \times (\text{EU}_{1\text{N}} \times \text{EU}_{1\text{NOXN}} \times \text{AD} + \text{EU}_{2\text{N}} \times \text{EU}_{2\text{NOXN}} \times \text{AD} + \text{EU}_{3\text{N}} \times \text{EU}_{3\text{NOXN}} \times \text{AD} + \text{EU}_{4\text{N}} \times \text{EU}_{4\text{NOXN}} \times \text{AD} + \text{EU}_{5\text{N}} \times \text{EU}_{5\text{NOXN}} \times \text{AD}) \quad (5)$$

Kde:

$\text{NO}_{\text{XN}}$  představuje celkovou produkci CO naftovými automobily na území ČR

1/3 představuje část automobilů, které v ČR pohání nafta

$\text{EU}_{1\text{N}}$  až  $\text{EU}_{5\text{N}}$  představuje počty automobilů v příslušných emisních normách

$\text{EU}_{1\text{NOXN}}$  až  $\text{EU}_{5\text{NOXN}}$  představují mezní emisní limity v příslušných emisních normách

$\text{AD}$  představuje průměrný roční kilometrový náběh českého osobního automobilu, z angl. average a distance

Dosazení do vztahu (5)

$$\text{NO}_{\text{XN}} = 1/3 \times (253\,300 \times 1,00 \times 9\,124,17 + 1\,028\,100 \times 0,7 \times 9\,124,17 + 1\,338\,900 \times 0,50 \times 9\,124,17 + 1\,235\,200 \times 0,25 \times 9\,124,17 + 816\,000 \times 0,18 \times 9\,124,17)$$

$$\text{NO}_{\text{XN}} = 6\,381\,159\,368$$

$$\text{NO}_{\text{XN}} = 6,38 \text{ mld. g NO}_x$$

V této části je již možné porovnat vlivy naftových a benzínových automobilů. Co se týče oxidu uhelnatého jsou na tom benzínové automobily téměř pětikrát hůř než naftové, ačkoli v posledních letech dochází k téměř neustálému lobby za odstranění naftových automobilů z komunikací. V případě  $\text{NO}_x$  nafta také zvítězila, celková produkce byla oproti benzínům přibližně tříčtvrtě, nutno podotknout že lobby, které bylo zmíněno je vedeno především kvůli pevným látkám, na které se tato práce nezaměřuje. Jelikož auta se spalovacím motorem již byla spočtena, v další podkapitole se práce zaměří na emise elektromobilů na území České republiky.

#### 9.4 CELKOVÉ EMISE ELEKTROMOBILŮ V ČR

Teoretické emise vozového parku, pokud by byl tvořen výhradně elektromobily, lze tak že sečteme počty automobilů v emisních normách, se kterými bylo počítáno v předchozích podkapitolách a tento součet vynásobím teoretickou produkcí zplodin na jeden kilometr z minulé kapitoly a navíc ještě průměrným ročním kilometrovým náběhem českého automobilu.

Dosazení do vztahu pro  $\text{CO}$ :

$$\text{CO}_{\text{TE}} = \text{EU}_{1-5} \times \text{CO}_E \times \text{AD} \quad (6)$$

$\text{CO}_{\text{TE}}$  představuje celkovou teoretickou produkci  $\text{CO}$  elektromobily na území ČR, z angl. total a electromobile

$\text{EU}_{1-5}$  představuje součet počtu automobilů v příslušných emisních normách

$\text{CO}_E$  představuje teoretickou produkci  $\text{CO}$  na jeden kilometr ze současného elektrárenského mixu

$\text{AD}$  představuje průměrný roční kilometrový náběh českého osobního automobilu, z angl. average a distance

Dosazení do vztahu (6)

$$\text{CO}_E = 4\,671\,510 \times 0,12761589 \times 9\,124,17$$

$$\text{CO}_E = 5\,439\,455\,208$$

$$\text{CO}_E = 5,44 \text{ mld. g CO}$$

Dosazení do vztahu pro  $\text{NO}_x$ :

$$\text{NO}_{\text{XE}} = \text{EU}_{1-5} \times \text{NO}_{\text{XE}} \times \text{AD} \quad (7)$$

$\text{NO}_{\text{XTE}}$  představuje celkovou teoretickou produkci  $\text{NO}_x$  elektromobily na území ČR, z angl. total a electromobile

$\text{EU}_{1-5}$  představuje součet počtu automobilů v příslušných emisních normách

$\text{NO}_{\text{XE}}$  představuje teoretickou produkci  $\text{NO}_x$  na jeden kilometr ze současného elektrárenského mixu

$\text{AD}$  představuje průměrný roční kilometrový náběh českého osobního automobilu, z angl. average a distance

Dosazení do vztahu (6)

$$\text{NO}_{\text{XE}} = 4\,671\,510 \times 0,173679 \times 9\,124,17 = 7\,402\,833\,151 = 7,40 \text{ mld. g NO}_x$$

Pakliže byly vypočteny všechny údaje sledované automobily, je možné přejít k jejich celkovému prohnání, které se nachází v další podkapitole.

## 9.5 SROVNÁNÍ PRODUKCE CO A $\text{NO}_x$ VOZY NA FOSILNÍ PALIVA A ELEKTROMOBILŮ

Po provedení této série výpočtu již lze odpovědět na otázku, jak by se tedy teoreticky mohla změnit kvalita ovzduší. Pokud tedy benzínové automobily dohromady vyprodukují 49,84 mld. g CO a 8,04 mld. g  $\text{NO}_x$  a naftové automobily vyprodukují 11,28 mld. g CO a 6,38 mld. g  $\text{NO}_x$ , ve výsledku vozy na fosilní paliva vyprodukují celkem 61,12 mld. g CO a 14,42 mld. g  $\text{NO}_x$ . Nutno však podotknout, že značnou nevýhodou tohoto výpočtu je fakt, že počítá s rovnoměrným kilometrovým nájezdem všech automobilů, z pravidla totiž flotily firemních vozů ujedou mnohem větší vzdálenosti a jsou převážně tvořeny moderními environmentálně šetrnějšími vozy. Na druhou stranu jsou většinou starší environmentálně nešetrné vozy vlastněny méně ekonomicky aktivními jedinci, například studenty nebo penzisty, kteří pravděpodobně

takové množství ujetých kilometrů ve svém voze nerealizují. Proto tento fakt hraje významně v neprospěch automobilů na ropná paliva.

Teoretické vzniklé emise, pokud by byl vozový park tvořen vybraným elektromobilem, by byly 5,44 mld. g CO a 7,40 mld. g NO<sub>x</sub>. Ačkoli emise NO<sub>x</sub> v minulé kapitole vycházely pro elektromobily oproti předepsaným normám pro benzínové automobily a nové naftové automobily nepříznivě, pokud se do výpočtu zahrne celý současný vozový park, situace se naprosto obrátí a je patrné, že emise NO<sub>x</sub> by byly v případě kompletního přechodu na elektromobilitu přibližně poloviční a v případě CO by emise tvořily přibližně jedenáctinu současného množství.

Z tohoto důvodu lze do budoucna v elektromobilitě spatřovat obrovský potenciál. V budoucnu se snad zdejší obyvatelé začnou více zajímat o zlepšení životního prostředí a pokud jim to ekonomická situace, v ideálním případě ještě podpořena státními dotacemi, dovolí, budou minimálně přemýšlet o přechodu na tento alternativní pohon.

## ZÁVĚR

V současné chvíli je hledání budoucnosti, ve smyslu využívání nových alternativních paliv, ve společnosti jedno z opravdu zvučných témat. Populace se dostala do situace, kdy se tenčí globální zásoby ropy, avšak žije v době, kdy se využívání dopravy, především té osobní individuální, dostalo do stádia, kdy na každého čtvrtého člověka na Zemi, připadá jeden automobil, a proto se tento jev již začíná negativně projevovat na životním prostředí.

Jedním z možných řešení je přechod ze současného využívání fosilních paliv na elektromobilitu. Cílem této práce bylo zanalyzovat, jak by se na našem území změnil stav ovzduší, pokud by došlo k hromadnému přechodu ze současného pohonu na elektrinu.

V první části byly vymezeny základní výfukové plyny, které se podílí na znečištění atmosféry, dále pak bylo nutné zanalyzovat zdroje znečištění, jelikož z pravidla doprava nebývá hlavním zdrojem, který by poškozoval atmosféru, pokud k tomu nejsou stanoveny ideální podmínky. Důležitým tématem, na které se práce zaměřila, byla analýza dopravní situace v České republice, ve smyslu srovnání dopravních výkonů s množstvím výfukových plynů v atmosféře.

V dalších kapitolách, pak bylo potřeba představit technologii elektromobilu. Elektromobil, jakožto v širším měřítku relativně nová technologie, je v podstatě stále ve fázi vývoje, proto jeho pořízení nese jistá rizika. Pokud člověk chce svoje chování přizpůsobit tak, aby bylo environmentálně přijatelné, nelze pouze pomýšlet na zátěž k životnímu prostředí ve smyslu provozu vozidla, ale je nutné počítat i s výrobou a recyklací, což bylo také zmíněno v této části.

V poslední a nejdůležitější části byly vybrány plyny, které dle autora hrají významnou roli ve znečišťování ovzduší, dále pak zde byla sestavena metoda, kterou lze zjednodušeně spočítat, kolik emisí škodlivin produkuje typický elektromobil. Nutno podotknout, že kvůli náročné výrobě a orientaci české energetiky na fosilní paliva, nebyl elektromobil jasným vítězem ve všech kategoriích v porovnání s moderními automobily na fosilní paliva, ovšem když se podíváme na český vozový park v nejširším hledisku, zjistíme, že je z velké části tvořen automobily, které způsobují velké škody na životním prostředí.

Z tohoto důvodu lze jednoznačně konstatovat, že pokud bychom v České republice přešli na využívání elektřiny pro dopravu, emise z dopravy by poté byly několikanásobně nižší než v současné době. Ačkoli je v tuto chvíli na našich silnicích pouze zanedbatelné množství elektromobilů, jejich prodeje každý rok rapidně rostou.

Pevně věřím, že za nějakou dobu otevřeme oči a zjistíme, že i když kvůli jistým nedokonalostem si při pořízení elektromobilu budeme muset ubrat část ze svého pohodlí, abychom ho nahradili odpovědným chováním, tak to pro dobro nás i všech dalších uskutečníme a v tom případě nás poté bude čekat fantastická světlá budoucnost.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KOŽELOUH, Jiří. *Znečištění ovzduší v České republice* [online]. 2018 [cit. 2018-09-23]. Dostupné z: [http://www.hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/2018/11/znecesteni\\_ovzdusi\\_cr\\_podklad\\_cad\\_2018.pdf](http://www.hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/2018/11/znecesteni_ovzdusi_cr_podklad_cad_2018.pdf)
- [2] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Zpráva o životním prostředí České republiky 2015* [online]. [Praha]: MŽP, 2016 [cit. 2018-10-30]. Dostupný z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zpravy\\_o\\_stavu\\_zivotniho\\_prostredi\\_publicace/\\$FILE/SOPSPZP-Zprava\\_ZP\\_CR\\_2015-20170301.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zpravy_o_stavu_zivotniho_prostredi_publicace/$FILE/SOPSPZP-Zprava_ZP_CR_2015-20170301.pdf)
- [3] CDV. *STUDIE O VÝVOJI DOPRAVY Z HLEDISKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ V ČESKÉ REPUBLICE ZA ROK 2016* [online]. [Brno]: CDV, 2017 [cit. 2018-11-14]. Dostupný z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/studie\\_vyvoj\\_dopravy/\\$FILE/000-Studie\\_2017-20180228.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/studie_vyvoj_dopravy/$FILE/000-Studie_2017-20180228.pdf)
- [4] DUSIL, Tomáš. *Nový homologační emisní test WLTP: Opravdu znamená konec lhaní?* [online]. 2017 [cit. 2018-11-20]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/wltp-novy-homologacni-emisni-test-110305>
- [5] *Eko daň – Ekologická daň při registraci vozidla* [online]. 2016 [cit. 2018-11-20]. Dostupné z: <https://www.likvidace-vozidla-praha.cz/eko-dan-ekologicka-dan-pri-preregistraci-vozidla/>
- [6] SAJDL, Jan. *Emisní norma EURO* [online]. 2016 [cit. 2018-11-20]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/emisni-norma-euro/>
- [7] VEGR, Jaromír. *Elektromobily - historie a současnost*. PRO-ENERGY. 2008, (3/2008), 44-50.
- [8] VANCE, Ashlee. *Elon Musk: Tesla, SpaceX a hledání fantastické budoucnosti*. Přeložil Eva NEVRLÁ. V Brně: Jan Melvil Publishing, 2015. Hvězdy (Jan Melvil). ISBN 978-80-87270-73-8.
- [9] BLOMHÄLL, Tibor. *Test drive of a petrol car* [online]. 2015 [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: <http://teslaclubsweden.se/test-drive-of-a-petrol-car/>
- [10] *Interaktivní síť dobíjecích stanic* [online]. Aktualizace 2014-19-06 [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: <http://www.roznovan.cz/~kubis/elektromobil.php>
- [11] VYTLAČIL, Petr. *Recyklace li-ion baterií* [online]. 2018 [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/akumulace-energie/recyklace-lithium-ion-baterii-uvod/>

- [12] HORČÍK, Jan. *Renault postaví 60MWh úložný systém z vysloužilých baterií elektromobilů* [online]. 2018 [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/renault-postavi-60mwh-ulozny-system-z-vyslouzilych-baterii-elektromobilu>
- [13] *Advanced Battery Storage* [online]. 2018 [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <https://media.group.renault.com/global/en-gb/groupe-renault/media/pressreleases/21216357/le-groupe-renault-lance-advanced-battery-storage-le-plus-grand-dispositif-de-stockage-stationnaire-d>
- [14] HORČÍK, Jan. *Nissan představil nové solární pouliční lampy čerpající energii z recyklovaných baterií* [online]. 2018 [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/nissan-predstavil-nove-solarni-poulicni-lampy-cerpajici-energii-z-recyklovanych-baterii>
- [15] KOLMAN, Stanislav. *Je elektromobil šetrnější než diesel? Velký test zohledňuje i fakta, na která často zapomínáme* [online]. 2018 [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/je-elektromobil-setrnejsi-nez-diesel-velky-test-zohlednuje-i-fakta-na-ktera-casto-zapominame-122927>
- [16] FIGENBAUM, Erik, Terje ASSUM a Marika KOLBENSTVEDT. *Electromobility in Norway: Experiences and Opportunities*. Elsevier. 2015, (50), 29-38.
- [17] ŠURKALA, Milan. *Emise CO<sub>2</sub> u elektromobilů: Tesla horší než BMW?* [online]. 2016 [cit. 2019-01-10]. Dostupné z: <https://www.svetmobilne.cz/emise-co2-u-elektromobilu-tesla-horsi-nez-bmw/4645-3>
- [18] *Národní energetický mix* [online]. 2018 [cit. 2019-02-05]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/narodni-energeticky-mix>
- [19] KONEKO MARKETING. *Emisní faktory při výrobě elektrické energie v ČR* [online]. 2015 [cit. 2019-02-05]. Dostupné z: <http://www.emise.cz/userdata/file/Emisní%20faktory%20-%20elektrina.pdf>
- [20] WAGENKNECHT, Martin. *Test BMW i3 94 Ah Presentace o budoucnosti* [online]. 2017 [cit. 2019-02-05]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/bmw-i3-94-ah-547>
- [21] ŠIDLÁK, Martin. *Elektroauta také lžou o spotřebě. Test odhalil obrovské rozdíly* [online]. 2018 [cit. 2019-02-05]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/bmw-i3-94-ah-547>
- [22] DOLEJŠ, Jan. *Jsou dnešní elektromobily ekologické?. CHYTRÁ AUTA* [online]. 2017 [cit. 2019-02-05]. Dostupné z: <https://www.chytrauta.cz/jsou-elektromobily-ekologicke-201701/>