

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI**

Přírodovědecká fakulta

Katedra geografie

Bc. Vojtěch Vranay

**Potenciál využití elektromobilů k redukci emisí  
skleníkových plynů z individuální automobilové  
dopravy v Evropě**

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Martin JUREK, Ph.D.

Olomouc 2019

## BIBLIOGRAFICKÝ ZÁZNAM

- Autor (osobní číslo): Bc. Vojtěch Vranay (D160299)
- Studijní obor: Učitelství anglického jazyka pro 2. stupeň základních škol a učitelství geografie pro střední školy
- Název práce: Potenciál využití elektromobilů k redukci skleníkových plynů z individuální automobilové dopravy v Evropě
- Title of thesis: Potential of using electric vehicles for the reduction of emissions of greenhouse gases from individual automobile transport in Europe
- Vedoucí práce: RNDr. Martin Jurek, Ph.D.
- Rozsah práce: 90 stran, 7 vázaných příloh
- Abstrakt: Cílem diplomové práce je zhodnotit míru přínosu zavedení elektromobilů jako náhrady automobilů se spalovacím motorem pro redukci emisí skleníkových plynů do ovzduší. Na příkladu vybraných zemí Evropy bude zhodnocen současný rozsah individuální automobilové dopravy a emisí skleníkových plynů z ní pocházejících a teoretický rozdíl v produkci emisí při nahrazení automobilů se spalovacím motorem za vozy na pohon elektrický. Bude přitom posouzen nejen rozdíl v emisích skleníkových plynů produkovaných přímo provozem automobilu, ale zohledněna bude i emisní náročnost produkce elektrické energie dodávané pro jejich nabíjení (na základě energetického mixu daných států).
- Klíčová slova: Elektromobil, skleníkové plyny, energetické mixy
- Abstract: The main aim of this diploma thesis is to evaluate the contribution of the introduction of electric vehicles as a replacement for cars with an internal combustion engine, in

order to reduce GHG emissions in the air. GHG emissions of the current car fleets from selected European countries will be evaluated and the theoretical difference in emissions when replacing cars with internal combustion engine with electric cars will also be analyzed. In addition, the difference in emissions of GHG emissions produced directly by the automobile will be assessed, along with the emission intensity of electricity production supplied by the charging stations (based on the country's energy mix).

Keywords: Electric vehicle, greenhouse gases, energy mixes

Tímto prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Martina Jurka, Ph.D. s použitím dostupné literatury a zdrojů, které jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Olomouci dne

Podpis

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce, panu RNDr. Martinu Jurkovi, Ph.D. za odbornou pomoc při zpracování práce, za všechny cenné rady a připomínky.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Pedagogická fakulta

Akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Vojtěch VRANAY**

Osobní číslo: **D160299**

Studijní program: **N7504 Učitelství pro střední školy**

Studijní obory: **Učitelství anglického jazyka pro 2. stupeň základních škol**

**Učitelství geografie pro střední školy**

Název tématu: **Potenciál využití elektromobilů k redukci emisí skleníkových plynů z individuální automobilové dopravy v Evropě**

Zadávací katedra: **Katedra geografie**

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

Cílem diplomové práce je zhodnotit míru přínosu zavedení elektromobilů jako náhrady automobilů se spalovacím motorem pro redukci emisí skleníkových plynů do ovzduší. Na příkladu vybraných zemí Evropy bude zhodnocen současný rozsah individuální automobilové dopravy a emisí skleníkových plynů z ní pocházejících a teoretický rozdíl v produkci emisí při nahrazení automobilů se spalovacím motorem za vozy na pohon elektrický. Bude přitom posouzen nejen rozdíl v emisích skleníkových plynů produkovaných přímo provozem automobilu, ale zohledněna bude i emisní náročnost produkce elektrické energie dodávané pro jejich nabíjení (na základě energetického mixu daných států).

Rozsah grafických prací: Podle potřeb zadání

Rozsah pracovní zprávy: 20 000 - 24 000 slov

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

EEA (2016): Electric vehicles in Europe, EEA Report No 20/2016. Kodaň: Evropská agentura pro životní prostředí.

EEA (2017): Monitoring progress of Europe's transport sector towards its environment, health and climate objectives (on-line, cit. 2018-03-06). Dostupné z <https://www.eea.europa.eu/themes/transport/term/monitoring-progress-of-europes-transport>

Figenbaum, E. (2017): Perspectives on Norway's supercharged electric vehicle policy. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 25, 14-34.

Kasten, P., Bracker, J., Haller, M., Purwanto, J. (2016): Electric mobility in Europe Future impact on the emissions and the energy systems. Berlin: Öko-Institut e.V.

Teixeira, A.C.R., Sodr , J.R. (2018): Impacts of replacement of engine powered vehicles by electric vehicles on energy consumption and CO2 emissions. *Transportation Research Part D* 59, 375-384.

Loisel, R., Pasaoglu, G., Thiel, C. (2014): Large-scale deployment of electric vehicles in Germany by 2030: An analysis of grid-to-vehicle and vehicle-to-grid concepts. *Energy Policy* 65, 432-443.

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Martin Jurek, Ph.D.

Katedra geografie

Datum zadání diplomové práce: 27. února 2017

Termín odevzdání diplomové práce: 10. dubna 2018

L.S.

prof. RNDr. Ivo Fr bort, CSc., Ph.D.  
d kan

doc. RNDr. Mari n Hal s, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Olomouci dne 27. února 2017

# Obsah

Seznam použitých zkratk	10
1 Úvod	11
2 Stanovení cílů práce	12
3 Metodika	13
3.1 Zhodnocení literatury	13
3.2 Získání a zpracování dat	16
4 Teoretická část	24
4.1 Změna klimatu a skleníkové plyny	24
4.2 Elektromobilita	32
4.2.1 Srovnání konvenčního automobilu a elektromobilu z hlediska celoživotního cyklu	34
5 Praktická část	38
5.1 Energetické mixy	38
5.1.2 Emisní náročnost výroby elektrické energie	41
5.2 Současná situace osobních automobilů se spalovacím motorem v Evropě	43
5.3 Současná situace elektromobilů v Evropě	44
5.4 Automobily se spalovacími motory a skleníkové plyny	46
5.4.1 Opatření do budoucna	51
5.5 Elektromobily a skleníkové plyny	53
5.6 Vozový park tvořený elektromobily	55
6 Výsledky srovnání automobilu se spalovacím motorem a elektromobilu	57
6.1 $CO_{2ek}$ při ujetí jednoho kilometru	57
6.2 Roční $CO_{2ek}$ z celého vozového parku	59
6.3 Zvýšená poptávka po elektrické energii	62
7 Případové studie vybraných států	64
7.1 Podpora elektromobility	64
7.1.1 Německo	65
7.1.2 Francie	65
7.1.3 Norsko	66
7.1.4 Česká republika	67
7.1.5 Polsko	68
7.2 Energetické mixy v budoucnosti	68
7.3 Energetická koncepce	70
7.3.1 Německo	70
7.3.2 Francie	71
7.3.3 Norsko	71
7.3.4 Česká republika	71



7.3.5	Polsko .....	72
8	Diskuze.....	73
9	Závěr .....	76
10	Summary.....	78
	Seznam použité literatury .....	80
	Seznam obrázků .....	89
	Seznam tabulek .....	90
	Seznam příloh.....	91

## Seznam použitých zkratek

ACEA	European Automobile Manufacturers' Association
BEV	Bateriové elektrické vozidlo
CO <sub>2ek</sub>	Oxid uhličitý ekvivalent
ČTK	Česká tisková kancelář
EAFO	European Alternative Fuels Observatory
EEA	European Environment Agency
EU	Evropská unie
g	gram
GHG	Greenhouse gases
HEV	Hybridní elektrické vozidlo
ICE	Automobil se spalovacím motorem
IEA	International Energy Agency
IPCC	The Intergovernmental Panel on Climate Change
kWh	kilowatthodina
km	kilometr
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
mt	megatuna
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PHEV	Plug-in hybridní elektrické vozidlo
ppm	parts per milion (počet objemových částí sledované plynné látky v milionu objemových částí vzduchu)
ppb	parts per billion (počet objemových částí sledované plynné látky v miliardě objemových částí vzduchu)
t	tuna
tWh	terawatthodina
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
WMO	World Meteorological Organization

# 1 Úvod

Za poslední dvě staletí bylo vynalezeno mnoho prostředků, které ovlivnily náš každodenní život na Zemi, ale jen málokterá věc ovlivnila životy lidí tak, jako silniční automobilová doprava. Její masivní rozvoj ve 20. století usnadnil přepravu lidí a věcí, urychlil technologický vývoj a nezvratným způsobem pozměnil i ráz samotné krajiny.

Mění se životní prostředí a klima na Zemi ale přimělo lidstvo dívat se na pokrok i z té negativní stránky, především s ohledem na rostoucí negativní vliv emisí skleníkových plynů. Silniční doprava má na těchto změnách nezanedbatelný podíl a v blízké době musí být přijata nápravná opatření, aby byl tento negativní vývoj zastaven dříve, než bude na jakékoliv změny příliš pozdě.

Mění se klima a zhoršující se životní prostředí ale nejsou jediný důvod, proč je změna v silniční osobní dopravě nezbytná. Drtivá většina automobilů využívá pro jízdu spalovací motor, kdy je hlavní pohonnou látkou benzín, popřípadě nafta, nicméně tyto dvě složky nejsou nevyčerpatelné a lidstvo jako celek (nejen automobilový sektor) se musí připravovat na to, co bude následovat, až jednoho dne ropa jako surovina dojde.

Kvůli těmto dvěma negativním faktorům začíná ve společnosti rezonovat pojem elektromobil, mezi jehož pozitiva se obvykle řadí to, že je šetrný k životnímu prostředí, má nižší náklady na provoz nebo není tak hlučný při provozu. Menší technologická náročnost elektromobilu je také spatřována jako výhoda. Jako všechny věci mají ale i elektromobily své nevýhody. Jako největší negativum se v současné době jeví malá dojezdová vzdálenost nebo vysoká pořizovací hodnota, která může odradit mnoho jeho potenciálních kupců.

V případě, že by v budoucnosti došlo k nahrazení automobilů se spalovacími motory za elektromobily, je ale důležité si uvědomit, z jakých zdrojů bude získávána elektřina, kterou elektromobily potřebují pro svůj provoz. Největší pozitivní efekt na životní prostředí s ohledem na vypouštěné emise skleníkových plynů by zavedení elektromobilů jako standardního dopravního prostředku mělo v případě, kdy by elektřina pocházela z obnovitelných zdrojů energie, popřípadě atomových elektráren. Nabíjením elektromobilů elektřinou vyrobenou z fosilních paliv dojde pouze k přesunu vypuštění emisí skleníkových plynů od výfuku u automobilu ke komínu elektrárny.

## 2 Stanovení cílů práce

Prvním cílem práce je stanovení celkového objemu skleníkových plynů, které je do ovzduší uvolňováno z individuální automobilové dopravy v jednotlivých zemích. Následně je nutno vzít v úvahu průměrné roční dojezdové vzdálenosti, které automobily urazí a počet osobních automobilů ve vybraných evropských zemích. Z těchto údajů poté bude možné spočítat průměrné množství emisí skleníkových plynů, které jsou uvolněny v důsledku provozu automobilů se spalovacími motory na jeden ujetý kilometr a za jeden rok.

Druhým dílčím cílem je poté zjištění energetické náročnosti využívání elektromobilu. Ta se bude týkat především spotřeby elektrické energie nutné k provozu elektromobilu a s ní spojenou výrobou elektrické energie v elektrárnách. Skladba energetického mixu se liší napříč všemi evropskými státy, tuto skladbu je při hodnocení energetické náročnosti elektromobilů potřeba zohlednit. Zároveň se liší i množství emisí skleníkových plynů vypuštěného do ovzduší při výrobě 1 kWh v jednotlivých typech elektráren, což bude podcílem v této části práce. Z těchto údajů poté bude možno spočítat emisní faktor elektromobilu při ujetí jednoho kilometru a množství skleníkových plynů vypuštěného za jeden rok vozovým parkem tvořeného pouze elektromobily.

Třetím a posledním cílem diplomové práce bude porovnání výsledků zjištěných prostřednictvím naplnění prvních dvou cílů. Tedy srovnání emisní náročnosti provozu průměrného vozidla se spalovacím motorem v jednotlivých evropských zemích s vozidlem na pohon elektrický, který je ovšem dobíjen elektrickou energií získanou na základě různých energetických mixů. Z výsledků by mělo být zřejmé, v jakých zemích by v současné době mělo nahrazení celého vozového parku automobilů se spalovacím motorem za vozidla na pohon elektrický smysl z pohledu vypouštěných emisí skleníkových plynů a k jakému ročnímu ušetření emisí skleníkových plynů by případně mohlo dojít.

## 3 Metodika

V této kapitole bude zhodnocena dostupná literatura týkající se elektromobility a jejího vlivu na emise skleníkových plynů, druhá část pak popisuje postup, jak byla získávána relevantní data a jakým způsobem byla následně zpracovávána.

### 3.1 Zhodnocení literatury

Tématu změny klimatu a globálního oteplování obecně je věnována pozornost například v publikaci Johna Houghtona *Global Warming: The complete briefing* (2015). Je zde popsáno, jak se klimatické podmínky v minulosti měnily a jaký podíl na této změně klimatu má člověk v důsledku svého konání v současnosti. Zároveň je zde nastíněno, jaký dopad v budoucnosti mohou tyto změny klimatu mít na fungování celé lidské společnosti. V knize je také objasněn princip skleníkového efektu a vliv jednotlivých skleníkových plynů na tomto ději.

Podobnému tématu si věnuje i Andrew Dessler ve své publikaci *Introduction to modern climate change* (2016). V této knize autor mimo jiné připomíná, že problematika globálního oteplování se stává častým námětem k diskuzi i v politické sféře na těch nejvyšších úrovních. Dále jsou zde vysvětleny nejnovější poznatky k této problematice, ke kterým dospěl mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC).

V oblasti klimatických změn a globálního oteplování jsou velice přínosné i informace poskytnuté World Meteorological Organization (WMO). Zpráva *WMO Statement on the State of the Global Climate in 2016* (2017a) popisuje vývoj změny koncentrací hlavních skleníkových plynů a důsledky, které tato změna má, zejména důsledky v podobě extrémních výkyvů počasí. V další publikaci *WMO Greenhouse gas bulletin* (2017b) je pozornost věnována především třem nejdůležitějším skleníkovým plynům (oxidu uhličitému, metanu a oxidu dusnému) a souvislostem mezi změnami koncentrací těchto plynů a rostoucí průměrnou globální teplotou.

Evropská agentura pro životní prostředí (EEA) ve svém článku *Monitoring progress of Europe's transport sector towards its environment, health and climate objectives* (2017) vyhodnocuje, jak se Evropské unii jako celku daří naplňovat cíle, které si v oblasti životního prostředí stanovila. Zpráva konstatuje, že ačkoliv se dílčí krátkodobé cíle daří naplňovat, celá EU musí vynaložit ještě větší úsilí, aby byly naplněny

i všechny cíle dlouhodobé. Mezi tyto se řadí například snížení emisí z dopravy až o 60 % v roce 2050 oproti roku 1990, zvětšení podílů energie z obnovitelných zdrojů (až na 10 %), které jsou využity na dopravu, nebo snížení spotřeby benzínu a nafty v dopravě až o 70 % oproti roku 2008.

Informace týkající se elektrických automobilů v Evropě jsou shrnuty v publikaci *Electric vehicles in Europe* (2016) vydané taktéž Evropskou agenturou pro životní prostředí. Článek představuje jednotlivé typy elektromobilů a dále je zde vysvětleno, na jakém principu fungují a v čem lze spatřit jejich největší výhody a nevýhody. Rovněž je zde popsán přístup vybraných evropských zemí k elektromobilům včetně informací o počtu prodaných kusů. Autoři v této publikaci konstatují i nezbytnost prohloubení spolupráce sektoru osobní automobilové dopravy se sektorem elektrické energie.

Detailnější analýzu náročnosti pro elektrickou rozvodnou síť přinášejí Kasten a kolektiv (Kasten et al., 2016). Ve své publikaci *Electric mobility in Europe – Future impacts on the emissions and the energy system* (2016) upozorňují na to, že se elektromobily stanou významným odběratelem elektrické energie, kdy do roku 2050 může v Evropě vzrůst poptávka po elektrické energii až o čtvrtinu. Tvůrci této publikace poukazují na problematiku obnovitelných zdrojů. Větrné elektrárny nemusejí vyrábět dostatečné množství energie v případě bezvětří a u solárních elektráren se zase pro změnu nebude střetávat poptávka s nabídkou, jelikož panely budou produkovat energii během dne, zatímco elektromobily se budou dobíjet hlavně v noci. Také je zde analyzována problematika uchovávání elektrické energie pro případ jejího nadbytku nebo problém dobíjení v případě, kdy na trhu nebude dostupné dostatečné množství elektrické energie pro nabití elektromobilů. Ve studii jsou rovněž nastíněny dva scénáře, kdy elektromobily tvoří 50 %, popřípadě 80 % celkového vozového parku v Evropské unii, a zkoumá se jejich dopad na redukci množství oxidu uhličitého v ovzduší.

Rodica Loisel et al. v práci *Large-scale deployment of electric vehicles in Germany by 2030: An analysis of grid-to-vehicle and vehicle-to-grid concepts* (2013) nastiňují přibližnou energetickou spotřebu na německém energetickém trhu do roku 2030. Autoři pomocí dat dokážou předpovědět, jaký bude nápor na energetický systém kvůli dobíjení elektromobilů a jak se v průběhu dne změní poptávka po elektrické energii. V práci se objevuje i termín „vehicle-to-grid“, což znamená, že by elektromobily

mohly sloužit i jako úschovna elektrické energie a v případě jejího nedostatku by mohly dodávat energii zpět do systému.

Dopad zavedení automobilů na elektrický pohon z hlediska spotřeby elektrické energie a snížení koncentrace CO<sub>2</sub> v ovzduší zkoumají ve své práci *Impacts of replacement of engine powered vehicles by electric vehicles on energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions* Teixeira et al. (2018). Autoři této publikace srovnávají elektromobily a automobily s klasickým spalovacím motorem. Byly srovnávány vypouštěné emise CO<sub>2</sub>, spotřeba a také energetická náročnost. Z výsledků vyplývá, že množství vypuštěných emisí CO<sub>2</sub> z elektromobilu může být až 26x menší než emise vyprodukované automobilem se spalovacím motorem.

Srovnání spalovacího automobilu a elektromobilu z hlediska množství vypouštěných emisí skleníkových plynů provedli v práci *Electricity carbon intensity in European Member States: Impacts on GHG emissions of electric vehicles* (2018) i autoři Moro a Lonza. V případě elektromobilů se zaměřili na složení energetických mixů jednotlivých evropských států a množství nepřímých skleníkových plynů, které elektromobily vypouští. Autoři došli k závěru, že elektromobily vypouštějí v důsledku svého provozu méně emisí než spalovací automobily téměř ve všech státech Evropské unie.

Článek *Global EV Outlook 2016 Beyond one million electric cars* (2016) vydaný Mezinárodní energetickou agenturou pojednává o tom, jakým směrem by se mohl trh s elektromobily v budoucnosti ubírat. Agentura dodává, že trh s elektromobily rapidně roste, v roce 2016 byly největšími trhy především Čína, USA a Evropa. Nárůst počtu elektromobilů by podle predikcí této agentury měl pokračovat i nadále.

Obecně lze říci, že literatura zabývající se tématem klimatických změn, globálního oteplování a elektromobility je dostupná. Pro potřeby této diplomové práce byly nejčastěji využívány internetové zahraniční cizojazyčné zdroje. V jejich vyhledávání se ukázala jako velmi užitečná databáze ScienceDirect. Zde je možné nalézt vědecké odborné články, které se tématu elektromobilů a skleníkových plynů věnují. Knižní literatura vztahující se k tématu byla vypůjčena z knihovny Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého a také z Vědecké knihovny v Olomouci.

### 3.2 Získání a zpracování dat

Pro potřeby této práce je pojem elektromobil používán výhradně pro označení čistě bateriově poháněných elektrických vozidel, nikoliv pro označení skupiny vozidel využívajících pro svůj pohon elektrickou energii i částečným způsobem v kombinaci s jinými typy pohonu, ačkoliv tato vozidla s hybridním pohonem bývají zpravidla jako elektromobily také označována. Data získaná v praktické části práce byla následně zpracována do přehledových grafů a tabulek v programu Microsoft Excel, pro tvorbu mapového podkladu byl využit program ArcGIS 10.4.

Jelikož mají jednotlivé skleníkové plyny odlišný vliv na skleníkový efekt a zároveň se jejich výskyt v atmosféře liší i z hlediska časového vymezení, byl proveden propočet, díky kterému lze snadněji porovnat jejich účinnost na tomto jevu. Vliv na globálním oteplování všech skleníkových plynů poté bývá vyjadřován ve formě  $CO_{2ek}$ , který udává, jaké množství emisí oxidu uhličitého by způsobilo stejný efekt na globálním oteplování (IPCC, 2007). Hromádka (2012) uvádí: „ $CO_{2ek}$  představuje souhrn všech složek emisí způsobující skleníkový efekt přepočtený na produkci  $CO_2$ .“ V této práci je tedy množství skleníkových plynů vyjadřováno ve formě  $CO_{2ek}$ .

Mezi vybrané státy Evropy, u kterých byla relevantní data v rámci této práce zjišťována, byly zařazeny všechny členské státy Evropské unie a také Norsko, vzhledem k jeho specifičnosti v rámci elektromobility a také energetického mixu. Aby bylo možné porovnat automobil se spalovacím motorem a elektromobil, bylo v první řadě nezbytné zjistit množství emisí skleníkových plynů pocházejících z celého vozového parku v jednotlivých zemích. Tyto údaje byly získány z databáze Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu (UNFCCC, 2019).

Následně bylo potřeba získat údaje o počtu osobních automobilů, k tomuto účelu posloužil statistický úřad Evropské unie Eurostat (2019a). Z této databáze byly vybrány všechny osobní automobily za rok 2016. Z tohoto celkového počtu byly odečteny elektromobily, které se v tom roce v rámci vozového parku již vyskytovaly. Data o elektromobilech byly převzaty z EAFO (2019). Z výsledných údajů pak bylo možno vypočítat množství skleníkových plynů z provozu jednoho automobilu se spalovacím motorem za jeden rok.



Výpočet průměrného množství emisí skleníkových plynů z provozu automobilu se spalovacím motorem:

$$mCO_{2eka} = \frac{mCO_{2ekvp}}{vp} \text{ [t/rok]}$$

kde:  $mCO_{2eka}$  množství  $CO_{2ek}$  vypuštěného provozem jednoho automobilu se spalovacím motorem za rok  
 $mCO_{2ekvp}$  množství  $CO_{2ek}$  z celého vozového parku za jeden rok [t]  
 $vp$  počet automobilů ve vozovém parku

Příklad České republiky:  $mCO_{2eka} = \frac{10\,859\,000}{5\,306\,718} \cong 2,04 \text{ [t/rok]}$

K dalším propočtům bylo nutno získat údaje o průměrném množství naježděných kilometrů za jeden rok v jednotlivých zemích. Tyto informace jsou velice specifické a těžce dohledatelné, bylo proto nezbytné kontaktovat francouzskou agenturu Odyssee (2019), která těmito informacemi disponuje a byla velice ochotná tyto informace pro potřeby výzkumu poskytnout.

Vzhledem k tomu, že dodané informace nebyly úplné, musely být chybějící údaje týkající se průměrné roční ujeté vzdálenosti dopočítány na základě dat z Eurostatu (2015). Chybějící data se týkala Maďarska, Litvy, Slovinska a Bulharska. V databázi Eurostatu se nachází údaje o množství naježděných vozových kilometrů z celého vozového parku za jeden rok a vzhledem k tomu, že jsou známý i počty registrovaných osobních automobilů, lze jednoduše dopočítat průměrnou dojezdovou vzdálenost automobilu za jeden rok. Eurostat nebyl primárním zdrojem dat vzhledem k tomu, že zde byly údaje staršího data a nachází se zde data pouze 23 států. K výpočtům dat chybějících čtyř států jsou tyto údaje pro potřeby této práce dostačující, ačkoliv jsou tímto poněkud relativizovány výsledky výzkumu. Jevilo se jako vhodnější tyto státy do výzkumu zahrnout i s vědomím, že výchozí údaje jsou mírně zastaralé, spíše, než je zcela vynechat.

V další části je vypočítáno množství skleníkových plynů vypuštěných automobilem se spalovacím motorem po ujetí jednoho kilometru.

Výpočet průměrného množství emisí CO<sub>2ek</sub> na ujetý jeden kilometr:

$$mCO_{2ek1km} = \frac{mCO_{2eka}}{P} \text{ [g/km]}$$

kde:  $mCO_{2ek1km}$  množství CO<sub>2ek</sub> na ujetý jeden kilometr  
 $mCO_{2eka}$  množství CO<sub>2ek</sub> vypuštěného jedním automobilem se spalovacím motorem [g/rok]  
 $P$  průměrná roční najetá vzdálenost [km]

Příklad České republiky:  $mCO_{2ek1km} = \frac{2\,040\,000}{9\,943} \cong 205,169 \text{ [g/km]}$

V této fázi je tedy známo množství emisí skleníkových plynů, které vypustí jeden průměrný automobil se spalovacím motorem v důsledku svého provozu na jeden ujetý kilometr. Aby bylo tyto výsledky možné porovnat s elektromobilem, je nutno provést obdobné propočty i pro něj. Ty jsou ale o poznání komplikovanější, než tomu bylo v případě spalovacích automobilů.

V první řadě musí být zjištěn energetický mix jednotlivých států. Data pro tuto část byla převzata opět z Eurostatu (2018) a IEA (2019) a výsledné hodnoty jsou průměrem energetických mixů za roky 2014 až 2016. Poté muselo být zjištěno, jaké množství CO<sub>2ek</sub> je vypuštěno v jednotlivých typech elektráren při výrobě 1 kWh. Za tímto účelem byly převzaty údaje od World Nuclear Association (2011).

Tabulka 1: Množství vypuštěného CO<sub>2ek</sub> (g) při výrobě 1 kWh v jednotlivých typech elektráren

Druh elektrárny/využití palivo		g CO <sub>2ek</sub> /kWh
Fosilní paliva	Hnědé uhlí	1 054
	Černé uhlí	888
	Ropa	733
	Zemní plyn	499
Jaderná		29
Obnovitelné zdroje energie	Vodní	26
	Větrná	26
	Biomasa	45
	Solární	85
Ostatní		376

Zdroj: World Nuclear Association (2011), vlastní zpracování

Na základě těchto údajů je možné provést další výpočty. Důležité je zjistit, jaké množství CO<sub>2ek</sub> je vypuštěno ve vybraných evropských státech při výrobě 1 kWh na základě jejich národních energetických mixů. V případě skupiny „ostatní“ jsou sečteny hodnoty všech zbylých skupin a výsledek vydělen devíti. Vzhledem k tomu, že skupina „ostatní“ mají v energetickém mixu nízké zastoupení, lze výslednou odchylku považovat za zanedbatelnou.

Postup výpočtu:

$$mCO_{2ek1kWh} = mCO_{2ekHU} \cdot p_{\%HU} + mCO_{2ekČU} \cdot p_{\%ČU} + mCO_{2ekR} \cdot p_{\%R} + mCO_{2ekZP} \cdot p_{\%ZP} + mCO_{2ekJ} \cdot p_{\%J} + mCO_{2ekVO} \cdot p_{\%VO} + mCO_{2ekVE} \cdot p_{\%VE} + mCO_{2ekB} \cdot p_{\%B} + mCO_{2ekS} \cdot p_{\%S} + mCO_{2ekO} \cdot p_{\%O} \text{ [g/kWh]}$$

Kde:	mCO <sub>2ek1kWh</sub>	množství vypuštěného CO <sub>2ek</sub> při výrobě 1 kWh
	mCO <sub>2ekX</sub>	množství vypuštěného CO <sub>2ek</sub> dle použitého paliva/typu elektrárny při výrobě 1 kWh [g/kWh]
	x	jednotlivé typy použitého paliva/typ elektrárny pro výrobu elektrické energie – uhlí (hnědé, černé), ropa a ropné produkty, zemní plyn, jaderná, vodní, větrná, biomasa, solární, ostatní
	p <sub>%X</sub>	zastoupení konkrétního typu elektrárny/použitého paliva v energetickém mixu daného státu – uhlí (hnědé, černé), ropa a ropné produkty, zemní plyn, jaderná, vodní, větrná, biomasa, solární ostatní [%]

Příklad České republiky:

$$mCO_{2ek1kWh} = 1054 \cdot \frac{43,36}{100} + 888 \cdot \frac{5,5}{100} + 733 \cdot \frac{0,12}{100} + 499 \cdot \frac{6,3}{100} + 29 \cdot \frac{32,07}{100} + 26 \cdot \frac{3,65}{100} + 26 \cdot \frac{0,62}{100} + 45 \cdot \frac{5,61}{100} \cdot \frac{2,57}{100} + 376 \cdot \frac{0,20}{100} \cong 543,500 \text{ [g/kWh]}$$

Na základě všech těchto dílčích kroků bylo možné vypočítat nepřímé emise, které vypouštějí elektromobily v důsledku svého provozu. Aby bylo možno určit emisní faktor provozu u elektromobilu, musela být nejdříve vyhodnocena současná situace

na trhu s elektromobily. Tomuto účelu posloužila databáze European Alternative Fuel Observatory (EAFO, 2019). Z ní bylo zjištěno, kterých 5 typů elektromobilů má největší zastoupení ve vozovém parku. Pomocí databáze Electric Vehicle Database (2019) byla poté zjištěna průměrná spotřeba těchto pěti vybraných elektromobilů. Následně byla na základě 5 vybraných elektromobilů určena průměrná spotřeba u modelového elektromobilu, a to v hodnotě 17,530 kWh/100 km.

Tabulka 2: Průměrná spotřeba vybraných elektromobilů

Typ elektromobilu	Průměrná spotřeba (kWh/100 km)
Renault Zoe	16,900
Nissan Leaf	17,400
Volkswagen e-golf	17,450
Tesla S	19,200
BMW i3	16,700
<b>Modelový elektromobil</b>	<b>17,530</b>

Zdroj: EAFO (2019), Electric Vehicle Database (2019), vlastní zpracování

Vzhledem k tomu, že při samotném dobíjení elektromobilu dochází ke ztrátě elektrické energie v hodnotě přibližně mezi 10 % až 20 % (Sun, 2010), tato ztráta musela být při výpočtech zohledněna a byla stanovena střední hodnota 15 %. Výpočet znázorňuje, jaké množství elektrické energie je zapotřebí, aby se do baterie elektromobilu dobila 1 kWh.

Postup výpočtu dodané elektrické energie na nabití 1 kWh:

$$P_S = P_D \cdot \frac{100}{\eta} \text{ [kWh]}$$

Kde:  $P_S$  elektrická energie odebraná z energetické soustavy  
 $P_D$  elektrická energie dodaná do elektromobil [kWh]  
 $\eta$  účinnost při dobíjení [%]

Příklad České republiky:  $P_S = 1 \cdot \frac{100}{85} \cong 1,176 \text{ [kWh]}$

Při přenosu elektrické energie v distribuční a přenosové soustavě rovněž dochází ke ztrátám, které se v jednotlivých státech liší. Údaje o ztrátách byly převzaty z The World Bank (2019) za roky 2010 až 2014. Z nich byla poté vypočtena průměrná

ztráta pro každou zemi. Jsou-li známy všechny tyto dílčí kroky, lze následně dopočítat, jaké reálné množství elektrické energie musí být dodáno do přenosové a distribuční soustavy, aby byla do baterie elektromobilu následně dobít 1 kWh. Výsledek lze využít i jako koeficient mezi dodanou a nabitou elektrickou energií ( $k_{V1kWh}$ ).

Postup výpočtu reálného množství energie vyprodukované elektrárnou na dobítí 1 kWh do baterie elektromobilu:

$$P_V = P_S \cdot \left(1 + \frac{P_{Z\%}}{100}\right) \text{ [kWh]}$$

Kde:	$P_V$	elektrická energie dodaná elektrárnou do energetické soustavy
	$P_S$	elektrická energie odebrána z energetické soustavy [kWh]
	$P_{Z\%}$	ztráty elektrické energie v distribuční a přenosové soustavě [%]

Příklad České republiky:  $P_V = 1,17 \cdot \left(1 + \frac{4,88}{100}\right) \cong 1,227 \text{ [kWh]}$

Na příkladu České republiky lze ilustrovat, že aby došlo k dobítí 1 kWh do baterie elektromobilu, musí elektrárna do sítě v případě ČR dodat 1,227 kWh elektrické energie. V následujícím kroku je vypočítáno, jaké množství elektrické energie potřebuje elektromobil na to, aby ujel jeden kilometr.

Postup výpočtu pro energii potřebnou pro ujetí jednoho kilometru:

$$P_{V1km} = \frac{P_{S100km}}{100} \cdot K_{V1kWh} \text{ [kWh/km]}$$

Kde:	$P_{V1km}$	energie dodána do soustavy na ujetí jednoho kilometru u elektromobilu
	$P_{S100km}$	elektrická energie potřebné pro ujetí 100 km u elektromobilu [kWh]
	$K_{V1kWh}$	koeficient mezi dodanou a nabitou elektrickou energií

Příklad České republiky:  $P_{V1km} = \frac{17,53}{100} \cdot 1,227 \cong 0,215$  [kWh/km]

Je-li známo, jaké množství elektrické energie potřebuje elektromobil na ujetí jednoho kilometru, je nyní možné vypočítat, jaký je jeho emisní faktor při ujetí jednoho kilometru. Tento faktor je u jednotlivých zemí odlišný v závislosti na jejich energetickém mixu.

Výpočet emisního faktoru při ujetí 1 kilometru u elektromobilu:

$$mCO_{2ek1km} = mCO_{2ek1kWh} \cdot P_{V1km} \text{ [g/km]}$$

Kde:	$mCO_{2ek1km}$	množství vypuštěného $CO_{2ek}$ při ujetí 1 kilometru
	$mCO_{2ek1kWh}$	množství $CO_{2ek}$ vypuštěného při výrobě 1 kWh [g/kWh]
	$P_{V1km}$	energie dodána do energetické soustavy na ujetí 1 kilometru u elektromobilu [kWh]

Příklad České republiky:  $mCO_{2ek1km} = 543,500 \cdot 0,215 \cong 116,853$  [g/km]

Až po těchto dílčích výpočtech je možné provést výpočet za účelem zjištění, zdali by nahrazení současného vozového parku tvořeného automobily se spalovacími motory za vozidla na pohon elektrický přineslo efekt snížení množství emisí skleníkových plynů pocházejících z automobilové dopravy. V případě, že ano, o jaké množství by se jednalo.

Výpočet množství emisí  $CO_{2ek}$  vyprodukovaného celým vozovým parkem tvořeného elektromobily za jeden rok:

$$mCO_{2ekvpe} = mCO_{2ek1km} \cdot P \cdot vpe \text{ [mt/rok]}$$

kde:	$mCO_{2ekvpe}$	množství $CO_{2ek}$ vyprodukovaných elektromobilovým vozovým parkem za jeden rok
	$mCO_{2ek1km}$	množství $CO_{2ek}$ vypuštěných po ujetí 1 km u elektromobilu [g/km]
	$P$	průměrná roční najetá vzdálenost [km]

$vpe$  vozový park tvořený elektromobily

Příklad České republiky:  $mCO_{2ekvpe} = 116,853 \cdot 9\,943 \cdot 5\,306\,718 \cong 6,166$   
[mt/rok]

Jako poslední krok byl proveden výpočet týkající se případného nárůstu produkce elektrické energie, která by byla potřebná pro nabití celého vozového parku za jeden rok:

Výpočet nárůstu vyrobené elektřiny:

$$N = P \cdot P_{V1km} \cdot vpe \text{ [tWh/rok]}$$

Kde:  $N$  nárůst v produkci elektrické energie  
 $P$  roční ujetá vzdálenost [km]  
 $P_{V1km}$  energie dodána do energetické soustavy na ujetí  
1 kilometru u elektromobilu [kWh]  
 $vpe$  vozový park tvořený elektromobily

Příklad České republiky:  $N = 9\,943 \cdot 0,215 \cdot 5\,306\,718 \cong 11,344$  [tWh/rok]

V kapitole 7 diplomové práce jsou zpracovány studie situace ve vybraných státech. U nich je nejdříve popsán stávající přístup jednotlivých vlád k elektromobilům včetně toho, jakými způsoby se případně nákupy těchto dopravních prostředků ve svých zemích snaží podporovat. Druhým faktorem u vybraných zemí je poté jejich koncepce v rámci výroby elektrické energie, to znamená, jakým směrem se budou chtít v budoucnosti ubírat a zdali usilují o omezení získávání elektrické energie z fosilních paliv a o přechod na používání obnovitelných zdrojů energie. Strategie získávání elektrické energie je totiž v otázce elektromobilů zásadním faktorem ovlivňujícím potenciální vliv na snížení emisí skleníkových plynů.

## 4 Teoretická část

Následující kapitola se zabývá změnou klimatu z hlediska toho, jak velké změny klimatu už nastaly a jaký dopad tyto změny mohou mít. Pozornost bude rovněž věnována globálnímu oteplování a vysvětlen bude princip uhlíkového cyklu, a jak tento přirozený cyklus narušil člověk svou činností. Rovněž bude popsán podíl jednotlivých sektorů na vypouštění třech hlavních skleníkových plynů spolu s přehledem dokumentů, které zavazují jednotlivé státy k ochraně životního prostředí a snižování emisí vypouštěných do ovzduší. V poslední části budou stručně charakterizovány jednotlivé typy elektromobilu a podán přehled literatury, která se věnovala porovnání elektromobilu a konvenčního automobilu z hlediska vypouštěných emisí skleníkových plynů v rámci celoživotního cyklu, ve kterém je zahrnuta výroba, provoz a likvidace vozidla.

### 4.1 Změna klimatu a skleníkové plyny

Mění se klima na Zemi je velice častým námětem k diskuzi. Je patrné, že k určitým změnám dochází, ale v dlouhodobém kontextu se nejedná o nic nového, jelikož změny probíhaly vždy. V minulosti docházelo ke střídání období teplejších a chladnějších. Ve čtvrtohorách se podnebí vyznačovalo tím, že se střídaly chladnější období ledové (tzv. glaciály) s obdobími, kdy byla průměrná teplota globálně vyšší (tzv. interglaciály). Lze ovšem spatřit i anomálie, kdy se průměrná teplota změnila v relativně krátkém časovém úseku. Například v období středověku vzrostla průměrná teplota o 1 až 2 °C. Nezbytné je ale zmínit, že se krátkodobé oteplení netýkalo celé planety, nýbrž pouze určitých lokalit (Metelka a Tolasz, 2009). Nyní vyvstává otázka, zdali je globální oteplování novodobý fenomén, který je způsobený antropogenní činností, nebo se nyní nacházíme v období, kdy průměrná teplota jednoduše roste.

Metan a oxid uhličitý, které lze považovat za významné skleníkové plyny, jsou součástí cirkulací, které se na Zemi dějí a spadají do takzvaného globálního uhlíkového cyklu. Na Zemi se nacházejí rezervoáry uhlíku, ty největší z nich se nacházejí v nejhlubších částech oceánů. Uhlík neustále cirkuluje mezi těmito zásobárnami ve vodě (ve formě oxidu uhličitého, popřípadě planktonu), zemí (kde se nejčastěji vyskytuje



v živých organismech) a vzduchem (jako metan a oxid uhličitý). Propojení mezi těmito složkami je velice úzké a výměna uhlíku zde probíhá v obrovském měřítku, kdy objem vyměňovaného uhlíku je mnohonásobně větší než veškeré emise vyprodukované lidskou činností. Globální uhlíkový cyklus zátěž pro životní prostředí ale nepředstavuje, jelikož je tento přirozený proces v rovnováze a kvantum vypouštěného uhlíku je stejné jako množství uhlíku, které je přirozenou cestou odstraněno. Zásahem člověka ale došlo k narušení tohoto přirozeného procesu, kdy bylo do ovzduší umělým způsobem vypouštěno větší množství skleníkových plynů (především oxidu uhličitého), než jaké byla Země schopna přijmout. Narušení uhlíkového cyklu ale není jediným důvodem měnícího se klimatu. Člověk zemědělskou činností pozměňuje ráz zemského povrchu, a tudíž i jeho odrazivost, a odlesňováním ovlivňuje procesy fotosyntézy (Metelka a Tolasz, 2009). Dle Evropské agentury pro životní prostředí (EEA, 2017) lze klima rozdělit do pěti hlavních podskupin, a to na atmosféru, kryosféru, hydrosféru, biosféru a horní část litosféry. Všechny pět těchto podsložek je určitým způsobem propojeno. Jakékoliv vychýlení od standardních hodnot, byť pouze jedné z těchto složek, má vliv i na ostatní.

EEA (2017) dále dodává, že změny jsou pozorovatelné už nyní, a jako příklady uvádí roky 2014 a 2015, která patřily v Evropě k rekordně teplým. Celosvětová průměrná teplota byla mezi roky 2006 a 2015 vyšší až o 0,89 °C v porovnání s předindustriální dobou a postupné zvyšování průměrné teploty má podle různých projekcí pokračovat i nadále. Zvýšení průměrné teploty má veliký dopad na kryosféru, která zahrnuje sezónní i stálou sněhovou pokrývku, ledovce a trvale zamrzlou půdu nazývanou permafrost. Jako největší problém rostoucí teploty v kombinaci s kryosférou lze spatřovat v tom, že dojde ke zvyšování mořské hladiny v důsledku tání sněhu a ledu. Mimo to, že sníh a led jsou obrovské zásobárny vody, rovněž i odráží sluneční záření, které dopadá na povrch, ve chvíli, kdy sníh roztaje, nedojde k odrazu slunečního záření, ale naopak k jeho pohlcení zemským povrchem, což bude mít za následek další oteplování zemského povrchu.

Ačkoliv se hladina moří a oceánů v minulosti měnila stejně jako průměrná globální teplota, v současné době může zvyšující se hladina představovat jeden z největších problémů spojených s globálním oteplováním (Houghton, 2015). Postupné tání ledovců způsobilo zvýšení hladiny až o 20 cm od roku 1880 a úbytek ledu se navíc zrychluje. Zvyšující se hladina moří a oceánů představuje problém hlavně v hustě

osídleném pobřeží (Union of Concerned Scientists, 2013). Do konce 21. století by se mohla zvýšit hladina moří a oceánů o 45 až 75 cm (Dessler, 2016).

S měnícími se klimatickými podmínkami se budou častěji vyskytovat i extrémní výkyvy počasí. Bude se jednat například o období sucha střídající se s obdobími dešťů, o extrémní teplotní výkyvy a mnohé další jevy. V roce 2016 byly zaznamenány srážkové anomálie v určitých částech světa. Zatímco některé regiony zažily neobvykle deštivější období, kdy se množství srážek pohybovalo vysoko nad průměrem, jiné části světa zase pro změnu zažívaly situaci opačnou. V některých afrických zemích zažívali lidé neobvyklá sucha, kdy se srážkové úhrny pohybovaly hluboko pod ročním průměrem. Kvůli menšímu úhrnu srážek, a tudíž i neobvyklému suchu, mohou nastat požáry velkých rozměrů, které poté páchají škody jak na majetku, tak i na lidských životech. Jako příklad může být uveden ničivý požár v Kanadě v roce 2016, který byl považován za jeden z nejničivějších za několik posledních desítek let (WMO, 2017a).

Za nejdůležitější skleníkový plyn lze považovat vodní páru. V důsledku lidské činnosti ale nedochází ke změně jejího množství, takže lze vodní páru vyjmout z potenciálních hrozeb. To ovšem ale už neplatí o oxidu dusičitém, metanu a oxidu dusném. U těchto skleníkových plynů totiž dochází v důsledku lidské činnosti ke změně jejich koncentrací v ovzduší, což přímo ovlivňuje skleníkový efekt, který lze stručně popsat následovně. Na Zem dopadá sluneční záření a část tohoto záření je odražena zpět do vesmíru zemskou atmosférou. Zbytek poté proniká dále a přibližně polovina tohoto záření je poté absorbována zemským povrchem. Ten ale stejně jako Slunce vyzařuje energii, a to formou infračerveného záření, které je vyzařováno nazpět. Po cestě zpět je ale část tohoto záření zachycována již zmíněnými skleníkovými plyny, které toto záření odráží opět zpět na zemský povrch, čímž dochází k dalšímu zahřívání. Problém nastává tehdy, kdy se tyto plyny začnou vyskytovat ve větším množství a logicky tedy začnou odrážet větší množství infračerveného záření, což vede dalšímu ohřívání zemského povrchu (Houghton, 2015).

- Oxid uhličitý

Nejvýznamnějším skleníkovým plynem je oxid uhličitý, neboť svými vlastnostmi ovlivňuje skleníkový efekt nejvíce. Oxid uhličitý vypouštěný do ovzduší v důsledku lidské činnosti lze ale rozdělit do dvou podskupin, a to emise na vypouštěné jako následek

spalování fosilních paliv a na emise vypouštěné v důsledku odlesňování, rozpadu biomasy a podobně (IPCC, 2007).

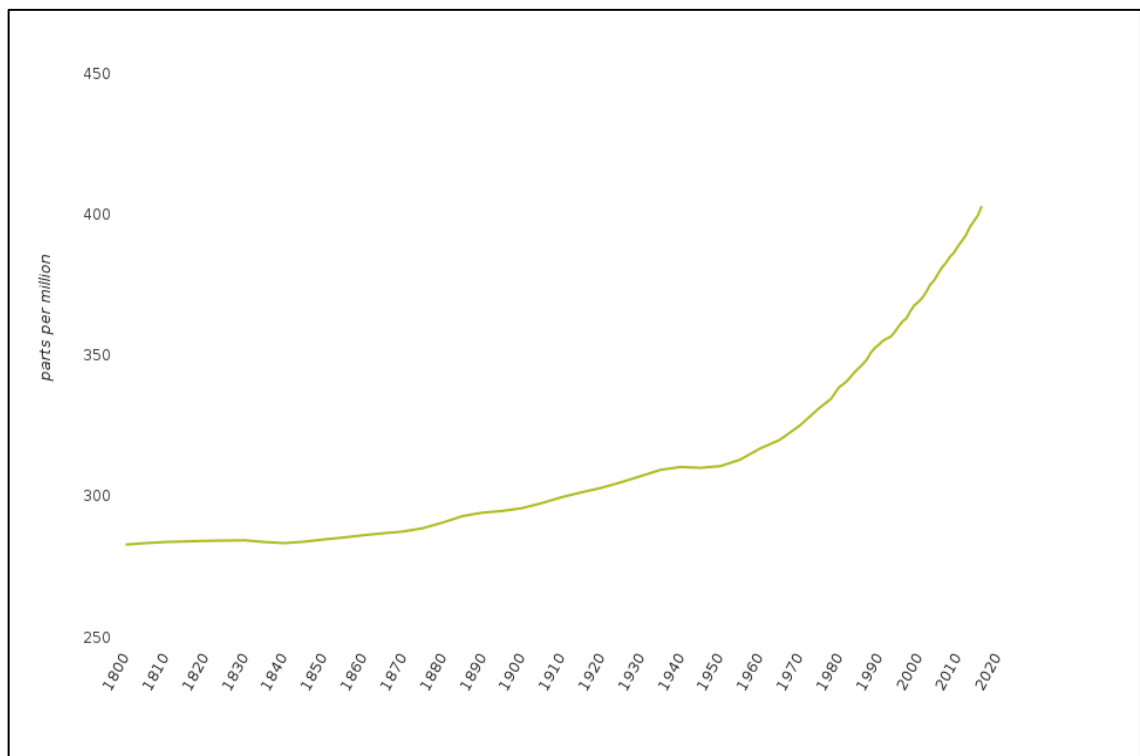
Za pomyslný milník zlomu, kdy začalo množství vypouštěného oxidu uhličitého do ovzduší v důsledku lidské činnosti narůstat, lze považovat počátek průmyslové revoluce. Ve druhé polovině 18. století pozvolna rostlo množství vypouštěných CO<sub>2</sub> emisí a hranice 100 milionu tun vypouštěných emisí byla pokořena už v roce 1836. K uvolňování emisí do ovzduší docházelo hlavně ze spalování uhlí. K nárůstu emisí v důsledku spalování jiných fosilních paliv, jako jsou například zdroje tekuté (ropa) a plynné (zemní plyn) došlo až v druhé polovině 19. století.

V roce 1900 se na množství vypouštěných emisních látek podílely z dřtivé většiny hlavně tyto dvě oblasti. Evropa (v tomto případě státy dnešní EU – stále i s Velkou Británií) vyprodukovala 1,09 miliard tun CO<sub>2</sub> a USA následovala na druhém místě s celkovým množstvím 0,66 miliard tun. Na pomyslné první místo se USA dostala už v roce 1915, kdy za jediný rok vyprodukovala 1,37 miliard CO<sub>2</sub>. Na prvním místě se každoročně dokázala udržet dlouhých 90 let, až je v roce 2005 předstihla Čína s neuvěřitelnými téměř 6 miliardami tun vyprodukovanými za jediný rok.

V roce 2015 bylo do ovzduší uvolněno celkově přes 36 miliard tun oxidu uhličitého. Největší množství oxidu uhličitého je vypouštěno především v regionu Asie, kde je s velkým náskokem na prvním místě Čína (10,23 miliard tun), následována Indií (2,28 miliard tun), zbytek asijského kontinentu dohromady s Pacifickou oblastí vyprodukuje dalších téměř 5 miliard tun (4,94 miliard tun). Samotná Česká republika od nástupu průmyslové revoluce až do roku 2016 vypustila přes 105 milionu tun oxidu uhličitého a v celosvětovém kontextu ji lze zařadit mezi země, které vypouští větší množství tohoto skleníkového plynu (Roser a Ritchie 2017). Od počátku průmyslové revoluce bylo v důsledku spalování fosilních paliv uvolněno do ovzduší více než 600 miliard tun oxidu uhličitého. Toto množství by do ovzduší uvolněno nebylo, kdyby do uhlíkového cyklu nezasáhl svou činností člověk (Houghton, 2015).

Koncentrace oxidu uhličitého se do počátku průmyslové revoluce pohybovala hluboko pod hranicí 300 ppm (částic na jeden milion). S nástupem průmyslové revoluce ale koncentrace částic oxidu uhličitého začala pozvolna narůstat a hranice 300 ppm byla pokořena již na počátku 20. století. K výraznému nárůstu koncentrace došlo v období po 2. světové válce a v roce 2016 došlo k dosažení hranice 400 ppm (EEA, 2018a).

Z Obrázku 1 jasně vyplývá, že se koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší narůstá a činnost člověka má na této změně veliký podíl.



Obrázek 1: Koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře v letech 1800 až 2016  
Zdroj: EEA (2018a)

Dle IEA (2017) se v roce 2015 celosvětově na vypouštění emisí oxidu uhličitého podílely především dva sektory, kterými jsou sektor energetiky (42 %) a dopravy (24 %). Množství vypouštěného oxidu uhličitého ze sektoru energetiky se navíc mezi léty 1990 až 2015 téměř zdvojnásobilo. V současné době je elektrická energie v celosvětovém měřítku vyráběna především z uhlí, příkladem mohou být země jako Čína, Indie nebo Polsko, které z více než 66 % vyrábí elektrickou energii a teplo právě ze spalování uhlí. Tato komodita se v rámci sektoru elektrické energie jeví jako nepostradatelná. V roce 2015 se celosvětově na výrobě elektrické energie podílela ze 72 %. Zatímco podíl ropy mezi roky 1990 a 2015 lehce klesl, podíl plynu naopak narostl.

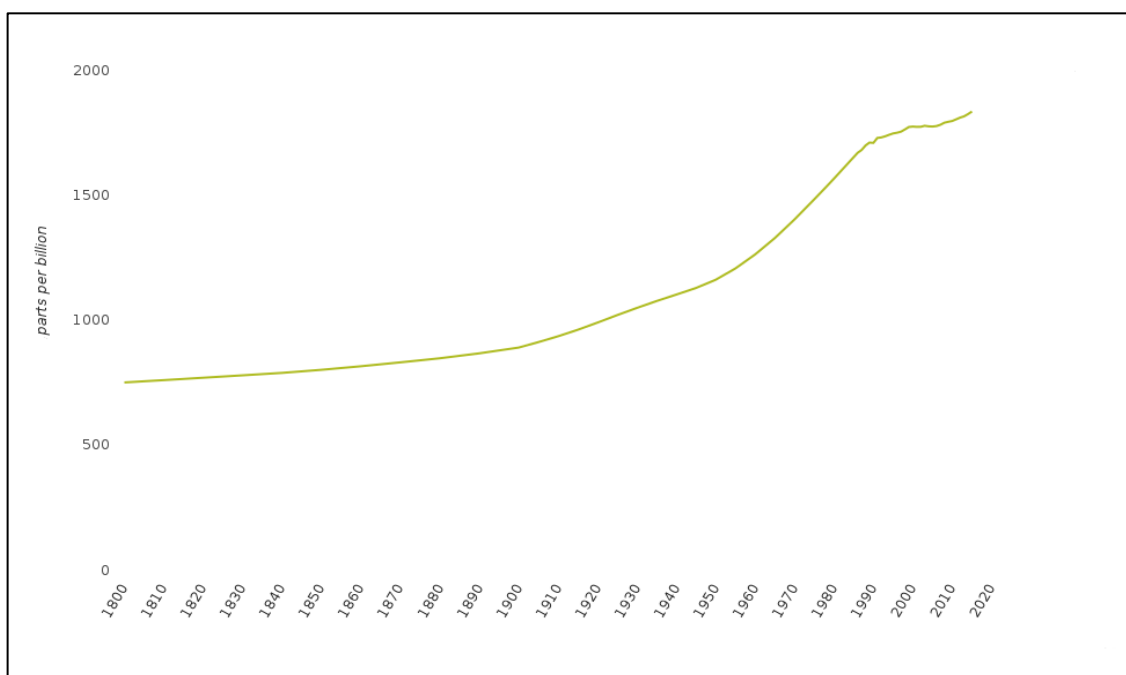
Podle autorů Roser a Ritchie (2017) měl v roce 1990 na vypouštění oxidu uhličitého největší podíl sektor energetiky, který se podílel na emisích více než polovinou (51,52 %). Následován byl sektorem dopravy (15,83 %), na třetím místě byl sektor zemědělství (13,61 %). Postupem času ale docházelo k čím dál větší dominanci sektoru

energetiky, v roce 2010 už se celosvětově na vypouštění emisí oxidu uhličitého podílel více než 59 %, na pomyslném druhém místě je stále doprava s více než 16 % a třetí místo zaujímá sektor rezidenční a komerční.

- Metan

Dalším významným skleníkovým plynem je metan, který je hlavní složkou zemního plynu (Houghton, 2015). Přibližně 40 % metanu se do atmosféry dostává přirozenou cestou a zbylých přibližně 60 % poté v důsledku lidské činnosti (spalováním fosilních paliv, především zemního plynu, biomasy nebo zemědělskou aktivitou spojenou především s pěstováním rýže) (WMO, 2017b).

V důsledku lidské činnosti dosáhla hodnota koncentrací metanu nárůstu až o 150 % v porovnání s předindustriální dobou (IPCC, 2013). Na přelomu tisíciletí sice došlo k zpomalení růstu vypouštěného metanu do ovzduší (či dokonce došlo k jeho meziročnímu úbytku), poté ale opět dochází k jeho meziročnímu nárůstu (viz Obrázek 2).



Obrázek 2: Koncentrace metanu v atmosféře v letech 1800 až 2016

Zdroj: EEA (2018a)

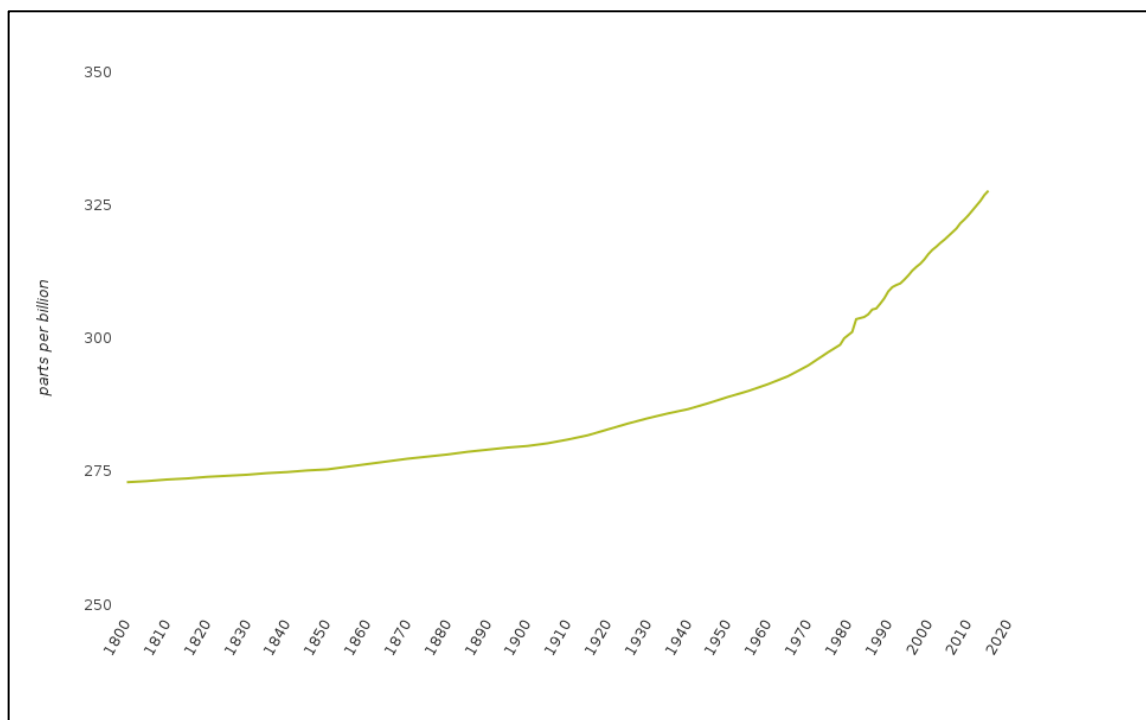
Na vypouštění metanu v důsledku lidské činnosti se podílejí hlavně dva sektory. Hlavním znečišťovatelem je sektor zemědělství, který měl v roce 1990 podíl 52,33 %. Druhým sektorem byla opět energetika s podílem 35,67 %. Lze najít určitou paralelu s oxidem uhličitým, jelikož i u metanu začíná růst podíl energetického sektoru, v roce

2008 činil přes 43 %, zatímco celkový podíl sektoru zemědělství klesl na 47,5 %. Podíl sektoru dopravy je minimální (Roser a Ritchie, 2017).

- Oxid dusný

Třetím nejvýznamnějším skleníkovým plynem je oxid dusný. Do atmosféry se přirozenou cestou dostává 60 %, zbylých 40 % poté v důsledku lidské činnosti (spalováním biomasy, používáním hnojiv v zemědělství a také z průmyslu) (WMO, 2017b). Obrázek 3 ukazuje, že ve srovnání s metanem nedošlo k tak dramatickému nárůstu v porovnání s předindustriální dobou, ale i tak se jedná o nárůst dosti výrazný, konkrétněji o 20 % (IPCC, 2013).

Na vypouštění tohoto plynu do ovzduší se dominantně podílí sektor zemědělství. V roce 1990 se podílel více než 70 %, druhým sektorem byl poté průmysl s 9 %. Sektory energetiky a dopravy měly 3,95 %, respektive 0,49 %. Situace se nijak dramaticky nezměnila ani v průběhu dalších 20 let. V roce 2010 sektor zemědělství stále zatěžoval životní prostředí oxidem dusným nejvíce, kdy se na vypouštění tohoto plynu podílel celkově 72,27 %. Téměř žádná změna nenastala u sektoru dopravy. Jeho podíl se zvětšil o pouhé tři setiny. Podíl sektoru energetiky se zvýšil na 5,74 % (Roser a Ritchie, 2017).



Obrázek 3: Koncentrace oxidu dusného v atmosféře v letech 1800 až 2016

Zdroj: European Environment Agency (2018a)

Celosvětové úsilí o ochranu životního prostředí a redukci skleníkových plynů je dokumentováno tzv. Kjótským protokolem, který byl přijat už v roce 1997. V něm se průmyslově vyspělé státy zavázaly ke snížení emisí skleníkových plynů v období mezi roky 2008 až 2012 nejméně o 5 % v porovnání se stavem v roce 1990. Snížení se týkalo šesti nejdůležitějších plynů, a to oxidu uhličitého, metanu, oxidu dusného, hydrogenovaných fluorovodíků, polyfluorovodíku a fluoridu siřného. Množství, o které měly být emise redukovány, bylo vyjádřeno ve formě ekvivalentu oxidu uhličitého. Pro dosažení platnosti tohoto dokumentu byla zapotřebí ratifikace alespoň 55 států a zároveň, aby podíl těchto ratifikujících států na produkci oxidu uhličitého činil alespoň 55 % (MŽP, 2018a).

Kjótský protokol bude v roce 2020 nahrazen Pařížskou dohodou k rámcové úmluvě OSN o změně klimatu, která byla přijata v roce 2015 s platností od 4. listopadu 2016. Hlavní cíle dohody jsou především dlouhodobý cíl ochrany životního prostředí, kdy se průměrná globální teplota nesmí zvýšit o 2 °C ve srovnání s obdobím před průmyslovou revolucí. Státy by zároveň měly vyvinout maximální úsilí, aby zvýšení dosahovalo maximální hodnoty 1,5 °C. V dohodě je dále požadováno, aby jednotlivé státy zvyšovaly své schopnosti adaptovat se na dopady změny klimatu a také, aby usilovaly o nízko emisní rozvoj (MŽP, 2018b).

V prosinci 2018 se v polských Katovicích konala zatím poslední konference OSN o změnách klimatu, na které byli přítomní zástupci ze 190 zemí světa včetně České republiky. Cílem konference bylo především přijetí pravidel, které by umožnily celkovou realizaci cílů Pařížské klimatické dohody z roku 2015. Cíle dohody zatím nedaří zcela naplňovat a hodnota 1,5 °C se podle odborníků jeví jako těžce dosažitelná. Po dvou týdenním jednání se ale zástupci států dohodli na pravidlech uplatňování Pařížské dohody (ČTK, 2018).

Ačkoliv se na první pohled může jevit, že sektor dopravy nezatěžuje životní prostředí vypouštěnými emisemi skleníkových plynů tak výrazně, jak se na tom podílí sektor energetiky, situace se může zásadně změnit v případě nástupu elektromobilů. Ty totiž budou potřebovat pohonnou látku pro svůj provoz právě z energetického sektoru a v budoucnu by tedy teoreticky mělo dojít k většímu propojení tohoto sektoru se sektorem automobilové dopravy. Je tedy zapotřebí, aby došlo k změnám získávání

energie s ohledem na životní prostředí, kdy v současné době představuje největší problém oxid uhličitý.

Evropská unie si v rámci ochrany životního prostředí vytyčila několik cílů s důrazem především na obnovitelné zdroje a emise uhlíku. Nejvíce se tyto změny budou týkat především sektoru elektrické energie, který bude muset projít velkou transformací, aby tyto cíle byly naplněny (Loisel et al., 2014).

Důkaz, že se vytyčené cíle daří naplňovat, lze vyčíst z reportu, který vydala EEA (2018b). Od roku 1990 se EU (v tomto případě i s Islandem) daří snižovat roční produkce skleníkových plynů, v roce 2016 činila tato změna v porovnání s rokem 1990 téměř 24 %. Největší zastoupení mezi vypouštěnými skleníkovými plyny má oxid uhličitý (81 %), následovaný metanem (11 %) a oxidem dusným (6 %). V případě oxidu uhličitého činí pokles mezi léty 1990 až 2016 22 %. Snižovat množství emisí CO<sub>2</sub> vypouštěného do ovzduší se daří ve všech sektorech s výjimkou jednoho, a to sektoru silniční dopravy. V té mezi léty 1990 až 2016 vrostlo množství vypouštěného oxidu uhličitého o 23 %. V případě oxidu dusného došlo k nárůstu o 36 % a u metanu se jedná o pokles o 82 %. Tyto fakta, s ohledem především na vypouštěný oxid uhličitý, dokládají nutnost změny v silniční dopravě s ohledem na životní prostředí a jedním z řešení mohou být právě elektromobily.

## 4.2 Elektromobilita

Historie prvních elektromobilů se datuje už do 19. století, kdy byly tyto dopravní prostředky vyráběny ve Francii, ve Velké Británii a v Severní Americe. Počet elektromobilů v té době dokonce přesahoval počet automobilů s klasickým spalovacím motorem. Postupem času ale nakonec došlo k jejich vytlačení z trhu a dominantním se staly automobily se spalovacím motorem. Krátký návrat elektromobilů poté nastal až v 70. letech 20. století, možnou souvislost lze spatřit s ropnou krizí, která v té době zasáhla svět. Žádné velké změny se však nedostavily (Teixeira a Sodr , 2018).

Obrat ale nastal s příchodem 21. století. Rostoucí znepokojení z horšícího životního prostředí totiž přimělo odpovědné představitele jednat. Byl zvýšen tlak, aby byly vyvíjeny nové, čistší technologie za účelem snižování znečišťujících látek a emisí vznikajících v důsledku provozu klasických automobilů (Teixeira a Sodr , 2018). Investice



významných světových automobilových koncernů mohou svědčit o tom, že se elektromobily mohou stát budoucnosti osobní automobilové dopravy. Celosvětově mají investice do elektromobility v následující dekádě dosáhnout hodnoty 300 miliard amerických dolarů (Lienert a Chan, 2019). Největší evropský automobilový koncern, Volkswagen, hodlá v příštích pěti letech do oblasti elektromobilů investovat na 30 miliard eur. Přejít na elektromobily, popřípadě na další vozidla na alternativní pohon, je navíc jasnější s jejich dalším prohlášením, že přibližně v roce 2040 hodlají přestat s prodejem klasických spalovacích automobilů (oenergetice.cz, 2018a).

Do kategorie elektromobilů lze zařadit všechny osobní automobily využívající pro svoji jízdu elektrický pohon. Elektromobily lze ovšem rozdělit do podskupin podle toho, jak moc a jakým způsobem využívají elektrickou energii pro svou jízdu.

- Bateriová elektrická vozidla (BEV)

Vozidla tohoto typu jsou poháněna pouze pomocí energie uskladněné v bateriích, které bývají nejčastěji lithium-iontové. Nerostné suroviny pro výroby tohoto typu baterie jsou ale velmi vzácné, což bezpochyby hraje důležitou roli v ceně samotného vozidla. Samotná energetická účinnost tohoto typu elektromobilů je velmi vysoká, kdy dokáže přeměnit až 80 % energie uskladněné v bateriích na jízdu vozidla (účinnost spalovacího motoru je kolem 20 %). S ohledem na životní prostředí lze považovat za největší výhodu fakt, že při samotné jízdě nedochází k vypouštění jakýchkoliv emisí. Nevýhody lze spatřit v menší dojezdové vzdálenosti, kdy má elektromobil dojezdovou vzdálenost kolem 400 km nebo ve zdlouhavém dobíjení baterií. To lze provést na speciálních dobíjecích stanicích, popřípadě z místa, které je napojeno na energetickou rozvodnou síť (EEA, 2016).

- Hybridní elektrická vozidla (HEV)

Hybridní vozidla využívají pro svůj pohon kombinaci spalovacího motoru, který v tomto případě slouží jako základní systém a bývá doplňován elektromotorem. Ten bývá využíván především u rozjezdu a při akceleraci. Baterie se nedobíjí na speciálních stanicích ani z energetické rozvodné sítě. Energie se totiž získává při brzdění automobilu. Hybridní elektrická vozidla mají menší spotřebu a do ovzduší vypouštějí méně znečišťujících látek a emisí v porovnání s klasickým spalovacím motorem (EEA, 2016).

- Plug-in hybridní elektrická vozidla (PHEV)

I v tomto případě se jedná o kombinaci spalovacího motoru a elektromotoru. Rozdíl oproti hybridnímu vozidlu je v tom, že plug-in hybridní elektrické vozidlo získává energii ze sítě, stejně jako BEV. Baterie jsou menší, a tudíž mají i menší kapacitu. Celková dojezdová vzdálenost je tedy v porovnání s BEV nižší, proto má tento typ elektromobilu vyšší využití na kratších dojezdových vzdálenostech, například ve městě. Spalovací motor je využíván v situacích, kdy už nezbývá energie pro využití elektromotoru. V ten moment už ale vozidlo nelze považovat za bezemisní (EEA, 2016).

- Hybridní vozidla s prodloužením jízdního dosahu

Tato vozidla disponují kombinací elektromotoru a klasického spalovacího motoru s tím rozdílem, že spalovací motor neslouží k pohonu vozidla, ale pouze jako generátor elektrické energie pro elektromotor. Spalovací motor nemá žádné přímé spojení s koly auta. Tato funkce bývá využívána v případě potřeby prodloužení jízdního dosahu vozidla (EEA, 2016).

Predikovat, jakým směrem se bude ubírat vývoj trhu s elektromobily je poměrně složitá a komplikovaná otázka. IEA (2016) nicméně takovou predikci provedla a při výpočtech brala v úvahu cíle, které vycházejí z Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu, a to především cíle týkající se růstu globální teploty pod 2 °C. Aby byl tento cíl naplněn, měl by počet elektromobilů v globálním kontextu činit přibližně 18 milionů v roce 2020, cca 60 milionů do roku 2025 a v roce 2030 by to mělo být dokonce 140 milionů elektromobilů. Ve druhé variantě se počítá s růstem globální teploty do 4 °C. V tomto případě by se počet elektromobilů v roce 2020 měl pohybovat okolo hodnoty 5 milionů, v roce 2025 přibližně 10 milionů a v roce 2030 okolo 23 milionů kusů.

#### 4.2.1 Srovnání konvenčního automobilu a elektromobilu z hlediska celoživotního cyklu

Nespornou výhodou elektromobilů by měla být jejich teoretická nulová emisní náročnost ze samotného provozu vozidla. Slovo teoretická bylo použito vzhledem k nepřímým emisím, které elektromobily během svého provozu vypouštějí. Na elektromobilitu by však mělo být nahlíženo nejen z pohledu jejich samotného provozu, ale v úvahu by se měl vzít celý tzv. životní cyklus vozidla.

Hodnocení dopadu na životní prostředí během celého životního cyklu je prováděno metodou *life cycle assessment* (LCA). V této metodě je zhodnocen dopad na životní prostředí ve všech fázích životního cyklu vozidla. V první řadě se jedná o získání surovin pro jeho výrobu, a poté o samotnou výrobu vozidla. V další části se bere v úvahu jeho užívání – zde se musí brát ohled na přímé emise z konvenčních automobilů a na nepřímé emise u elektromobilů, které vznikají při výrobě elektrické energie v elektrárnách. Poslední částí celého životního cyklu je likvidace.

Podstatnou otázkou tedy nyní je, zdali se přechod na bateriová elektrická vozidla vyplatí i v případě, že by jejich výroba a likvidace byla ekologicky náročnější, než je tomu u spalovacích automobilů. Teoreticky se totiž může stát, že největší výhoda bateriových vozidel, tedy jejich „nulová“ emisní náročnost, bude vykompenzována právě výrobou a likvidací a v konečném důsledku by tedy mohla být ekologicky náročnější, než jsou automobily spalovací.

- Výroba

Největším negativem u elektromobilů s ohledem na životní prostředí bývá argument týkající se jejich ekologické náročnosti při výrobě. Odpůrcům elektromobilů je nutno dát za pravdu, že výroba není k životnímu prostředí nejšetrnější. Největší kámen úrazu totiž spočívá ve výrobě baterie, které nejčastěji bývají lithium-iontové, pro jejich výrobu je nezbytná celá řada vzácných nerostných surovin, jejichž těžba je rovněž ekologicky náročná (EEA, 2018c).

Je odhadováno, že kompletní výroba baterie se na vypouštěných emisích při výrobě celého elektromobilu podílí minimálně z jedné třetiny. Tato fáze se ovšem vůbec netýká automobilů s klasickým spalováním, kde se baterie vyrábět nemusí, takže ještě před samotným využíváním vozidla ze srovnání elektromobily vychází špatně. Náročnost výroby elektromotoru odpovídá výrobě standardního spalovacího motoru. Největší rozdíl je tedy zapříčiněn výrobou již zmíněné baterie. V případě porovnání celkové výroby automobilu a elektromobilu výroba elektromobilu vypustí 1,3 až 2krát více emisí skleníkových plynů, než je tomu u spalovacích automobilů (EEA, 2018c).

- Provoz

V případě elektromobilů se v úvahu musí vzít nepřímé emise jako hlavní zdroj znečištění. Elektřina vyráběná v elektrárnách se totiž napříč evropskými zeměmi značně liší. Tato fáze je tedy z celého životního cyklu nejnáročnější na odhad u elektromobilů a

výsledky LCA se tedy mezi jednotlivými státy budou značně lišit. Ve studiích bývá nejčastěji využit průměrný evropský energetický mix jako dodavatel elektrické energie pro elektromobily.

- Likvidace

Samotná likvidace, ať už elektromobilu, nebo spalovacího automobilu, je závěrečnou fází celého životního cyklu. Likvidace má přibližně stejný environmentální dopad na životní prostředí a ze všech tří fází životního cyklu má tato fáze dopad nejmenší (EEA, 2018c).

Posouzení vlivu na životní prostředí celého životního cyklu mezi elektromobilem a automobilem se spalovacím motorem je velice náročná a komplexní otázka. V úvahu se totiž musí vzít vícero faktorů, mezi které musí být zařazeny velikost vozidla, množství naježděných kilometrů během celého životního cyklu a v případě elektromobilu se poté ještě jedná o to, z jakého zdroje je získávaná elektrická energie pro jeho dobítí.

Ačkoliv se životní cykly elektromobilů a automobilů liší napříč všemi evropskými státy, a tyto státy se zároveň odlišují i co se výroby samotné elektrické energie týče, i přesto lze nyní s určitou rezervou říct, že jsou elektromobily k životnímu prostředí šetrnější, když se v úvahu vezme celý životní cyklus. Dle Hall a Lutsey (2018) se v průměru může jednat dokonce až o 50 % méně vypuštěných emisí skleníkových plynů při celoživotním nájedu 150 000 km. V případě, že by se elektromobily nabíjely dle průměrného energetického mixu, bude během celého životního cyklu vypouštěno méně emisí, než by vypouštěly ty nejefektivnější, a k životnímu prostředí nejšetrnější, automobily se spalovacím motorem. Hawkins et al. (2012) došli ve své práci k podobnému závěru. Tvrdí, že z celoživotního hlediska vypouští elektromobily menší množství skleníkových plynů než automobily konvenční. V případě nabíjení elektromobilů vzali v úvahu taktéž průměrný evropský energetický mix a průměrné množství najetých kilometrů za celý životní cyklus stanovili na 150 000. Při těchto vstupních hodnotách činí celkové množství vypuštěných skleníkových plynů u elektromobilů méně o 10 % až 24 % v porovnání s naftovými a benzínovými automobily. Zároveň také dodávají, že s vyšším počtem najetých kilometrů je množství ušetřených emisí vyšší. Ellingsen et al. (2016) hodnotili životní cykly velikostně a výkonnostně stejných elektromobilů a automobilů. Do výpočtu zahrnuli průměrnou životní

dojezdovou vzdálenost 180 000 kilometrů, elektřina pro elektromobily byla dodávána zase na základě průměrného evropského energetického mixu. Z výsledků následně vyplývá, že elektromobily měly o 20 % až 27 % méně vypuštěných emisí skleníkových plynů než velikostně stejné automobily se spalovacím motorem.

Závěrem lze tedy shrnout, že za předpokladu hodnocení metodou LCA a při dobíjení elektromobilů na základě průměrného evropského energetického mixu elektromobily v současné době vyházejí z hlediska emisí skleníkových plynů lépe než automobily se spalovacím motorem. Vzhledem k tomu, že nejdůležitější fází u elektromobilů je samotný provoz, bude v dalších částech diplomové práce věnována pozornost právě provozu.

## 5 Praktická část

V následující kapitole bude věnována pozornost složení energetických mixů vybraných evropských států, na jejich základě pak bude spočítána emisní náročnost výroby 1 kWh elektrické energie v dané zemi. Následuje výpočet množství skleníkových plynů pocházejících z osobní automobilové dopravy v jednotlivých zemích. V poslední části této kapitoly je poté zhodnoceno množství emisí skleníkových plynů, které by bylo uvolňováno do ovzduší modelovým elektromobilem na základě jednotlivých energetických mixů.

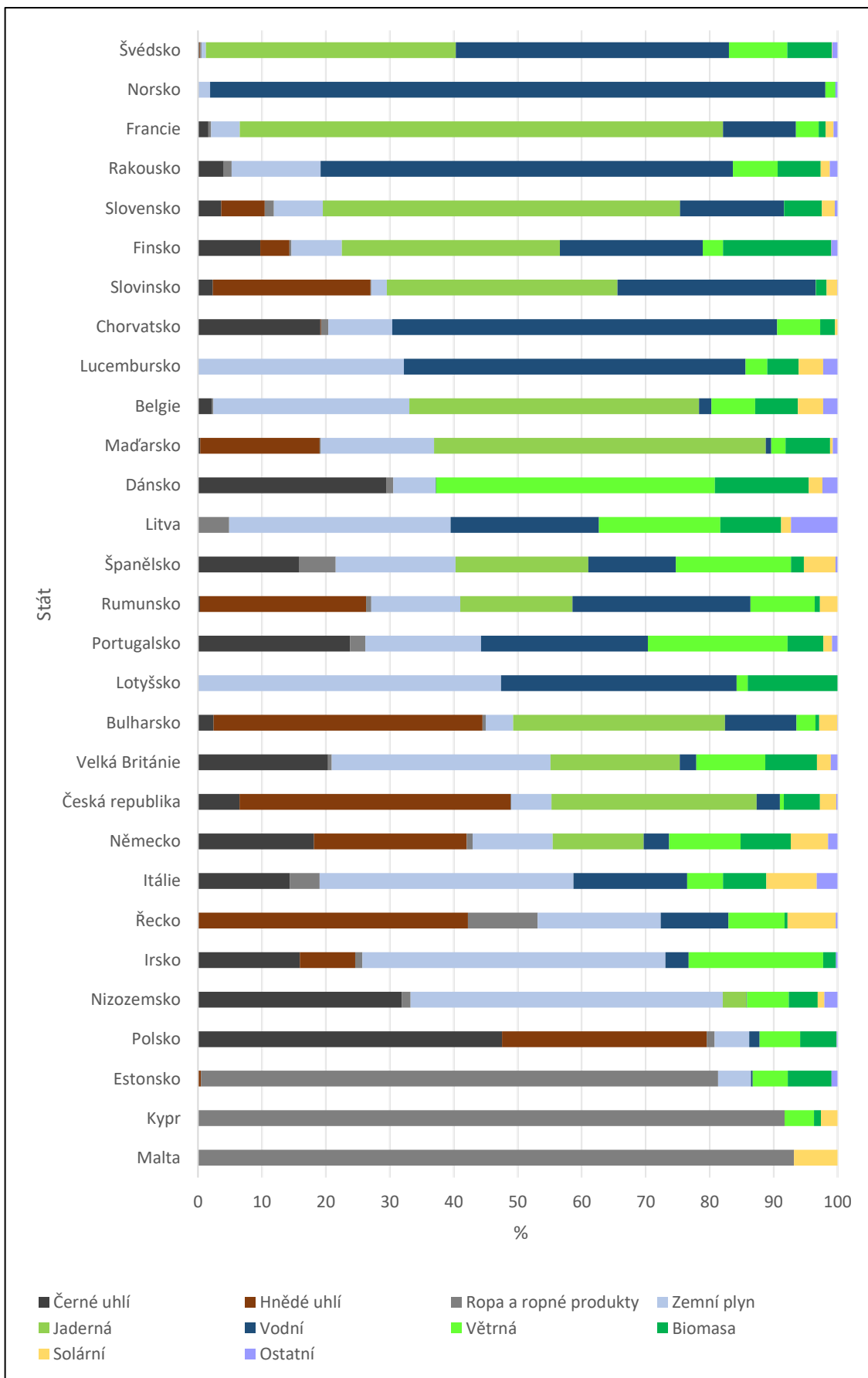
### 5.1 Energetické mixy

Termín energetický mix představuje podíl jednotlivých zdrojů, které slouží k výrobě elektrické energie (OTE, 2018). Zdroje, ze kterých se vyrábí elektrická energie, lze poté rozdělit na obnovitelné a neobnovitelné.

Do kategorie obnovitelných zdrojů řadíme energii solární, vodní, větrnou, geotermální a také energii získávanou ze spalování biomasy a obnovitelných zdrojů. Největší výhodou těchto zdrojů lze spatřit v jejich šetrnosti k životnímu prostředí a s určitou nadsázkou lze říct, že tyto zdroje jsou nevyčerpatelné. Nevýhodou solárních a větrných elektráren je jejich nestabilní dodávka elektrické energie do rozvodné sítě.

Druhou skupinou jsou zdroje, které jsou nazývány jako neobnovitelné. Do této skupiny lze zařadit energii získávanou ze spalování fosilních paliv, kam se řadí černé a hnědé uhlí, ropa a ropné produkty, a také zemní plyn. Dodávky energie z těchto zdrojů jsou stabilní po celý rok a případný výpadek zásobování lze zpravidla snadno nahradit u jiného dodavatele. Nevýhodou těchto zdrojů je jejich vyčerpatelnost a zároveň jejich ekologická náročnost, kdy v důsledku jejich těžby, dopravy, spalování a výroby elektrické energie z nich dochází k uvolňování škodlivých emisí do ovzduší. Do této skupiny je také zařazena energie získávaná v atomových elektrárnách.

V další části této kapitoly jsou porovnány energetické mixy jednotlivých vybraných evropských zemí. Zdroj, z jakého je získávána elektrická energie, je totiž v případě elektromobilů zcela zásadní.



Obrázek 4: Energetické mixy vybraných evropských států, průměr 2014 až 2016

Zdroj: Eurostat (2018), IEA (2019), vlastní zpracování

Z Obrázku 4 lze vyčíst, že energetické mixy jednotlivých evropských států jsou od sebe velice odlišné. Ve spodní části Obrázku 4 jsou země, které pro výrobu elektrické energie nejčastěji využívají fosilní paliva. V případě Malty a Kypru se jedná především o ropu a ropné produkty. U Estonska je nejčastěji využívána ropná břidlice, které ovšem byla zařazena do skupiny ropy a ropných produktů. Nejvyšší zastoupení černého a hnědého uhlí na výrobě elektrické energie je v Polsku, a to téměř 80 %. Česká republika v rámci výroby elektrické energie rovněž spoléhá na uhlí. To se totiž podílí na její výrobě téměř z jedné poloviny. Na rozdíl od Polska je ale častěji využíváno hnědé uhlí. Výroba elektrické energie ze zemního plynu má největší zastoupení v Itálii, a to skoro 40 %.

Na opačném konci Obrázku 4 se nacházejí země, které k produkci elektrické energie využívají fosilní paliva nejméně a razí cestu obnovitelných zdrojů energie, popřípadě výrobou elektrické energie v atomových elektrárnách. Výhodou obnovitelných zdrojů energie je jejich relativní malý negativní dopad na životní prostředí. Na druhou stranu je ale nutno podotknout, že k jejich výstavbě a následnému využívání jsou zapotřebí vhodné podmínky. U větrných elektráren musí být správné povětrnostní podmínky a u solárních elektráren musí být dostatek slunečního záření.

Největší zastoupení ve výrobě elektrické energie z obnovitelných zdrojů má Norsko. Tato severská země totiž drtivou většinu energie získává z vodních elektráren (96,18 %), v tomto ohledu je z vybraných evropských zemí na špičce, jelikož žádná jiná z vybraných zemí se k takovému zastoupení ve výrobě elektrické energie ani neblíží. Z dalších obnovitelných zdrojů energie jsou často využívány také větrné elektrárny. Ty mají největší zastoupení především v přímořských státech. Největším producentem elektrické energie z tohoto zdroje je Dánsko, kde se větrné elektrárny na celkové výrobě elektrické energie podílely z více než 40 %. Větrné elektrárny jsou hojně využívány rovněž i v Portugalsku nebo Irsku. Využívání solárních elektráren nemá tak velké zastoupení, jak je tomu v případě prvních dvou obnovitelných zdrojů. Nejčastěji bývají využívány ve státech jižní Evropy. Největší zastoupení solárních elektráren na výrobě elektrické energie má Itálie (7,90 %), Řecko (7,55 %) a Malta (6,80 %).

Specifickým sektorem energetiky jsou atomové elektrárny. V současné době jsou v některých státech významným dodavatelem elektrické energie. Mezi jejich největší výhody lze zařadit poměrně vysoký instalovaný výkon a jejich relativní šetrnost k životnímu prostředí. Problém ale nastává tehdy, když dojde k havárii. Příkladem může

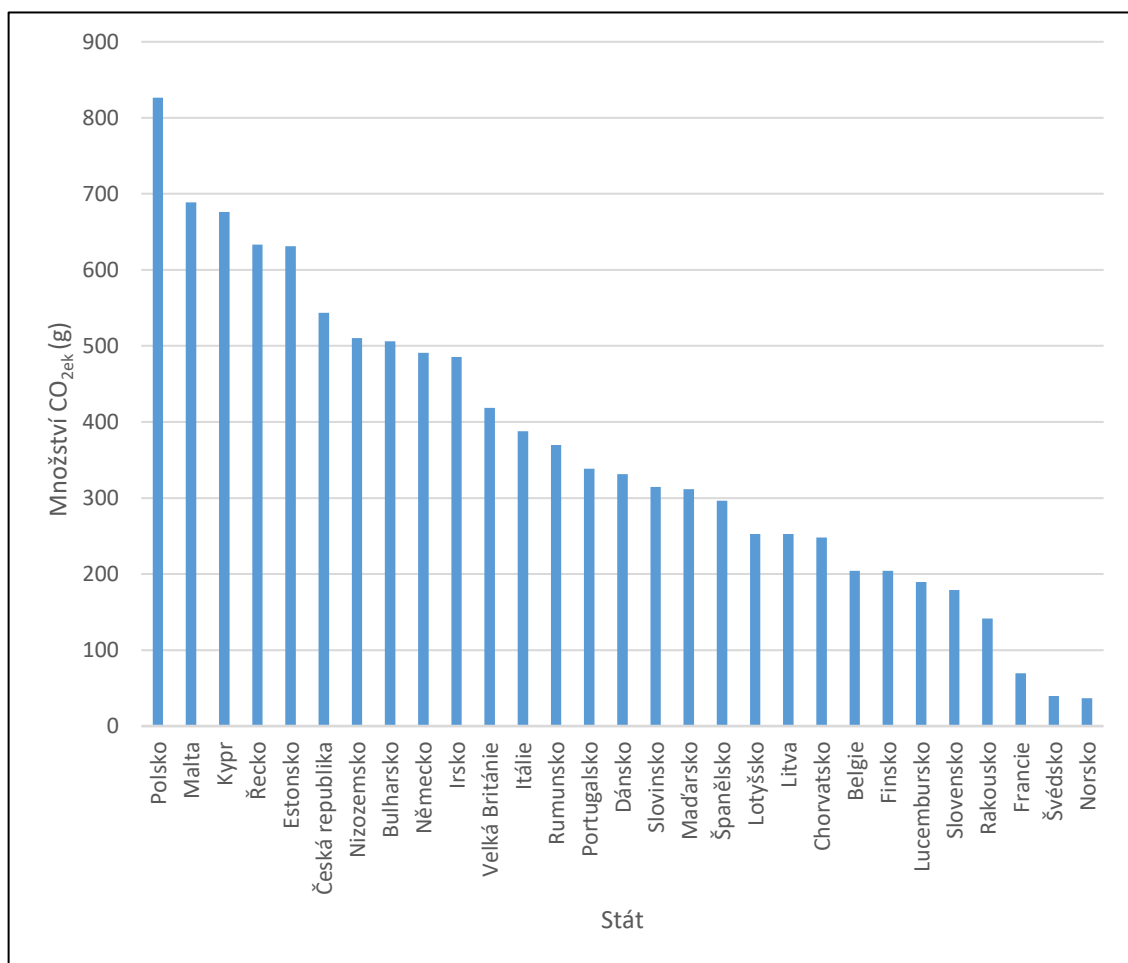


být výbuch atomových elektráren v ukrajinském Černobyli v roce 1986 a v japonské Fukušimě v roce 2011. V Itálii se po černobylské katastrofě zvedla vlna nevole k získávání elektrické energie z tohoto zdroje. Následně proběhlo referendum, kde lidé vyjádřili kladný postoj k odstavení všech atomových elektráren na území Itálie (Kubišta, 2016).

O možné budoucí podobě energetických mixů vybraných států Evropy poté pojednává kapitola 7.3

### 5.1.2 Emisní náročnost výroby elektrické energie

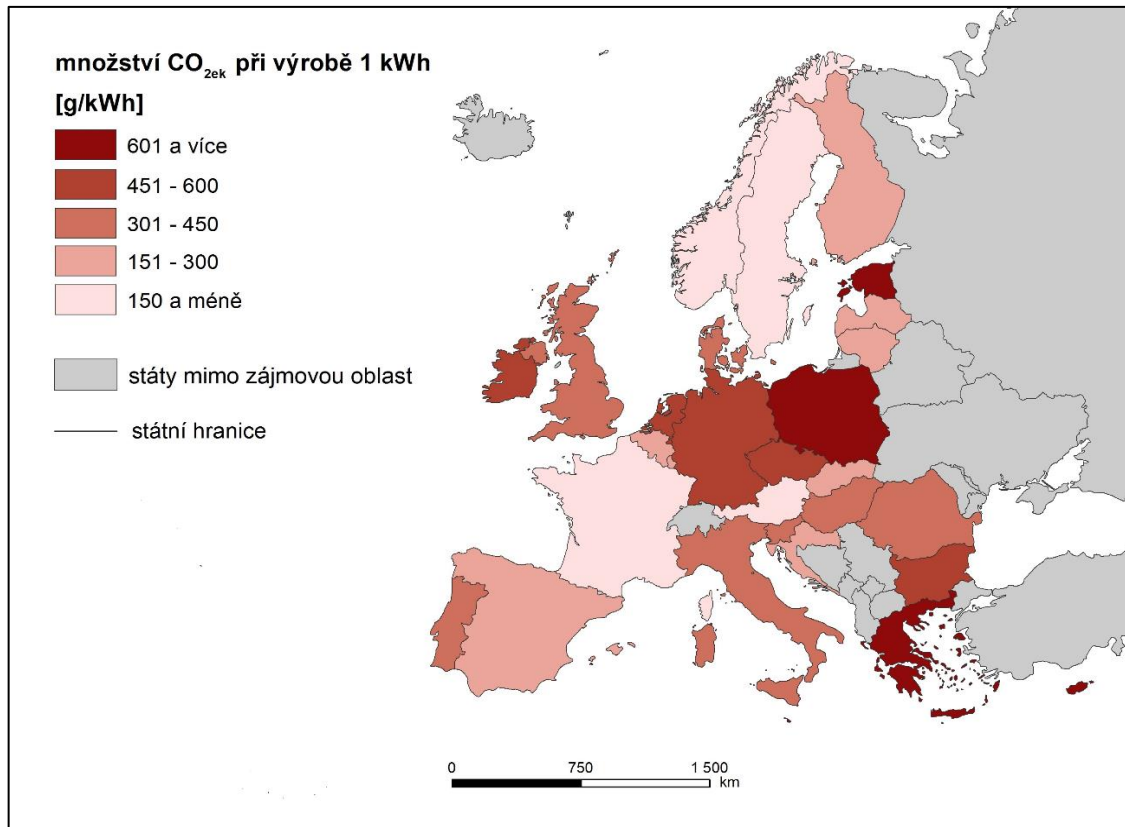
Následující přehled ilustruje evidentní souvislost mezi hlavním typem zdroje pro získávání elektrické energie v energetickém mixu jednotlivých zemí a množstvím CO<sub>2ek</sub> vypouštěného do ovzduší při výrobě 1 kWh elektrické energie.



Obrázek 5: Množství CO<sub>2ek</sub> (g) vypouštěného při výrobě 1 kWh ve vybraných evropských státech  
Zdroje dat: Eurostat (2018), IEA (2019), World Nuclear Association (2011), vlastní výpočty

Z Obrázku 5 lze vyčíst, že nejmenší množství  $\text{CO}_{2\text{ek}}$  při výrobě elektrické energie je vypouštěno v zemích, kde je významným způsobem zastoupena výroba elektrické energie z vodních elektráren. V případě Norska činí množství  $\text{CO}_{2\text{ek}}$  vypuštěného při výrobě 1 kWh méně než 37 g, zatímco u Rakouska je tato hodnota 141 g. V zemích, kde jsou atomové elektrárny významným dodavatelem elektrické energie, je množství  $\text{CO}_{2\text{ek}}$  rovněž nízké. Ve Francii činí množství  $\text{CO}_{2\text{ek}}$  při výrobě 1 kWh přibližně 70 g  $\text{CO}_{2\text{ek}}$ , v případě Švédska to je ještě méně, dokonce méně než 40 g  $\text{CO}_{2\text{ek}}$ . Výše vyjmenované státy patří mezi ty, kde výroba elektrické energie zatěžuje životní prostředí nejméně, a množství  $\text{CO}_{2\text{ek}}$  vypouštěného do ovzduší při výrobě elektrické energie jde zde na nejnižších hodnotách.

Naopak největší množství  $\text{CO}_{2\text{ek}}$  je vypouštěno do ovzduší v zemích, kde jsou pro výrobu elektrické energie nejčastěji využívána fosilní paliva. Největší množství  $\text{CO}_{2\text{ek}}$  je do ovzduší vypouštěno v Polsku, a to více než 826 g  $\text{CO}_{2\text{ek}}$  při výrobě 1 kWh. Na Maltě se při výrobě 1 kWh dostane do ovzduší téměř 689 g  $\text{CO}_{2\text{ek}}$  a na Kypru více než 676 g  $\text{CO}_{2\text{ek}}$ . Českou republiku lze zařadit do horšího průměru, neboť při výrobě 1 kWh je do ovzduší uvolněno více než 543 g  $\text{CO}_{2\text{ek}}$ .

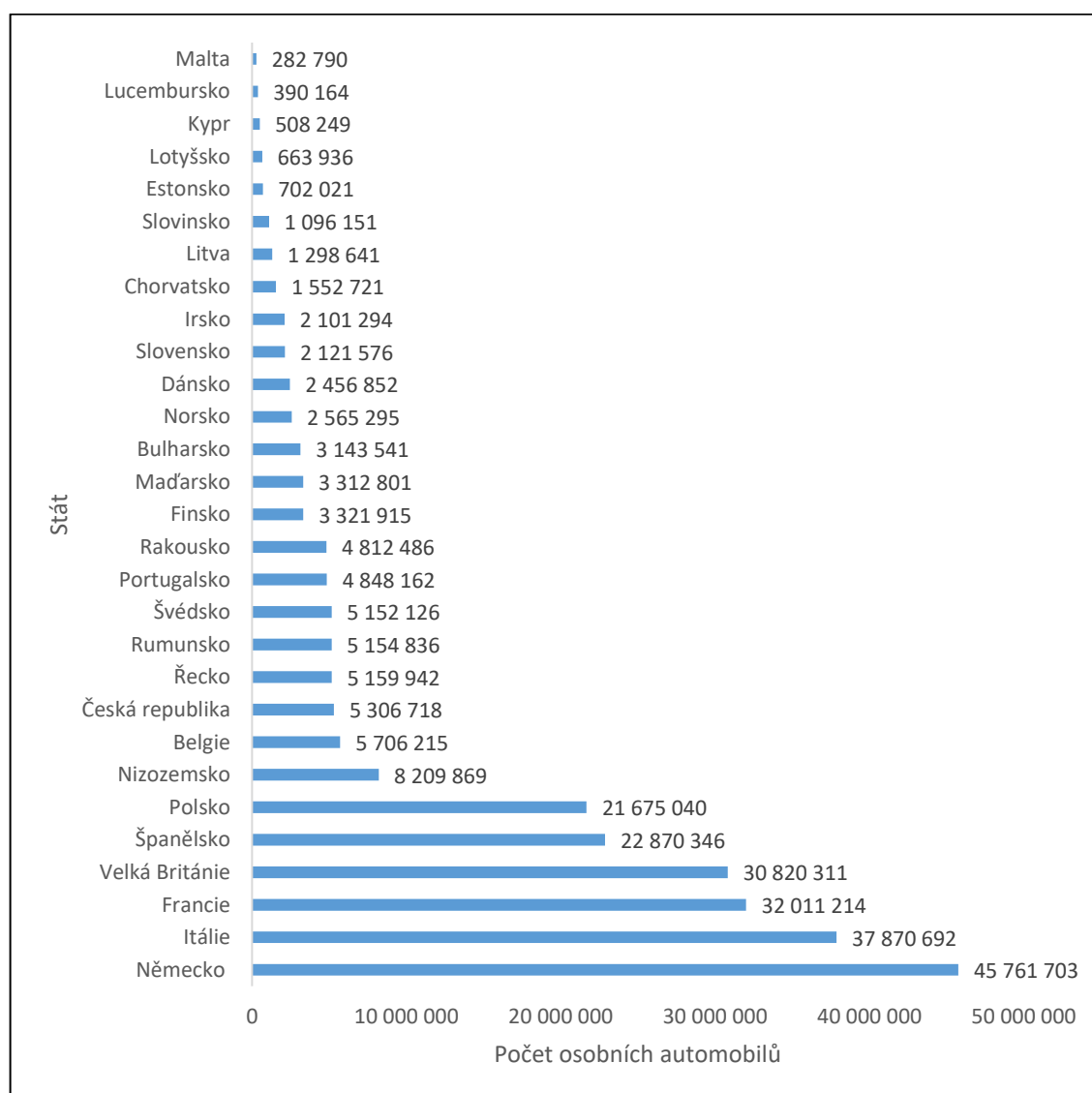


Obrázek 6: Vypuštěné  $\text{CO}_{2\text{ek}}$  (g) při výrobě 1 kWh ve vybraných evropských státech  
Zdroj: Eurostat (2018), IEA (2019), World Nuclear Association (2011), vlastní zpracování

Z Obrázku 6 je zřejmé, že geografická pozice státu nemusí být určujícím faktorem míry znečišťování při výrobě elektrické energie, hlavní roli zde hraje jeho energetický mix, který je převážně důsledkem politicko-ekonomických rozhodnutí představitelů daného státu.

## 5.2 Současná situace osobních automobilů se spalovacím motorem v Evropě

V roce 2016 se na silnicích a dálnicích vybraných evropských zemí pohybovalo dohromady více než 260 milionů osobních automobilů se spalovacím motorem (viz Obrázek 7).



Obrázek 7: Počet osobních automobilů se spalovacím motorem ve sledovaných státech v roce 2016

Zdroj: EAFO (2019), Eurostat (2019a), vlastní zpracování

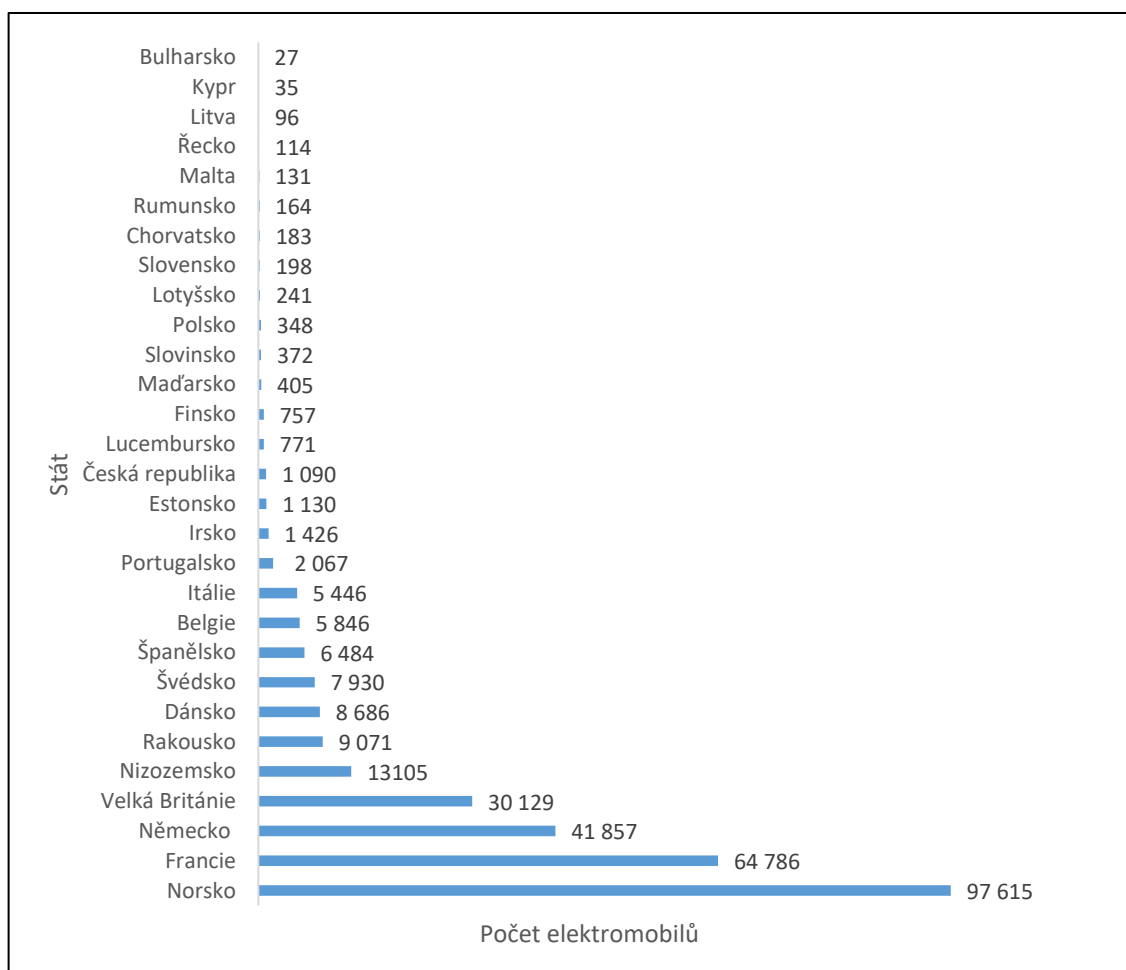
Největší vozový park s osobními automobily se nacházel v Německu. Celkový počet osobních automobilů v roce 2016 zde dosahoval hodnoty skoro 46 milionů kusů. Druhý největší vozový park měli v tomto roce v Itálii, počet osobních automobilů zde v roce 2016 činil téměř 38 milionů kusů. Třetí největší vozový park byl k dispozici ve Francii. Počet osobních vozidel zde dosahoval hodnoty více než 32 milionů. Mezi země, které mají vozové parky v množství desítek milionů kusů patří dále Velká Británie s vozovým parkem čítajícím více než 30 milionů osobních automobilů, Španělsko, kde bylo v roce 2016 skoro 23 milionů osobních automobilů, a poslední zemí bylo Polsko. Zde se nacházelo skoro 22 milionů osobních automobilů.

Ve stejném roce se v České republice nacházelo více než 5 milionů osobních automobilů, což ji řadí do první poloviny ze sledovaných zemí, co se počtu automobilů se spalovacím motorem týče. Na opačném konci přehledu se nacházejí země rozlohou menších velikostí. Vůbec nejmenší počet osobních automobilů byl na Maltě, kde se nacházelo přibližně 282 000 osobních automobilů. Druhý nejmenší vozový park byl poté v Lucembursku s hodnotou téměř 400 000 osobních automobilů. Na Kypru se nacházelo více než 508 000 osobních automobilů.

Z výše uvedeného je zřejmé, že počet osobních automobilů ve vozovém parku koresponduje s počtem obyvatelstva, jeho ekonomickou silou a celkovou vyspělostí země, která s ekonomickou silou obyvatelstva úzce souvisí.

### 5.3 Současná situace elektromobilů v Evropě

Současnou situaci elektromobility ve vybraných zemích Evropy dokládá Obrázek 8. Poskytuje přehledné údaje o počtech zaregistrovaných elektromobilů v dané zemi v roce 2016, pro který byly tyto údaje dostupné z databáze European Alternative Fuels Observatory (EAFO, 2018). Vzhledem k tomu, že počet registrovaných elektromobilů má dlouhodobě vzrůstající tendenci, lze se domnívat, že současné počty registrovaných elektromobilů budou vyšší.



Obrázek 8: Počet elektromobilů ve sledovaných zemích v roce 2016

Zdroj: EAFO (2019), vlastní zpracování

Za průkopníka elektromobility v Evropě a zároveň ve světě lze považovat Norsko. V této severské zemi bylo totiž již v roce 2008 zaregistrovaných 1 243 elektromobilů. V této době se jednalo pouze o čistě bateriová vozidla (BEV). Postupem času se ale na norském trhu začala objevovat i plug-in hybridní vozidla, které se s přibývajícím časem těší čím dál tím větší oblibě. V roce 2016 se v Norsku nacházelo celkově 97 615 elektromobilů jezdící jen a pouze na elektrickou energii (EAFO, 2019). V roce 2015 bylo každé páté osobní vozidlo prodané v Norsku určitým způsobem poháněno na elektrický pohon (myšleno nejen BEV ale i PHEV a ostatní) (EEA, 2016).

Ve Francii bylo v roce 2008 registrováno 2 602 elektromobilů. Počet nových registrací v dalších letech rostl velice pozvolna. V roce 2016 nicméně bylo ve Francii registrovaných skoro 65 000 elektromobilů, což ve ji ve zkoumaných zemích řadí na druhé místo. Dalším významnou zemí na poli s elektromobily je Německo. V roce 2010 zde bylo registrováno celkově 747 elektromobilů. Tempo registrací nových

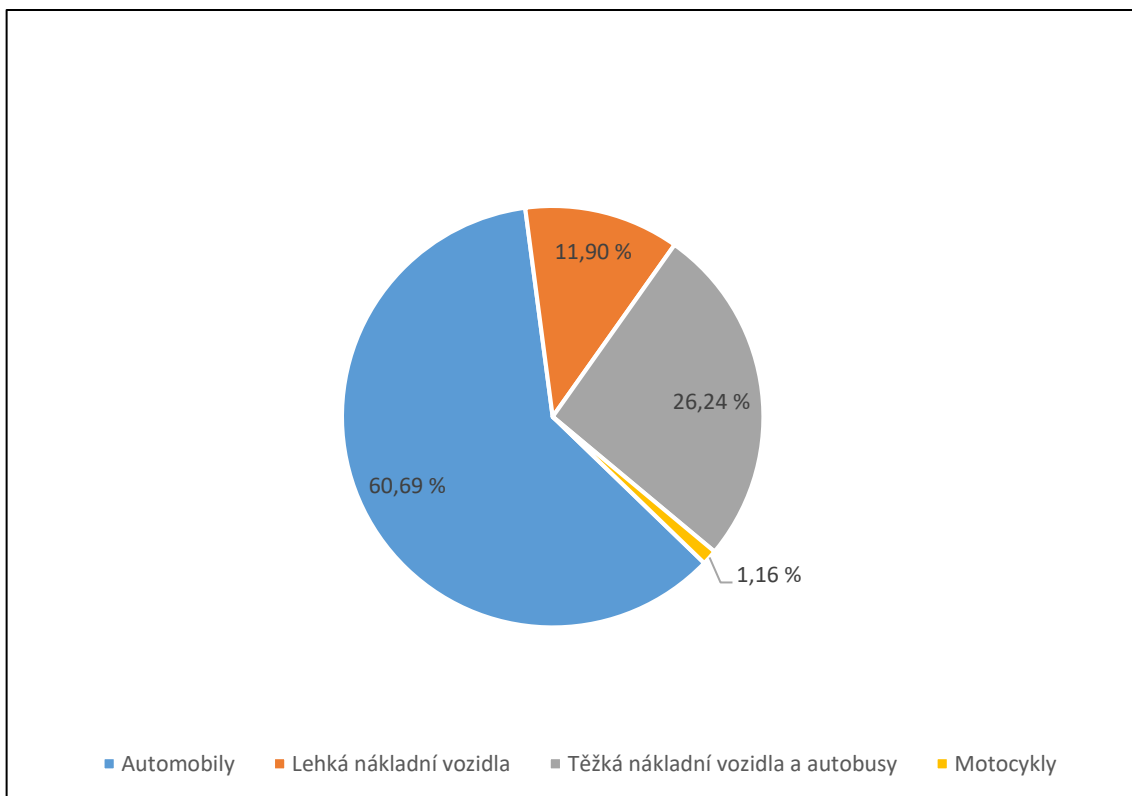
elektromobilů zde ale bylo ještě pomalejší než v případě Francie, v roce 2016 pak bylo registrovaných celkově 41 857 elektromobilů (EAFO, 2019).

Na českém trhu bylo v roce 2011 registrováno pouze 60 elektromobilů. Tyto dopravní prostředky se v České republice netěší takové oblibě, jako je tomu v například v Norsku nebo ve Francii. Registrací nových elektromobilů každým rokem přibývá velice pomalu. V roce 2016 činil počet registrovaných elektromobilů celkově 1090. Vůbec nejméně registrovaných elektromobilů bylo v roce 2016 v Bulharsku, a to pouze 27 kusů. Na Kypru jich ve stejném roce bylo pouze o 8 více. V Litvě bylo v roce 2016 registrovaných pouze 96 elektromobilů (EAFO, 2019).

Je zřejmé, že situace v jednotlivých zemích je diametrálně odlišná. Z údajů uvedených v přehledu na Obrázku 8 lze vysledovat určité souvislosti. Zdá se, že výrazně větší oblibě se elektromobily těší v severských zemích a také v zemích západní Evropy, zatímco obyvatelé států východní a jižní Evropy preferují automobily se spalovacím motorem. Lze zde předpokládat i souvislost s nižší životní úrovní v těchto zemích a s poněkud laxnějším přístupem jejich politické reprezentace i obyvatel k ochraně životního prostředí.

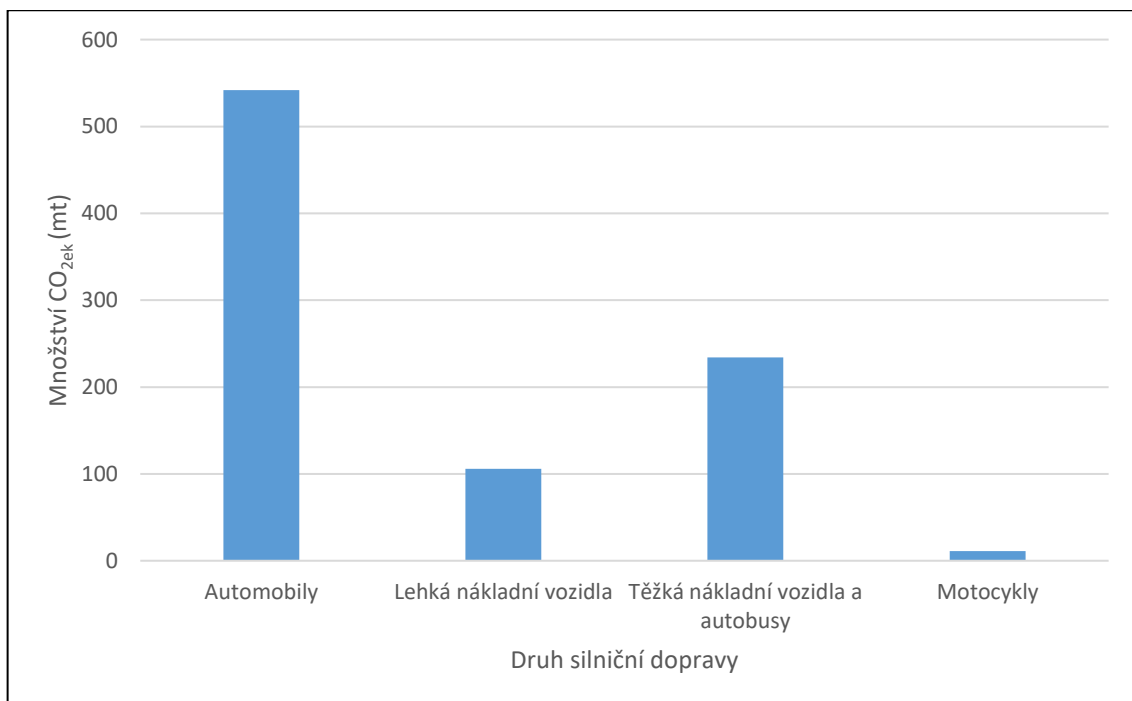
#### 5.4 Automobily se spalovacími motory a skleníkové plyny

Tato kapitola se snaží odpovědět na otázku, jak se na vypouštění skleníkových plynů do ovzduší podílejí jednotlivé druhy silniční dopravy. Mezi tyto typy lze zařadit osobní automobily, lehká nákladní vozidla, těžká nákladní vozidla a autobusy, poslední skupinou jsou motocykly. Z Obrázku 9 je zřejmé, že se na vypouštění skleníkových plynů v námi vybraných evropských zemích v největší míře podílí osobní automobily, a to konkrétně 60,69 %. Druhou skupinou je skupina těžkých nákladních vozidel a autobusů s podílem 26,24 %. Třetí skupinou jsou lehká nákladní vozidla, která měla v roce 2016 podíl na všech vypuštěných skleníkových plynech ze sektoru dopravy 11,90 %. Poslední skupina, motocykly, měla podíl pouhých 1,16 %. Obrázek 10 pak tyto podíly předvádí na množství vypuštěného CO<sub>2ek</sub> za rok jejich provozu.



Obrázek 9: Podíl jednotlivých druhů silniční dopravy na vypouštění CO<sub>2ek</sub> ve sledovaných evropských zemích v roce 2016

Zdroj: UNFCCC (2019), vlastní zpracování



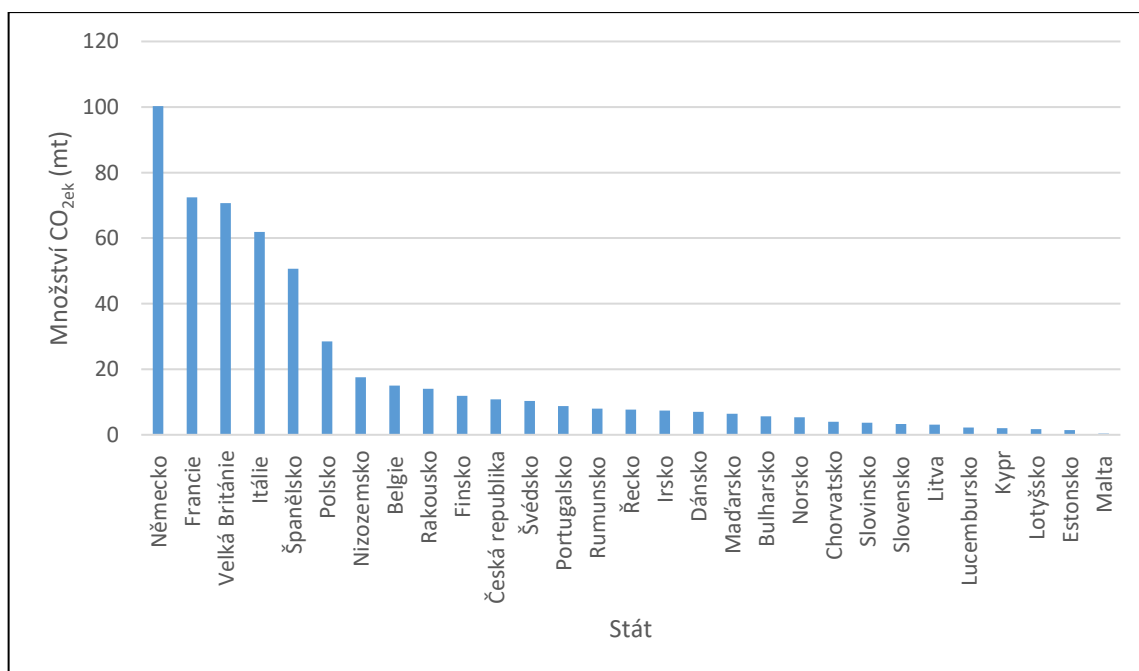
Obrázek 10: Množství CO<sub>2ek</sub> (mt) vypuštěného v roce 2016 z jednotlivých druhů silniční dopravy

Zdroj: UNFCCC (2019), vlastní zpracování

Množství vypuštěného CO<sub>2ek</sub> z osobní automobilové dopravy se odvíjí především z velikosti vozového parku. Lze tedy předpokládat, že největší množství je emitováno v zemích, kde jsou osobní automobily zastoupeny v největší míře. Mezi tyto země lze tedy zařadit Německo, Itálii, Francii a Velkou Británii. Na opačném konci by se měly nacházet země, jako jsou Malta, Estonsko, popřípadě Kypr. Tuto situaci ilustruje přehled na Obrázku 11.

Největší množství CO<sub>2ek</sub> bylo v roce 2016 vypuštěno podle předpokladu v Německu, a to více než 100 megatun. Ačkoliv se Itálie nacházela na druhém místě, co se týče velikosti vozového parku osobních automobilů, v tomto případě se nachází na místě čtvrtém s hodnotou přesahující 60 megatun. Vysoké množství, 70 megatun CO<sub>2ek</sub> z osobních automobilů, poté bylo ještě vypuštěno ve Francii a ve Velké Británii.

Na opačném konci přehledu se nacházejí země, jejichž vozový park patří mezi ty nejmenší v Evropě. To znamená země jako je Malta, Kypr či Estonsko. V boji za kvalitnější ovzduší samozřejmě hraje roli každá země a každý automobil, ale nahrazení současného vozového parku za elektromobily by pravděpodobně nepřineslo takový efekt, jak by tomu bylo například v případě Německa, popřípadě dalších zemí s velkým vozovým parkem.



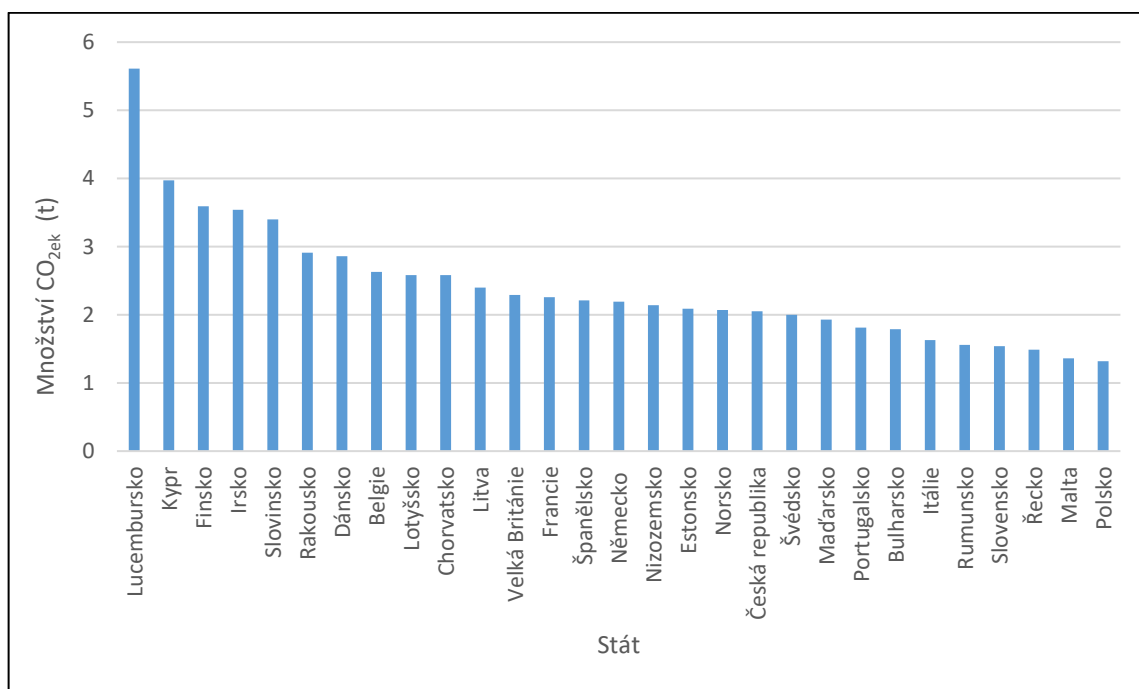
Obrázek 11: Množství CO<sub>2ek</sub> (mt) vypuštěného z osobních automobilů v roce 2016 ve vybraných evropských státech

Zdroj: UNFCCC (2019), vlastní zpracování



Obrázek 12 přináší přehled průměrných množství CO<sub>2ek</sub> na jeden automobil z vozového parku dané země v průběhu jednoho roku provozu. Nejmenší průměrné množství CO<sub>2ek</sub> vypuštěného provozem automobilu bylo v roce 2016 v Polsku. Zde bylo za jeden rok průměrným automobilem vyprodukováno pouze 1,32 tuny CO<sub>2ek</sub>, což tuto zemi řadí mezi nejšetrnější s ohledem na životní prostředí. Na Maltě poté průměrný spalovací automobil za jeden rok vyprodukuje 1,36 tuny CO<sub>2ek</sub> a v Řecku je to 1,49 tuny CO<sub>2ek</sub>.

Na opačném konci přehledu se nachází Lucembursko, kde jeden automobil se spalovacím motorem vyprodukuje v důsledku provozu více než 5 tun CO<sub>2ek</sub>. Na Kypru je tato hodnota 3,97 tuny CO<sub>2ek</sub> a ve Finsku 3,59 tuny CO<sub>2ek</sub>. V České republice průměrný automobil za jeden rok vyprodukoval lehce přes 2 tuny CO<sub>2ek</sub>, což je spíše lepší hodnota.

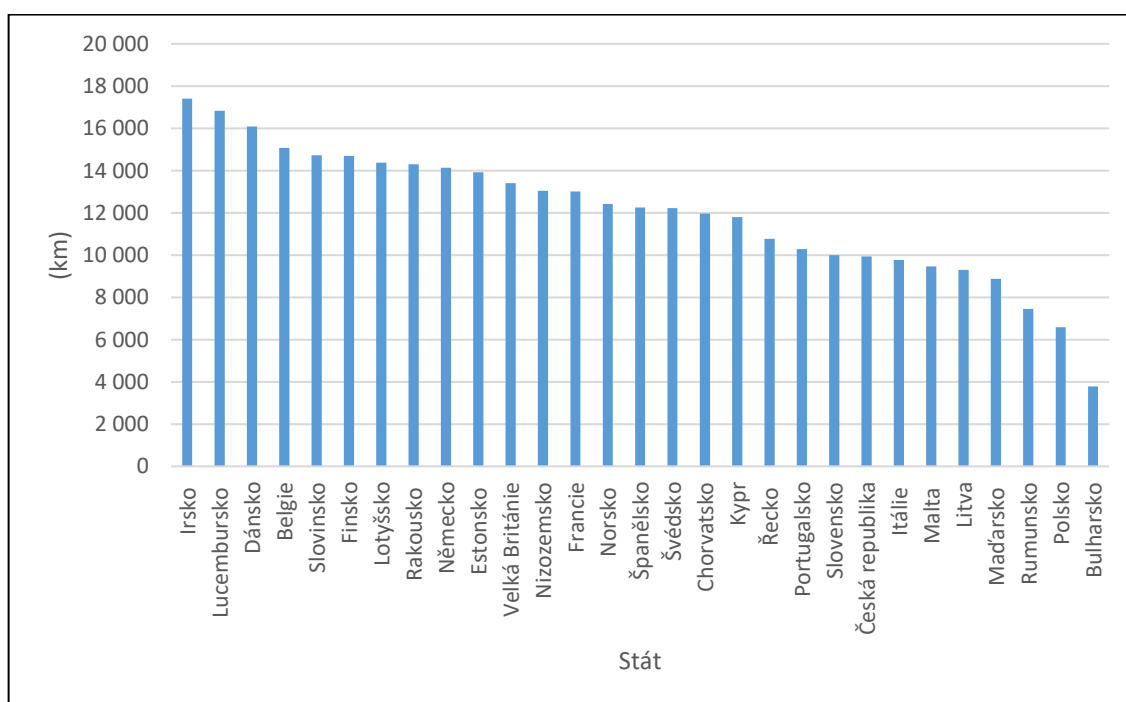


Obrázek 12: Průměrné množství CO<sub>2ek</sub> (t) vypuštěných provozem automobilu v roce 2016 ve vybraných evropských státech

Zdroj: EAFO (2019), Eurostat (2019a), UNFCCC (2019), vlastní výpočty

Důležitým aspektem, který hraje roli v množství vypouštěného CO<sub>2ek</sub>, je roční ujetá vzdálenost, kterou ilustruje Obrázek 13 níže. Tato vzdálenost se ve všech námi vybraných evropských státech liší. Průměrně je nejvíce kilometrů za jeden rok najeto v Irsku, a to více než 17 000 km. Druhým státem je Lucembursko s téměř 17 000 kilometry a Dánsko, kde se průměrně za jeden rok ujede lehce přes 16 000 kilometrů.

Vůbec nejméně kilometrů je najeto v Bulharsku, méně než 4 000 km. Poté následuje Polsko s hodnotou kolem 6 500 km a Rumunsko, kde se ročně najezdí v průměru přibližně 7 500 km. Samotnou Českou republiku lze zařadit mezi státy, kde se automobil jako dopravní prostředek využívá méně. Průměrná roční vzdálenost je lehce pod 10 000 km. Zajímavým ukazatelem je to, že země střední a východní Evropy (v tomto případě Litva, Polsko, Maďarsko, Česká republika a Slovensko) v průměru ročně najezdí výrazně méně kilometrů, než země západní Evropy (Irsko, Lucembursko, Dánsko, Německo).

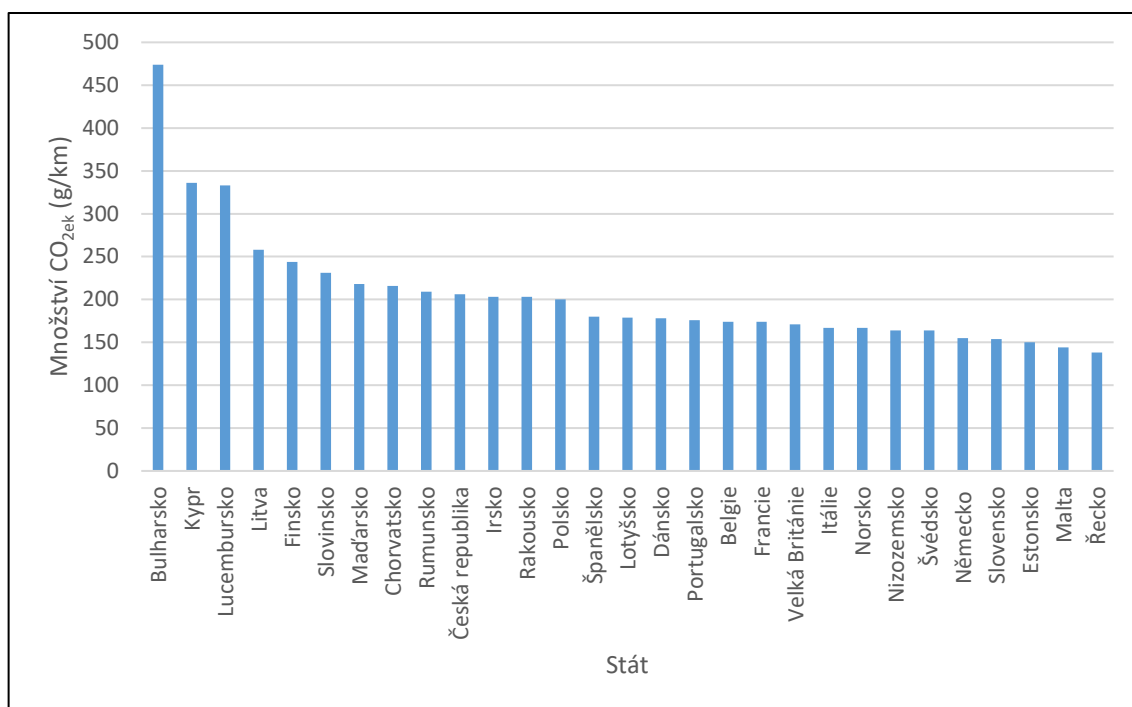


Obrázek 13: Průměrná roční ujetá vzdálenost (km) osobním automobilem ve vybraných evropských státech

Zdroj: Eurostat (2015), Odyssee (2019), vlastní zpracování

Stav průměrného množství najetých kilometrů se ale v budoucnu může teoreticky změnit. V zemích střední a východní Evropy totiž není hustota dálniční sítě tak vysoká, jako v zemích západní Evropy. V současné době nicméně probíhá její dostavba, což může vést k většímu využívání osobních vozidel jako dopravního prostředku na úkor veřejné dopravy.

Následující přehled na Obrázku 14 udává průměrné množství CO<sub>2ek</sub> po přepočtení na jeden ujetý kilometr.



Obrázek 14: Průměrné množství CO<sub>2ek</sub> (g) vypuštěného při ujetí jednoho km u spalovacího automobilu ve vybraných evropských státech

Zdroj: Eurostat (2015), Eurostat (2019a), Odyssee (2019), UNFCCC (2019), vlastní výpočty

Z přehledu na Obrázku 14 lze vyčíst, že největší množství CO<sub>2ek</sub> z provozu klasického spalovacího automobilu je při ujetí jednoho kilometru vypuštěno v Bulharsku, a to 474 g. Následuje Kypr s hodnotou 336 g CO<sub>2ek</sub> a Lucembursko, kde je průměrná hodnota na úrovni 333 g CO<sub>2ek</sub>. Naopak nejmenší množství CO<sub>2ek</sub> vypouštěného z automobilu při ujetí jednoho kilometru je v Řecku, konkrétně 138 g CO<sub>2ek</sub>. Následuje Malta s hodnotou 144 g CO<sub>2ek</sub> a Estonsko s hodnotou 150 g.

Z přehledu je zřejmé, že v zemích západní Evropy, v tomto případě se jedná o Německo, Rakousko, Nizozemsko, Belgie, Francii či Velkou Británii, se hodnoty pohybují pod průměrem. Českou republiku lze s hodnotou 206 g zařadit do horšího průměru.

#### 5.4.1 Opatření do budoucna

Vzhledem k tomu, že přímé emise z osobních automobilů v důsledku spalování pohonných látek jsou přímo zodpovědné za 12 % emisí oxidu uhličitého vypuštěného na území EU, je odvětví dopravy důležitým zdrojem znečištění. Pro zlepšení situace musí být přijata opatření, aby byl tento negativní vývoj zastaven. Závažnost situace si Evropská unie samozřejmě uvědomuje, a proto vznikl systém tzv. emisních limitů.

Tyto limity musí splňovat všechny nově prodané spalovací automobily za

účelem snížení emisí oxidu uhličitého, který vznikají při nedokonalém spalování v motorech těchto vozidel. První emisní limity byly schváleny už v roce 2009 a cíl byl nastaven na limit 130 g oxidu uhličitého na jeden ujetý kilometr. Za pozitivní fakt lze považovat to, že se tento cíl podařilo naplnit už v roce 2013, ačkoliv byl jako mezní limit stanoven rok 2015 (European Commission, 2019).

Naplnění těchto cílů je ale bohužel nutno brát s rezervou. V roce 2015 totiž propukla aféra koncernu Volkswagen, která je známá pod názvem Dieseldgate. Americká agentura pro ochranu životního prostředí tehdy obvinila koncern z toho, že záměrně manipuluje s výsledky emisních testů u naftových motorů. Automobily měly být vybaveny speciálním softwarem, který dokázal rozpoznat, kdy je automobil testován na množství vypouštěných emisí, pomocí tohoto softwaru dokázal motor toto množství emisí regulovat, aby výsledné hodnoty byly nižší, než ve skutečném provozu (EPA, 2017).

Tabulka 3: Průměrné množství (g) vypuštěného oxidu uhličitého na ujetý jeden kilometr u nově zakoupených osobních automobilů v Evropě

Rok	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
(g/km)	145,7	140,3	135,7	132,2	126,7	123,4	119,5	118,1	118,5

Zdroj: EEA (2018e), vlastní zpracování

Nové emisní limity jsou zase o něco přísnější. Pro rok 2021 je totiž stanoven limit vypouštěného oxidu uhličitého na jeden ujetý kilometr na hranici 95 g. Při přepočtu na spotřebu paliva to činí 4,1 litrů pro benzín a 3,6 litrů nafty na ujetých 100 kilometrech (European Commission, 2019). Ačkoliv se množství emisí oxidu uhličitého vypouštěného z nově prodaných osobních automobilů daří postupně snižovat (od roku 2010 se jedná o 16 % pokles, při přepočtu na emise to činí 22 g CO<sub>2</sub>/km), tak i přesto musí dojít k dalším dílčím zlepšením, aby byl cíl stanovený pro rok 2021 dosažen.

Za znepokojující lze považovat data z roku 2017, která dokládají, že došlo dokonce k meziročnímu nárůstu vypouštěných emisí oxidu uhličitého z nově prodaných osobních automobilů, v evropském kontextu to činilo v průměru 118,5 g na jeden ujetý kilometr. V roce 2017 bylo ze sledovaných zemí nejnižší množství vypouštěno v Portugalsku, a to konkrétně 104,6 g na jeden ujetý kilometr. Na opačném konci se nachází Estonsko, kde se při ujetí jednoho kilometru v průměru vypustilo do ovzduší 132,8 gramu CO<sub>2</sub> (EEA, 2018d).

Limity pro množství vypouštěného oxidu uhličitého u osobních automobilů se budou zpřísnovat i v budoucnu. Nově prodané osobní automobily v Evropě by od roku 2030 měly vypouštět až o 37,5 % méně emisí oxidu uhličitého v porovnání s rokem 2021 (Rada EU, 2019).

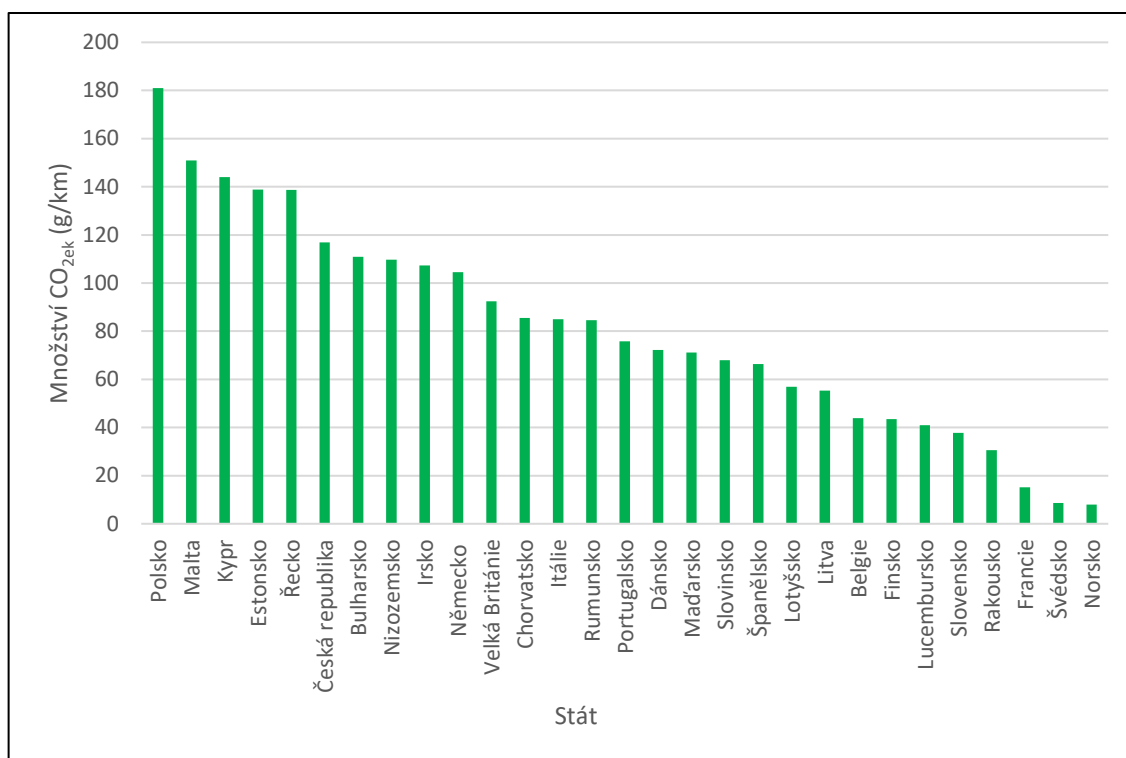
Pokud se cíle pro rok 2030 podaří naplnit, mohou se automobily se spalovacím motorem s ohledem na množství vypouštěných emisí oxidu uhličitého během provozu teoreticky stát konkurenceschopnými z hlediska emisí v porovnání s elektromobily a vyvstane otázka, zdali úplný přechod na vozidla s elektrickým pohonem budou stále dávat smysl.

## 5.5 Elektromobily a skleníkové plyny

U elektromobilů bude z pochopitelných důvodů větší pozornost věnována tzv. „nepřímým emisím“. To jsou emise, které jsou produkovány elektrárnami při výrobě elektrické energie, která poté elektromobilům slouží jako hlavní pohonná látka. Ty se pak tedy na uvolňování emisí skleníkových plynů do ovzduší podílí nepřímým způsobem.

Množství emisí, které vzniká při výrobě elektrické energie, závisí na energetickém mixu konkrétní země, či regionu. Obrázek 15 dokládá množství nepřímých emisí vznikajících při výrobě elektrické energie, která je potřebná pro provoz elektromobilu.

Zásadní roli zde hrají energetické mixy jednotlivých zemí a množství emisí  $\text{CO}_{2\text{ek}}$  vypouštěného při výrobě elektrické energie. Lze předpokládat, že hodnoty emisí u těch států, které získávají elektrickou energii spalováním fosilních paliv, budou výrazně vyšší než u zemí využívajících energie z obnovitelných zdrojů.



Obrázek 15: Množství CO<sub>2ek</sub> (g) při ujetí jednoho kilometru u elektromobilu ve vybraných evropských státech

Zdroje dat: EAFO (2019), Electric Vehicle Database (2019), Eurostat (2018), IEA (2019), Sun (2010), The World Bank (2018), World Nuclear Association (2011), vlastní výpočty

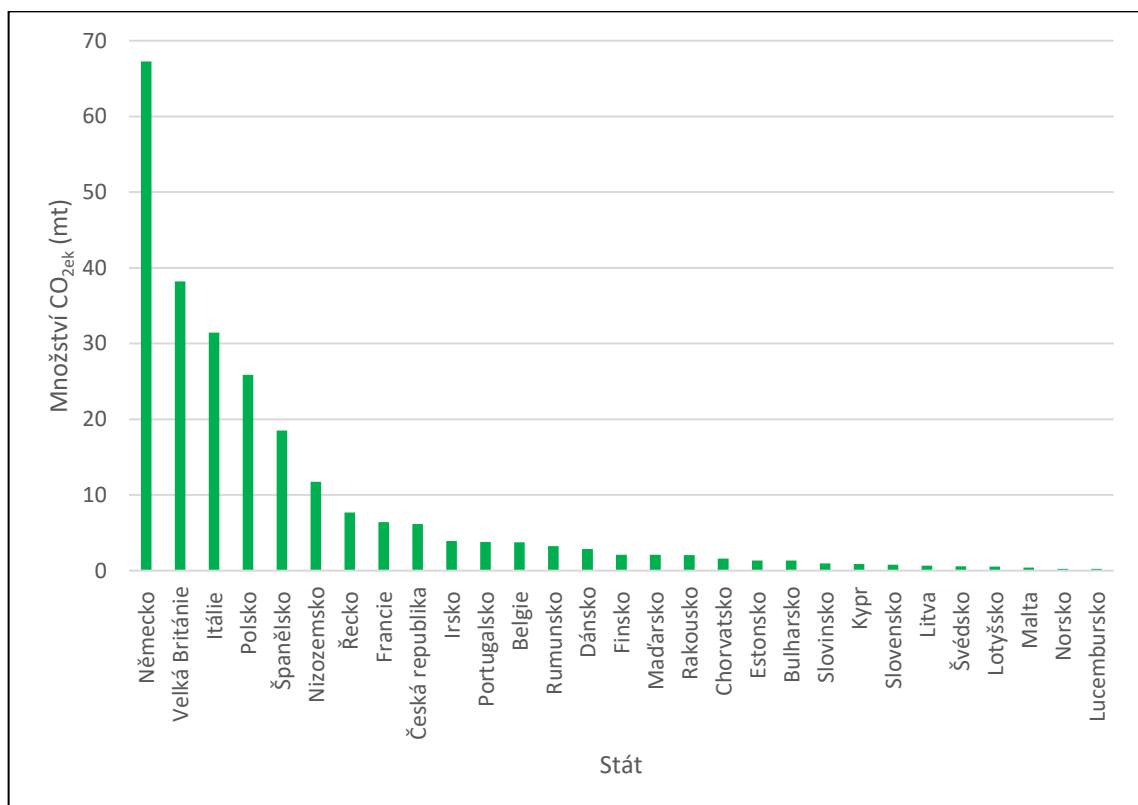
Nemůže být překvapením, že nejhůře ze všech zemí vychází Polsko, které je ve výrobě elektrické energie závislé především na uhlí. Při jeho současném energetickém mixu a zároveň spotřebě námi zvoleného modelového elektromobilu činí jeho nepřímé emise po ujetí jednoho kilometru více než 180 g CO<sub>2ek</sub>. Následuje Malta (151 g CO<sub>2ek</sub>) a Kypr (144 g CO<sub>2ek</sub>), tedy země, které v současné době vyrábějí elektrickou energii převážně z ropy a ropných produktů. V České republice se jedná o množství přesahující 116 g CO<sub>2ek</sub>.

Na opačném konci přehledu se nacházejí Norsko se Švédskem, které, jak je již známo, hojně využívají pro výrobu elektrické energie elektrárny vodní, popřípadě atomové. V případě těchto dvou severských zemí vyprodukuje jeden průměrný elektromobil po ujetí jednoho kilometru pouhých 8 gramů CO<sub>2ek</sub>. Ve Francii by dle výpočtů elektromobil po ujetí jednoho kilometru měl nepřímo vypustit 15 g CO<sub>2ek</sub>.

Tyto výsledky zároveň naznačují, že pouhý přechod na elektromobily nemusí být v případě některých států Evropy tolik přínosný, pokud zároveň nedojde k zásadní proměně jejich energetického mixu.

## 5.6 Vozový park tvořený elektromobily

Už nyní je zřejmé, že zvolený modelový elektromobil vypouští během svého provozu méně CO<sub>2ek</sub> než klasický spalovací osobní automobil. Jaké množství CO<sub>2ek</sub> by bylo vypouštěno za jeden rok v jednotlivých zemích v případě úplného nahrazení jejich současného vozového parku automobilů se spalovacími motory za elektromobily? Na tuto otázku odpovídá přehled na Obrázku 16.



Obrázek 16: Množství CO<sub>2ek</sub> (mt) vypuštěného ve sledovaných zemích za jeden rok vozovým parkem tvořeného pouze elektromobily

Zdroje dat: EAFO (2019), Electric Vehicle Database (2019), Eurostat (2015), Eurostat (2018), IEA (2019), Odyssee (2019), World Nuclear Association (2011), vlastní výpočty

Z Obrázku 16 lze vyčíst, že největší množství nepřímých emisí CO<sub>2ek</sub> vypuštěného za jeden rok by bylo pochopitelně v zemích, které mají velké vozové parky. Vůbec největší množství by bylo emitováno v Německu, a to více než 67 megatun CO<sub>2ek</sub>. Poté už s velkým odstupem následuje Velká Británie s hodnotou více než 38 megatun a Itálie s více než 31 megatunami. V České republice by se jednalo o hodnotu 6,16 megatun CO<sub>2ek</sub> vypuštěného z celého vozového parku za jeden rok. Naopak nejmenší množství skleníkových plynů by bylo v důsledku užívání elektromobilů vypuštěno

v Norsku a v Lucembursku, shodně 0,26 megatuny CO<sub>2ek</sub>. Na Maltě by roční množství vypuštěných skleníkových plynů činilo 0,40 megatuny.

Emisní náročnost výroby elektrické energie se liší mezi všemi vybranými státy, z výsledků výpočtů v této kapitole je zřejmé, že životní prostředí nejvíce zatěžuje výroba elektrické energie z fosilních paliv, zatímco nejméně výroba z obnovitelných zdrojů energie a z atomových elektráren. V závěru páté kapitoly je poté vypočítáno, jaké teoretické množství skleníkových plynů by bylo vypuštěno z provozu elektromobilů v jednotlivých evropských státech, pokud by byl celý jejich vozový park nahrazen elektromobily. Všechny prováděné výpočty znovu potvrzují, že množství nepřímých emisí u elektromobilů je závislé na národních energetických mixech.

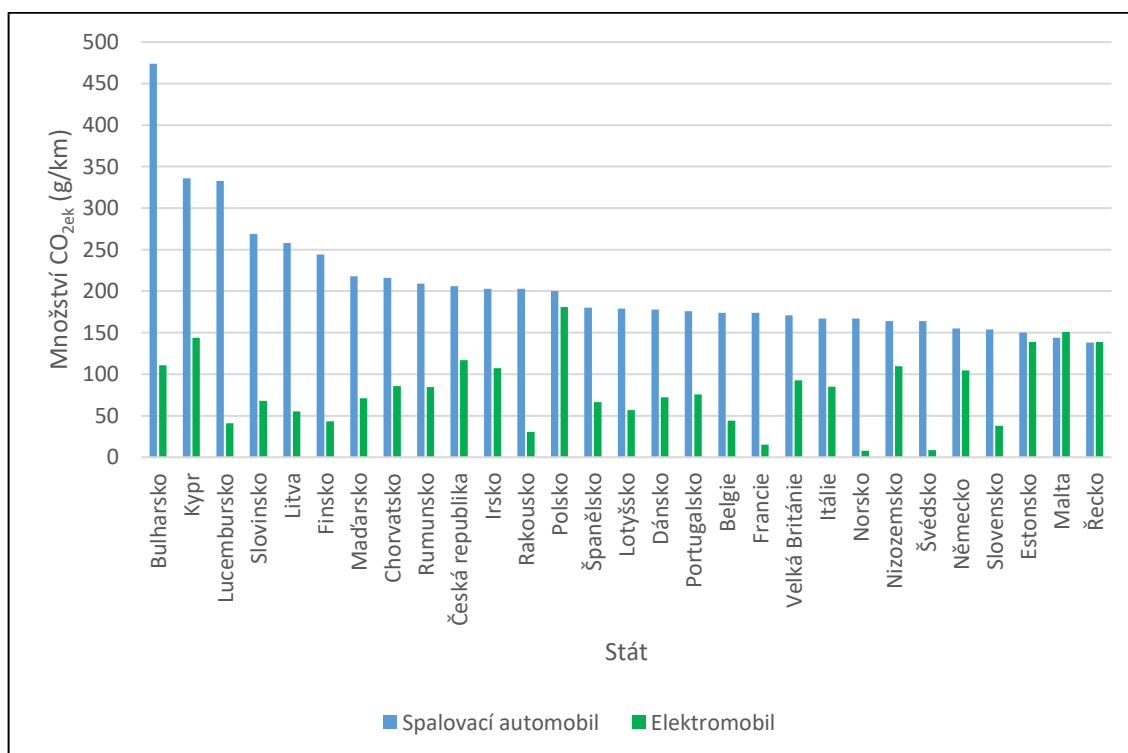


## 6 Výsledky srovnání automobilu se spalovacím motorem a elektromobilu

V této kapitole je porovnán elektromobil a automobil se spalovacím motorem ze dvou hledisek. Prvním je množství emisí  $\text{CO}_{2\text{ek}}$ , které vypustí oba typy vozidla při ujetí jednoho kilometru. Následně je srovnáno množství  $\text{CO}_{2\text{ek}}$ , které je vypuštěno v dané zemi za jeden rok provozu z celého vozového parku, který je tvořen pouze spalovacími automobily a poté pouze elektromobily.

### 6.1 $\text{CO}_{2\text{ek}}$ při ujetí jednoho kilometru

Následující přehled na Obrázku 17 názorně dokládá rozdíly v množství emisí  $\text{CO}_{2\text{ek}}$  při ujetí jednoho kilometru u vozidel se spalovacím motorem, u nichž jsou započítány přímé emise vzniklé spalováním v jejich motoru, a u elektromobilu, kde jsou vzaty v úvahu nepřímé emise vzniklé při výrobě elektrické energie nutné pro jeho provoz.

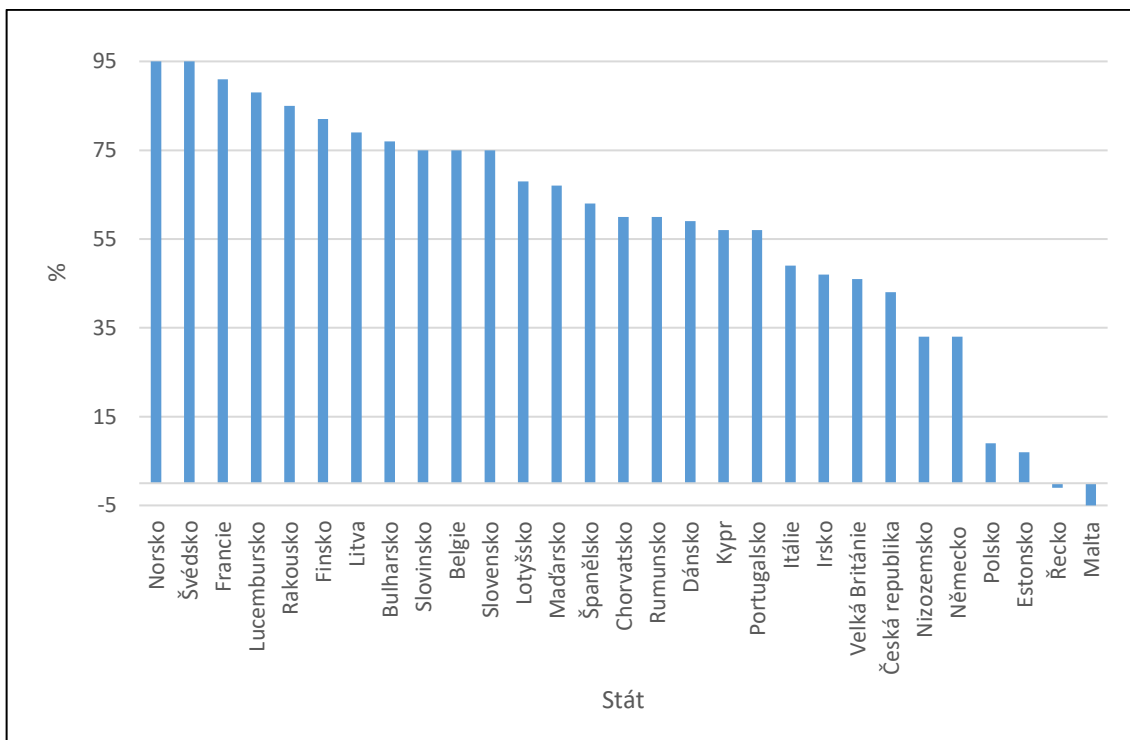


Obrázek 17: Srovnání množství  $\text{CO}_{2\text{ek}}$  (g) vypuštěného při ujetí jednoho kilometru u spalovacího automobilu a elektromobilu ve vybraných evropských státech

Zdroje dat: EAFO (2019), Electric Vehicle Database (2019), Eurostat (2015), Eurostat (2018), Eurostat (2019a), IEA (2019), Odyssee (2019), Sun (2010), The World Bank (2018), UNFCCC (2019), World Nuclear Association (2011), vlastní výpočty

Největší množství emisí skleníkových plynů by bylo ušetřeno při přechodu na elektromobily v případě Bulharska, konkrétně 363 g CO<sub>2ek</sub> při každém ujetém kilometru. Dalším státem je Lucembursko, kde by modelový elektromobil při ujetí jednoho kilometru vypustil o 292 g CO<sub>2ek</sub> méně než spalovací automobil. V Litvě by rozdíl činil 203 g CO<sub>2ek</sub>. Na opačném konci se nachází Estonsko, kde by rozdíl činil pouhých 11 g CO<sub>2ek</sub>. Ačkoliv je Polsko zemí spoléhající ve výrobě elektrické energie především na černé uhlí, i přesto by zde měl modelový elektromobil menší emisní stopu než automobil se spalovacím motorem. Rozdíl by činil 19 g CO<sub>2ek</sub>. V Německu by rozdíl činil 50 g CO<sub>2ek</sub> ve prospěch elektromobilu.

Z výsledků srovnání, znázorněných na Obrázku 18, ale vyplývá, že mezi vybranými zeměmi se nacházejí i takové, kde by elektromobil při ujetí jednoho kilometru za současné energetické situace vypouštěl větší množství CO<sub>2ek</sub> než automobil se spalovacím motorem. Konkrétně se jedná o Maltu, kde by elektromobily vypouštěly v průměru o 7 g CO<sub>2ek</sub> více, a Řecko, s hodnotou vyšší o 1 gram CO<sub>2ek</sub>. V případě České republiky by se jednalo o 89 g CO<sub>2ek</sub> ušetřených ve prospěch elektromobilu.



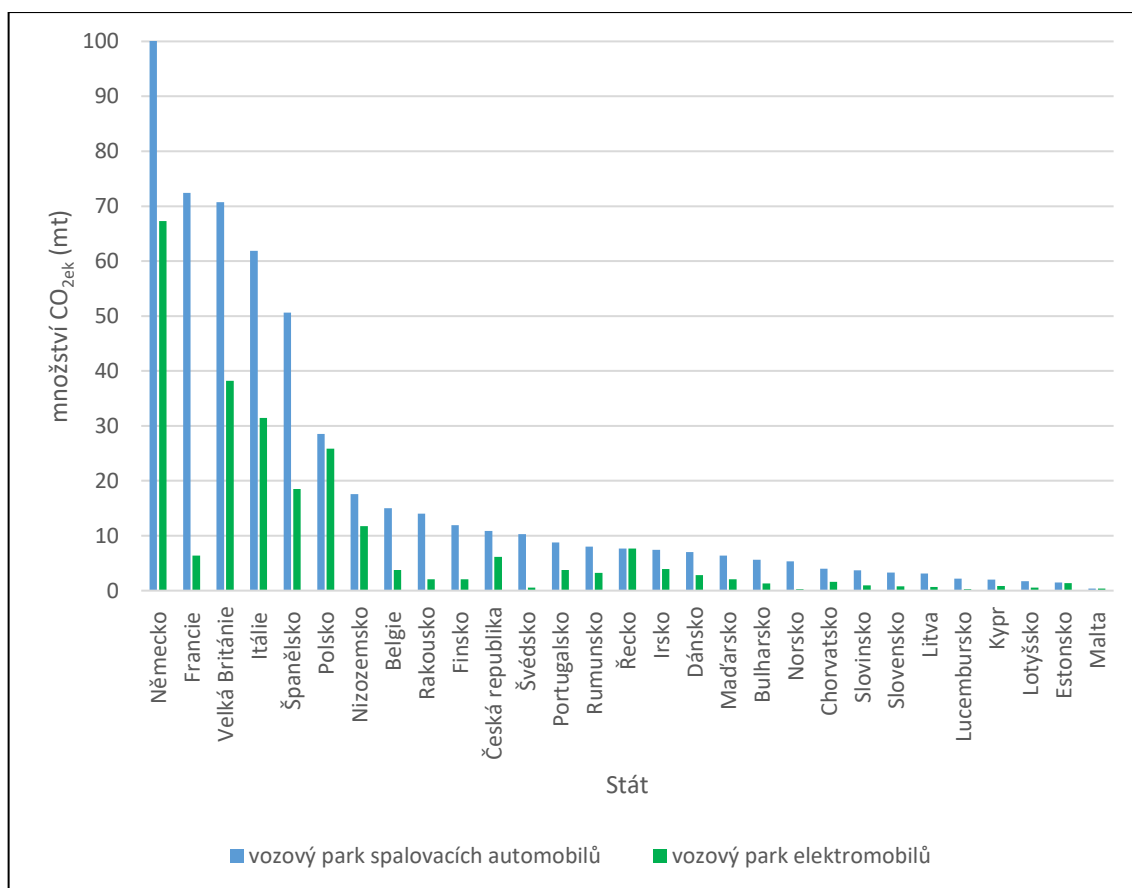
Obrázek 18: Rozdíl (%) ve vypuštění CO<sub>2ek</sub> mezi spalovacím automobilem a elektromobilem ve vybraných státech při ujetí jednoho kilometru

Zdroje dat: EAFO (2019), Electric Vehicle Database (2019), Eurostat (2015), Eurostat (2018), Eurostat (2019a), IEA (2019), Odyssee (2019), Sun (2010), The World Bank (2018), UNFCCC (2019), World Nuclear Association (2011), vlastní výpočty

K nejvyššímu rozdílu mezi přímými emisemi CO<sub>2ek</sub> ze spalovacího automobilu a nepřímými emisemi CO<sub>2ek</sub> z elektromobilu při ujetí jednoho kilometru by došlo v Norsku a ve Švédsku, konkrétně o 95 %. K velkému poklesu by došlo také ve Francii (91 %). Naopak k nejmenšímu poklesu by došlo v Estonsku (7 %) a v Polsku (9 %). V případě České republiky by došlo k poklesu o 43 %. Na Maltě by naopak došlo k zvýšení, a to o 4,8 %. V případě Řecka by zvýšení činilo 0,5 %.

## 6.2 Roční CO<sub>2ek</sub> z celého vozového parku

Následující část přehledně ukazuje, jaký dopad by měla výměna celého vozového parku automobilů se spalovacím motorem za elektromobily z hlediska ročních emisí CO<sub>2ek</sub> v jednotlivých zkoumaných zemích. Obrázek 19 znázorňuje rozdíl mezi stávající situací se současným vozovým parkem a hypotetickým vozovým parkem složeným výhradně z elektromobilů.



Obrázek 19: Srovnání množství CO<sub>2ek</sub> (mt) vypuštěných za jeden rok ze současného vozového parku a vozového parku tvořeného pouze elektromobily

Zdroje dat: EAFO (2019), Electric Vehicle Database (2019), Eurostat (2015), Eurostat (2018), Eurostat (2019a), IEA (2019), Odyssee (2019), Sun (2010), The World Bank (2018), UNFCCC (2019), World Nuclear Association (2011), vlastní výpočty

Nahrazením současného vozového parku, který je tvořen automobily se spalovacími motory, za elektromobily by došlo k redukci emisí skleníkových plynů pocházející z osobní automobilové dopravy téměř ve všech námi vybraných zemích s výjimkou Řecka a Malty. K největší redukci emisí skleníkových plynů by došlo ve Francii, a to o 66,014 megatun CO<sub>2ek</sub>. Dále v Německu, kde se jedná o 33,042 megatun CO<sub>2ek</sub>, a ve Velké Británii, kde úspora činí 32,484 megatun CO<sub>2ek</sub>. Naopak k nejmenší redukci by došlo v Estonsku, pouze o 0,118 megatun, na Kypru o 1,159 megatun a v Lotyšsku o 1,173 megatun. K nárůstu by došlo na Maltě a v Řecku s hodnotou 0,016 respektive 0,027 megatun. V České republice by došlo k ušetření 4,699 megatun každým rokem provozu elektromobilu.

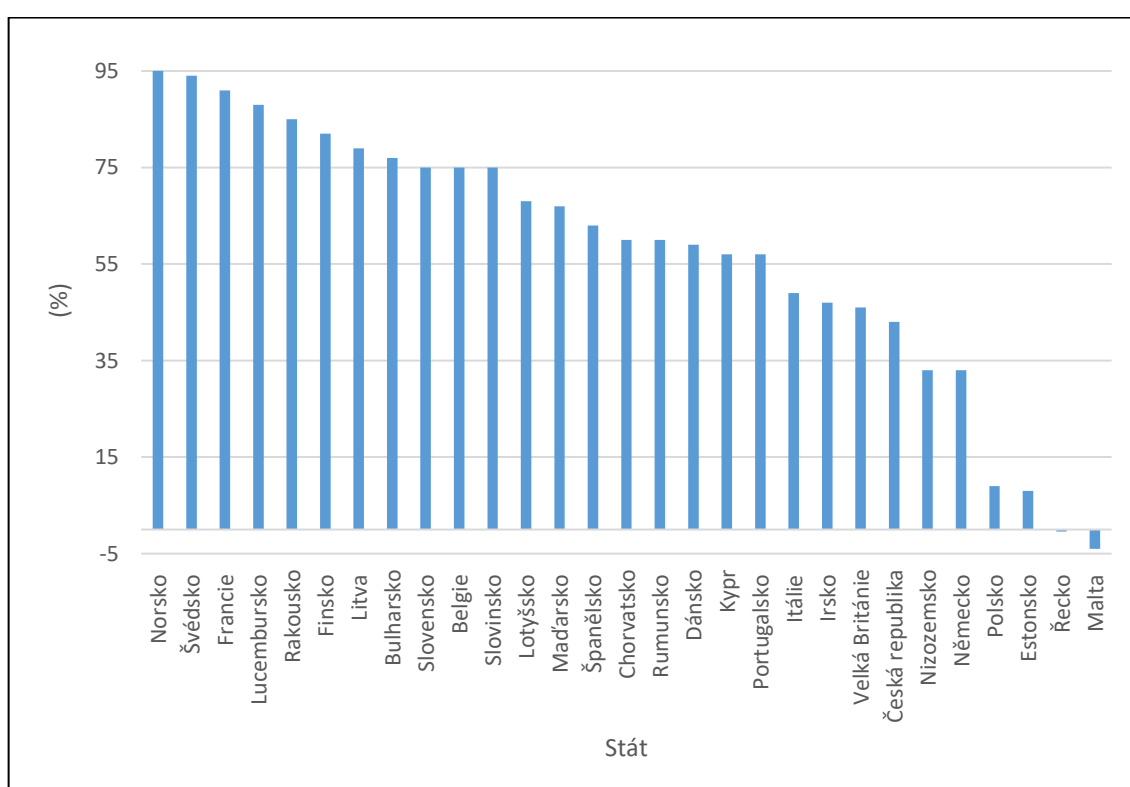
Výsledky podle jednotlivých států jsou zpracovány v Tabulce 4, včetně celkové úspory v EU a Norska při nahrazení stávajícího vozového parku elektromobily.

Tabulka 4: Roční množství (mt) redukováných emisí skleníkových plynů z osobní automobilové dopravy ve vybraných evropských státech

Stát	Ušetřené emise CO <sub>2ek</sub>	Stát	Ušetřené emise CO <sub>2ek</sub>
Francie	66,014	Maďarsko	4,300
Německo	33,042	Dánsko	4,173
Velká Británie	32,484	Irsko	3,511
Španělsko	32,119	Slovinsko	2,789
Itálie	30,430	Polsko	2,660
Rakousko	11,927	Slovensko	2,465
Belgie	11,212	Litva	2,455
Finsko	9,850	Chorvatsko	2,415
Švédsko	9,745	Lucembursko	1,928
Nizozemsko	5,815	Lotyšsko	1,173
Norsko	5,053	Kypr	1,159
Portugalsko	5,017	Estonsko	0,118
Rumunsko	4,785	Malta	-0,016
Česká republika	4,699	Řecko	-0,027
Bulharsko	4,308	<b>Celkově</b>	<b>295,603</b>

Zdroje dat: EAFO (2019), Electric Vehicle Database (2019), Eurostat (2015), Eurostat (2018), Eurostat (2019a), IEA (2019), Odyssee (2019), Sun (2010), The World Bank (2018), UNFCCC (2019), World Nuclear Association (2011), vlastní výpočty

V případě, kdyby došlo k úplnému nahrazení současného vozového parku za elektromobily, došlo by k výraznému poklesu ročních vypouštěných emisí skleníkových plynů. Největší pokles by byl zaznamenán v případě Norska, a to o více než 95 %. Druhý nejvyšší pokles by byl zaznamenán ve Švédsku, přesněji více než 94 %, a ve Francii poté více než 91 %. Naopak na Maltě by nahrazení současného vozového parku elektromobily mělo za následek, vzhledem k jejich energetickému mixu, nárůst množství CO<sub>2ek</sub> o téměř 4,17 %, v Řecku by to znamenalo nárůst o téměř 0,35 %. V České republice by bylo ročně ušetřeno přibližně 43 % CO<sub>2ek</sub> oproti stávající situaci (viz Obrázek 20).



Obrázek 20: Pokles (%) ročních vypouštěných skleníkových plynů z vozového parku ve vybraných státech v případě úplného nahrazení za elektromobily

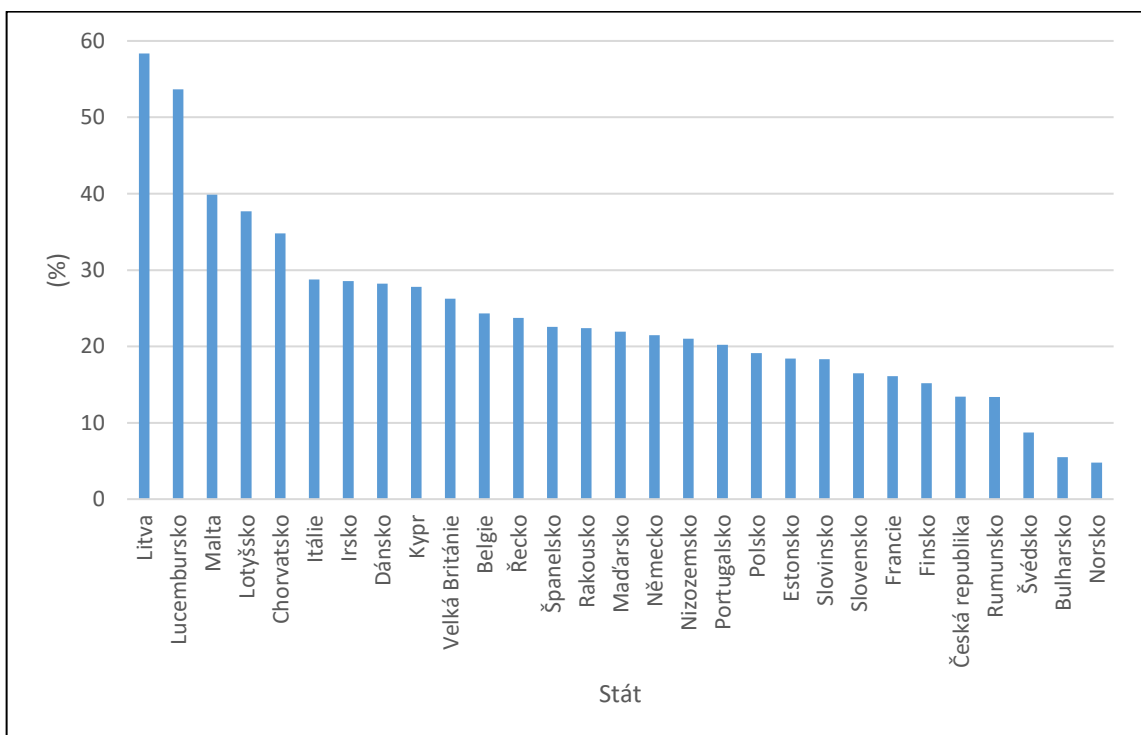
Zdroj: EAFO (2019), Electric Vehicle Database (2019), Eurostat (2015), Eurostat (2018), Eurostat (2019a), IEA (2019), Odyssee (2019), Sun (2010), The World Bank (2018), UNFCCC (2019), World Nuclear Association (2011), vlastní výpočty

Při interpretaci těchto výsledků je nezbytné zmínit, že překvapivý nárůst emisí po nahrazení stávajícího vozového parku elektromobily v případě Malty a Řecka může být způsoben dvěma faktory. Prvním je bezpochyby nepříznivý energetický mix obou států, které elektrickou energii vyrábějí především spalováním fosilních paliv. Druhým faktorem je skutečnost, že současné automobily se spalovacím motorem vypouštějí v těchto dvou státech nejvyšší množství skleníkových plynů ze všech sledovaných zemí.

### 6.3 Zvýšená poptávka po elektrické energii

Z výsledků zjištěných v předchozích kapitolách se zdá, že z ekologického hlediska by bylo zavedení elektromobilů jako hlavního způsobu dopravy přínosné. Vyvstal by ovšem problém jiný, a to zvýšený nápor na energetickou soustavu. Ačkoliv jsou zde prováděny modelové výpočty a zavádění elektromobilů by nastávalo postupně, je už nyní zřejmé, že by extrémní nápor na energetickou soustavu mohl působit problémy.

Obecně by poptávka po elektrické energiích vzrostla ve všech vybraných státech. K největšímu zvýšení poptávky by došlo v Litvě, a to více než 58 %. Následuje Lucembursko s více než 53 % nárůstem. Naopak nejmenší rozdíl by byl zaznamenán v Norsku (4,78 %), v Bulharsku (5,49 %) a ve Švédsku (8,73 %). V případě České republiky by se jednalo o nárůst v hodnotě 13,42 %. Tyto hodnoty jsou názorně zaznamenány v přehledu na Obrázku 21.



Obrázek 21: Nárůst (%) v produkci elektrické energie v případě úplného nahrazení vozového parku za elektromobily

Zdroje dat: EAFO (2019), Electric Vehicle Database (2019), Eurostat (2015), Eurostat (2018), Eurostat (2019a), IEA (2019), Odyssee (2019), Sun (2010), The World Bank (2018), vlastní výpočty

V Tabulce níže je znázorněno, jaké množství elektrické energie by bylo zapotřebí v případě, kdyby došlo k úplnému nahrazení současného vozového parku.

Největší nárůst v odběru elektrické energie by byl zaznamenán v Německu, a to konkrétně o více než 137 tWh. Poté ve Velké Británii s nárůstem v odběru elektrické energie v množství více než 91 tWh a ve Francii o více než 90 tWh. Naopak nejmenší zvýšená poptávka po elektrické energii v případě úplného nahrazení vozového parku by byla zaznamenána na Maltě, a to o 0,586 tWh, dále na Kypru o 1,277 tWh a v Lucembursku, zde konkrétně o 1,417 tWh. V České republice by nárůst v odběru byl více než 11 tWh.

Tabulka 5: Nárůst v odběru elektrické energie (tWh) v případě nahrazení současného vozového parku za elektromobily

Stát	Nárůst odběru	Stát	Nárůst odběru
Německo	137,742	Dánsko	8,621
Velká Británie	91,320	Irsko	8,081
Francie	90,751	Norsko	6,946
Itálie	81,762	Maďarsko	6,698
Španělsko	62,779	Slovensko	4,476
Polsko	31,277	Chorvatsko	4,383
Nizozemsko	23,020	Slovinsko	3,480
Belgie	18,499	Litva	2,644
Rakousko	14,870	Bulharsko	2,599
Švédsko	13,730	Estonsko	2,150
Řecko	12,167	Lotyšsko	2,148
Česká republika	11,340	Lucembursko	1,417
Portugalsko	11,165	Kypr	1,277
Finsko	10,400	Malta	0,586
Rumunsko	8,794	<b>Celkově</b>	<b>675,122</b>

Zdroje dat: EAFO (2019), Electric Vehicle Database (2019), Eurostat (2015), Eurostat (2018), Eurostat (2019a), IEA (2019), Odyssee (2019), Sun (2010), The World Bank (2018), vlastní výpočty

Výsledky ukazují, že při takto vysokém zvýšení poptávky po elektrické energii by pro její uspokojení bylo nutné i kapacitní navýšení produkce elektrické energie včetně výrazné investice do přenosové soustavy. Tuto skutečnost lze považovat za jednu z potenciálních překážek rozvoje elektromobility. Na druhou stranu výrazné snížení množství emisí CO<sub>2ek</sub> z dopravy by přispělo ke zlepšení kvality ovzduší a ke splnění cílů Evropské unie stanovených pro tuto oblast.

## 7 Případové studie vybraných států

V této kapitole jsou detailněji rozebrány vybrané země, bude popsán jejich přístup k elektromobilům a zároveň je zhodnocen současný stav jejich energetického mixu a naznačeno, jakým směrem by se tyto země v budoucnosti rády ubíraly v oblasti výroby elektrické energie.

Státy pro podrobnější rozbor jsou vybrány na základě dvou faktorů. Prvním z nich je velikost vozového parku. Z velkého vozového parku by totiž teoreticky mohlo dojít k větší redukci skleníkových plynů. Mezi tyto státy lze zařadit především Německo a Francii. U těchto států je navíc i výrazná iniciativa k přechodu na elektromobily. Druhou důležitou roli potom mají energetické mixy jednotlivých států. Zde je pozornost věnována těm státům, jejichž národní energetický mix nějakým způsobem vybočují z průměrných hodnot. Jedná se především o příklad Polska a Norska, čili o země, které mají přístup k získávání elektrické energie naprosto odlišný. Mezi vybranými státy je rovněž i Česká republika.

### 7.1 Podpora elektromobility

V současné době existuje celá řada důvodů, proč dát přednost vozům se spalovacím motorem a elektromobil si nekoupit. V první řadě se jedná především o jeho pořizovací hodnotu. Ta je totiž v současné době vyšší, než je tomu v případě konvenčních automobilů, a mnoho potenciálních kupců si jej jednoduše nemůže finančně dovolit. Druhou velkou překážkou je jejich poměrně krátká dojezdová vzdálenost. Ačkoliv se dojezd neustále prodlužuje, elektromobily se stále nemohou rovnat spalovacím automobilům.

I přes všechna tato úskalí se ale zájem o elektromobily každým rokem zvyšuje a jednotlivé vlády se elektromobilitu snaží různými způsoby podpořit. Tato podpora může mít vícero podob, v zásadě je lze rozdělit na finanční a nefinanční podporu. V následujících částech jsou prezentovány typy podpory, které nabízejí vlády v jednotlivých vybraných zemích.



### 7.1.1 Německo

Německo lze považovat za jeden z vedoucích států, co se přechodu na elektromobily týče. Německá vláda si stanovila za cíl, že do roku 2020 bude po německých silnicích a dálnicích jezdit na jeden milion elektrických automobilů. V dlouhodobém horizontu byl cíl stanoven na hodnotu 6 milionů elektromobilů do roku 2030. Dosáhnout tohoto cíle chtějí několika způsoby.

V první řadě se jedná o finanční podporu. V případě nákupu elektromobilu bude vyplacen bonus ve výši 4 000 eur u elektromobilu a 3 000 eur u plug-in hybridů a elektromobilů s prodlouženým jízdním dosahem. Druhá finanční podpora se vztahuje na daně z vlastnictví. Majitelé elektromobilů, které byly zaregistrovány před rokem 2016, jsou osvobozeni od placení daně po dobu 10 let. V případě registrace vozidla v období mezi roky 2016 až 2020 toto osvobození trvá pět let.

Německá vláda se nákup elektromobilů snaží podporovat i jinými než finančními úlevami a pobídkami. Jednou z podob je i parkování zdarma na všech parkovištích, přístup do částí měst, kam spalovací automobily mají zákaz vjezdu, nebo mohou elektromobily využívat pruhy, které jsou jinak vyhrazeny pouze pro autobusy (Tietge et al., 2016)

### 7.1.2 Francie

Druhým významným hráčem na poli elektromobility je Francie. Ta si stanovila cíle v oblasti elektromobilů ještě ambicióznější než v případě Německa. Podle vládního záměru by do roku 2020 mělo být na francouzských silnicích a dálnicích až dva miliony elektrických vozidel. Dnes již můžeme na základě jejich současného počtu říci, že tento cíl naplněn rozhodně nebude.

Podpora elektromobilů ve Francii je obdobná jako v případě Německa, a to formou finančních bonusů. Ty jsou vypláceny na základě množství emisí oxidu uhličitého, které vypouští automobil/elektromobil během svého provozu. Systém, na základě kterého se bonusy vyplácejí, se nazývá bonus-malus a platí od ledna 2008. Je navržen tak, aby nejvyšší dotace dostávali majitelé automobilů, které vypouštějí naprosté minimum emisí oxidu uhličitého. V případě, že se jedná 0 až 20 g na jeden ujetý kilometr,

bonus dosahuje výše až 6 300 eur, nejvýše však 27 % z pořizovací ceny. Zde je jasně vidět, že vláda nejštedřeji podporuje nákup elektromobilu, protože tyto hodnoty mohou splnit jen a pouze elektromobily. Druhý bonus se vztahuje na vozidla, která vypouští mezi 21 g až 60 g CO<sub>2</sub> na jeden ujetý kilometr. Zde bonus činí 4 000 eur, ale nejvýše 20 % z pořizovací ceny automobilu. V poslední skupině, na kterou se vztahují bonusy, je hranice množství emisí oxidu uhličitého v rozmezí mezi 61 až 110 gramy a jedná se o automobily se spalovacím motorem, které však pro svou jízdu mohou využívat i elektromotor, který lze využívat minimálně po dobu 30 minut a jehož výkon činí 10 kW. V tomto případě dostává majitel bonus ve výši 5 % z pořizovací ceny automobilu, nejvýše však 2 000 euro a nejméně poté 1 000 (Tietge et al., 2016).

Na druhou stranu ve Francii existuje i systém speciálních daní v případech, kdy automobily překročí povolenou hranici emisních limitů. Zde se bere ohled na to, ve kterém roce byl automobil pořízen. Nejvyšší daň je uplatňována u nejnovějších automobilů. V potaz se bere i množství emisí, které je vypuštěno při ujetí jednoho kilometru. V nejhorsím případě, kdy automobil produkuje 201 gramů a více oxidu uhličitého při ujetí jednoho km a zároveň je automobil zakoupen mezi roky 2014 a 2016, musí majitel automobilu zaplatit při nákupu až o až 8 000 eur více. Automobily pořízené v roce 2018 mohou být zatíženy daní ve výši až 10 500 eur (ACEA, 2018b). S přihlédnutím k závazkům vyplývajícím z Pařížské dohody o klimatu se Francie rozhodla ukončit prodej benzínových a naftových vozidel do roku 2040 (Chrisafis a Vaughen, 2017).

### 7.1.3 Norsko

Z výsledků předcházejících kapitol vyplývá, že situace elektromobilů v Norsku je jiná než ve zbylých státech Evropy. Čím to ale je, že se zde nachází tak vysoký počet vozidel na elektrický pohon? Norové bezesporu tíhnou k ekologičnosti, o čemž svědčí i jejich energetický mix (98 % elektrické energie pochází z obnovitelných zdrojů), a tudíž by si mohli elektromobily pořizovat jednoduše pro jejich ekologickou šetrnost. Tento fakt může hrát ve vysokém zastoupení elektromobilů určitou roli, větší roli ale pravděpodobně hrají finance.

Pořízení klasického automobilu je v Norsku zatíženo systémem daňových poplatků takovým způsobem, že v konečném důsledku finančně vyjde levněji pořídit si

elektromobil. Norská vláda se totiž pro obyvatele nesnaží elektromobily udělat pouze cenově dostupnější, jako v případech ostatních států, ale rovnou levnější než spalovací automobil (Steinbacher et al., 2018).

V první řadě jedná o odpuštění daně z přidané hodnoty, která za normálních okolností činí 25 % navíc k základní ceně automobilu. Další je odpuštění daně z registrace vozidla, která se odvíjí od hmotnosti, velikosti motoru a množství vypouštěných emisí. V případě klasických spalovacích automobilů může tato daň činit dalších 30 % navíc ze základní ceny automobilu. V poslední fázi je u elektromobilů snížena daň z motorových vozidel z 3 060 na 435 norských korun.

Podpora elektromobilů probíhá zároveň i po nefinanční stránce. Elektromobily mají zdarma přístup na všechny zpoplatněné silnice, všechna parkovací místa a zároveň i přístup do pruhů vyhrazených pouze pro autobusy. Elektromobily mohou být taktéž dobíjeny zdarma na veřejně přístupných dobíjecích stanicích (Tietge et al., 2016). Nejpozději do roku 2025 by všechny nově prodané osobní automobily měly mít nulové emise z provozu. Čili by to měly být elektromobily, popřípadě vozidla jezdící na jiný alternativní pohon, například vodík (Lorentzen et al., 2017).

#### 7.1.4 Česká republika

Současný stav elektromobility v České republice značně pokulhává za všemi výše uvedenými státy, důvodů může být hned několik. Na rozdíl od ostatních zemí totiž na státní úrovni zatím není k dispozici žádná přímá finanční podpora na nákup elektromobilů pro soukromé osoby. Ekonomický aspekt je tedy pravděpodobně největší překážkou pro pořízení elektromobilu.

Další překážkou může být málo rozvinutá infrastruktura dobíjecích stanic nebo menší zájem o zhoršující se životní prostředí ze strany občanů. Navzdory tomu je ale předpokládáno, že prodej elektromobilů bude postupně narůstat, v roce 2020 by počet čistě bateriových elektromobilů měl dosáhnout hodnoty 6 000 kusů. Národní akční plán čisté mobility, vydaný Ministerstvem průmyslu a obchodu, si klade za cíl dosáhnout celkového počtu 250 000 elektromobilů do roku 2030 (MPO, 2015). Jedinou současnou podporou ze strany státu pro soukromé osoby je odpuštění silniční daně (ACEA, 2018a).

O dotace za strany státu na nákup elektromobilu ovšem mohou zažádat podnikatelé, mezi kterými je o ně velký zájem. V současné době je již vypsána 4. dotační výzva a celkově bude mezi podnikatele rozděleno 200 milionů korun (Skalický, 2018). Podpora nákupu elektromobilu za strany států pro soukromé osoby by se ale v budoucnosti měla dle plánů změnit. V rovině nefinančních pobídek by se mělo jednat o bezplatné parkování v centrech velkých měst, zároveň by řidiči elektromobilů mohli využívat pruhy vyhrazené pro autobusy. Stát rovněž plánuje finanční podporu pro nákup elektromobilů, soukromé osoby by mohly získat dotaci ve výši až 200 000 Kč (MPO, 2015).

#### 7.1.5 Polsko

Polská vláda si vytyčila cíle, kterých by v oblasti elektromobility ráda dosáhla, ve vládním dokumentu *Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce* (2016) vydaném Ministerstvem energie. Cíle jsou více než ambiciózní, neboť do roku 2025 chce polská vláda dosáhnout celkového počtu jednoho milionu elektromobilů. Zároveň je zde zdůrazněna potřeba větší propojenosti mezi automobilovým a energetickým sektorem, který hlavně v případě Polska bude stěžejní, neboť v současné době vyrábí elektrickou energii především z černého uhlí a jeden milion elektromobilů by představoval přibližně 4,3 tWh elektrické energie ročně navíc.

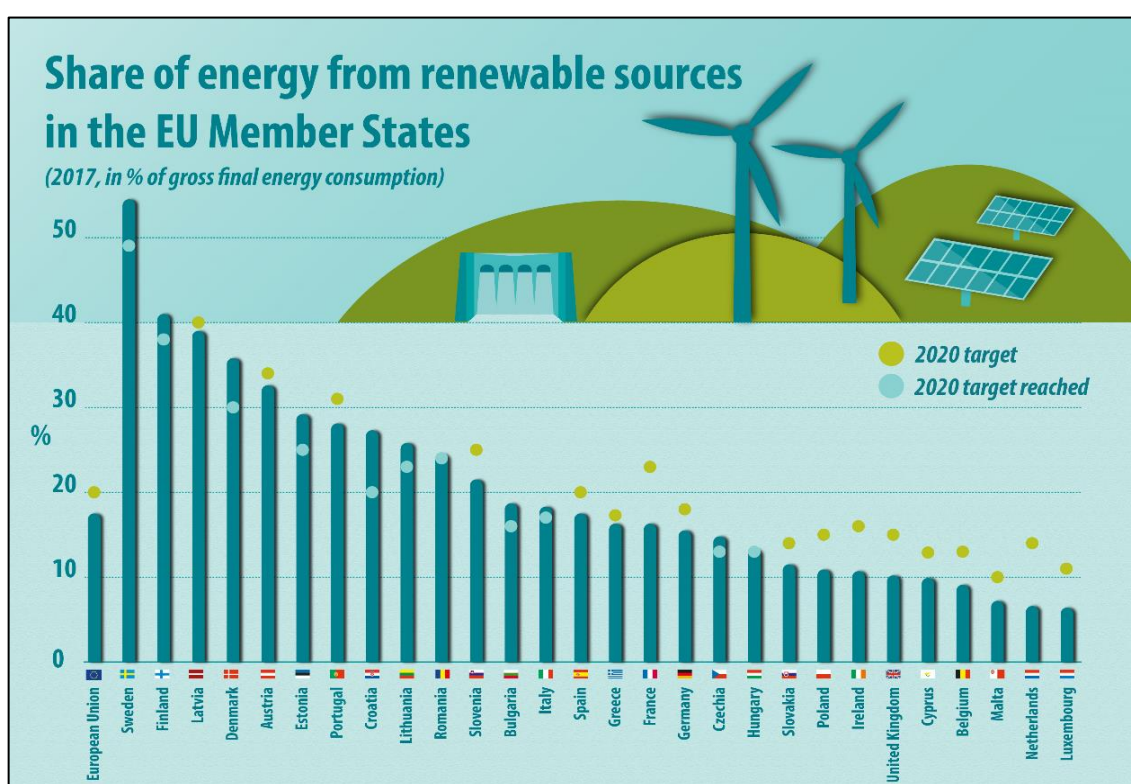
V současné době je majitelům elektromobilů odpuštěna registrační daň při pořízení vozidla (ACEA, 2018a). Řidičům elektromobilů budou nabídnuty nefinanční podpory v podobě parkování zdarma v placených zónách nebo možnost využívání silničních pruhů vyhrazených pouze pro autobusy, stejně jako je tomu v jiných státech (Korolec a Bolesta, 2018).

## 7.2 Energetické mixy v budoucnosti

Ochrana ovzduší je jednou z priorit Evropské unie, jednu z klíčových rolí v ní bude zaujímat oblast energetiky. Cíle EU jsou stanoveny především na základě závazků, které vyplývají z Kjótského protokolu, potažmo z Pařížské dohody rámcové úmluvy OSN. Jedním z hlavních cílů EU v oblasti energetiky je využívání obnovitelných zdrojů energie a zvýšení jejich zastoupení v hrubé konečné spotřebě. Do roku 2020 by v rámci celé EU

měla elektrická energie získaná z obnovitelných zdrojů v hrubé konečné spotřebě zaujímat 20 %. Cíl 20 % je ovšem stanoven pro Evropskou unii jako celek a jednotlivé členské státy si poté vytvořily vlastní, tzv. národní cíle, ty se mezi jednotlivými členskými státy liší. Každý stát má totiž jiné možnosti využívání OZE a zároveň i odlišnou počáteční pozici, ze které může při plnění cílů vycházet (Směrnice evropského parlamentu a rady 2009/28/ES, 2009).

Dobrou zprávou je bezpochyby to, že národní cíle pro rok 2020 se podařilo naplnit již 11 členským státům, včetně České republiky, jak dokládá následující přehled.



Obrázek 22: Podíl energie (%) z obnovitelných zdrojů na hrubé domácí spotřebě  
Zdroj: Eurostat (2019b)

Zastoupení elektrické energie vyrobené z obnovitelných zdrojů bude v budoucnosti růst i nadále. Podíl elektrické energie z OZE na hrubé domácí spotřebě by v roce 2030 měl v rámci EU jako celku dosahovat celkových 32 % (oenergetice.cz, 2018b).

## 7.3 Energetická koncepce

V této podkapitole budou popsány přístupy jednotlivých vlád k získávání elektrické energie. Zároveň budou stručně popsány strategie, jakým způsobem budou chtít jednotlivé země získávat elektrickou energii v budoucnosti.

### 7.3.1 Německo

Současný energetický mix Německa využívá k získávání elektrické energie všechny zdroje, velké zastoupení zde mají uhelné a atomové elektrárny. To se ale v budoucnosti změní. Plán na přechod na nízkoemisní, a k životnímu prostředí šetrný, způsob získávání elektrické energie je označován jako Energiewende, má za cíl přechod od fosilních a jaderných paliv na obnovitelné zdroje energie.

Tyto změny přímo souvisí s cíli, které si německá vláda stanovila v oblasti energetiky, konkrétněji s redukcí skleníkových plynů z ní pocházejících. Z dlouhodobého hlediska se jedná o snížení skleníkových plynů nejméně o 80 % v porovnání s výchozím rokem 1990. Dále se jedná o zvýšení podílu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie z hrubé domácí spotřeby až na 80 % nebo o snížení spotřeby elektřiny o 10 % až 25 % do konce roku 2020, respektive 2050, s výchozím rokem 2008 (Federal Ministry of Economics and Technology, 2010).

V energetickém mixu Německa budou v budoucnosti hrát roli dva důležité kroky, které se německá vláda chystá učinit. Prvním z nich je odstavení všech jaderných elektráren do konce roku 2022. Toto rozhodnutí souvisí s havárií japonské atomové elektrárny Fukušima v roce 2011 (Voříšek, 2015). Druhým zásadním krokem je uzavření všech uhelných elektráren, a to nejpozději do roku 2038 s možným posunem už na rok 2035 (ČTK, 2019).

Odstavením a uzavřením uhelných a atomových elektráren ovšem Německo přijde přibližně o 269 tWh (cca 42 %) vyrobené elektrické energie v případě uhelných elektráren a přibližně o 91 tWh (14 %) v případě atomových elektráren, které bude muset kompenzovat z obnovitelných zdrojů.

### 7.3.2 Francie

Francie se v současné době zaměřuje na výrobu elektrické energie především z atomových elektráren. S podílem ve výrobě 75 % nemá v evropském měřítku konkurenci. Jakékoliv změny v energetickém sektoru by se tedy týkaly především elektrické energie získávané z atomových elektráren. Podle vyjádření prezidenta Macrona lze ovšem takovéto změny očekávat.

Původní plán byl nastaven pro rok 2025 a jednalo se o snížení podílu atomových elektráren na výrobě elektrické energie ze 75 % na 50 %. Chybějící elektrická energie by měla být nahrazena z obnovitelných zdrojů. K úplnému odstavení jádra, jak se tomu například stane v Německu, Francie za současné situace přistoupit nechce. Dalším cílem je snížení spotřeby fosilních paliv o 40 % do roku 2030 v porovnání s rokem 2012 nebo zvýšení podílu energie z obnovitelných zdrojů v konečné spotřebě na 32 %. Do roku 2050 by měly být snížena spotřeba elektrické energie na polovinu (Battistini, 2017).

### 7.3.3 Norsko

U Norska se žádné větší změny nepředpokládají vzhledem k tomu, že už nyní je 98 % veškeré elektrické energie vyrobeno pomocí obnovitelných zdrojů. Jakékoliv změny by z ekologického hlediska nedávaly smysl.

### 7.3.4 Česká republika

Česká republika ve výrobě elektrické energie spoléhá hlavně na zpracování uhlí. Významným dodavatelem elektrické energie jsou i atomové elektrárny Dukovany a Temelín. Na rozdíl od Německa a Francie ale česká vláda nepočítá s úplným odstavením ani s částečným omezením jaderné energie, ale právě naopak. Do budoucna se předpokládá postupné navýšování elektrické energie vyrobené z atomových elektráren a tímto postupné nahrazování elektrické energie dodávané z uhelných elektráren, kdy by podíl z uhelných elektráren měl postupně klesat. Z dlouhodobého hlediska by atomové elektrárny mohly přesáhnout podíl více než 50 % dodané elektrické energie do sítě (MPO, 2014).

### 7.3.5 Polsko

Polsko v budoucnosti omezí získávání elektrické energie ze spalování uhlí. Do roku 2030 by podíl uhlí ve výrobě elektrické energie měl klesnout o 40 %. Naopak by měl vzrůst podíl elektrické energie získané z obnovitelných zdrojů energie. Do roku 2030 plánuje polská vláda zvýšení podílu elektrické energie z obnovitelných zdrojů až na 27 %. Zasloužit by se o to mělo především zvýšení výstavby solárních elektráren a také výstavba větrných elektráren v oblasti Baltského moře.

Za největší změnu lze ale považovat přístup Polska k atomovým elektrárnám. Ačkoliv v současnosti Polsko nevyrábí žádnou elektrickou energii v atomových elektrárnách, do budoucnosti s tímto zdrojem elektrické energie významným způsobem počítá. Do roku 2033 by měla být spuštěna první atomová elektrárna a do roku 2043 by mělo být vystavěno dalších 6 jaderných bloků (Euroactiv, 2018).

Závěrem lze shrnout, že některé evropské země usilují o postupný přechod k elektromobilitě, o čemž můžou svědčit i jejich finanční či nefinanční pobídky pro nákup elektromobilu. Míra podpory se ale mezi jednotlivými státy značně liší. V otázce budoucí výroby elektrické energie je zřejmý odklon od výroby energie spalováním fosilních paliv. Tento krok lze odůvodnit snižováním emisí vypouštěných v důsledku výroby právě z těchto zdrojů, jeho následkem je pak přechod na zdroje šetrnější k životnímu prostředí (OZE, popřípadě atomové elektrárny).



## 8 Diskuze

Při výpočtech průměrného množství vypouštěného  $\text{CO}_{2\text{ek}}$  při ujetí jednoho kilometru u spalovacích automobilů hrály zásadní roli tři faktory. V první řadě se jedná o množství emisí pocházející ze silniční automobilové dopravy, tyto údaje byly převzaty z UNFCCC (2019). Druhým neméně podstatným faktorem je množství najetých kilometrů za jeden rok, tato data byla poskytnuta agenturou Odyssee (2019) a posledním faktorem poté byl počet osobních automobilů v jednotlivých zemích. Vůbec největší množství emisí  $\text{CO}_{2\text{ek}}$  z provozu spalovacího automobilu je produkováno v Bulharsku, a to 474 g  $\text{CO}_{2\text{ek}}$  při ujetí jediného kilometru. Tento výsledek lze odůvodnit tím, že je v Bulharsku nejstarší vozový park ze všech sledovaných zemí.

V případě nahrazení současného vozového parku elektromobily by zásadním faktorem ovlivňujícím množství vypouštěných nepřímých emisí byly energetické mixy jednotlivých zemí. Z výsledků jasně vyplývá, že k teoreticky nejvyššímu snížení množství emisí při ujetí jednoho kilometru by došlo ve státech, ve kterých tvoří obnovitelné zdroje energie, popřípadě atomové elektrárny, významnou součást národního energetického mixu. V případě Norska a Švédska by došlo k redukci emisí skleníkových plynů, které jsou vypuštěny při ujetí jednoho kilometru, o 95 %. Ve Francii by pokles činil 91 %.

Naopak k nejnižšímu poklesu vypouštěných emisí skleníkových plynů by došlo ve státech, které ve výrobě elektrické energie využívají především fosilní paliva. V Polsku by elektromobil vypouštěl pouze o 9 % méně skleníkových plynů než automobil se spalovacím motorem. Nahrazením spalovacích motorů elektromobily by v Řecku a na Maltě dokonce došlo k vypouštění většího množství skleníkových plynů.

Dle Moro a Lonza (2018) by pokles vypouštěných emisí skleníkových plynů při ujetí jednoho kilometru nastal téměř ve všech státech Evropské unie. Nepřímá emisní stopa se například v případě Švédska pohybuje mezi 7 až 9 g  $\text{CO}_{2\text{ek}}/\text{km}$ . V praktické části při výpočtech vyšly výsledky v případě Švédska přibližně 8 g  $\text{CO}_{2\text{ek}}/\text{km}$ , což se shoduje s názorem uvedených autorů. Výsledky se ale zásadním způsobem rozcházejí v případě Lotyšska. 169 až 234 g  $\text{CO}_{2\text{ek}}$  (Moro a Lonza, 2018) oproti 57 g při jednom ujetém kilometru. Dále by podle těchto autorů mělo být průměrné evropské množství nepřímých emisí pocházejících z elektromobilů v rozmezí mezi 65 až 89 g  $\text{CO}_{2\text{ek}}$  při ujetí jednoho kilometru. Dle EEA (2018e) by průměrný evropský elektromobil měl nepřímo

vypouštět množství v rozmezí mezi 60 až 76 CO<sub>2ek</sub> při ujetí jednoho kilometru. I tyto hodnoty byly při výpočtech potvrzeny, dle výsledků v praktické části by se průměrná evropská hodnota měla pohybovat na úrovni 81 g CO<sub>2ek</sub>/km.

V dalším klíčovém bodě, tedy v množství emisí skleníkových plynů ušetřených za jeden rok při přechodu na elektromobily, sehrávají významnou úlohu dva faktory. V první řadě se jedná o velikost vozového parku, který je v současné době největší v Německu. Zde by elektromobily za jeden rok vypustily až o 33 megatun (33 %) skleníkových plynů méně než automobily se spalovacím motorem.

Druhým neméně významným faktorem jsou opět energetické mixy. V Norsku by elektromobily za jeden rok vypustily až o 95 % (5 megatun) méně skleníkových plynů, ve Švédsku o 94 % méně (9,7 megatun) a ve Francii poté o 91 % (66 megatun). Dohromady by ve všech vybraných evropských zemích došlo k celkové redukci množství emisí skleníkových plynů v hodnotě více než 295 megatun CO<sub>2ek</sub>. Kasten et al. (2016) ve svých výpočtech vycházeli z předpokladu, že by vozový park byl tvořen elektromobily z 80 %, v tom případě by podle autorů došlo k ušetření 255 megatun CO<sub>2</sub>. Autoři dále uvádějí, že by elektromobily na dobití energie spotřebovaly dalších 450 tWh ročně. Zde se výsledky lehce rozcházejí, neboť v rámci diplomové práce bylo vypočítáno, že elektromobily budou pro nabití potřebovat více než 675 tWh ročně. Důvodem může být odlišně stanovená vstupní průměrná spotřeba elektrické energie nutná pro ujetí jednoho kilometru, popřípadě jiný postup výpočtu.

V otázce nákupu elektromobilů mohou v budoucnosti velkou roli hrát především finanční pobídky ze strany státu. V současné době totiž mají elektromobily v Evropě nejvyšší zastoupení v Norsku, kde je nákup těchto dopravních prostředků dotován ze strany států nejštedřeji ze všech sledovaných zemí. Německo a Francie rovněž podporují nákup elektromobilu finančními pobídkami, které ale nedosahují takových hodnot, jako je tomu v případě Norska, a celkový počet elektromobilů je v těchto zemích nižší.

Jakým směrem se situace na poli s elektromobily v budoucnu bude ubírat není zatím zcela jasné. Jednotlivé evropské státy nicméně ve svých dlouhodobých plánech s elektromobily jako standardním dopravním prostředkem počítají. Bude ale nezbytné včas připravit infrastrukturu v podobě dobíjecích stanic a zároveň přizpůsobit energetický sektor jako celek, jelikož dle předpokladů dojde ke značnému

navýšení odběru z přenosové a distribuční soustavy. Pokud tedy opravdu dojde k nahrazení standardních automobilů se spalovacími motory za elektromobily v míře, která významným způsobem ovlivní množství emisí skleníkových plynů, bude zřejmé až v příštích letech.

## 9 Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zhodnotit míru přínosu zavedení elektromobilů jako standardního dopravního prostředku s ohledem na redukci emisí skleníkových plynů ve vybraných státech Evropy. Od roku 1990 v rámci Evropské unie klesá množství vypouštěných skleníkových plynů ve všech sektorech s výjimkou jednoho, a to sektoru dopravy. Přejít na elektromobily se vzhledem k této skutečnosti jeví jako rozumné řešení.

V první části práce byla zhodnocena stávající situace emisí skleníkových plynů pocházejících z osobní automobilové dopravy v jednotlivých vybraných evropských zemích a zároveň bylo zjištěno, jaké množství skleníkových plynů je v těchto zemích vypuštěno v důsledku provozu automobilu se spalovacím motorem při ujetí jednoho kilometru a za jeden rok.

Ve druhé části byla již pozornost věnována elektromobilům. Ty se v důsledku svého provozu podílejí na vypouštění emisí skleníkových plynů stejně jako automobily se spalovacími motory. Největší rozdíl je v tom, že tyto emise nejsou vypouštěny přímo při provozu, nýbrž při výrobě elektrické energie v elektrárnách, která je v otázce elektromobilů zcela klíčová. Největší množství skleníkových plynů je vypouštěno v uhelných elektrárnách, a naopak nejmenší množství je emitováno při výrobě elektrické energie z obnovitelných zdrojů a také z atomových elektráren. V této části práce bylo nezbytné zjistit, jaké množství elektrické energie potřebuje elektromobil pro svůj provoz, z tohoto údaje pak bylo již možné určit, jaký je jeho emisní faktor při ujetí jednoho kilometru a zároveň jaké množství emisí skleníkových plynů by bylo vypuštěno v důsledku jeho provozu za jeden rok.

V poslední části práce byly srovnány výsledky výpočtů prováděných v předchozích kapitolách. Ačkoliv se energetické mixy vybraných evropských států značně lišily, z výsledků vyplývá, že by nahrazením současného vozového parku za vozový park tvořený pouze elektromobily došlo k redukci skleníkových plynů pocházející ze silniční automobilové dopravy téměř ve všech vybraných evropských státech. K redukci největšího množství by došlo ve státech, které mají vozové parky největší, nebo pokud se jedná o země, ve kterých je elektrická energie vyráběna z obnovitelných zdrojů, popřípadě v atomových elektrárnách. Naopak k nejmenší

redukcí by došlo ve státech, které mají vozové parky menších velikostí, nebo pokud dané státy vyrábí elektrickou energii spalováním fosilních paliv. Z výsledků rovněž vyplývá, že nahrazení automobilů za elektromobily by ve dvou státech vedlo i ke zvýšení ročního množství vypouštěných emisí skleníkových plynů.

K další redukci emisí skleníkových plynů pocházejících z elektromobilů by mohlo dojít v budoucnosti. Záviset to bude především na energetických mixech jednotlivých států a na tom, jakým směrem se budou v budoucnosti v této oblasti ubírat. V případě ustoupení od výroby elektrické energie z fosilních paliv a při přechodu na obnovitelné zdroje energie, by efekt zavedení elektromobilů byl znatelnější.

V současnosti mají elektromobily pouze nepatrné zastoupení ve vozovém parku v řádech jednotek procent. Obliba těchto dopravních prostředků na alternativní pohon sice roste, ale při současném tempu by obměna celého vozového parku trvala celé roky. Problém, který by nástup elektromobilů ve větším měřítku mohl představovat, je výrazný nápor na distribuční a přenosovou soustavu. Při kompletním nahrazení vozového parku by poptávka po elektrické energii ve většině sledovaných zemí stoupla v řádech několika desítek procent.

Závěrem lze konstatovat, že při současném energetickém mixu má koncepce podpory elektromobility smysl. Zároveň ale musí být pozornost věnována i důsledkům, které by mohlo zavedení elektromobilu jako standardního dopravního prostředku představovat, a to především s ohledem na oblast energetiky.

## 10 Summary

This diploma thesis deals with the introduction of electric vehicles in order to reduce greenhouse gas (GHG) emissions in the air. The amount of greenhouse gas emissions has been in decline across all sectors in the EU since the 1990s, except for the transport sector. The transition to electric vehicles seems to be a good option to help decrease the GHG emissions in this sector.

The current situation regarding greenhouse gases from passenger car transport in selected European countries was assessed in the first part. Another step was to determine the amount of emitted greenhouse gases which is released into the air from the internal combustion engine cars after driving one kilometre and during one year.

Electric vehicles release GHG as well. The biggest difference in comparison with the internal combustion cars is that these emissions are not released directly as the consequence of driving the vehicle, but in power plants where the energy for electric vehicles is produced. The highest amount of greenhouse gases is discharged in coal-fired power plants, while the lowest amount is produced from plant exploiting renewable sources and also from nuclear power plants. It was necessary to find out how much electricity an electric vehicle requires for it to function, based on this figure it was possible to determine what the emission factor for driving one kilometre is. At the same time, the amount of greenhouse gas emissions that would be released in one year as the consequence of driving an electric vehicle was measured.

The results of the first two previous parts were compared in the last part. Although the energy mix of selected European countries varied considerably, the results show that replacing the current car fleet with electric vehicles would reduce greenhouse gas emissions from road transport in almost all selected European countries. The largest quantity would be reduced in those countries that have the biggest car fleets, or those in which electricity is generated by renewable sources or in nuclear power plants.

On the other hand, the least savings would be in countries with smaller car fleets, or where electric energy is generated by fossil fuel burning. The results also show that replacing electric cars in two cases would lead to an increase of the amount of greenhouse gas emissions in the air.

Further reductions of greenhouse gas emissions from electric vehicles may occur in the future. This will depend primarily on the national energy mixes and national policies and legislation. The effect of electric cars in reducing GHG would be more noticeable in the case of the transition of electricity production from fossil fuel to renewable sources. This transition might happen in the coming years, as follows from the statements made by several European governments.

At the present moment, out of Europe's entire car fleet, there is only a small percentage of electric vehicles. While the popularity of this type of transport increases, the replacement of the entire car fleets in Europe will take years. The problem that is likely to appear after replacing ICE cars with electric cars is the energy demand. The electricity demands would rise in all countries by more than tens of percent.

Introducing electric vehicles into the current car fleet in Europe would reduce the total amount of greenhouse gases discharged from road transport. On the other hand, attention should be paid to the implications that the current car fleet with electrical vehicles may have, especially in the energy sector.

## Seznam použité literatury

ACEA (2018a): *Overview of tax incentives for electric vehicles in the EU* (on-line, cit. 2019-03-03). Dostupné z: <https://www.acea.be/publications/article/overview-of-incentives-for-buying-electric-vehicles>

ACEA (2018b): *Acea Tax Guide 2018* (on-line, cit. 2019-03-03). Dostupné z: <https://www.acea.be/publications/article/acea-tax-guide>

BATTISTINI, E. (2017): *The Energy future of France: Macron's Agenda* (on-line, cit. 2019-03-05). Dostupné z: <https://www.magnuscmd.com/the-energy-future-of-france-macrons-agenda/>

BOCHNÍČEK, O. (2015): *Skutečná energetická náročnost plug-in hybridů a elektromobilů v závislosti na místě provozu vozidla*. 68 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Brno

CHRISAFIS, A., VAUGHAN, A. (2017): *France to ban sales of petrol and diesel cars by 2040* (on-line, cit. 2019-03-01). Dostupné z: <https://www.theguardian.com/business/2017/jul/06/france-ban-petrol-diesel-cars-2040-emmanuel-macron-volvo>

ČTK (2018): *Státy se shodly na pravidlech uplatňování dohody o klimatu* (on-line, cit. 2018-11-29). Dostupné z: <https://www.ceskenoviny.cz/zpravy/staty-se-shodly-na-pravidlech-uplatnovani-dohody-o-klimatu/1698692>

ČTK (2019): *Německo by mělo do konce roku 2038 skončit s uhelnou energií* (on-line, cit. 2018-03-03). Dostupné z: <https://www.ceskenoviny.cz/zpravy/nemecko-by-melo-do-konce-roku-2038-skoncit-s-uhelnou-energii/1714041>

DESSLER, A. E. (2016): *Introduction to modern climate change*. Second edition. New York: Cambridge University Press. 273 s. ISBN 978-1-107-48067.



EAFO (2019): *Passenger cars* (on-line, cit. 2019-03-03). Dostupné z:  
<https://www.eafo.eu/vehicles-and-fleet/m1>

EEA (2016): *Electric vehicles in Europe*, EEA Report No 20/2016 (on-line, cit. 2019-02-03). Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-in-europe>

EEA (2017): *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report*, EEA Report No 1/2017 (on-line, cit. 2019-01-04). Dostupné z:  
<https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>

EEA (2018a): *Trends in atmospheric concentrations of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O* (on-line, cit. 2018-11-26). Dostupné z: [https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/atmospheric-concentration-of-carbon-dioxide-3#tab-chart\\_5\\_filters=%7B%22rowFilters%22%3A%7B%7D%3B%22columnFilters%22%3A%7B%22pre\\_config\\_polutant%22%3A%5B%22CO2%20\(ppm\)%20%22%5D%7D%7D](https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/atmospheric-concentration-of-carbon-dioxide-3#tab-chart_5_filters=%7B%22rowFilters%22%3A%7B%7D%3B%22columnFilters%22%3A%7B%22pre_config_polutant%22%3A%5B%22CO2%20(ppm)%20%22%5D%7D%7D)

EEA (2018b): *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2016 and inventory report 2018*, EEA Report No 5/2018 (on-line, cit. 2019-02-02).  
Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2018>

EEA (2018c): *Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives TERM 2018: Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) report*, EEA Report No 13/2018 (on-line, cit. 2019-03-03). Dostupné z:  
<https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-from-life-cycle>

EEA (2018d): *No improvements on average CO<sub>2</sub> emissions from new cars in 2017* (on-line, cit. 2019-02-22). Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/highlights/no-improvements-on-average-co2>

EEA (2018e): *Average carbon dioxide emissions from new passenger cars* (on-line, cit. cit. 2019-02-22). Dostupné z: [https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/average-emissions-for-new-cars-4#tab-chart\\_1](https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/average-emissions-for-new-cars-4#tab-chart_1)

Electric Vehicle Database (2019): *Database* (on-line, cit. 2019-02-08). Dostupné z: <https://ev-database.org/>

ELLINGSEN L. A. W., SINGH B., STRØMMAN A. H. (2016): *The size and range effect: lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles*. *Environmental Research Letters*, vol. 11, s. 1-8.

Euroactiv (2018): *Towards Poland's 2040 Energy Mix* (on-line, cit. 2019-03-15). Dostupné z: <https://www.euractiv.com/section/energy/infographic/towards-polands-2040-energy-mix/>

European Commission (2019): *Reducing CO2 emissions from passenger cars* (on-line, cit. 2019-03-03). Dostupné z: [https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars\\_en#tab-0-0](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_en#tab-0-0)

Eurostat (2015): *Motor vehicle movements on national territory, by vehicles registration* (on-line, cit. 2019-02-05). Dostupné z: [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=road\\_tf\\_vehmov&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=road_tf_vehmov&lang=en)

Eurostat (2018): *Supply, transformation and consumption of electricity - annual data* (on-line, cit. 2019-02-22). Dostupné z: [https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-datasets/-/NRG\\_105A](https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-datasets/-/NRG_105A)

Eurostat (2019a): *Passenger cars, by age* (on-line, cit. cit. 2019-02-22). Dostupné z: [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=road\\_eqs\\_carage&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=road_eqs_carage&lang=en)

Eurostat (2019b): *Share of energy from renewable sources 2017* (on-line, cit. cit. 2019-03-03). Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics->

explained/index.php?title=File:Share\_of\_energy\_from\_renewable\_sources\_2017\_info  
graph.png

Federal Ministry of Economics and Technology (2010): *Energy concept for an environmentally sound, reliable and affordable energy supply* (on-line, cit. 2019-03-13).

Dostupné z:

[https://web.archive.org/web/20161006040920if\\_/http://www.bmwi.de/English/Redaktion/Pdf/energy-concept,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=en,rwb=true.pdf](https://web.archive.org/web/20161006040920if_/http://www.bmwi.de/English/Redaktion/Pdf/energy-concept,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=en,rwb=true.pdf)

HALL, D., LUTSEY, N. (2018): *Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions* (on-line, cit. 2019-02-22). Dostupné z:

<https://www.theicct.org/publications/EV-battery-manufacturing-emissions>

HAWKINS, T. R., SINGH, B., MAJEAU-BETTEZ, G., STRØMMAN A. H. (2013): *Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles*. Journal of Industrial Ecology, vol. 17, s. 53-64.

HOUGHTON, J. T. (2015): *Global warming: the complete briefing*. Fifth edition.

Cambridge: Cambridge University Press. 396 s. ISBN 978-1-107-46379-0.

HROMÁDKO, J. (2012): *Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada. 158 s. ISBN 978-80-247-4455-1.

IEA (2016): *Global EV Outlook 2016. Beyond one million electric cars* (on-line, cit. 2019-02-02). Dostupné z: [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global\\_EV\\_Outlook\\_2016.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf)

IEA (2017): *CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion. Highlights* (on-line, cit. 2018-11-26).

Dostupné z:

<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsfromFuelCombustionHighlights2017.pdf>

IEA (2018): *Share of electricity generation by fuel* (on-line, cit. 2018-11-26). Dostupné z:

<https://www.iea.org/statistics/?country=NORWAY&year=2016&category=Electricity&indicator=ElecGenByFuel&mode=chart&dataTable=ELECTRICITYANDHEAT>

IPCC (2007): *AR4 Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change* (on-line, cit. 2019-02-22). Dostupné z: <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg3/>

IPCC (2013): *Summary for Policymakers* (on-line, cit. 2019-02-20). Dostupné z: [http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5\\_SPM\\_FINAL.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf)

KASTEN, P., BRACKER, J., HALLER, M., PURWANTO, J. (2016): *Electric mobility in Europe – Future impact on the emissions and the energy systems*. Berlin: Öko-Institut e.V.

KOROLEC, M., BOLESTA, K. (2018): *Charging Poland* (on-line, cit. 2019-03-03). Dostupné z: <http://fppe.pl/wp-content/uploads/2018/03/Nap%C4%99dzamy-Polsk%C4%85-Przysz%C5%82o%C5%9B%C4%87-eng.pdf>

KUBIŠTA, T. (2016): *Italský energetický sektor a jeho kapacitní mechanismy* (on-line, cit. 2019-02-03). Dostupné z: <https://oenergetice.cz/zahranicni/italsky-energeticky-sektor-a-jeho-kapacitni-mechanismy/>

KURC, T. (2017): *Analýza dopadu rozvoje elektromobility na distribuční a přenosové sítě*. 75 s. Diplomová práce. Západočeská Univerzita v Plzni, Katedra Elektroenergetiky a Ekologie. Plzeň

LIENERT, P., CHAN C. (2019): *A Reuters analysis of 29 global automakers found that they are investing at least \$300 billion in electric vehicles, with more than 45 percent of that earmarked for China* (on-line, cit. 2019-03-26). Dostupné z: <https://graphics.reuters.com/AUTOS-INVESTMENT-ELECTRIC/010081ZB3HD/index.html>

LOISEL, R., PASAOGLU, G., THIEL C. (2014): *Large scale deployment of electric vehicles in Germany by 2030: An analysis of grid-to-vehicle and vehicle-to-grid concepts*. Energy Policy 65, s. 432-443.

LORENTZEN, E., HAUGNELAND, P., BU, CH., HAUGE E. (2017): *Charging infrastructure experiences in Norway - the worlds most advanced EV market* (on-line, cit. 2019-03-06). Dostupné z: <https://wpstatic.idium.no/elbil.no/2016/08/EVS30-Charging-infrastructure-experiences-in-Norway-paper.pdf>

METELKA, L., TOLASZ R. (2009): *Klimatické změny: fakta bez mýtů*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí. ISBN 978-80-87076-13-2.

Ministerstwo Energii (2016): *Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce. Energia do przyszłości* (on-line, cit. 2019-03-15). Dostupné z: <http://bip.me.gov.pl/files/upload/26453/Plan%20Rozwoju%20Elektromobilno%C5%9Bci.pdf>

MORO, A., LONZA, L. (2018): *Electricity carbon intensity in European Member States: Impacts on GHG emissions of electric vehicles*. Transportation Research Part D 64, s. 5-14.

MPO (2014): *Státní energetická koncepce České republiky* (on-line, cit. 2018-03-03). Dostupné z: <https://www.mpo.cz/dokument158059.html>

MPO (2015): *Národní akční plán čisté mobility* (on-line, cit. 2018-03-07). Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/zpracovatelsky-prumysl/automobilovy-prumysl/narodni-akcni-plan-ciste-mobility--167456/>

MŽP (2018a): *Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu* (on-line, cit. 2018-11-28). Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/kjotsky\\_protokol](https://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol)

MŽP (2018b): *Pařížská dohoda* (on-line, cit. 2018-11-28). Dostupné z:

[https://www.mzp.cz/cz/parizska\\_dohoda](https://www.mzp.cz/cz/parizska_dohoda)

Odyssee (2019): *Annual distance travelled by cars* (on-line, cit. 2019-02-26). Dostupné

z: <https://odyssee.enerdata.net/database/>

Oenergetice.cz (2018a): *Volkswagen ohlásil konec spalovacích motorů, poslední vyvine v roce 2026* (on-line, cit. 2019-03-24). Dostupné z:

<https://oenergetice.cz/elektrina/volkswagen-ohlasil-konec-spalovacich-motoru-posledni-vyvine-v-roce-2026/>

Oenergetice.cz (2018b): *Noční vyjednávání přinesla dohodu o navýšení cíle EU pro OZE na 32 %* (on-line, cit. 2019-03-30). Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/nocni-vyjednavani-prinesla-dohodu-navyseni-cile-eu-oze-32/>

OTE (2018): *Statistika. Národní energetický mix* (on-line, cit. 2019-02-01). Dostupné z:

<https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/narodni-energeticky-mix/narodni-energeticky-mix>

Rada EU (2019): *Normy emisí CO<sub>2</sub> pro osobní automobily a dodávky: Rada potvrdila dohodu o přísnějších limitech* (on-line, cit. 2019-03-28). Dostupné z:

<https://www.consilium.europa.eu/cs/press/press-releases/2019/01/16/co2-emission-standards-for-cars-and-vans-council-confirms-agreement-on-stricter-limits/>

RITCHIE, H., ROSER M. (2017): *CO<sub>2</sub> and other Greenhouse Gas Emissions* (on-line, cit.

2018-11-23). Dostupné z: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

SKALICKÝ, M. (2018): *Stát nabízí další dotace na nákup elektromobilů. Pro podnikatele má připravených 200 milionů* (on-line, cit. 2019-03-03). Dostupné z:

[https://www.irozhlas.cz/zivotni-styl/auto/stat-dotace-eu-fondy-unie-elektromobily-nakup-podnikatele\\_1812150816\\_lac](https://www.irozhlas.cz/zivotni-styl/auto/stat-dotace-eu-fondy-unie-elektromobily-nakup-podnikatele_1812150816_lac)

Směrnice evropského parlamentu a rady 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES (on-line, cit. 2019-03-03). Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=LV>

STEINBACHER K., GOES M., JÖRLING K. (2018): *Incentives for Electric Vehicles in Norway* (on-line, cit. 2019-03-03). Dostupné z: <https://www.euki.de/wp-content/uploads/2018/09/fact-sheet-incentives-for-electric-vehicles-no.pdf>

SUN, J. (2010): *Car Battery Efficiencies* (on-line, cit. 2019-02-22). Dostupné z: <http://large.stanford.edu/courses/2010/ph240/sun1/>

TEIXEIRA, A. C. R., SODRÉ J.R. (2018): *Impacts of replacement of engine powered vehicles by electric vehicles on energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 59, s. 375-384.

TIETGE, U., MOCK, P., LUTSEY, N., CAMPESTRINI A. (2016): *Comparison of leading electric vehicle policy and deployment in Europe* (on-line, cit. 2019-03-03). Dostupné z: [https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_EVpolicies-Europe-201605.pdf](https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_EVpolicies-Europe-201605.pdf)

The World Bank (2019): *Electric power transmission and distribution losses (% of output)* (on-line, cit. 2019-03-03). Dostupné z: <https://data.worldbank.org/indicator/eg.elc.loss.zs>

UNFCCC (2019): *Greenhouse Gas Inventory Data - Comparison by Category* (on-line, cit. 2019-02-22). Dostupné z: [http://di.unfccc.int/comparison\\_by\\_category](http://di.unfccc.int/comparison_by_category)

Union of Concerned Scientists (2013): *Causes of Sea Level Rise: What the Science Tells Us (2013)* (on-line, cit. 2018-11-30). Dostupné z: <https://www.ucsusa.org/global-warming/science-and-impacts/impacts/causes-of-sea-level-rise.html>

US EPA (2017): *Volkswagen Light Duty Diesel Vehicle Violations for Model Years 2009–2016* (on-line, cit. 2019-02-22). Dostupné z: <https://www.epa.gov/vw>

VOŘÍŠEK, M. (2015): *Co je Energiewende a jaké jsou její cíle?* (on-line, cit. 2019-03-03). Dostupné z: <http://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/energiewende-a-jeji-cile/>

WMO (2017a): *WMO Statement on the State of the Global Climate in 2016* (on-line, cit. 2018-11-20). Dostupné z: [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=3414](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3414)

WMO (2017b): *WMO greenhouse gas bulletin: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2016* (on-line, cit. 2018-11-20). Dostupné z: <https://public.wmo.int/en/resources/library/wmo-greenhouse-gas-bulletin>

World Nuclear Association (2011): *Comparison of Lifecycle Greenhouse Gas Emissions of Various Electricity Generation Sources* (on-line, cit. 2019-01-03). Dostupné z: [http://www.world-nuclear.org/uploadedFiles/org/WNA/Publications/Working\\_Group\\_Reports/comparison\\_of\\_lifecycle.pdf](http://www.world-nuclear.org/uploadedFiles/org/WNA/Publications/Working_Group_Reports/comparison_of_lifecycle.pdf)

ZHANG, Z., WANG, J., FENGA, X., CHANG, L., CHEN, Y., WANG, X. (2018): *The solutions to electric vehicle air conditioning systems: A review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 91, s. 443-463.



## Seznam obrázků

Obrázek 1: Koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře v letech 1800 až 2016 .....	28
Obrázek 2: Koncentrace metanu v atmosféře v letech 1800 až 2016.....	29
Obrázek 3: Koncentrace oxidu dusného v atmosféře v letech 1800 až 2016 .....	30
Obrázek 4: Energetické mixy vybraných evropských států, průměr 2014 až 2016 .....	39
Obrázek 5: Množství CO <sub>2ek</sub> (g) vypuštěného při výrobě 1 kWh ve vybraných evropských státech.....	41
Obrázek 6: Vypuštěné CO <sub>2ek</sub> (g) při výrobě 1 kWh ve vybraných evropských státech ...	42
Obrázek 7: Počet osobních automobilů se spalovacím motorem ve sledovaných státech v roce 2016.....	43
Obrázek 8: Počet elektromobilů ve sledovaných zemích v roce 2016 .....	45
Obrázek 9: Podíl jednotlivých druhů silniční dopravy na vypouštění CO <sub>2ek</sub> ve sledovaných evropských zemích v roce 2016.....	47
Obrázek 10: Množství CO <sub>2ek</sub> (mt) vypuštěného v roce 2016 z jednotlivých druhů silniční dopravy .....	47
Obrázek 11: Množství CO <sub>2ek</sub> (mt) vypuštěného z osobních automobilů v roce 2016 ve vybraných evropských státech.....	48
Obrázek 12: Průměrné množství CO <sub>2ek</sub> (t) vypuštěných provozem automobilu v roce 2016 ve vybraných evropských státech .....	49
Obrázek 13: Průměrná roční ujetá vzdálenost (km) osobním automobilem ve vybraných evropských státech .....	50
Obrázek 14: Průměrné množství CO <sub>2ek</sub> (g) vypuštěného při ujetí jednoho km u spalovacího automobilu ve vybraných evropských státech .....	51
Obrázek 15: Množství CO <sub>2ek</sub> (g) při ujetí jednoho kilometru u elektromobilu ve vybraných evropských státech.....	54
Obrázek 16: Množství CO <sub>2ek</sub> (mt) vypuštěného ve sledovaných zemích za jeden rok vozovým parkem tvořeného pouze elektromobily.....	55
Obrázek 17: Srovnání množství CO <sub>2ek</sub> (g) vypuštěného při ujetí jednoho kilometru u spalovacího automobilu a elektromobilu ve vybraných evropských státech.....	57
Obrázek 18: Rozdíl (%) ve vypouštění CO <sub>2ek</sub> mezi spalovacím automobilem a elektromobilem ve vybraných státech při ujetí jednoho kilometru.....	58

Obrázek 19: Srovnání množství CO <sub>2ek</sub> (mt) vypuštěných za jeden rok ze současného vozového parku a vozového parku tvořeného pouze elektromobily.....	59
Obrázek 20: Pokles (%) ročních vypouštěných skleníkových plynů z vozového parku ve vybraných státech v případě úplného nahrazení za elektromobily.....	61
Obrázek 21: Nárůst (%) v produkci elektrické energie v případě úplného nahrazení vozového parku za elektromobily.....	62
Obrázek 22: Podíl energie (%) z obnovitelných zdrojů na hrubé domácí spotřebě .....	69

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Množství vypuštěného CO <sub>2ek</sub> (g) při výrobě 1 kWh v jednotlivých typech elektráren.....	18
Tabulka 2: Průměrná spotřeba vybraných elektromobilů .....	20
Tabulka 3: Průměrné množství (g) vypuštěného oxidu uhličitého na ujetý jeden kilometr u nově zakoupených osobních automobilů v Evropě .....	52
Tabulka 4: Roční množství (mt) redukováných emisí skleníkových plynů z osobní automobilové dopravy ve vybraných evropských státech .....	60
Tabulka 5: Nárůst v odběru elektrické energie (tWh) v případě nahrazení současného vozového parku za elektromobily.....	63

## Seznam příloh

- Příloha I: Energetické mixy vybraných států Evropy a množství vyrobené elektrické energie, průměr za roky 2014 až 2016
- Příloha II: Množství vypuštěného CO<sub>2ek</sub> při výrobě jedné kWh
- Příloha III: Ztráty v přenosové a distribuční soustavě, průměr za roky 2010 až 2014
- Příloha IV: Množství najetých kilometrů za jeden rok
- Příloha V: Množství CO<sub>2ek</sub> vypuštěného při ujetí jednoho km u spalovacího automobilu
- Příloha VI: Množství CO<sub>2ek</sub> vypuštěného při ujetí jednoho km u elektromobilu

Příloha I: Energetické mixy vybraných států Evropy (%) a vyrobená elektřina [tWh], průměry za roky 2014 až 2016

Typ elektrárny/ použité palivo Stát	Černé uhlí	Hnědé uhlí	Ropa a ropné produkty	Zemní plyn	Jaderná	Vodní	Větrná	Biomasa	Solární	Ostatní	Celkově	Vyrozená elektřina [tWh]
Belgie	2,12	0,00	0,28	30,65	45,30	1,92	6,85	6,67	3,96	2,25	100,00	76,01
Bulharsko	2,43	42,07	0,51	4,27	33,13	11,18	2,96	0,59	2,83	0,03	100,00	47,33
Česká republika	6,50	42,36	0,12	6,30	32,07	3,65	0,62	5,61	2,57	0,20	100,00	84,45
Dánsko	29,49	0,00	1,05	6,61	0,00	0,07	43,61	14,66	2,13	2,38	100,00	30,55
Estonsko	0,05	0,00	81,28	5,14	0,00	0,26	5,48	6,85	0,00	0,94	100,00	11,68
Finsko	9,74	4,57	0,32	7,86	34,08	22,37	3,17	16,90	0,01	0,98	100,00	68,48
Francie	1,64	0,00	0,40	4,51	75,54	11,41	3,54	1,09	1,26	0,61	100,00	563,55
Chorvatsko	19,13	0,14	1,11	10,00	0,00	60,17	6,75	2,30	0,40	0,00	100,00	12,59
Irsko	15,91	8,66	1,13	47,40	0,00	3,61	21,03	2,01	0,00	0,25	100,00	28,30
Itálie	14,34	0,00	4,66	39,73	0,00	17,77	5,59	6,76	7,90	3,25	100,00	284,20
Kypr	0,00	0,00	91,72	0,00	0,00	0,00	4,58	1,09	2,61	0,00	100,00	4,59
Litva	0,00	0,00	4,86	34,66	0,00	23,18	18,98	9,49	1,55	7,28	100,00	4,53
Lotyšsko	0,00	0,00	0,00	47,37	0,00	36,84	1,75	14,04	0,00	0,00	100,00	5,70
Lucembursko	0,00	0,00	0,00	32,20	0,00	53,41	3,41	4,92	3,79	2,27	100,00	2,64
Maďarsko	0,34	18,66	0,23	17,68	51,89	0,85	2,23	6,94	0,43	0,75	100,00	30,53
Malta	0,00	0,00	93,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,80	0,00	100,00	1,47
Nizozemsko	31,84	0,00	1,41	48,81	3,69	0,09	6,54	4,52	1,06	2,04	100,00	109,55
Německo	18,12	23,90	0,92	12,53	14,22	3,97	11,18	7,83	5,87	1,46	100,00	641,27
Norsko	0,10	0,00	0,02	1,79	0,00	96,18	1,57	0,03	0,00	0,31	100,00	145,08
Polsko	47,54	32,02	1,22	5,43	0,00	1,59	6,34	5,68	0,04	0,14	100,00	163,55
Portugalsko	23,76	0,00	2,39	18,12	0,00	26,06	21,87	5,57	1,36	0,87	100,00	55,17
Rakousko	4,01	0,00	1,24	13,94	0,00	64,47	6,99	6,71	1,42	1,22	100,00	66,36
Rumunsko	0,30	25,97	0,84	13,90	17,55	27,81	10,08	0,79	2,76	0,00	100,00	65,69
Řecko	0,00	42,21	10,91	19,22	0,00	10,61	8,76	0,47	7,55	0,27	100,00	51,25
Slovensko	3,65	6,79	1,44	7,64	55,85	16,23	0,04	5,90	2,03	0,43	100,00	27,12
Slovinsko	2,32	24,65	0,12	2,44	36,06	30,99	0,06	1,65	1,65	0,06	100,00	16,35
Španělsko	15,77	0,00	5,78	18,74	20,76	13,68	18,00	2,02	4,94	0,31	100,00	278,18
Švédsko	0,22	0,13	0,19	0,69	39,08	42,71	9,11	6,98	0,06	0,83	100,00	157,24
Velká Británie	20,35	0,00	0,57	34,18	20,25	2,57	10,79	8,06	2,17	1,06	100,00	338,81

Zdroje dat: Eurostat (2018), IEA (2019), vlastní zpracování

Příloha II: Množství (g) vypuštěného CO<sub>2ek</sub> při výrobě jedné kWh

Stát	g CO <sub>2ek</sub>
Polsko	826,630
Malta	688,940
Kypr	676,210
Řecko	633,420
Estonsko	631,300
Česká republika	543,500
Nizozemsko	510,120
Bulharsko	506,110
Německo	490,790
Irsko	485,620
Velká Británie	418,460
Itálie	387,800
Rumunsko	369,550
Portugalsko	338,320
Dánsko	331,260
Slovinsko	314,370
Maďarsko	311,760
Španělsko	296,450
Lotyšsko	252,730
Litva	252,500
Chorvatsko	248,160
Belgie	204,070
Finsko	204,050
Lucembursko	189,420
Slovensko	179,080
Rakousko	141,650
Francie	69,550
Švédsko	39,430
Norsko	36,730

Zdroje dat: Eurostat (2018), IEA (2019), World Nuclear Association (2011), vlastní výpočty

Příloha III: Ztráty (%) v přenosové a distribuční soustavě, průměr 2010 až 2014

Stát	%
Chorvatsko	14,966
Rumunsko	11,611
Maďarsko	11,152
Lotyšsko	9,684
Portugalsko	9,400
Španělsko	9,186
Irsko	7,682
Velká Británie	7,664
Estonsko	7,270
Itálie	7,047
Bulharsko	6,857
Litva	6,857
Malta	6,723
Polsko	6,702
Norsko	6,485
Švédsko	6,413
Francie	6,360
Dánsko	6,339
Řecko	5,814
Slovinsko	5,399
Rakousko	5,142
Lucembursko	5,115
Belgie	4,919
Česká republika	4,885
Nizozemsko	4,825
Německo	3,920
Finsko	3,794
Kypr	3,719
Slovensko	2,911

Zdroj dat: The World Bank (2019), vlastní zpracování

Příloha IV: Množství najetých kilometrů za jeden rok

Stát	km
Irsko	17 404
Lucembursko	16 827
Dánsko	16 097
Belgie	15 082
Slovinsko	14 725
Finsko	14 700
Lotyšsko	14 385
Rakousko	14 306
Německo	14 132
Estonsko	13 930
Velká Británie	13 410
Nizozemsko	13 045
Francie	13 008
Norsko	12 426
Španělsko	12 257
Švédsko	12 225
Chorvatsko	11 964
Kypr	11 799
Řecko	10 768
Portugalsko	10 285
Slovensko	10 000
Česká republika	9 943
Itálie	9 770
Malta	9 473
Litva	9 299
Maďarsko	8 870
Rumunsko	7 453
Polsko	6 590
Bulharsko	3 779

Zdroje dat: Odyssee (2019), Eurostat (2015), vlastní zpracování

Příloha V: Množství (g) vypuštěného CO<sub>2ek</sub> při ujetí jednoho km u spalovacího automobilu

Stát	g CO <sub>2ek</sub> /km
Bulharsko	473,670
Kypr	336,469
Lucembursko	333,393
Litva	258,092
Finsko	244,218
Slovinsko	230,900
Maďarsko	217,587
Chorvatsko	215,647
Rumunsko	209,312
Česká republika	206,175
Irsko	203,402
Rakousko	203,411
Polsko	200,303
Španělsko	180,305
Lotyšsko	179,353
Dánsko	177,673
Portugalsko	175,984
Belgie	174,380
Francie	173,739
Velká Británie	170,768
Itálie	166,837
Norsko	166,586
Nizozemsko	164,048
Švédsko	163,599
Německo	154,967
Slovensko	154,000
Estonsko	150,036
Malta	143,566
Řecko	138,373

Zdroje dat: Eurostat (2015), Eurostat (2019a), Odyssee (2019), UNFCCC (2019), vlastní výpočty



Příloha VI: Množství (g) vypuštěného CO<sub>2ek</sub> při ujetí jednoho km u elektromobilu

Stát	g CO <sub>2ek</sub> /km
Polsko	181,032
Malta	150,878
Kypr	144,033
Estonsko	138,886
Řecko	138,719
Česká republika	116,853
Bulharsko	110,838
Nizozemsko	109,676
Irsko	107,322
Německo	104,538
Velká Británie	92,480
Chorvatsko	85,566
Itálie	84,928
Rumunsko	84,627
Portugalsko	75,784
Dánsko	72,215
Maďarsko	71,081
Slovinsko	67,904
Španělsko	66,405
Lotyšsko	56,864
Litva	55,298
Belgie	43,875
Finsko	43,463
Lucembursko	40,915
Slovensko	37,786
Rakousko	30,596
Francie	15,162
Švédsko	8,596
Norsko	8,007

Zdroje dat: EAFO (2019), Electric Vehicle Database (2019), Eurostat (2018), IEA (2019), Sun (2010), The World Bank (2018), World Nuclear Association (2011), vlastní výpočty