



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

Fakulta Elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Využití elektromobility ve vybraných zemích EU

Electromobility in selected EU countries

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektrotechnika a management

Vedoucí práce: Prof.Ing. Oldřich Starý, CSc.

Cazachevici Andrei

Praha 2019



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Cazachevici** Jméno: **Andrei** Osobní číslo: **466246**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Využití elektromobility ve vybraných zemích EU

Název bakalářské práce anglicky:

Electromobility in selected EU Countries

Pokyny pro vypracování:

1. Vysvětlíte, co je elektromobilita a její význam.
2. Popište modely elektromobilů. Jejich charakteristiky. Porovnaní s benzinovými vozidly (technická a ekonomická kritéria)
3. Analyzujte problematiku dobíjení elektromobilů a dobíjecích stanic. Zpracujte mapu rozmístění dobíjecích stanic na území vybraných zemí v EU. Porovnejte s ČR.
4. Zpracujte statistiku využití elektromobilů ve vybraných zemích EU. Porovnejte s ČR.

Seznam doporučené literatury:

1. Wuhong Wang, Geert Wets, Yongjun Shen, Electromobility for Green Transportation Systems and Sustainable Environment, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2018, ISSN 1361-9209,
2. Scott Hardman, Alan Jenn, Gil Tal, Jonn Axsen, George Beard, Nicolo Daina, Erik Figenbaum, Niklas Jakobsson, Patrick Jochem, Neale Kinnear, Patrick Plötz, Jose Pontes, Nazir Refa, Frances Sprei, Tom Turrentine, Bert Witkamp, A review of consumer preferences of and interactions with electric vehicle charging infrastructure, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 62, 2018, Pages 508-523, ISSN 1361-9209
3. Till Gnann, Simon Funke, Niklas Jakobsson, Patrick Plötz, Frances Sprei, Anders Bennehag, Fast charging infrastructure for electric vehicles: Today's situation and future needs, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 62, 2018, Pages 314-329, ISSN 1361-9209
4. Mehmet Efe Bireselioglu, Melike Demirbag Kaplan, Barbara Katharina Yilmaz, Electric mobility in Europe: A comprehensive review of motivators and barriers in decision making processes, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 109, 2018, Pages 1-13, ISSN 0965-8564

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

prof. Ing. Oldřich Starý, CSc., katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **28.01.2019** Termín odevzdání bakalářské práce: _____

Platnost zadání bakalářské práce: **20.09.2020**

prof. Ing. Oldřich Starý, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 23. 05. 2019

Cazachevici Andrei

Poděkování.

Chtěl bych v této části poděkovat vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Oldřichu Starému, CSc., za cenné rady a připomínky k mé práci a své rodině za podporu během celé doby mého studia na ČVUT FEL.

Abstrakt

Táto bakalárská práca sa zaoberá elektromobilitou a jej stavom vo vybraných zemích Európskej únie vrátane Českej republiky. V mojej práci do vybraných zemí patrí tiež Nórsko, ktoré nie je členom EÚ, ale vzhľadom na to, že v Nórsku úroveň vývoja elektromobility je celkom vysoká, rozhodol som sa skúmať situáciu s elektromobilitou aj v tejto zemi. Cieľom tejto práce je porovnať technické a ekonomické kritériá elektromobilov a vozidiel so spalovacím motorom, urobiť analýzu rozvoja elektromobility v Česku a v iných vybraných európskych zemích.

V praktickej a teoretickej časti záverečnej práce porovnám elektromobil a vozidlo so spalovacím motorom z hľadiska účinnosti motora, emisie škodlivých látok, zrýchlenie, maximálnu rýchlosť, spotrebu paliva, údržby a pořízovacích nákladov. Jedným z cieľov mojej bakalárskej práce je vysvetliť, či elektromobil je z ekonomického hľadiska výhodnejší než konvenčné auto, čo urobím sestavením toku hotovosti, tj. Cash Flow a počítaním ročných nákladov.

Ďalej skúmam spôsoby nabíjania elektromobilov, porovnám hustotu nabíjajúcich staníc v Česku a v iných európskych zemích počas určitého počtu rokov. Sestavím dynamiku a prognózu predajov elektromobilov na území vybraných európskych štátov a ČR. Stanovím, či existuje závislosť medzi hustotou nabíjajúcich staníc a predajom elektromobilov a aké sú na tom jednotlivé vybrané európske krajiny.

Klíčov^á slova

Elektromobilita, elektromobil, elektrický motor, elektrina, palivo, spalovací motor, dobíjajúca stanica, dobíjanie, náklady, predaj, hustota rozmístenia, počet, množstvo, batérie, emisie, spotreba, auto, výkon, napätie, čas.

Abstract

This bachelor thesis deals with electromobility and its state in selected countries of the European Union including the Czech Republic. In my thesis Norway is one of the selected European countries, which actually isn't a member of the EU, but because it has a high level of

progress of electromobility, I decided to explore electromobility in Norway too. The main goal of this work is to compare technical and economical criteria of electric vehicle and of vehicle with internal combustion engine, to provide the analysis of how is taking place the progress of electromobility in Czech Republic and other selected European countries.

In practical and theoretical parts of thesis work I will compare electric car and car with internal combustion engine through such parameters as efficiency of motor, emission of harmful substances, acceleration, maximum speed, consumption, maintenance, purchasing costs. One of the goals of my bachelor thesis is to see if an electric vehicle is more advantageous from the economical aspect than a vehicle with internal combustion engine, this I will do by calculating the Cash Flow of both cars.

I will explore the ways of charging electric vehicles, will compare density of charging stations in CR and in other European countries during the fixed number of years. I will draw up the dynamics and prediction of sales of electric cars on the territory of the selected European states and CR. I will determine, if does exist any dependence between the density of charging stations and the sales of electric vehicles and what is the situation of this in selected European countries.

Key words

Electromobility, electric vehicle, electric engine, electricity, fuel, internal combustion engine, charging stations, charging, costs, sales, density of layout, number, amount, battery, emission, consumption, car, electrical current, power, voltage, time.

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Elektromobilita a její význam.....	2
3 Technicko-ekonomická kritéria vybraných elektromobilů a porovnání s klasickými automobily stejné třídy	3
3.1 Baterie elektromobilu	3
3.2 Princip fungování elektromotoru	4
3.3 Princip fungování spalovacího motoru	5
3.4 Porovnání elektromobilů a aut se spalovacím motorem podle technických kritéria	5
3.4.1 Účinnost elektrického a spalovacího motorů	5
3.4.2 Maximální rychlost.....	6
3.4.3 Akcelerace.....	6
3.4.4 Emise CO2	7
3.5 Porovnání elektromobilů a auta se spalovacím motorem podle ekonomických kritéria.	9
3.5.1 Spotřeba paliva.....	9
3.5.2 Údržba.....	11
3.5.3 Pořizovací náklady.....	11
3.5.4 Výpočet Cash Flow.....	13
4 Problematika nabíjení a porovnání hustot nabíjecích stanic ve vybraných státech EU, v Norsku	20
4.1 Nabíjení z nabíjecích stanic.....	20
4.2 Nabíjení z domácích zásuvek	22
4.3 Hustota rozmístění nabíjecích stanic ve vybraných zemích Evropy	24
5 Zpracování přehledu o vývoji využívání elektromobilů ve vybraných zemích EU, v Norsku ve srovnání s ČR	27
5.1 Prodeje elektromobilů ve vybraných evropských zemích.....	27
5.2 Prodeje elektromobilů v České republice	29
5.3 Prognóza prodeje elektromobilů	30
6 Závislost mezi hustotou nabíjecích stanic a prodejem elektromobilů.....	34
7 Závěr.....	38
8 Seznam použité literatury a zdrojů	41

9 Seznam obrázků	44
10 Seznam tabulek	46

1 Úvod

Elektromobilita je už dávno všem známý a aktuální pojem, který znamená uvádění dopravních jednotek pomocí elektrické energie, která pak se přeměňuje na mechanickou práci. Do elektromobilů patří vozidla s čistě elektrickým motorem, hybridní auta, autobusy s čistě elektrickým motorem, tramvaje, elektro koloběžky, elektro kola atd. V mé bakalářské práci se za elektromobily budou považovat jenom vozidla s čistě elektrickým motorem.

V dnešní době rozvoj elektromobility se považuje za velmi důležitou věc ve mnohých státech. Evropská unie má za cíl snížit emisi CO₂ o 40 % u osobních aut, a proto jako jedno z řešení je přechod vozidel se spalovacím motorem na vozidla s elektrickým pohonem. Dnes existuje dosud nevyřešený spor mezi příznivci elektromobilů a konvenčních vozidel o tom, jaký typ vozidel je z ekonomického hlediska úspornější a výhodnější, proto v mé bakalářské práci se budu zabývat technickými a ekonomickými parametry elektromobilu, porovnáám je s parametry vozidel se spalovacím motorem stejné třídy k tomu, aby mohl určit jaký typ automobilu je lepší z technologického, ekologického a ekonomického hledisek. Dále vyhodnotím, zda se vyplatí využívat vozidlo s elektrickým pohonem oproti vozidla se spalovacím motorem.

Do rozvoje elektromobility samozřejmě patří i dobíjecí infrastruktura. Pro každý stát je docela důležitá hustota rozmístění nabíjecích stanic, která je ukazatelem pohodlných podmínek pro provoz elektromobilů na území těchto států. V mé práci porovnáám hustoty rozmístění nabíjecích stanic ve vybraných evropských zemích a v ČR. Nejlepším ukazatelem úrovně rozvoje elektromobility je počet prodaných vozidel s čistě elektrickým motorem. V praktické části vytvořím prognózy prodeje elektromobilů v jednotlivých zemích EU a porovnáám je s prognózou v ČR. Je docela logicky předpokládat, že s růstem počtu elektromobilů na silnicích by se měla rozvíjet i dobíjecí infrastruktura. V průběhu této práci stanovím, zda existuje nějaká závislost mezi hustotou rozmístění nabíjecích stanic a prodejem elektromobilů.

2 Elektromobilita a její význam

Elektromobilita – pojem, pod kterým se rozumí pohyb dopravních prostředků pomocí elektrické energie, například: elektrická auta, elektro kola, elektrické autobusy, tramvaje, trolejbusy atd. Tyto druhy vozidel mohou být pohaněné elektrickou energií částečně nebo úplně.

V případě částečného pohanění elektrickou energií mluvíme o hybridech, tj. o vozech s kombinací elektrického a spalovacího motorů. Obvykle hybridy projíždějí malé vzdálenosti cca 30 km, díky elektrickému pohonu. Naopak pro velké vzdálenosti se využívá spalovací pohon. Nutnou pro pohyb elektrickou energií hybridní auta získávají při brzdění, při pohanění spalovacím motorem nebo při nabíjení ze zásuvky. [1] Existují dvě základní uspořádání hybridů: sériové a paralelní. V sériovém uspořádání vůz je řízen jedním nebo více elektrickými motory, které jsou zásobované energií z baterie nebo ze spalovacího motoru. Pohybová síla v obou případech je získávána z elektrického nebo spalovacího motorů. V paralelním uspořádání vozidlo může být řízeno pomocí spalovacího motoru pracujícího přímo přes převodovku, pomocí jednoho nebo několika elektrických motorů anebo kombinaci spalovacího a elektrického motorů. [2]

V případě úplného pohanění elektrickou energií mluvíme o čistých elektromobilech, které mají jenom elektrický motor, ze kterého získávají energii nutnou pro pohyb. Stejně jako u hybridů, energie do elektrického motoru může být přivedena jak při samotném brzdění, tak i při nabíjení ze zásuvky nebo ze speciálních nabíjecích stanic. [1]

Ke skupině elektromobilů patří taky dopravní prostředky, pohaněné novou technologií – vodíkovým pohonem. Místo baterie ve vozidlu je umístěna nádrž vodíku a svazek palivových článků, ve kterých v důsledku chemické reakce vzniká elektrina a vodní pára. Tato kombinace je lehčí a skladnější než baterie. [3] V Německu od září roku 2018 aktuálně jsou v provozu dvě vlakové soupravy na vodíkový pohon, jejich rychlost dosahuje 140 km za hodinu. [4]

Významnými jsou elektromobily, které získávají nutnou pro pohyb elektrickou energii ze slunečního záření. Na takových elektromobilech jsou instalované solární panely. Elektrické vozy tohoto typu jsou poměrně drahé a jejich účinnost je vysoká pouze za vhodných světelných podmínek. [2]

Existují elektromobily, které používají alternativní způsoby skladování elektrické energie: setrvačníky nebo super kondenzátory. Oba dva prvky jsou schopni rychle akumulovat a následně odevzdávat velké množství elektrické energie. [2]

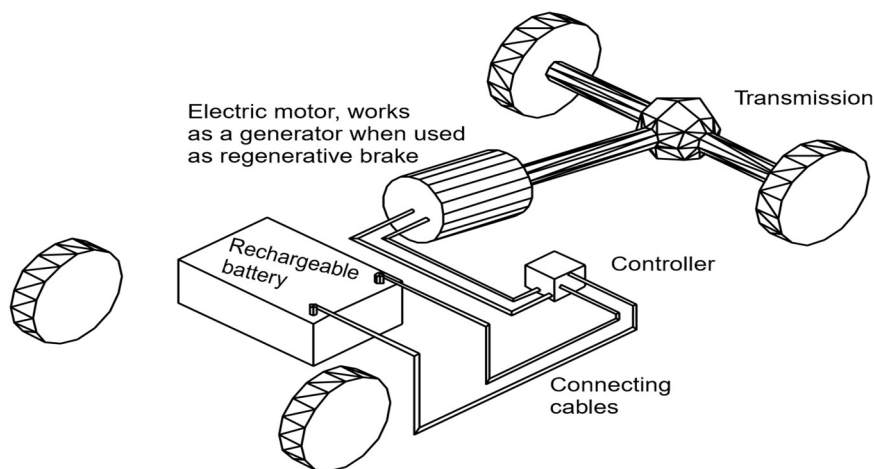
Rozvoj elektromobility má velký význam pro budoucnost. Dnešní dopravní prostředky se spalovacím motorem využívají pro svůj pohyb benzin, diesel, plyn, tj. produkty fosilních paliv (ropy, zemního plynu). Fosilní paliva nejsou neomezené, a proto je důležitá otázka, jak dlouho ještě budeme mít možnost je dobývat a využívat.

Důležitým aspektem elektromobility je její vliv na naše prostředí. Musíme si uvědomit, že při běžném provozu dopravní jednotky pohaněné elektrickým motorem produkují mnohem menší množství CO_2 než dopravní jednotky se spalovacím motorem. Výroba elektřiny pro práci elektromotoru je z ekologického hlediska čistá jenom v případě jaderných a vodních elektráren. Při výrobě elektřiny v uhelných elektrárnách emise CO_2 je poměrně vysoká. Podrobněji o tom bude zmíněno v dalších částech.

3 Technicko-ekonomická kritéria vybraných elektromobilů a porovnání s klasickými automobily stejné třídy.

3.1 Baterie elektromobilu

Elektromobil – automobil, pohaněný elektrickou energií. Pohyb elektrického vozu zajišťují tři tyto důležité komponenty: elektrický motor, baterie pro skladování elektrické energie, kontrolér. Baterie může být nabitá z domácí zásuvky, ze speciální nabíjecí stanice nebo při brzdění. Kontrolér zajišťuje správnou dodávku výkonu do motoru a tím i samotnou rychlost elektromobilu. [5]



Obr. 1 Princip fungování elektromobilu, zdroj: [5]

Výdrž baterie ovlivňuje dojezdovou vzdálenost elektromobilů, která se pohybuje mezi 100 až 500 km. V dnešní době v elektromobilech se používají následující typy baterie [6]:

- **Olověné baterie** – nejstarší typ používaných baterií. Jejich hlavní slabou stranou je manipulace látkami kyseliny, přítomnost olova v jejich konstrukci, malé poměry energie/hmotnost a energie/objem. Tyto baterie kvůli své nízkonákladové výrobě a velkému poměru výkon/hmotnost jsou levnou variantou.
- **Nikl-kadmiové baterie (NiCd)** – ze všech typů baterií mají největší životnost vyjádřenou počtem cyklů nabíjení a vybíjení (cca 1500 cyklů). Hlavní nevýhodou je použití těžkých kovů při výrobě, což má negativní účinek na lidský život a životní prostředí. Směrnice EU omezuje používání těchto baterie.
- **Nikl-metal hydridové baterie (NiMH)** – hlavní výhodou těchto baterií je nepřítomnost tzv. efektu paměti, který ovlivňuje maximální kapacitu baterie. Ve srovnání s Li-ion, NiMH baterie mají menší kapacitu pro skladování energie a vysoký samovybíjecí koeficient.
- **Lithium-iontové baterie** – charakterizují se velkou kapacitou výkonu s velmi dobrým energetickým poměrem hustota/ hmotnost. Avšak jsou drahé, rychle se přehřívají a mají omezený životní cyklus.
- **Lithium-polymerové baterie** – mají větší životní cyklus než lithium-iontové baterie, ale jsou nestabilní v případě přetížení a vybíjení pod určitou hodnotu.

3.2 Princip fungování elektromotoru

Jak už bylo předtím řečeno, jednou z nejdůležitějších součástí moderního elektromobilu je elektrický motor. Elektromotor je stroj pro přeměnu elektrické energie na mechanickou práci. Existují elektrické motory: stejnosměrné, asynchronní a synchronní. Elektrický motor se skládá ze dvou částí: statoru a rotoru. Stator je nepohyblivá a vnější část stroje, která obsahuje v sobě vinutí s magnetickým obvodem. Rotor je pohyblivá část stroje s magnetickým obvodem, hřídelem a vinutím, na které jsou nasazeny kroužky nebo komutátor. Elektromotor funguje na principu elektromagnetické indukce. Proud protékající vinutím statoru a rotoru vytváří dvě magnetická pole, která svými silami působí tak, že se rotor otáčí a motor koná mechanickou práci. [7]

3.3 Princip fungování spalovacího motoru

„Neelektrická vozidla jsou poháněna spalovacím motorem. V dnešní době se používá čtyřdobý spalovací motor. Jeho princip působení spočívá v přeměně chemické energie paliva na mechanickou práci. Ve válci takového motoru se spaluje směs paliva a vzduchu vhodného poměru tak, aby po zapálení tato směs rychle a podle možnosti beze zbytku shořela. Vlivem takto uvolněné tepelné energie prudce stoupne tlak a objem plynů ve válci motoru a vzniklý tlak plynů tlačí na píst.“ [8]

3.4 Porovnání elektromobilů a vozů se spalovacím motorem podle technických kritérií

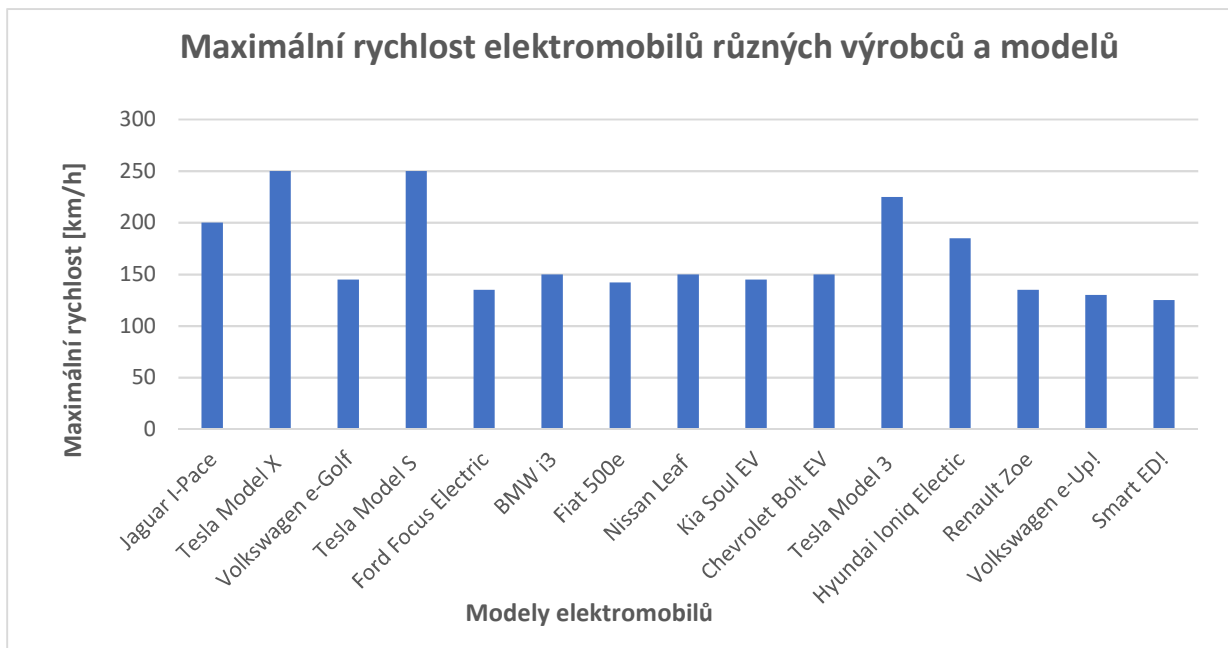
3.4.1 Účinnost elektrického a spalovacího motorů

Jednou z výhod elektromobilů oproti automobilům se spalovacími motory je jejich vysoká účinnost. Podle zpráv Úřadu pro energetickou účinnost a obnovitelnou energii Ministerstva energetiky USA (US Department of Energy's Office of Energy Efficiency and Renewable Energy), elektrická auta konvergují přibližně 59–62 % elektrické energie získané z rozvodné sítě na mechanickou energii, která se převádí na kola. Konvenční auta se spalovacím motorem konvergují jenom cca 17–21 % energie na mechanickou energii určenou pro kola. [9] Účinnost takových aut činí zhruba 25 % a je závislá na kvalitě paliva (benzín, diesel, plyn).

Účinnost elektrických motorů je závislá na kvalitě výroby elektřiny z primárního zdroje energie a její hodnota je přibližně 85–90 %, tato část elektrické energie se převádí na užitečnou vykonanou práci. Rozdíl mezi účinností elektrického motoru a celkové účinnosti elektromobilu je dan ztrátami při nabíjení a vybíjení baterie. V některých autech ten rozdíl je ještě dan ztrátami při převodu proudu ze střídavého na stejnosměrný a naopak. [10]

3.4.2 Maximální rychlost

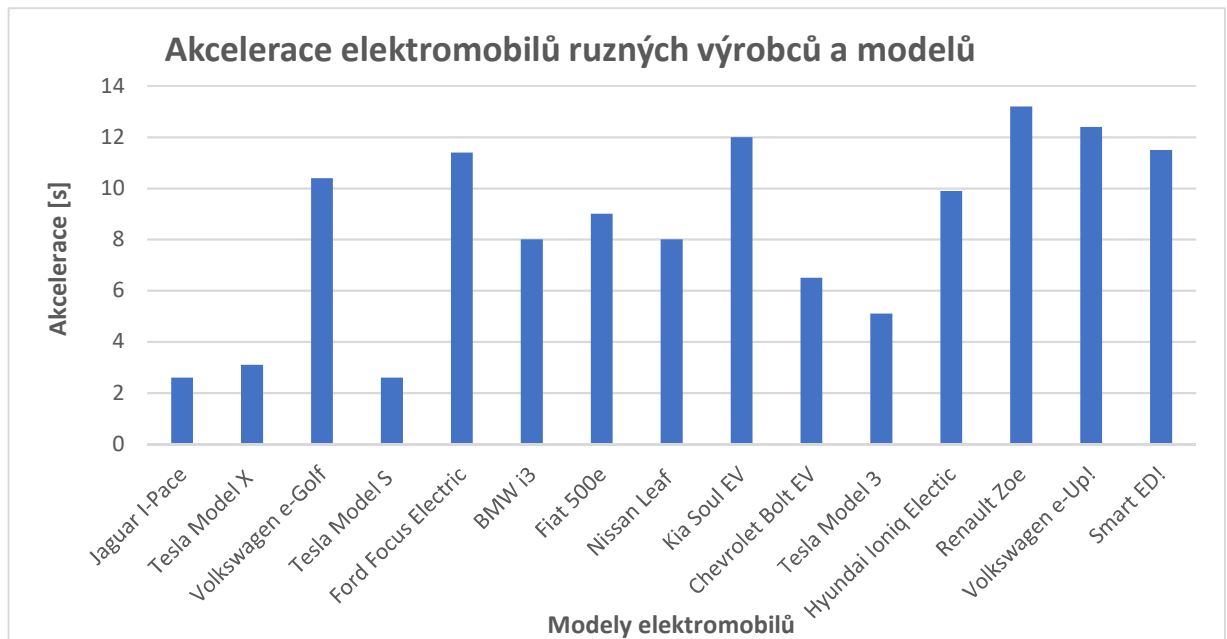
Musíme zdůraznit, že motory elektromobilů mají vyšší účinnost, ale dosažení maximální rychlosti u většiny elektrických vozidel je výrazně menší než u klasických vozidel se spalovacím motorem. Otáčky elektromotoru jsou omezené svým maximem a s tím je omezená i maximální rychlost elektromobilů.



Obr.2: Maximální rychlost elektromobilů různých výrobců a modelů, zdroj: vlastní zpracování dle [11]

3.4.3 Akcelerace

Je taky důležité zmínit o akceleraci elektrických vozidel. To je doba, za kterou se vozidlo dostane z rychlosti 0 km/h na rychlost 100 km/h.



Obr. 3: Akcelerace elektromobilů různých výrobců a modelů, zdroj: vlastní zpracování dle [12]

Tato statistika nám ukazuje, že akcelerace u elektromobilů je poměrně shodná s akcelerací moderních vozidel se spalovacím motorem.

3.4.4 Emise CO₂

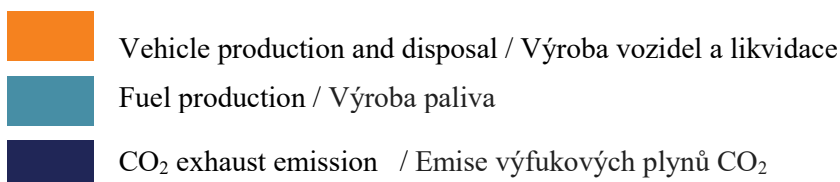
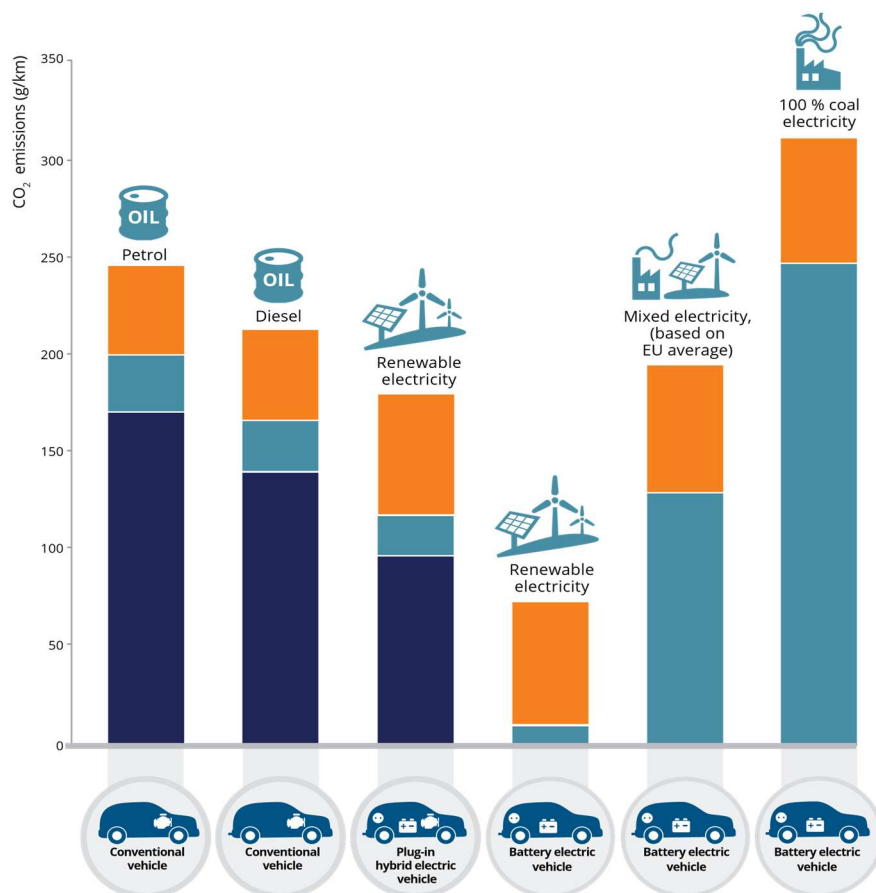
Velmi důležitým faktorem v dnešní době pro naše zdravotní prostředí je omezení emise CO₂ a podobných znečišťujících látek. My dobře víme, že moderní vozidla se spalovacím motorem mají velmi škodlivé působení na naše životní prostředí koncentrací škodlivých látek a hlukem. Největší problém při využití konvenčních vozidel se spalovacím motorem je strmý vzrůst emise látek CO₂ při pomalém dopravním provozu, například v dopravní zácpě. Vozidla se spalovacím motorem při malé rychlosti spotřebují velké množství fosilních paliv s čímž roste emise škodlivých látek CO₂. Na druhou stranu, vozidla s elektrickým pohonem produkují malý pokles vyrobené energie elektrickým motorem, a ve finále i malou emisi škodlivých látek. Se zvýšením rychlosti elektromobilu roste účinnost baterie, tj. ona produkuje více energie a více kyseliny, což taky ovlivňuje životní prostředí, ale v menší míře. [13]

Musíme si uvědomit, že se elektrická energie pro nabíjení baterií v elektromobilech „odněkud bere“. Jak už bylo předtím zmíněno, máme dvě možnosti, jak nabít elektrický vůz, buď z domácí zásuvky nebo ze speciální nabíjecí stanice. V obou případech se elektrická

energie bere z rozvodných sítí, tj. ze stanic, kde se vyrábí elektřina. V dnešní době většina stanic produkuje elektřinu spalováním uhlí, plynu, kvůli čemu dochází k vysokým emisím CO₂. Méně než 10 % stanic vyrábí elektřinu prostřednictvím alternativních zdrojů energie (jaderné, vodní, větrní elektrárny, slunečné panely). Tyto elektrárny produkují mnohem menší množství oxidu uhličitého. V tomto případě dodávky elektřiny elektromobilům mají značně menší vliv na znečištění životního prostředí. [14]

Range of life-cycle CO₂ emissions for different vehicle and fuel types

Rozsah emisí CO₂ v životním cyklu pro různé typy vozidel a paliv



“Note: The values are estimated for an average mid-class vehicle, based on 220 000 km.

Source: TNO, 2015; authors' own calculations.”

Překlad: „Průměrná třída vozidel je založena na 220 000 km. Zdroj: TNO. 2015; vlastní výpočty autorů. “

Obr. 4: Množství vypuštěných emisí CO₂ za životní cyklus automobilu podle zdroje paliv, Zdroj: [15]

Z grafu je vidět, že při výrobě elektřiny na uhelných elektrárnách, emise CO₂ je cca 250 g/km, při výrobě paliva pro auta se spalovacími motory tato emise je mnohem menší. V případě výroby elektřiny pouze pomocí alternativních zdrojů energie, emise nabývá průměrné hodnoty 10 g/km. Podle obr. 4 množství emise CO₂ při výrobě a likvidaci obou typů vozidel je přibližně stejné (50 g/km) a na rozdíl od konvenčních aut během svého provozu elektromobily neprodukují vůbec výfukové plyny CO₂.

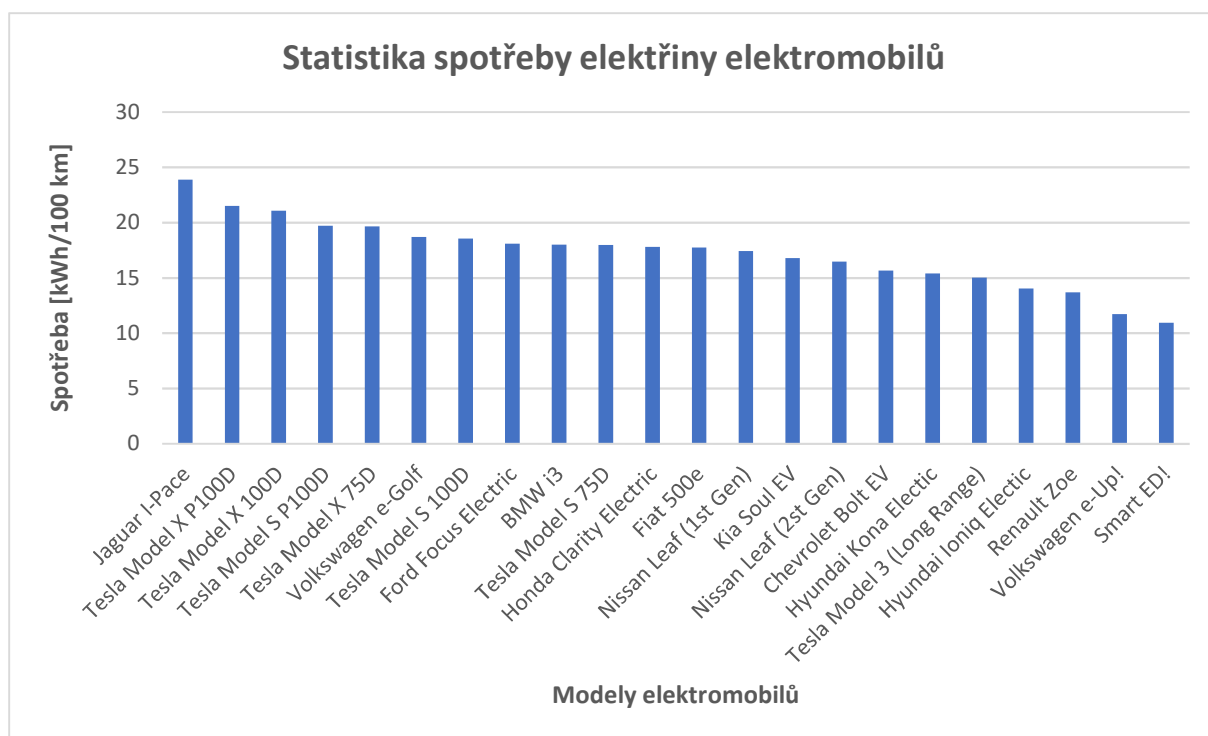
Můžeme shrnout, že při provozu elektromobily neprodukují nebo skoro neprodukují oxid uhličitý, ale při výrobě elektřiny pro uchování v baterii je třeba počítat s vysokou emisí CO₂. Z toho vyplývá, že nemůžeme s úplnou jistotou tvrdit, že elektromobily působí na naši životní prostředí méně škodlivě než automobily se spalovacími motory.

3.5 Porovnání elektromobilů a vozidel se spalovacím motorem podle ekonomických kritérií

Dalším velmi důležitým kritériem porovnání dvou typů vozidel jsou jejich celkové náklady na provoz. Celkové náklady se skládají ze stálých a proměnných nákladů. Do proměnných nákladů elektromobilů patří náklady na spotřebu paliva a údržbu, do stálých – měsíční poplatky v případě nabíjení elektromobilů na nabíjecích stanicích. Do proměnných nákladů aut se spalovacím motorem patří stejně jako u elektromobilů náklady na spotřebu paliva a údržbu, do stálých – silniční dan (podle zákona z roku 2009 elektromobily jsou osvobozené od silniční daně).

3.5.1 Spotřeba paliva

U obou druhů automobilů budeme uvažovat kombinovanou spotřebu paliva, tj. spotřebu paliva v případě normální jízdy v běžném provozu: rychlostí dovolenou zákonem, jízda se koná ve městě a mimo město bez topení a klimatizace. Níže uvádím statistiku spotřeby elektřiny u elektrických vozidel od různých výrobců:



Obr. 5: Statistika spotřeby elektřiny elektromobilů, zdroj: vlastní zpracování dle [16]

Příklad. Vezmeme průměrnou spotřebu elektřiny elektromobilu, kterou jsem vypočetl z dat využitých pro sestavení diagramu na obr. 5. Tato průměrná hodnota činí 17,27 kWh/100 km. Dále spočítáme, kolik za to zaplatíme v České republice. Podle **nočního** tarifu, kdy čerpání elektřiny v domácnosti je levnější, je cena za elektřinu přibližně 1,50 Kč/kWh, tedy za 100 km zaplatíme $1,50 \text{ Kč/kWh} \times 17,27 \text{ kWh/100 km} = 25,905 \text{ Kč}$. V případě spalovacího motoru cenu na benzín stanovíme 30 Kč/l a průměrnou spotřebu 6 l/100 km. Cena benzínu na 100 km nám vyjde 180 Kč. V případě využití nočního tarifu, náklady na spotřebu na 1 km u elektromobilů činí přibližně 0,25905 Kč/km, u auta se spalovacím motorem – 1,80 Kč/km. Při nabíjení elektromobilu podle vysokého tarifu, který činí průměrně 4,5 Kč/kWh, za 100 km zaplatíme $4,5 \text{ Kč/kWh} \times 17,27 \text{ kWh/100 km} = 77,715 \text{ Kč}$, tj. 0,7715 za 1 km., což je stále menší analogické platby za palivo u vozidla se spalovacím motorem. Takže jsme došli k výsledku, že z hlediska spotřeby paliva a v případě nabíjení v domácnosti je elektromobil ekonomicky výhodnější, ale musíme si pamatovat a počítat s tím, že dojezdová vzdálenost elektromobilů je menší než vozidel se spalovacím motorem.

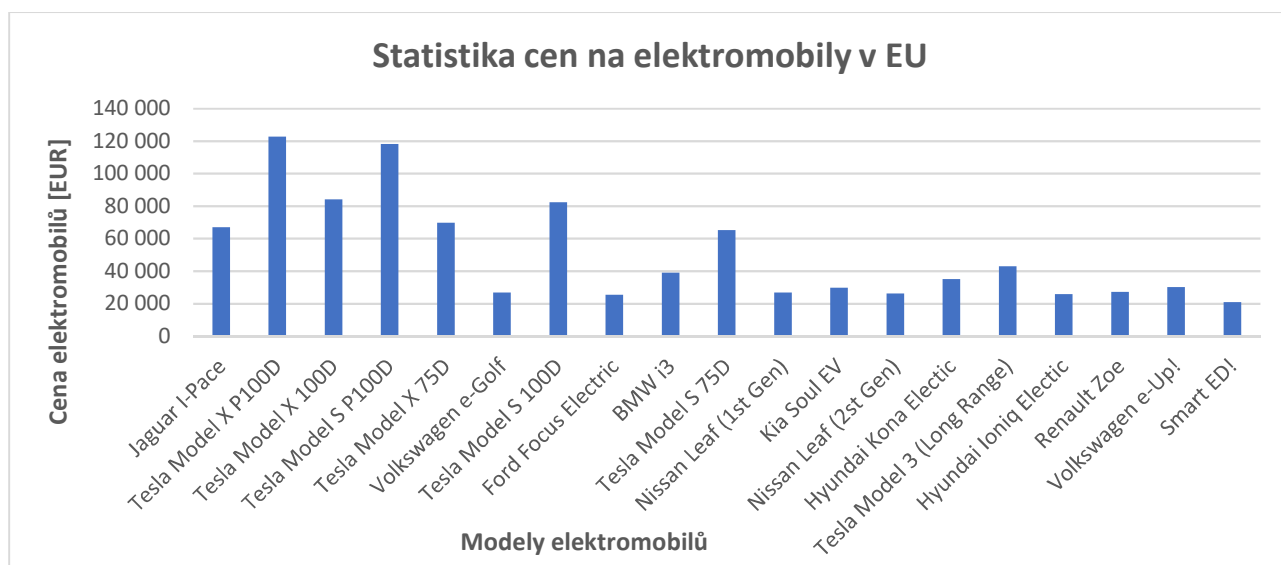
3.5.2 Údržba

Oproti automobilu se spalovacím motorem, elektromobil má z pohledu nákladů na údržbu následující výhody [17]:

- Motor elektromobilu je celkově jednodušší, což je jedním z důvodů menší poruchovosti.
- Samotný **elektromotor má také delší životnost**, protože během provozu vozidla na něj nepůsobí vysoké tlaky a teploty.
- Z toho důvodu, že motor elektrického vozidla neobsahuje **řadu běžných spotřebních komponentů, není potřeba pravidelně měnit olej, palivový filtr, svíčky atd.**
- **Všechny novější elektromobily nemají převodovku a zároveň i problémy s ní spojené.**
- **Brzdňý systém elektromobilů má vyšší životnost. Při brzdění se většina výkonu přemění na energii a vrátí se zpět do baterie, čímž se tato baterie vlastně nabije a kvůli tomu se zvyšuje dojezdová vzdálenost elektromobilů.**

3.5.3 Pořizovací náklady

Jedním z nejdůležitějších kritérií je cena samotného elektromobilu. Nejlepší představu o cenových intervalech v EU nám uvádí tato statistika:



Obr. 6: Statistika cen na elektromobily v EU, zdroj: vlastní zpracování dle [18]

Pro porovnání cen na elektromobily a na auta se spalovacími motory rozhodl jsem se porovnat ceny v jedné zemi, v České republice.

Elektromobil	Orientační cena (Kč, základní)	Výkon (kW)	Baterie (kWh)	Hmotnost (t)	Délka x Šířka (m)
Tesla Model S	2 000 000	310	70-90	2,1	5 x 2
BMW i3	1 000 000	125	18,8	1,2	4 x 1,8
Nissan Leaf	850 000	80	30	1,5	4,4 x 1,77
Kia Soul EV	850 000	81	27	1,6	4,4 x 1,8
Peugeot iOn	720 000	47	16	1,1	3,5 x 1,5
Volkswagen e-Golf	930 000	85	24	1,6	4,2 x 1,8
Volkswagen e-Up!	605 900	40	18,7	1,2	3,5 x 1,6

Tab. 1: Orientační ceny na elektromobily v České republice, zdroj: [19]

Model auta	Cena (Kč)	Výkon (kW)	Kombinovaná spotřeba (l/100 km)
Volkswagen Passat Alltrack 2,0 TSI	1 053 900	162	6,9
Volkswagen Touran 1,2 TSI	596 900	81	5,5
Skoda Kodiaq 1,5 TSI	681 900	110	6,1
Skoda Superb 1,5 TSI	659 900	110	5,4
Audi Q7 3,0 TDI quattro	1 637 900	160	5,5
Audi A3 Sportback 1,0 TFSI	623 900	85	4,6
KIA STONIC 1,4 CVVT	392 900	74	5,8
Ford Kuga 1,5 TDCI	669 900	110	5,2
Opel Mokka	412 692	88	6,4

Tab. 2: Orientační ceny na nové neojeté vozy se spalovacím motorem v ČR, zdroj: vlastní zpracování dle [20], [21]

Při porovnání cen obou druhů vozidel je vidět, že pořizovací náklady na elektromobily v České republice jsou vyšší než na konvenční auta se spalovacím motorem.

3.5.4 Výpočet Cash Flow

Pro konkrétní představu o celkových nákladech na elektromobil jsem udělal výpočty toku hotovostí **CF (Cash Flow)**, čisté současné hodnoty **NPV** a ročních nákladů (dále **CRN**) neojetých při pořízení elektromobilu a konvenčního vozu se spalovacím motorem. Pro lepší přehled byly provedené výpočty pro různé průměrné ojeté dráhy: 7 000, 15 000, 25 000. Pro udělané výpočty jsem použil diskont $r = 10 \%$ a dobu životnosti $T = 10$ let. Za elektromobil jsem si zvolil značku **Nissan Leaf**, a za vůz se spalovacím motorem – **Škoda Octavia „Elegance“ 1.6 MPI**. Data pro **Nissan Leaf** jsou převzatá z [22]. Náklady na údržbu jsou použita v našem případě pro přibližně 15 000 km najetých kilometru ročně po dobu $T=10$ let. Data pro **Škodu Octavia „Elegance“ 1.6 MPI** jsou převzata od mého otce, který evidoval všechny servisní případy pro průměrných 7000 km ročně po dobu $T=10$ let. U obou typu vozidel předpokládáme, že náklady na servis a údržbu jsou skoro úměrné ujetým dráhám.

Parametry **Nissan Leaf**:

- Výkon – 80 kW
- Spotřeba – 16,45 kWh / 100 km
- Baterie – 30 kWh

Parametry **Škoda Octavia „Elegance“ 1.6 MPI**:

- Výkon – 75 kW
- Spotřeba – 6 l/100 km

Cena na benzin pro auto se spalovacím motorem v mých výpočtech je 30 Kč / l. Cena na elektřinu pro nabíjení elektromobilu je uvažovaná pro noční zlevněný tarif 1,5 Kč/ kWh. U elektromobilu fixní poplatek za nabíjení činí 150 Kč měsíčně, u vozidla Škoda za fixní náklady se považuje roční platba silniční daně v hodnotě 936 Kč. Dále předpokládáme, že celkové náklady na údržbu jsou přibližně úměrné ujetým dráhám.

Poznámky k tabulkám:

I – investice

CRN – celkové roční náklady

NPV – čistá současná hodnota

Náklady na spotřebu = ujetá dráha × spotřeba na 1 km × cena paliva

$CF = I$ (jen pro rok 0) + Fixní náklady + Náklady na spotřebu + Náklady na údržbu

Roční náklady = $a_T \times I$ + Fixní náklady + Náklady na spotřebu + Náklady na údržbu

$$a_T = \frac{(1+r)^T \times r}{(1+r)^T - 1} = \frac{(1+0,1)^{10} \times 0,1}{(1+0,1)^{10} - 1} = 0,16 - \text{anuita}$$

$$NPV = I + \sum_{t=1}^T \frac{CF}{(1+r)^t}$$

$$CRN = \sum_{t=0}^T \text{Roční náklady v roce } t$$

CF a RCF pro automobil se spalovacím motorem Škoda Octavia „Elegance“ 1.6 MPI:

Roky	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investice [Kč]	364 000										
Ujetá dráha [km]	-	7 200	7 000	7 300	7 350	7 120	7 000	7 300	7 350	7 120	7 000
Silniční daň [Kč/rok]	-	936	936	936	936	936	936	936	936	936	936
Náklady na spotřebu [Kč/rok]	-	12 960	12 600	13 140	13 230	12 816	12 600	13 140	13 230	12 816	12 600
Náklady na údržbu [Kč/rok]	-	-	-	-	-	-	-	5 540	13 375	2 950	9 960
CF [Kč/rok]	364 000	13 896	13 536	14 076	14 166	13 752	13 536	19 616	27 541	16 702	23 496
CF/(1+r) ^{Rok} [Kč/rok]	364 000	12 633	11 187	10 576	9 676	8 539	7 641	10 066	12 848	7 083	9 059
Roční náklady [Kč/rok]	58 240	72 136	71 776	72 316	72 406	71 992	71 776	77 856	85 781	74 942	81 736

Tab.3: Výpočet Cash Flow a ročních nákladů pro automobil se spalovacím motorem Škoda Octavia „Elegance“ 1.6 MPI pro průměrnou ujetou dráhu 7 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle vlastních dat

NPV [Kč]	463 306
CRN [Kč/rok]	810 957

Tab.4: Výpočet NPV a CRN pro automobil se spalovacím motorem Škoda Octavia „Elegance“ 1.6 MPI pro průměrnou ujetou dráhu 7 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle vlastních dat

Roky	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investice [Kč]	364 000										
Ujetá dráha [km]	-	15 200	15 000	15 300	15 350	15 120	15 000	15 300	15 350	15 120	15 000
Silniční daň [Kč/rok]	-	936	936	936	936	936	936	936	936	936	936
Náklady na spotřebu [Kč/rok]	-	27 360	27 000	27 540	27 630	27 216	27 000	27 540	27 630	27 216	27 000
Náklady na údržbu [Kč/rok]	-	-	-	5 000	-	18 236	-	10 540	-	-	25 672
CF [Kč/rok]	364 000	28 296	27 936	33 476	28 566	46 388	27 936	39 016	28 566	28 152	53 608
CF/(1+r)^{Rok} [Kč/rok]	364 000	25 724	23 088	25 151	19 511	28 803	15 769	20 021	13 326	11 939	20 668
Roční náklady [Kč/rok]	58 240	86 536	86 176	91 716	86 806	104 628	86 176	97 256	86 806	86 392	111 848

Tab.5: Výpočet Cash Flow a ročních nákladů pro automobil se spalovacím motorem Škoda Octavia „Elegance“ 1.6 MPI pro průměrnou ujetou dráhu 15 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle vlastních dat

NPV [Kč]	568 001
CRN [Kč/rok]	982 580

Tab.6: Výpočet NPV a CRN pro automobil se spalovacím motorem Škoda Octavia „Elegance“ 1.6 MPI pro průměrnou ujetou dráhu 15 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle vlastních dat

Roky	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investice [Kč]	364 000										
Ujetá dráha [km]	-	25 200	25 000	25 300	25 350	25 120	25 000	25 300	25 350	25 120	25 000
Silniční daň [Kč/rok]	-	936	936	936	936	936	936	936	936	936	936
Náklady na spotřebu [Kč/rok]	-	45 360	45 000	45 540	45 630	45 216	45 000	45 540	45 630	45 216	45 000
Náklady na údržbu [Kč/rok]	-	-	6000	-	10 200	-	35 530	-	20 380	48 150	-
CF [Kč/rok]	364 000	46 296	51 936	46 476	56 766	46 152	81 466	46 476	66 946	94 302	45 936
CF/(1+r)^{Rok} [Kč/rok]	364 000	42 087	42 922	34 918	38 772	28 657	45 985	23 850	31 231	39 993	17 710
Roční náklady [Kč/rok]	58 240	104 536	110 176	104 716	115 006	104 392	139 706	104 716	125 186	152 542	104 176

Tab.7: Výpočet Cash Flow a ročních nákladů pro automobil se spalovacím motorem Škoda Octavia „Elegance“ 1.6 MPI pro průměrnou ujetou dráhu 25 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle vlastních dat

NPV [Kč]	710 126
CRN [Kč/rok]	1 223 392

Tab.8: Výpočet NPV a CRN pro automobil se spalovacím motorem Škoda Octavia „Elegance“ 1.6 MPI pro průměrnou ujetou dráhu 25 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle vlastních dat

CF a RCF pro automobil s elektrickým motorem Nissan Leaf:

Roky	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investice [Kč]	850 000										
Ujetá dráha [km]	-	7 200	7 000	7 300	7 350	7 120	7 000	7 300	7 350	7 120	7 000
Fixní poplatek [Kč]	-	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800
Náklady na spotřebu [Kč]	-	1 177	1 727	1 801	1 814	1 757	1 727	1 801	1 814	1 757	1 727
Náklady na údržbu [Kč]	-	-	-	1 600	-	-	1 500	-	-		1 100
CF [Kč]	850 000	3 577	3 527	5 201	3 614	3 557	5 027	3 601	3 614	3 557	4 627
CF/(1+r) ^{Rok} [Kč]	850 000	3 251	2 915	3 908	2 468	2 209	2 838	1 848	1 686	1 508	1 784
Roční náklady [Kč]	138 334	141 910	141 861	143 535	141 947	141 890	141 361	143 935	141 947	141 890	142 961

Tab.9: Výpočet Cash Flow a ročních nákladů pro elektromobil Nissan Leaf pro průměrnou ujetou dráhu 7 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle [16], [22]

NPV [Kč]	874 415
CRN [Kč]	1 561 571

Tab.10: Výpočet NPV a CRN pro elektromobil Nissan Leaf pro průměrnou ujetou dráhu 7 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle [16], [22]

Roky	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investice [Kč]	850 000										
Ujetá dráha [km]	-	15 200	15 000	15 300	15 350	15 120	15 000	15 300	15 350	15 120	15 000
Fixní poplatek [Kč]	-	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800
Náklady na spotřebu [Kč]	-	3 751	3 701	3 775	3 788	3 731	3 701	3 775	3 788	3 731	3 701
Náklady na údržbu [Kč]	-	-	-	-	2 994	-	1 500	-	-	-	2 994
CF [Kč]	850 000	5 551	5 501	5 575	8 582	5 531	7 001	5 575	5 588	5 531	8 495
CF/(1+r) ^{Rok} [Kč]	850 000	5 046	5 456	4 189	5 861	3 434	3 952	2 861	2 607	2 346	3 275
Roční náklady [Kč]	138 334	143 884	143 835	143 909	146 915	143 864	145 335	143 909	143 921	143 864	146 829

Tab.11: Výpočet Cash Flow a ročních nákladů pro elektromobil Nissan Leaf pro průměrnou ujetou dráhu 15 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle [16], [22]

NPV [Kč]	888 117
CRN [Kč]	1 584 599

Tab.12: Výpočet NPV a CRN pro elektromobil Nissan Leaf pro průměrnou ujetou dráhu 15 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle [16], [22]

Roky	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investice [Kč]	850 000										
Ujetá dráha [km]	-	25 200	25 000	25 300	25 350	25 120	25 000	25 300	25 350	25 120	25 000
Fixní poplatek [Kč]	-	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800
Náklady na spotřebu [Kč]	-	6 218	6 169	6 243	3 255	6 198	6 169	6 243	6 255	6 198	6 169
Náklady na údržbu [Kč]	-	-	-	5 800	-	-	3 200	-	-	6 100	-
CF [Kč]	850 000	8 018	7 969	13 843	11 361	7 998	7 969	11 243	8 055	14 098	7 969
CF/(1+r) ^{Rok} [Kč]	850 000	7 289	6 586	10 400	7 760	4 966	4 498	5 769	3 758	5 979	3 072
Roční náklady [Kč]	138 334	146 352	146 302	152 176	146 389	146 332	146 302	149 576	146 389	152 342	146 302

Tab.13: Výpočet Cash Flow a ročních nákladů pro elektromobil Nissan Leaf pro průměrnou ujetou dráhu 25 000 km, zdroj: vlastní zpracování dle [16], [22]

NPV [Kč]	910 078
CRN [Kč]	1 616 886

Tab.14: Výpočet NPV a CRN pro elektromobil Nissan Leaf pro průměrnou ujetou dráhu 25 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle [16], [22]

Z uvedených výpočtů je vidět, že celkové roční náklady na elektromobil pro námi zvolené parametry jsou vyšší než pro vozidla se spalovacím motorem. S větším počtem najetých kilometrů rozdíl celkových ročních nákladů elektromobilu a konvenčního auta se zmenšuje. Například při najetých 25 000 km rozdíl činí cca 400 000 Kč. Existující rozdíly při porovnání lze vysvětlit vyšší cenou elektromobilu, která silně ovlivňuje hodnotu celkových ročních nákladů. Počet kilometrů, při kterém se celkové roční náklady vozidla se spalovacím motorem budou rovnat celkovým ročním nákladům elektromobilů lze snadně určit z následující rovnice:

$$CRN_{\text{NISSAN LEAF}} = CRN_{\text{ŠKODA OCTAVIA}}$$

Pro sestavení této rovnice potřebujeme vědět variabilní náklady na 1 km:

- **Náklady na spotřebu na 1 km u Nissan Leaf** = $0,1645 \text{ kWh} \times 1,5 \text{ Kč} = 0,24675 \text{ Kč}$
- **Náklady na spotřebu na 1 km u Škody Octavia** = $0,061 \times 30 \text{ Kč} = 1,8 \text{ Kč}$
- **Náklady na údržbu na 1 km u Nissan Leaf** = $0,056 \text{ Kč}$
- **Náklady na údržbu na 1 km u Škody Octavia** = $0,444 \text{ Kč}$

$$0,16 \times 850\,000 + 1\,800 + (0,24675 + 0,056) \times X = 0,16 \times 364\,000 + 936 + (1,8 + 0,444) \times X$$

$$\text{Odsud } X = 40\,501,73857 \text{ km}$$

Z tohoto vyplývá, že nehledě na to, že náklady na spotřebu a údržbu u elektromobilu jsou značně nižší než u vozidla se spalovacím motorem, kvůli své vyšší ceně pořízení elektromobilu, v našem případě se řízení elektromobilu vyplatí pouze pokud řidič plánuje jezdit na velké vzdálenosti. Bohužel jinak se na ušetření peněz nedostane.

4 Problematika nabíjení a porovnání hustot nabíjecích stanic ve vybraných státech EU, v Norsku

V dnešní době má majitel elektromobilu možnost nabít své auto na speciálních nabíjecích stanicích nebo ve svém domě či bytu přímo ze zásuvky.

4.1 Nabíjení na nabíjecích stanicích

Nabíjecí stanice se rozdělují na dva druhy: stanice, které dodávají střídavý proud (pomalodobíjecí stanice), a stanice dodávající stejnosměrný proud (rychlobíjecí stanice). Baterie elektromobilu pro nabíjení využívají jenom stejnosměrný proud. V případě nabíjecích stanic se střídavým proudem, při nabíjení elektromobilu se zapne speciální zařízení (usměrňovač), který nejdříve přemění střídavý proud na stejnosměrný a pak se značně dobíjí baterie. V tomto případě proces nabíjení bude probíhat pomalu. Při využití stanic se stejnosměrným proudem, baterie se dobíje mnohem rychleji. Profesionální sdružení odborníků **SAE International** stanovilo určité standardy pro nabíjecí stanice se střídavým proudem [23], [24]:

- **Úroveň 1:** 120 V AC. Charakterizuje se dlouhou dobou nabíjení, je pohodlné v případě potřeby malé dojezdové vzdálenosti u elektromobilů.

- **Úroveň 2:** 240 V AC. Střední doba nabíjení baterie je 4–6 hodin. Tento standard je vhodný pro řidiče, kteří často využívají svůj elektromobil a potřebují ho nabít, dokud jsou například v práci nebo v obchodním domě.
- **Úroveň 3:** DC. Umožňuje rychle nabít auto na 80 % během 20–30 minut. Stejnosemřené nabíjecí stanice poskytují obecně maximálně 500 V pro osobní elektrická auta. Avšak už existují novější osobní a nákladní elektromobily, které při dobíjení používají napětí od 700 V do 1000 V. Tento typ nabíjecích stanic využívá specifické standardy: „CHAdEMO“, „SAE Combined Charging System (SAE CCS)“, „Tesla Supercharger“. Elektromobily modelů Nissan a Mitsubishi využívají standard „CHAdEMO“, evropské modely elektromobilů používají standard „SAE CCS“. Standard „Tesla Supercharger“ je vhodný pro využití jenom pro „Tesla Model S“ a pozdější modely od známého výrobce Tesla.

Lepší představu o různých parametrech nabíjení poskytuje následující tabulka:

Čas dobíjení na dojezdovou vzdálenost 100 km	Dodání energie	Výkon	Napětí	Maximální proud
6–8 hodin	Jedná fáze	3.3 kW	230 V AC	16 A
3–4 hodiny	Jedná fáze	7.4 kW	230 V AC	32 A
2–3 hodiny	Tři fáze	11 kW	400 V AC	16 A
1–2 hodiny	Tři fáze	22 kW	400 V AC	32 A
20–30 minut	Tři fáze	43 kW	400 V AC	63 A
20–30 minut	Stejnosemřný proud	50 kW	400–500 V DC	100–125 A
10 minut	Stejnosemřný proud	120 kW	400–500 V DC	300–350 A

Tab. 15: Čas dobíjení z nabíjecích stanic na dojezdovou vzdálenost 100 km, zdroj: [24]

Z číselných hodnot, uváděných v tab. 15, je vidět, že čím rychleji chceme nabít elektromobil z dobíjecí stanice, tím větší výkon musíme použít. Tato tabulka potvrzuje, že dobíjení z elektrické stanice se stejnosměrným elektrickým proudem je mnohem rychlejší a efektivnější.

4.2 Nabíjení z domácích zásuvek

V domácích zásuvkách, jak všichni dobře víme, je střídavé napětí. Proto nabíjení bude velice neefektivní z hlediska výkonu a hodně pomalejší, kvůli usměrňování proudu. Tuto skutečnost lze ověřit velmi jednoduchým výpočtem: napětí v domácí jednofázové zásuvce v České republice je přibližně 230 V a maximální protékající proud je 16 A. Tedy maximální odebraný výkon je kolem 3,7 kW. Takový výkon je poměrně malý pro elektromobil. Jinou a efektivnější variantou nabíjení baterie je využití vícefázových zásuvek s protékajícím proudem 16 A. Ty dodávají větší výkon (11 kW v případě trojfázové zásuvky) a vozidlo bude mít větší dojezdovou vzdálenost po jedné hodině nabíjení. Například vůz Tesla Model S po jedné hodině nabíjení s využitím trojfázové zásuvky bude schopen ujet o 55 km navíc. Majitel elektromobilu si ovšem pro takový způsob nabíjení musí zakoupit speciální adaptér 5 - kolík, 16 A. [25]



Obr. 7: Adaptér z 16 A průmyslové zásuvky CEE 5-kolík (samec) na 32A CEE 5-kolík (samice) s půl metrovou délkou kabelu, zdroj: [26]

Tyto adaptéry jsou rozděleny podle určitých standardů. Například standard „Mennekes“ se používá na vozidlech vyrobených v Evropě: BMW, Volkswagen, Mercedes-Benz atd., standard „Yazaki“ je určen pro vozidla vyrobená v Japonsku a Francouzku: Nissan, Peugeot, KIA, Citroen atd.

Model adaptéru	Maximální výkon	Příkon	Délka	Cena
Typ 2/ Typ 2 (Mennekes)	7,4 kW	32 A/230 V	5 m	7 200 Kč
Typ 2/ Typ 2 (Mennekes)	11 kW	3×16 A/400 V	5 m	7 200 Kč
Typ 1 (Yazaki) / CEE (230 V) - 32 A-5 m	7,4 kW	32 A/230 V	5 m	13 200 Kč
Typ 2 (Mennekes) / CEE (400 V), 3x32A 5 p-5 m	22 kW	3×32 A/400 V	5 m	18 800 Kč
Typ 2 (Mennekes) / 220 V-16 A-5 m	3,7 kW	16 A/230 V	5 m	14 800 Kč

Tab. 16: Ceny na adaptéry v České republice, zdroj: vlastní zpracování dle [27]

Další lepší možnost z hlediska efektivity je zakoupení takzvaného „WALLBOXU“. WALLBOX si představuje nástěnnou nabíjecí stanici, pomocí které lze odebírat velké výkony pro nabíjení aut s elektrickým pohonem.



Obr.8: MENNEKES WALLBOX – 16 A–32 A, zdroj: [28]

Dnešní modely WALLBOXŮ jsou provozované buď s běžnými jednofázovými zásuvkami nebo s vícefázovými. V případě vícefázových zásuvek pro normální a nepřerušovaný provoz potřebují WALLBOXY adaptéry, o kterých už bylo psáno dříve. V kompletu se samotným zařízením WALLBOX je možné zakoupit speciální kabel pro pohodlnější nabíjení. Společnost ČEZ nabízí WALLBOXY o výkonů 3,7 kW – 22 kW. Čím větší výkon má WALLBOX, tím rychleji bude probíhat nabíjení. Pro lepší představu jsou vybrané údaje v následující tabulce:

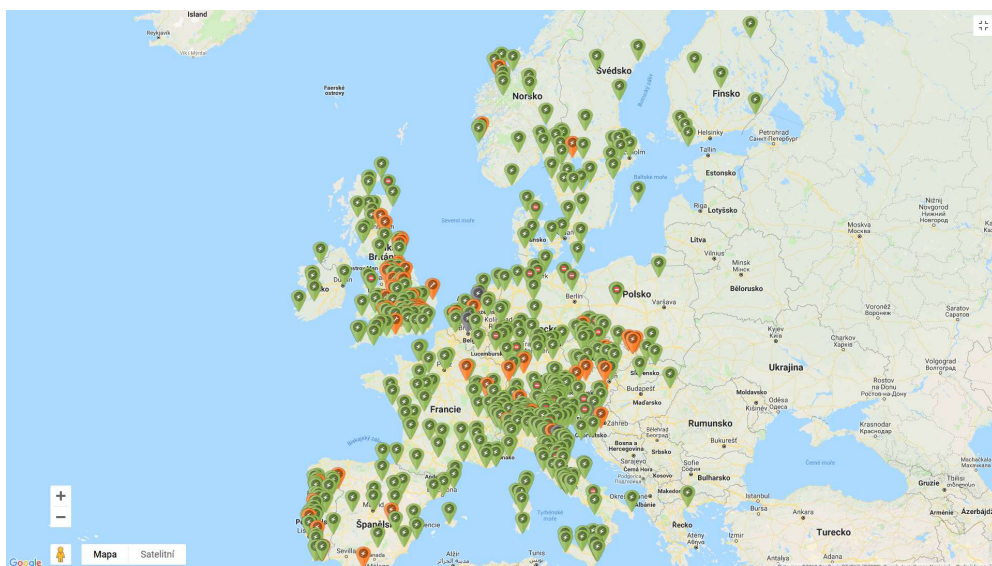
Model	Maximální výkon	Příkon	Cena (Kč)
Circontrol CCL – WB MIX	3,6 kW+ 22 kW	16 A/230 V + 32 A/400 V	26 136
Schneider Electric EVlink EVH2S3P02K	3,7 kW	16 A/230 V	34 098
Schneider Electric EVlink EVH2S7P02K	7,4 kW	32 A/230 V	35 521
Schneider Electric EVlink EVH2S11P02K	11 kW	16 A/400 V	36 943
Schneider Electric EVlink EVH2S22P02K	22 kW	32 A/400 V	38 364
Ensto Chago Point EVP 050.12	3 kW	16 A/230 V	42 312
Etrek G5430-0-01	7 kW	32 A/400 V	52 464
Etrek G5400-0-01	11 kW	16 A/400 V	54 368
Ensto Chago Point EVP 050.12	22 kW	32 A/400 V	55 161

Tab 17: Ceny na WALLBOXY v České republice, zdroj: [29]

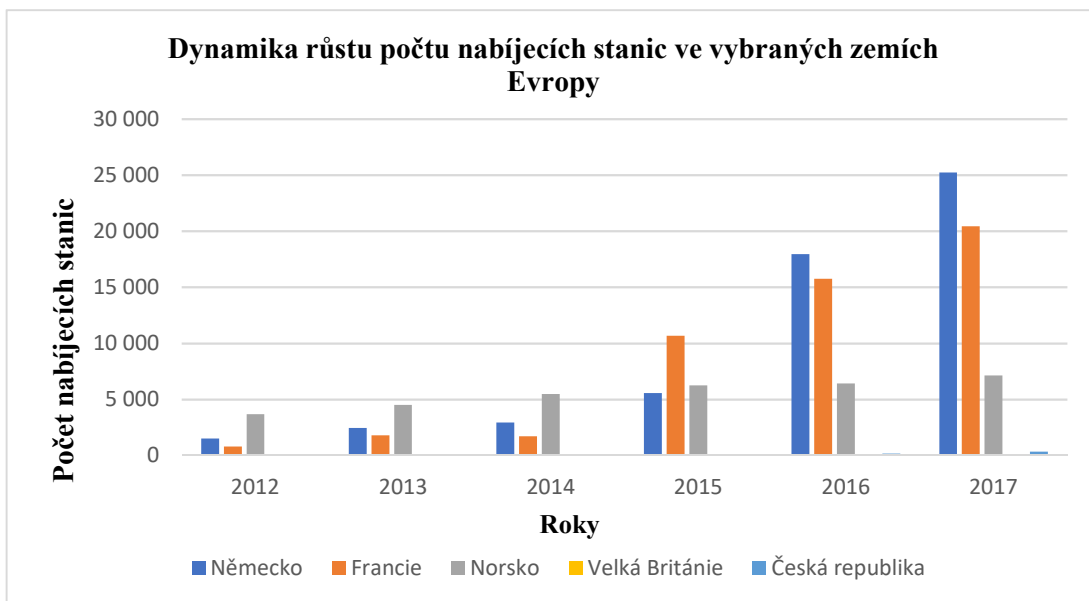
Jak je vidět, ceny na WALLBOXY v Česku jsou vyšší než ceny na adaptéry a pohybují se v intervalu přibližně od 26 000 Kč až do 56 000 Kč v závislosti na výkonu a příkonu.

4.3 Hustota rozmístění nabíjecích stanic ve vybraných zemích Evropy

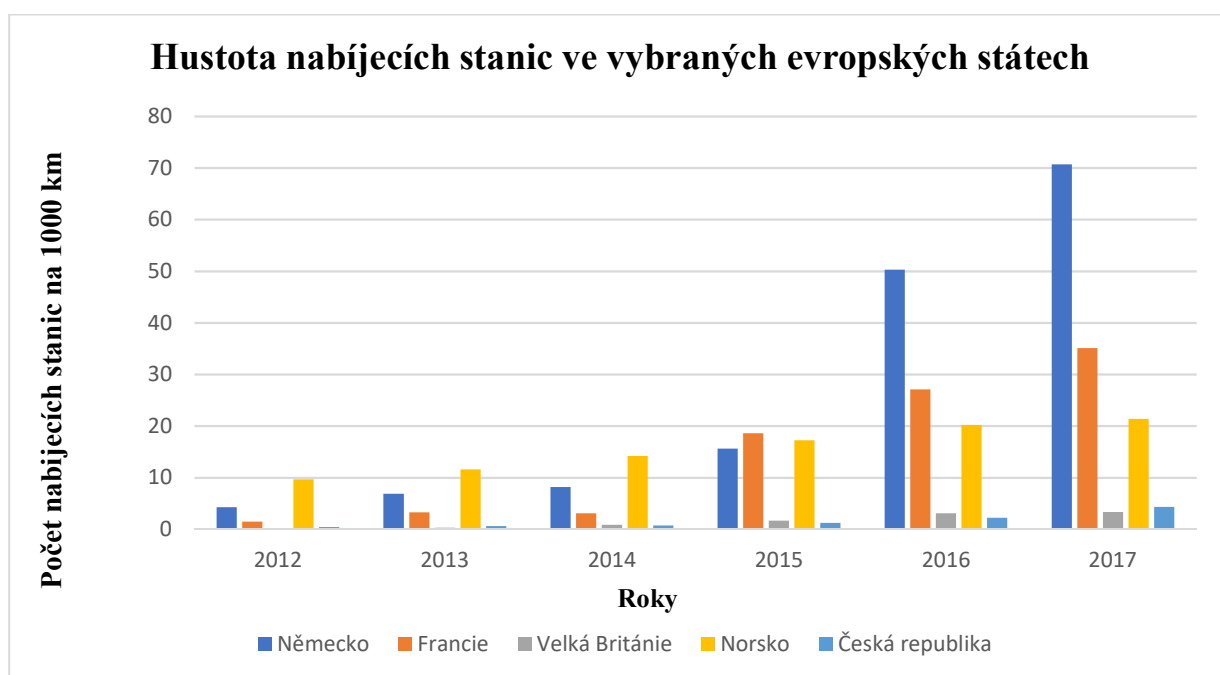
Počet dobíjecích stanic nepochybně roste s rozvojem výroby elektromobilů.. Nyní se podíváme na to, jak jsou jednotlivé země Evropy vybavené nabíjecími stanicemi pro elektromobily.



Obr.9: Mapa rozmístění nabíjecích stanic v Evropě, zdroj: [30]



Obr.10: Dynamika růstu počtu nabíjecích stanic ve vybraných zemích Evropy, zdroj: vlastní zpracování dle [31]

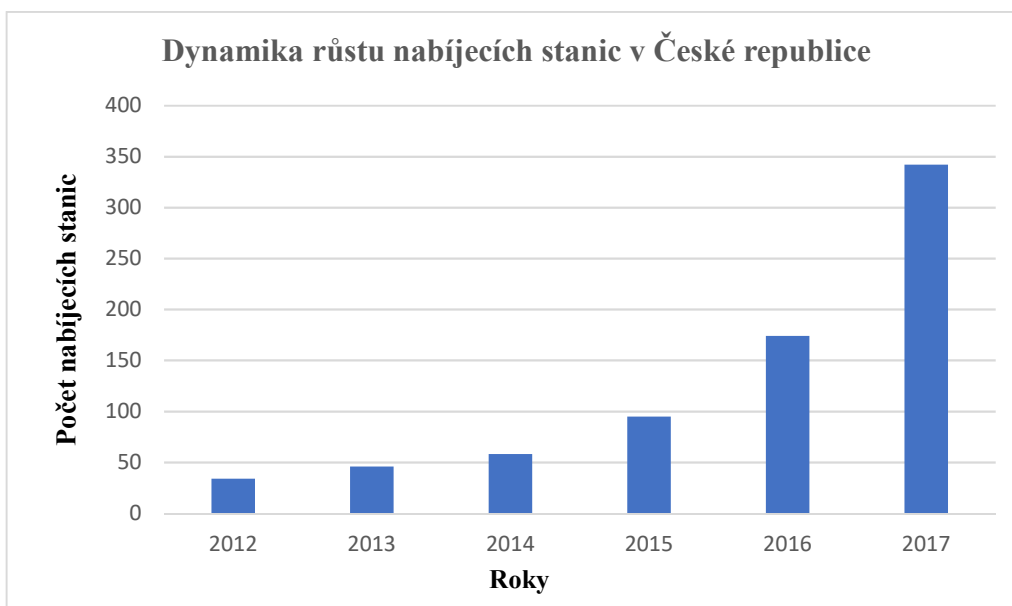


Obr.11: Hustota nabíjecích stanic ve vybraných evropských zemích, zdroj: vlastní zpracování dle [32]

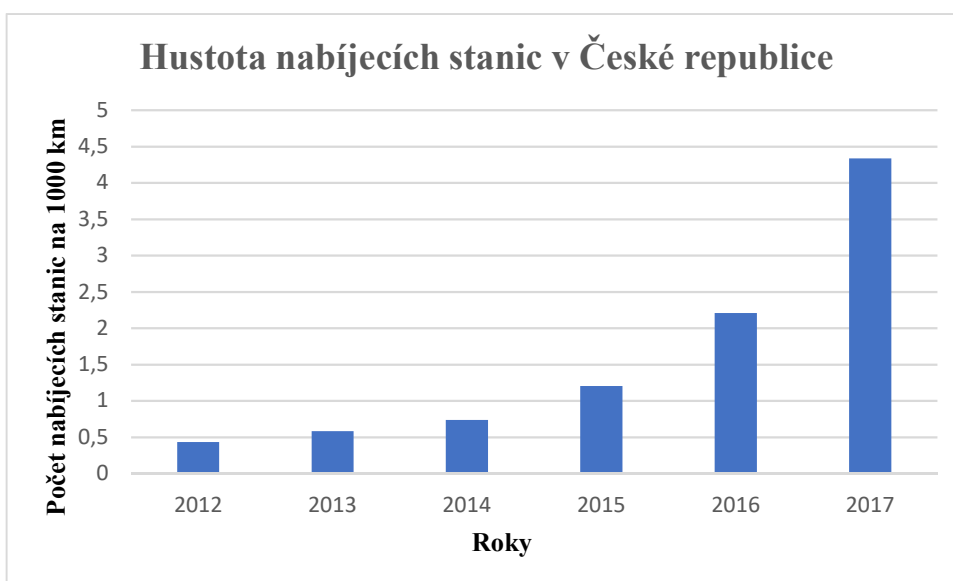
Podle této statistiky, v letech 2016 a 2017 největší počet stanic na 1000 km je instalován v Německu. Nejmenší počet instalovaných nabíjecích stanic je ve Velké Británii a České republice. Menší hustotu nabíjecích stanic v Norsku a ve Francii ve srovnání s Německem lze vysvětlit hornatým reliéfem a kvůli tomu i náročností instalace nabíjecích stanic.

4.4 Hustota rozmístění nabíjecích stanic v České republice

Protože z obou předchozích diagramů je špatně vidět dynamiku chování počtu a hustoty nabíjecích stanic v České republice, vytvořil jsem pro ni statistiku zvlášť:



Obr.12: Dynamika růstu počtu nabíjecích stanic v České republice, zdroj: vlastní zpracování dle [33]



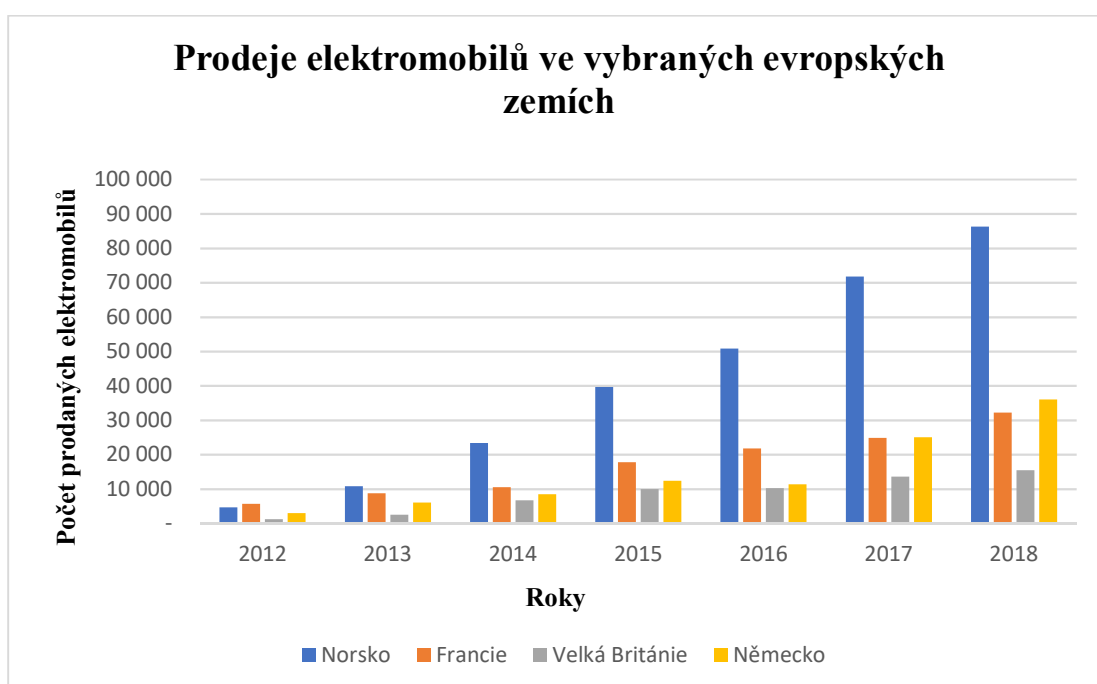
Obr.13: Hustota nabíjecích stanic v ČR, zdroj: vlastní zpracování dle [34]

V České republice je nabíjecích stanic pro elektromobily mnohem méně než v jiných vybraných zemích, řadově až o 10^2 ks. V důsledku toho je mnohem menší i hustota rozložení těchto stanic, tedy i využití elektromobilů na území České republiky z tohoto hlediska je relativně náročné.

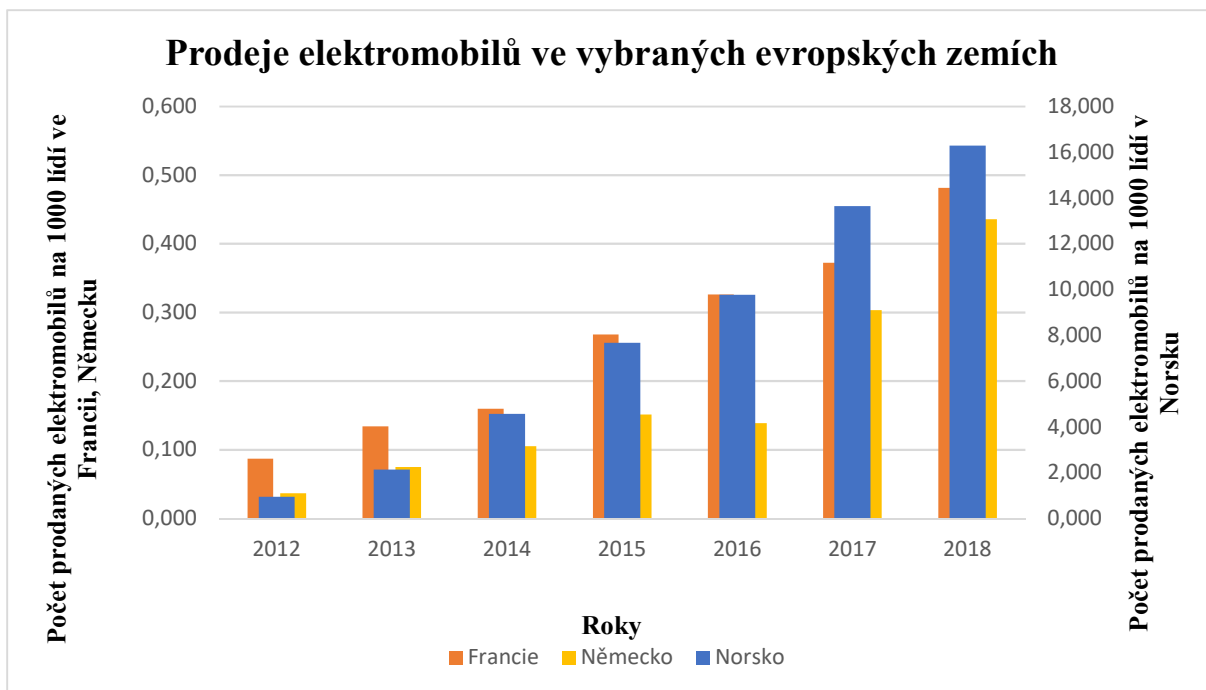
5 Zpracování přehledu o vývoji využívání elektromobilů ve vybraných zemích EU, v Norsku ve srovnání s ČR

5.1 Prodeje elektromobilů ve vybraných evropských zemích

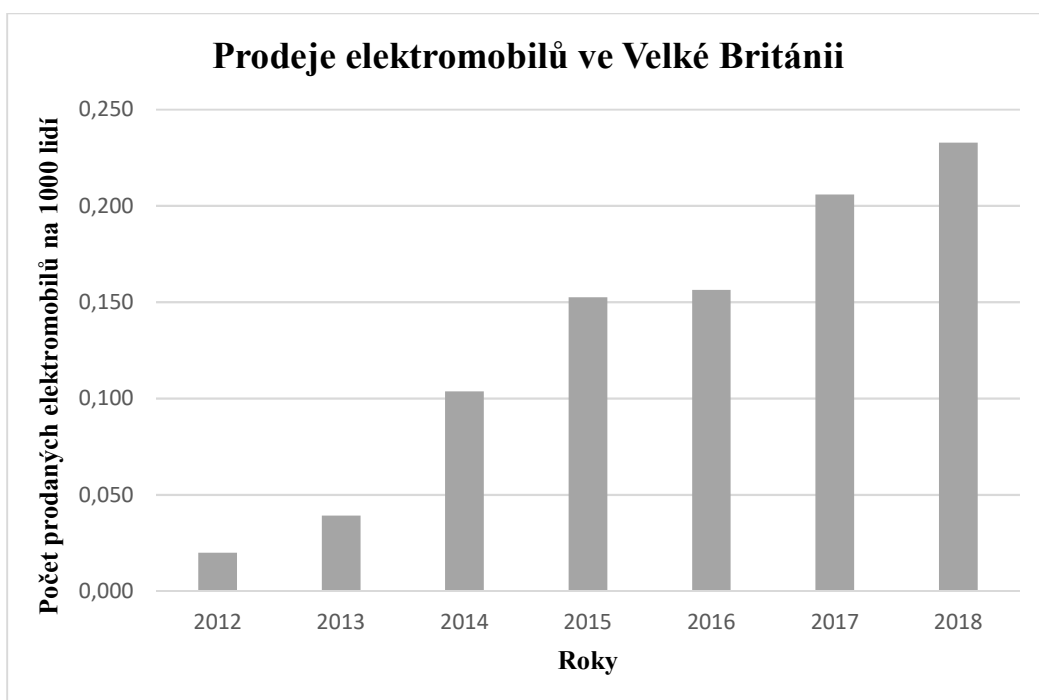
Jak už jsme se poznali, vývoj výroby elektromobilů a vytvoření podmínek pro jejich uplatnění v Evropě se s každým rokem stoupa. Podíváme se i na počet prodaných vozidel na evropském trhu elektromobilů. Představu o tom dává následující diagram:



Obr.14: Prodeje elektromobilů ve vybraných evropských zemích, zdroj: vlastní zpracování dle [35]



Obr.15: Prodeje elektromobilů na 1000 lidí ve Francii, Německu, Norsku, zdroj: vlastní zpracování dle [36]

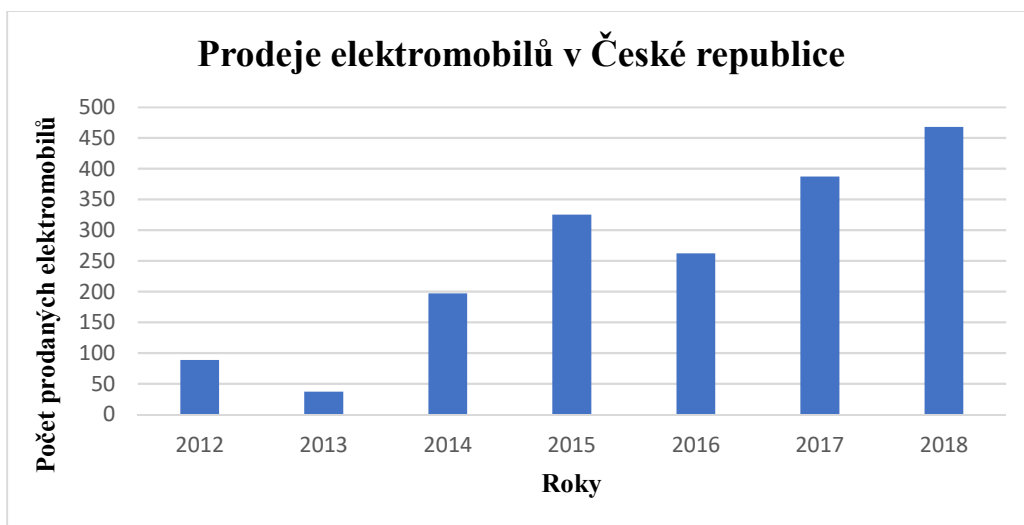


Obr.16: Prodeje elektromobilů na 1000 lidí ve Velké Británii, zdroj: vlastní zpracování dle [46]

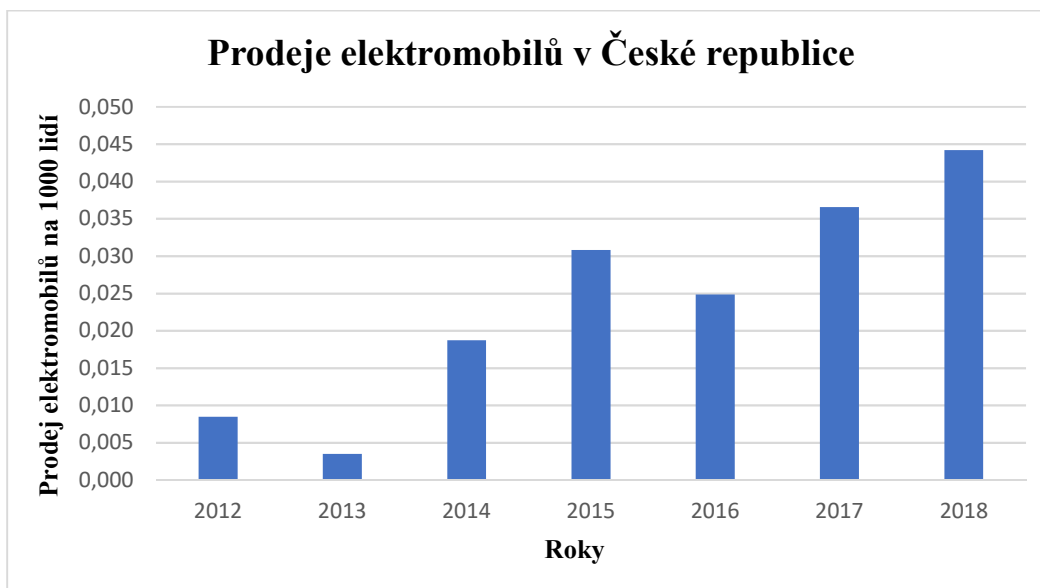
Z diagramu je vidět, že s každým rokem prodeje elektromobilů v těchto zemích stoupají, což znamená rostoucí počet uživatelů elektromobilů. Lídrem prodeje aut s elektrickým pohonem je Norsko, kde v roce 2018 bylo zrealizováno přibližně 16 elektromobilů na 1000 lidí, celkem

cca 87 000 elektromobilů. Nejmenší počet prodaných aut s elektrickým pohonem ve všech letech má Velká Británie. Například v roce 2017 celkový prodej elektromobilů činí přibližně 10 000 kusů, tj. 0,2 elektromobily na 1000 lidí. Množství zakoupených elektromobilů na 1000 lidí ve Francii, Německu a Velké Británii v roce 2018 je menší než 5. Takovou malou hodnotu ve srovnání s Norskem lze vysvětlit mnohem větším počtem obyvatelů ve Francii, Německu a Velké Británii a mnohem menším zájmu občanů koupit si elektromobil.

5.2 Prodeje elektromobilů v České republice



Obr.17: Vývoj prodejů osobních elektromobilů v ČR, zdroj: vlastní zpracování dle [37]



Obr.18: Vývoj prodejů osobních elektromobilů na 1000 lidí v ČR, zdroj: vlastní zpracování dle [38]

Z vytvořených grafů prodeje elektromobilů je vidět, že počet prodaných vozů s čistě elektrickým motorem v České republice je mnohem menší než v jiných vybraných evropských zemích. V sousedním Německu počet prodaných aut s elektrickým pohonem v roce 2018 činí přibližně 0,41 aut na 1000 obyvatelů, v Česku v roce 2018 tato hodnota je přibližně 0,045, což je o řád menší než v Německu. Ze statistiky je taky vidět, že ve všech vybraných zemích kromě ČR růst prodeje elektromobilů je lineární. V Německu růst prodeje elektromobilů je skoro lineární, jelikož v roce 2016 počet prodaných aut je menší než v předchozím roce.

5.3 Prognóza prodeje elektromobilů

Zatím máme k dispozici statistiku prodeje aut pohaněných elektrickým pohonem do roku 2018. Důležitá otázka je, jak bude probíhat rozvoj elektromobility v budoucnu, jaké ale budou prodeje těchto druhů vozidel? Proto v mé bakalářské práci jsem vytvořil prognózu prodeje aut s čistě elektrickým motorem ve vybraných evropských zemích včetně České republiky. Pro vytvoření prognózy jsem využil funkci v Excelu, která dělá potřebné výpočty pomocí AAA algoritmu Exponenciálního vyrovnání (ETS). Tato metoda používá vyrovnání určité hodnoty v čase t na základě všech dostupných minulých hodnotách. Parametry jsou odhádány váženou metodou nejmenších čtverců, váhy klesají podle exponenciály směrem do minulosti. Tedy se pracuje s výrazem:

$$(Y_t - \hat{Y}_t)^2 + (Y_{t-1} - \hat{Y}_{t-1})^2 \alpha + (Y_{t-2} - \hat{Y}_{t-2})^2 \alpha^2 + \dots \quad (1)$$

α – vyrovnávací konstanta, pro kterou platí $0 < \alpha < 1$

Existují tři základní algoritmy exponenciálního vyrovnání: jednoduché, dvojitě, trojitě. Tady rozebereme jenom jednoduché exponenciální vyrovnání. Tento druh jednoduchého exponenciálního vyrovnání se používá pro lokálně konstantní řady.

$$Tr_t = \alpha_0 \quad (2)$$

Odhad $b_0(t)$ je závislý na čase t a vypočítává se minimalizací výrazu

$$\sum_{j=0}^{\infty} (Y_{t-j} - \alpha_0)^2 \alpha^j \quad (3)$$

Zderivujeme podle α_0 a dostaneme

$$b_0 = (1 - \alpha) \sum_{j=0}^{\infty} (Y_{t-j} \alpha^j) \quad (4)$$

Můžeme uvažovat, že $\hat{Y}_t = b_0$, protože naší řada je lokálně konstantní. Po přivedení na rekurzivní vzorec dostaneme

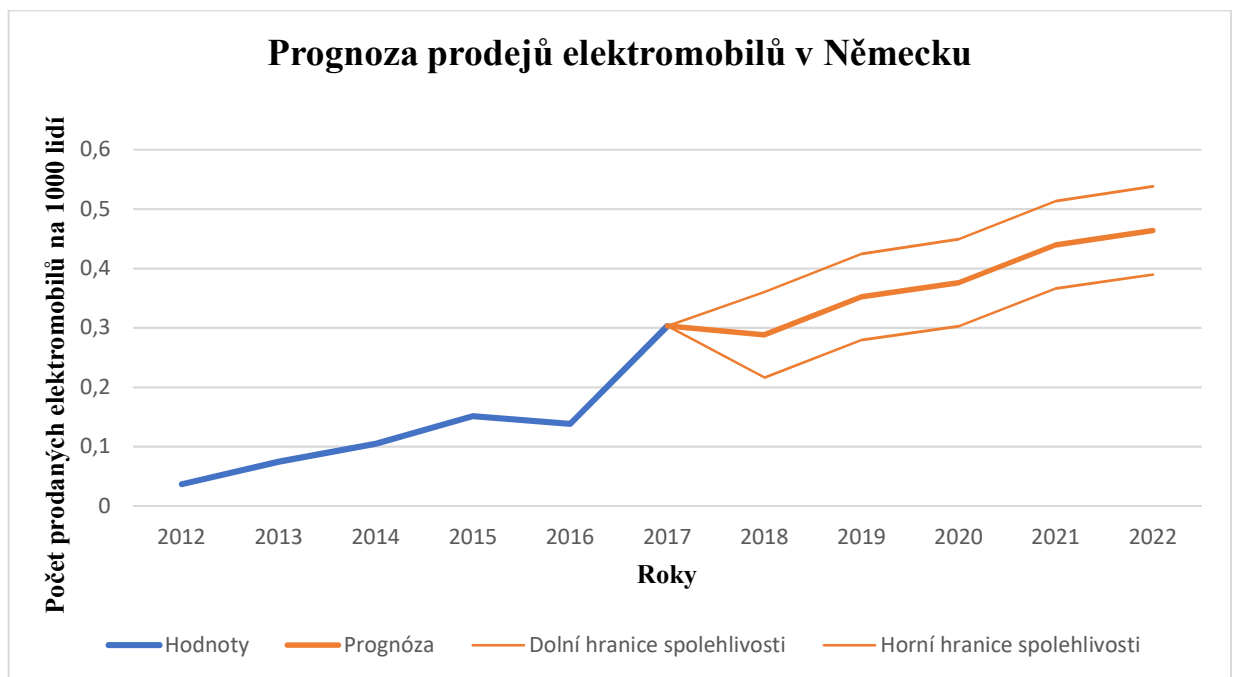
$$\hat{Y}_t = (1 - \alpha) Y_t + \alpha \hat{Y}_{t-1} \quad (5)$$

Po zavedení $\beta = 1 - \alpha$ dostáváme rovnici

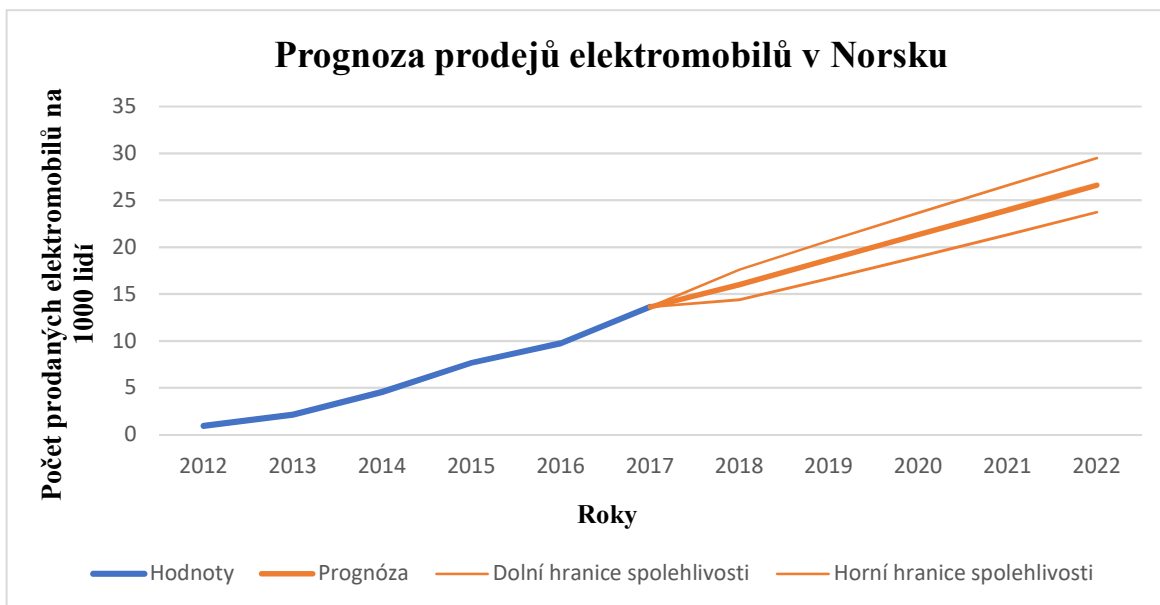
$$\hat{Y}_t = \beta Y_t + (1 - \beta) \hat{Y}_{t-1} \quad (6)$$

kde $0 < \beta < 1$

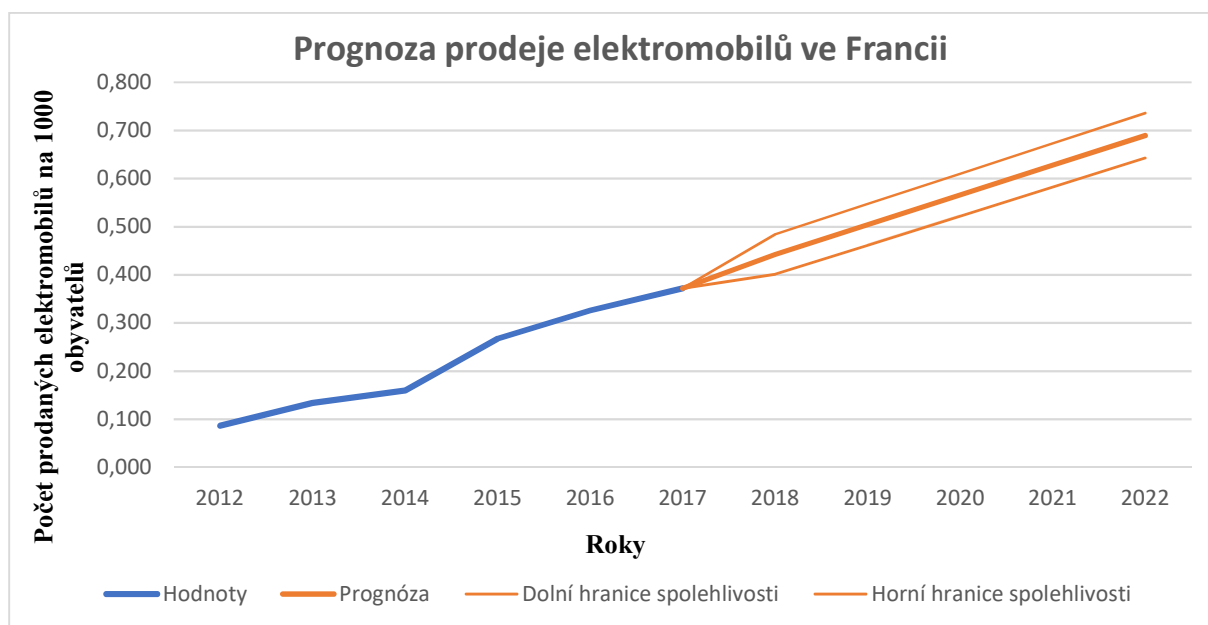
Parametr β nám umožňuje korigovat adaptabilitu metody. Například čím menší volíme β , tím vyhlášenější bude korigovaná řada. Za počáteční hodnotu můžeme vzít parametr Y_0 nebo aritmetický průměr několika prvních hodnot. Pro β počáteční hodnota se volí obvykle z intervalu od 0 do 0,03. Hodnoty z tohoto intervalu se zkoušejí fixně nebo postupně. [39]



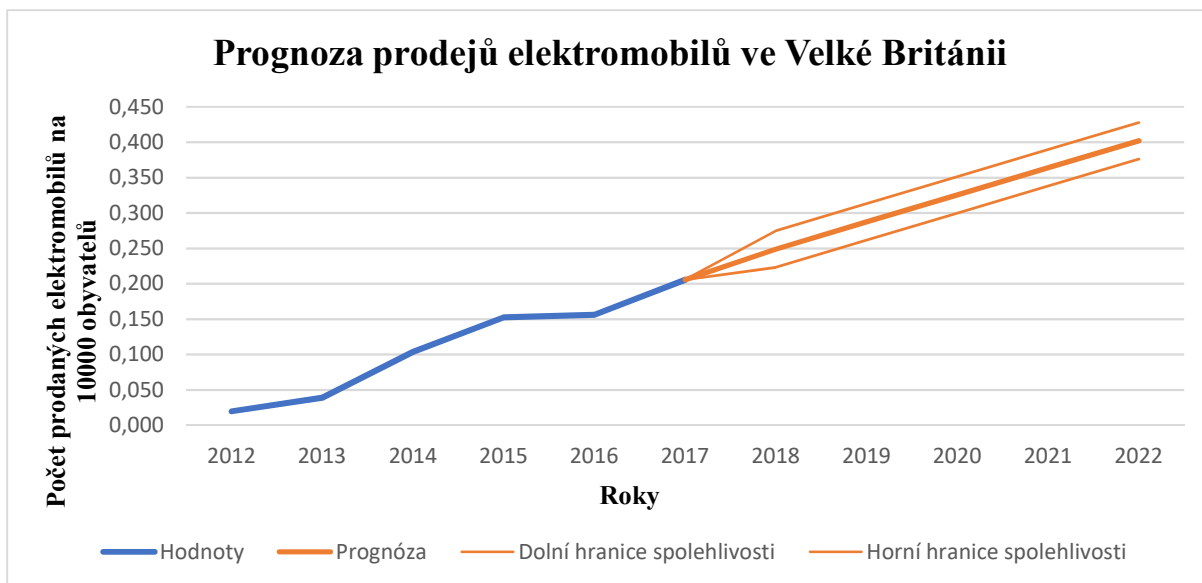
Obr.19 Prognóza prodejů elektromobilů v Německu, zdroj: vlastní zpracování dle [40]



Obr.20 Prognóza prodejů elektromobilů v Norsku, zdroj: vlastní zpracování dle [41]

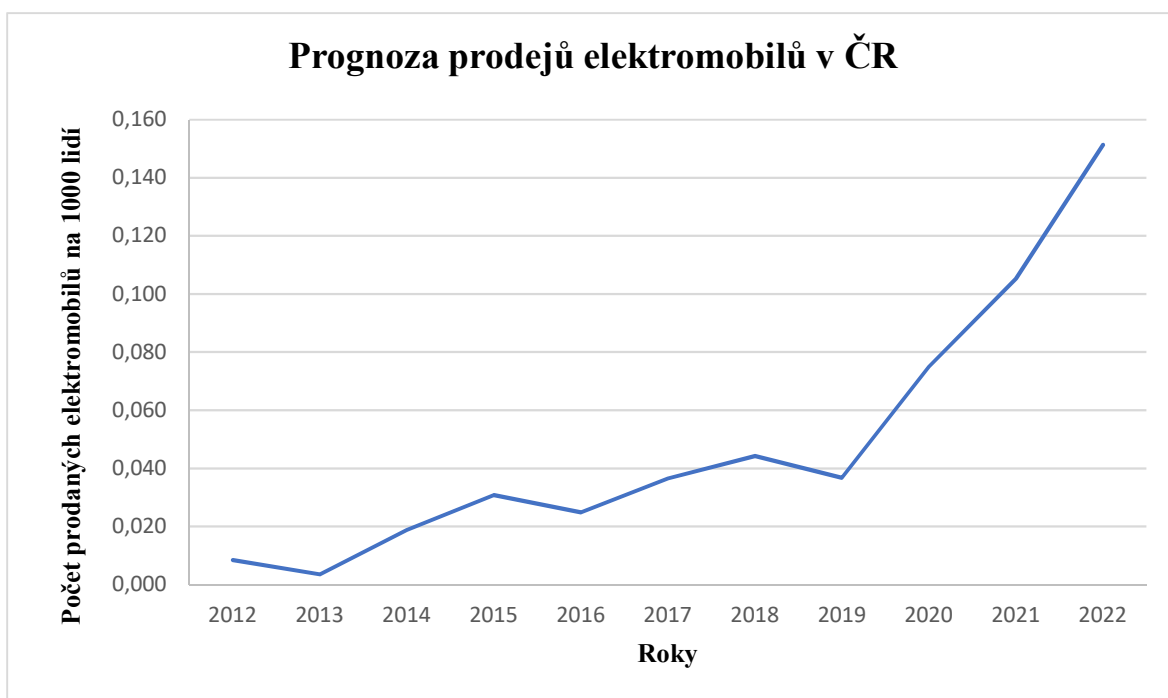


Obr.21 Prognóza prodejů elektromobilů ve Francii, zdroj: vlastní zpracování dle [42]



Obr.22 Prognóza prodejů elektromobilů ve Velké Británii, zdroj: vlastní zpracování dle [43]

Z vytvořených grafů je vidět, že v budoucnu v Norsku, Francii a Velké Británii se očekává lineární růst prodeje elektromobilů. Největší prodeje elektromobilů se očekává v Norsku, její hodnota je přibližně 26 aut na 1000 obyvatelů, nejnižší – ve Velké Británii, přibližně 0,400 vozidel na 1000 lidí.

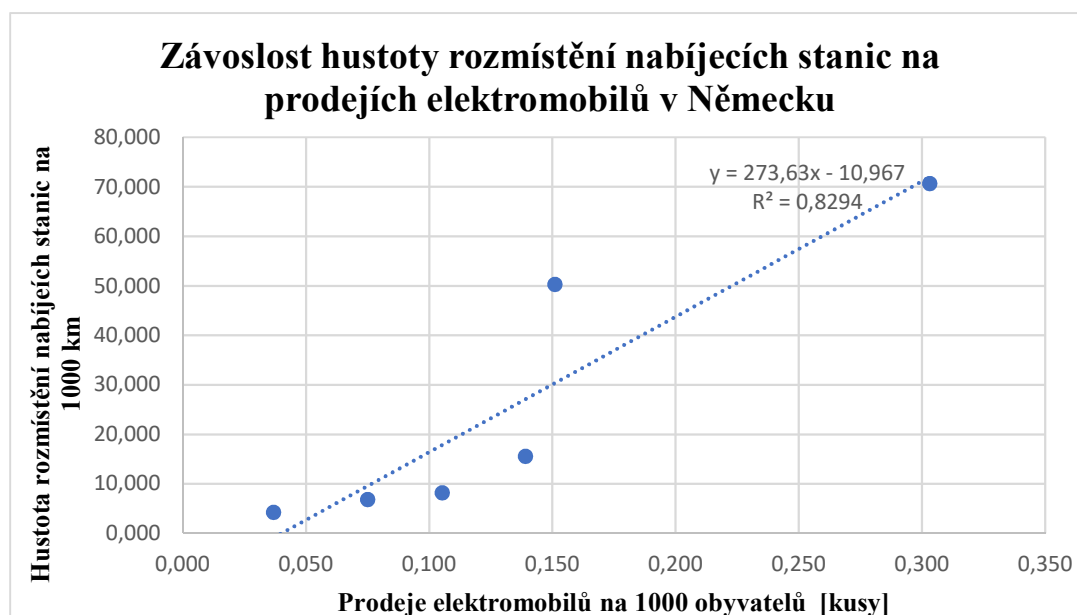


Obr.23 Prognóza prodejů elektromobilů v České republice, zdroj: vlastní zpracování dle [44]

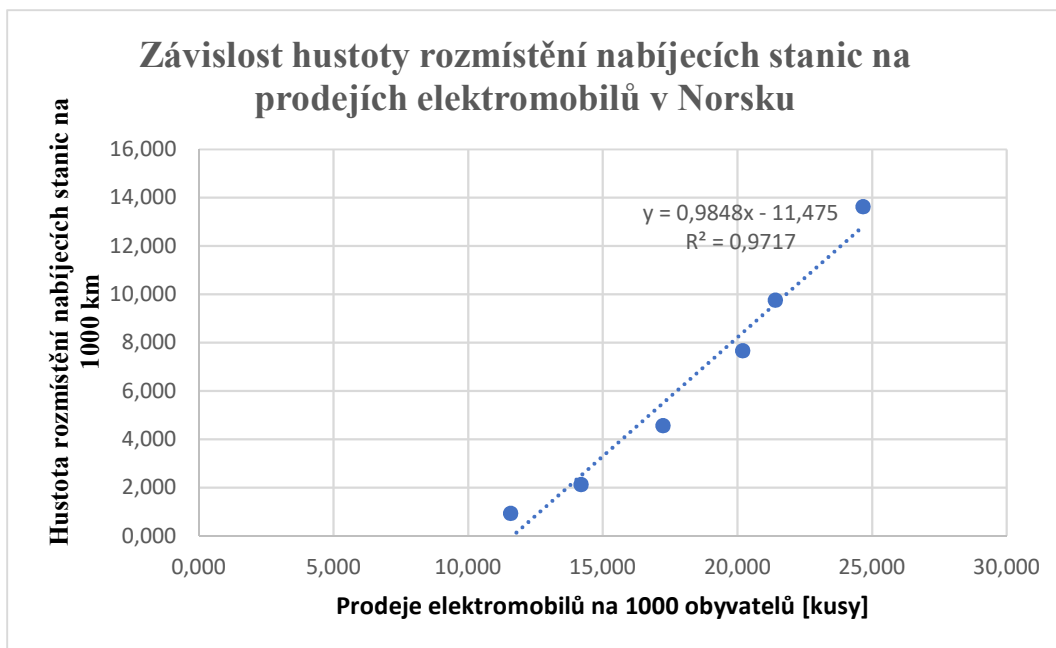
Při vytvoření prognózy prodeje elektromobilů v Česku předpokládám, že od roku 2019 budou prodeje probíhat průměrně stejně jako v Německu, proto v roce 2022 očekávaná hodnota prodeje elektromobilů je přibližně stejná jako v Německu v roce 2015, tj. 0,150 aut na 1000 obyvatelů. To znamená, že počet elektromobilů na českých silnicích v nejbližším budoucnu bude stále pozadu ve srovnání s jinými vybranými evropskými státy.

6 Závislost mezi hustotou nabíjecích stanic a prodeji elektromobilů

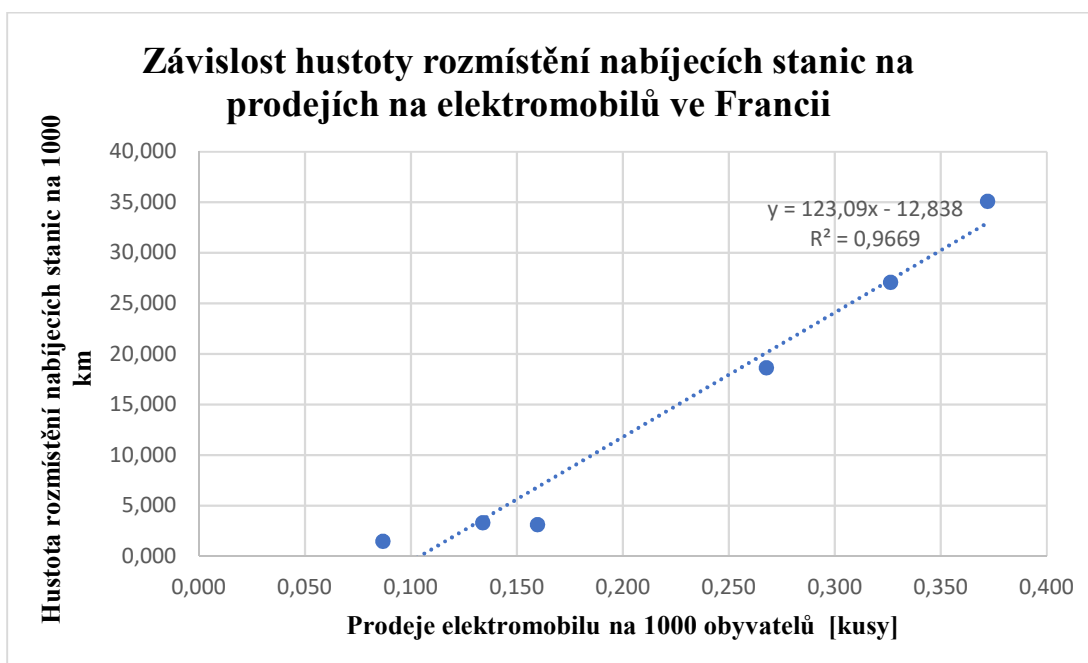
Rozvoj elektromobility znamená nejenom růst zaregistrovaných elektromobilů, ale i vytvoření vhodných podmínek pro jejich efektivní budoucí provoz. Jednou z těchto podmínek jsou speciální venkovní nabíjecí stanice. Důvodem jejich umístění je snadné nabíjení baterií elektromobilů za poměrně krátkou dobu jak ve městě, tak i mimo. Tedy by bylo logicky předpokládat, že by s rostoucími prodeji elektromobilů by se měla zvyšovat hustota rozmístění dobíjecích stanic. Proto v mé bakalářské práci jsem udělal grafy, na kterých na ose X jsou vyneseny prodeje elektromobilů pro různé roky, na ose Y – hustoty rozmístění nabíjecích stanic pro různá léta. Mým cílem je stanovit existenci závislosti mezi těmito veličinami, a v případě, pokud existuje, musím konstatovat jaká to je závislost. Uvádím následující grafy:



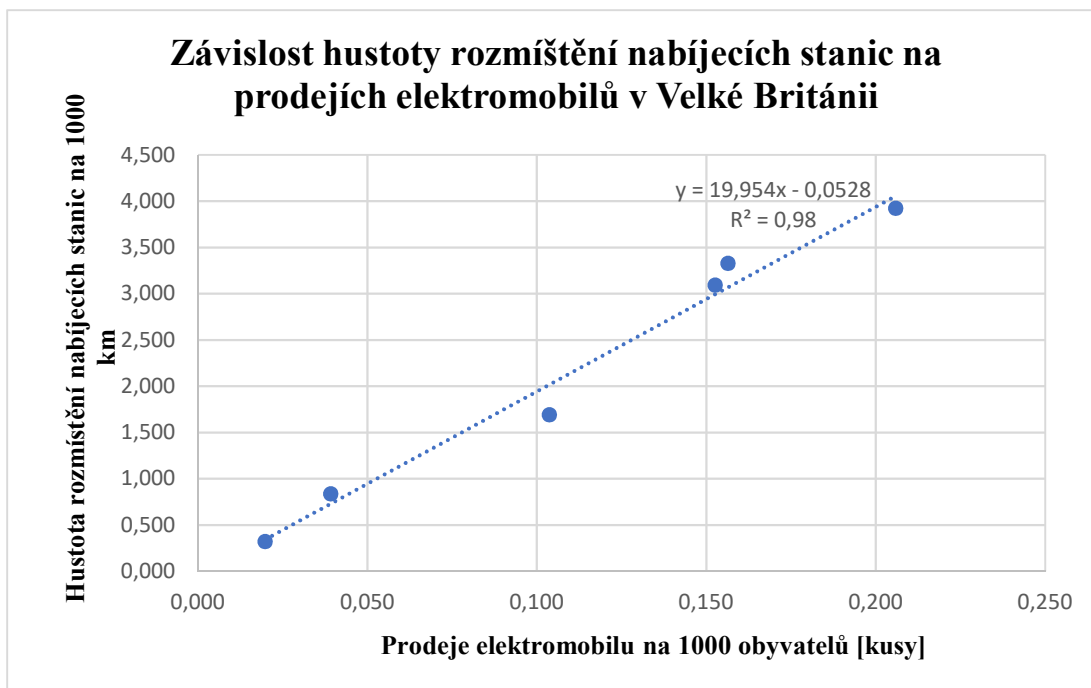
Obr. 24 Závislost hustoty rozmístění nabíjecích stanic na prodeji elektromobilů v Německu, zdroj: vlastní zpracování dle [40], [41]



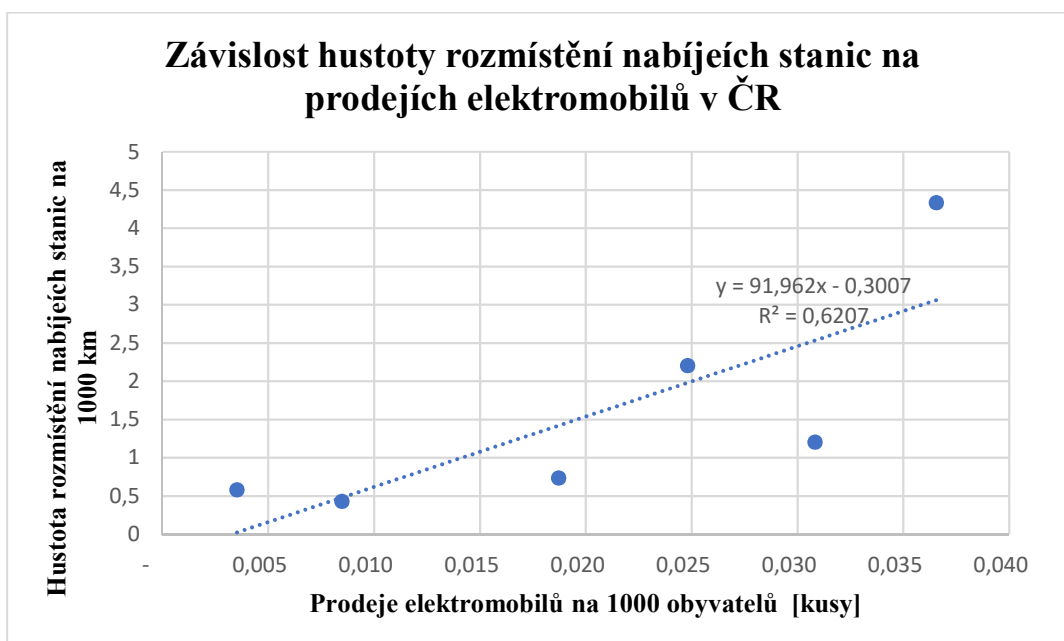
Obr. 25 Závislost hustoty rozmístění nabíjecích stanic na prodeji elektromobilů v Norsku, zdroj: vlastní zpracování dle [42], [43]



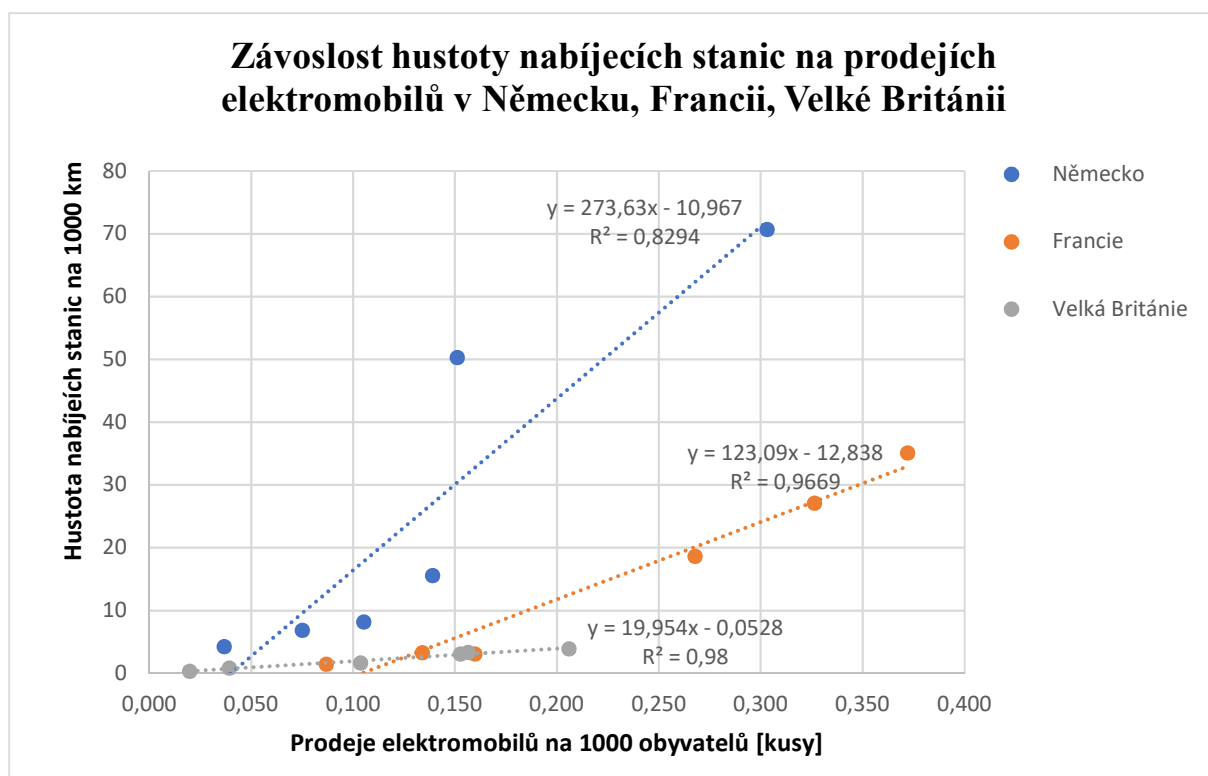
Obr. 26 Závislost hustoty rozmístění nabíjecích stanic na prodeji elektromobilů ve Francii, zdroj: vlastní zpracování dle [44], [45]



Obr. 27 Závislost hustoty rozmístění nabíjecích stanic na prodejích elektromobilů ve Velké Británii, zdroj: vlastní zpracování dle [46], [47]



Obr. 28 Závislost hustoty rozmístění nabíjecích stanic na prodejích elektromobilů v ČR, zdroj: vlastní zpracování dle [48], [49]



Obr. 29 Závislost hustoty rozmístění nabíjecích stanic na prodejích elektromobilů v Německu, Francii a Velké Británii zdroj: vlastní zpracování dle [40], [41], [44], [45], [46], [47]

Na posledním grafu jsem vynesl závislosti hustoty nabíjecích stanic na prodejích elektromobilů jenom pro Francii, Velkou Británii a Německo z toho důvodu, že v Norsku počet prodaných aut s čistě elektrickým motorem je mnohem větší než v jiných prozkoumaných zemích. V České republice je naopak příliš menší, a proto nejde vytvořit slušný graf, ve kterém by byly zobrazené viditelně závislosti u všech vybraných zemí.

Z vytvořených grafů je vidět, že u Francie, Velké Británie a Norska existuje jistá a téměř lineární závislost hustoty rozmístění nabíjecích stanic na prodejích elektromobilů, koeficient spolehlivosti u všech průběhů se blíží 1. U České republiky a Německa tato závislost není tak patrná, jelikož v některých rocích počet instalovaných dobíjecích stanic je menší než v předchozím, ale je vidět, že celkově, hustota nabíjecích stanic s prodejem elektromobilů roste.

7 Závěr:

V první části mé bakalářské práci jsem rozebral technickoekonomické vlastnosti elektromobilů a porovnal jsem je s technickoekonomickými vlastnostmi vozidla se spalovacím motorem.

Účinnost elektrického motoru je vyšší, než spalovacího, avšak jak nám ukazuje obr.1, maximální rychlost u většiny elektromobilů je nižší než maximální rychlost konvenčních aut se spalovacím motorem. Tato skutečnost se vysvětluje tím, že otáčky elektromotoru jsou omezené svým maximem a s tím je omezená i maximální rychlost elektromobilů. Akcelerace je u obou typů aut průměrně stejná. Emise složek CO₂ u elektromobilu během samotného provozu je nižší než u automobilu se spalovacím motorem, ale je vyšší při výrobě potřebné elektřiny, protože většina elektráren jsou uhelné a spalováním uhlí dochází k značné emisi CO₂. Takže pokud EU chce co nejvíc snížit emisi CO₂, je nutně aby se zaměřila taky na rozvoj elektrických stanic, využívajících alternativní zdroje energie, protože, jak už bylo zmíněno v mé práci, ony produkují mnohem menší množství CO₂.

Náklady na spotřebu u elektromobilu podle provedených mnou výpočtů v mé bakalářské práci jsou nižší než analogické náklady u vozidla se spalovacím motorem, ale je důležité si přitom pamatovat, že dojezdová vzdálenost elektromobilů je nižší než u konvenčních vozidel a nabíjení baterie na dostatečnou kapacitu pro jízdy na velké vzdálenosti trvá mnohem déle než natankování benzinem auta se spalovacím motorem.

Protože elektromobil neobsahuje v sobě tolik komplikovaných prvků (filtry, palivové oleje, svíčky atd.), nemá převodovku a má delší životnost, údržba auta s čistě elektrickým motorem je méně náročná a z toho důsledku levnější. Problémy však můžou vzniknout na servisu, protože elektromobil je nová technologie, a ne všichni mechanici mají nutnou kvalifikaci a potřebné zkušenosti pro provádění oprav automobilu s čistě elektrickým motorem. Obtíže mohou vzniknout taky kvůli nedostatku nutných pro výměnu součástí.

Z vypočtených toků hotovostí pro oba druhy vozidel je vidět, že použití elektromobilů je vědomější než využití auta se spalovacím motorem při úmyslu hodně časté jízdy, aby co nejdříve se vyplatila vyšší cena elektromobilu oproti ceně obyčejného vozidla. Počet nutné ujetých kilometrů, aby majitelovi se uplatil provoz

elektromobilu, podle zvolených parametrů a udělaných mnou výpočtů činí přibližně 40 502 km.

Jak už bylo zmíněno, nabíjení elektrického auta v domácnostech je pomalejší kvůli menšímu poskytovanému výkonu než dobíjení z venkovní stanice. Avšak lze zvýšit výkon dodávaný do baterie instalací tzv. wallboxů nebo vícefázových zásuvek, ale k oběma způsobem přispívají i náklady s tím spojené, s čímž se musí člověk počítat při rozhodnutí o nákupu elektromobilu a způsobu jeho nabíjení.

Druhá možnost nabít své auto – speciální venkovní nabíjecí stanice. K tomu slouží tzv. rychlodobíjecí stanice, dodávající do baterie elektromobilů stejnosměrný proud a tzv. pomaludobíjecí stanice, dodávající střídavý proud. Za využití těchto zařízení se platí měsíční poplatek ve vyšší 150 Kč. Tyto stanice jsou provozované různými společnostmi, v Česku to jsou například ČEZ, PRE, E.ON atd. Jejich nevýhodou je to, že řidič elektromobilu pro nabíjení svého auta se musí k těmto stanicím dostávat a věnovat nutný čas pro nabíjení, avšak dneska hodně nabíjecích stanic jsou instalované u obchodních domů, což umožňuje řidičům dobít své auto během nákupů.

Pro pohodlnou exploataci elektromobilu je potřeba zajistit co největší počet nabíjecích stanic. Z obr.10 je vidět, že hustota rozmístění nabíjecích stanic na 1000 km v ČR a Velké Británii je mnohem menší ve srovnání s jinými vybranými státy, což znamená, že jízda elektromobilem na území ČR a Velké Británii je v tomto smyslu náročnější.

Prodeje elektromobilů ve vybraných evropských státech ukazují, že lídrem v prodeji vozidel s čistě elektrickým motorem je Norsko. Z obr.15 a obr.16 je vidět, že počet prodaných elektromobilů v ČR v roce 2018 nedosáhl ani hodnoty 1000 kusů, když v jiných prozkoumaných zemích prodeje elektromobilů v roce 2018 jsou přes 10 000 kusů. Podle udělaných v mé práci prognóz, ve všech vybraných zemích kromě ČR a Německa, se očekává skoro lineární růst prodeje elektromobilů, což znamená velký zájem těchto států a jejich občanů v pořízení automobilů pohaněných elektrickou energií. V dnešní době ve mnohých evropských zemích vláda různě podporuje majitele elektromobilů: dotace, osvobození od silniční daně atd. Tím se zvětšuje zájem lidí o vozy s čistě elektrickým motorem, a proto se v budoucnu lze očekávat stabilní růst prodeje elektromobilů.

Obrázky č. 23-28 ukazují, že v Norsku, Velké Británii a Francii, na rozdíl od Německa a ČR, závislosti hustoty rozmístění nabíjecích stanic na prodejích elektromobilů jsou téměř lineární s koeficientem spolehlivosti blízkému k 1. Tato skutečnost znamená, že s růstem počtu elektromobilů na silnicích těchto států, má místo výrazný vývoj dobíjecí infrastruktury, což podle mého názoru je výsledkem vhodných řešení a opatření vlád těchto zemí pro rozvoj elektromobility a splnění ustanovení EU o snížení emise CO₂.

Elektromobilita je velmi důležitá pro budoucnost, jelikož nemůžeme být jisté v tom, že budeme moct dál dobývat naftu, plyn a další podobné látky. Elektrina je vhodnou alternativou pro uvedení do pohybu aut, autobusů a dalších dopravních jednotek. Podle mého názoru, to je právě jeden z nejdůležitějších důvodů proč vláda, výrobce automobilů atd. by měli dále rozvíjet novou technologii jako elektromobilita. Avšak elektromobil je velmi drahá věc, dražší než obyčejné auto se spalovacím motorem, a proto vlády států EU musí podporovat více majitele elektromobilů, aby se jim co nejrychleji vyplatilo jejich pořízení a aby lidé byli více motivovaní koupit si elektromobil.

8 Seznam použité literatury a zdrojů:

- [1] Infineon Technologies: *What you need to know about electromobility*. Dostupné na <https://www.infineon.com/cms/en/discoveries/electromobility/>
- [2] James Larmin, John Lowry: *Electric Vehicle Technology Explained*
- [3] AUTO.CZ: *Vodíkový pohon automobilů: Nechceme lithium, chceme vodík*. Dostupné na <http://www.auto.cz/vodikovy-pohon-automobilu-nehceme-lithium-chceme-vodik-121182>
- [4] iDnes.cz: *V Německu začaly jezdit vlaky na vodíkový pohon, první svého druhu*. Dostupné na https://www.idnes.cz/ekonomika/zahranicni/vlak-nemecko-vodik-diesel.A180917_151221_eko-zahranicni_mato
- [5] James Larmin, John Lowry: *Electric Vehicle Technology Explained*
- [6] Sergio Manzetti, Florin Mariasiu: *Electric vehicle battery technologies: From present state to future systems*
- [7] Voženílek, P., Novotný, V., Mindl, P.: *Elektromechanické měniče, České vysoké učení technické v Praze*, 2005, ISBN 978-80-01-04875-7
- [8] Citováno z Autoznanosti.cz: *Čtyřdobý spalovací motor – základní princip*. Dostupné na <http://www.autoznanosti.cz/index.php/motor/1-ctyrdoby-spalovaci-motor.html>
- [9] U.S. DEPARTMENT OF ENERGY: *All-Electric Vehicles*. Dostupné na <https://www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml>
- [10] Clean Technica: *Electric Car Myth Buster – Efficiency*. Dostupné na <https://cleantechnica.com/2018/03/10/electric-car-myth-buster-efficiency/>
- [11] Wikipedia: *List of electric cars currently available*. Dostupné na https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_electric_cars_currently_available
- [12] Wikipedia: *List of electric cars currently available*. Dostupné na https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_electric_cars_currently_available
- [13] James Larmin, John Lowry: *Electric Vehicle Technology Explained*
- [14] James Larmin, John Lowry: *Electric Vehicle Technology Explained*

- [15] Electric vehicles in Europe: *How environmentally friendly are electric vehicles?*
Dostupné na file:///E:/baka1%C3%A1%C5%99sk%C3%BD%20projekt/Electric-vehicles2016_THAL16019ENN.pdf
- [16] Wikipedia: *Electric car energy efficiency*. Dostupné na https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car_energy_efficiency
- [17] Evexpert.cz: *Náklady na provoz a údržbu elektromobilu*. Dostupné na: <https://www.evexpert.cz/rady-a-tipy-zajimavosti-novinky-informace-evexpert/elektromobilita/naklady-na-provoz-a-udrzbu-elektromobilu>
- [18] Evrater.com: *Current EVs (available now)*. Dostupné na <https://evrater.com/evs>
- [19] E.ON Rádce: *Kolik stojí nejlevnější elektromobil? Cena vás překvapí*. Dostupné na: <https://www.eon.cz/radce/kolik-stoji-nejlevnejsi-elektromobil-cena-vas-prekvapi>
- [20] Klokočka Autosalon. Dostupné na <http://www.klokocka.cz/>
- [21] Autosystem.cz: Dostupné na <https://www.autosystem.cz/>
- [22] HYBRID.CZ: *Servisní náklady elektromobilů: srovnání Nissan Leaf a Hyundai Ioniq*. Dostupné na <http://www.hybrid.cz/servisni-naklady-elektromobilu-srovnani-nissan-leaf-hyundai-ioniq>
- [23] DailyEnergyInsider: *Utilities, states work together to expand EV charging infrastructure*. Dostupné na <https://dailyenergyinsider.com/reports/14198-utilities-states-work-together-to-expand-ev-charging-infrastructure/>
- [24] Wikipedia: *Charging stations*. Dostupné na https://en.wikipedia.org/wiki/Charging_station
- [25] Alza.cz: *Vše, co potřebujete vědět o nabíjení elektromobilů*. Dostupné na <https://www.alza.cz/vse-o-nabijeni-elektromobilu>
- [26] Evexpert: *Adaptér z 16 A průmyslové zásuvky CEE 5-kolík (samec) na 32A CEE 5-kolík (samice) s půl metrovou délkou kabelu*. Dostupné na <https://www.evexpert.cz/p/242/adapter-16a-cee-5-pin-na-32a-cee-5-pin>
- [27] Alza.cz: *Příslušenství k elektromobilům*. Dostupné na <https://www.alza.cz/prislusenstvi-k-elektromobilum/18862465.htm>
- [28] R-EVC: *MENNEKES WALLBOX – 16 A–32 A*. Dostupné na <https://r-etc.com/cs/wallbox/27-mennekes-wallbox-16a-32a.html>

- [29] SKUPINA ČEZ: *Řešení pro domácí nabíjení*. Dostupné na <http://www.elektromobilita.cz/cs/domaci-dobijeni.html>
- [30] Open Charge Map: Dostupné na <https://openchargemap.org/site>
- [31] Statista: Dostupné na <https://www.statista.com/>
- [32] Statista: Dostupné na <https://www.statista.com/>
- [33] Statista: Dostupné na <https://www.statista.com/>
- [34] Statista: Dostupné na <https://www.statista.com/>
- [35] Wikipedia: Dostupné na https://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page
- [36] Wikipedia: Dostupné na https://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page
- [37] Hybrid.cz: Dostupné na <http://www.hybrid.cz/>
- [38] Hybrid.cz: Dostupné na <http://www.hybrid.cz/>
- [39] Exponenciální vyrovnání: Dostupné na <https://iastat.vse.cz/casovky/casovky7.htm>
- [40] Statista: *Number of electric vehicle charging stations in Germany from 2012 to 2018, by type*. Dostupné na <https://www.statista.com/statistics/932998/number-of-electric-vehicle-charging-stations-germany/>
- [41] Wikipedia: *Plug-in electric vehicles in Germany*. Dostupné na https://en.wikipedia.org/wiki/Plug-in_electric_vehicles_in_Germany
- [42] Statista: *Number of electric vehicle charging stations in Norway from 2012 to 2018, by type*. Dostupné na <https://www.statista.com/statistics/696548/number-of-electric-car-charging-stations-in-norway-by-type/>
- [43] Wikipedia: *Plug-in electric vehicles in Norway*. Dostupné na https://en.wikipedia.org/wiki/Plug-in_electric_vehicles_in_Norway
- [44] Statista: *Number of electric vehicle charging stations in France from 2012 to 2018, by type*. Dostupné na <https://www.statista.com/statistics/932730/number-of-electric-vehicle-charging-stations-france/>
- [45] Wikipedia: *Plug-in electric vehicles in France*. Dostupné na https://en.wikipedia.org/wiki/Plug-in_electric_vehicles_in_France
- [46] Statista: *Number of electric vehicle charging stations in United Kingdom from 2012 to 2018, by type*. Dostupné na <https://www.statista.com/statistics/932692/number-of-electric-vehicle-charging-stations-uk/>

[47] Wikipedia: *Plug-in electric vehicles in United Kingdom*. Dostupné na https://en.wikipedia.org/wiki/Plug-in_electric_vehicles_in_the_United_Kingdom

[48] Hybrid.cz: Dostupné na <http://www.hybrid.cz/>

[49] Český statistický úřad: Dostupné na <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=DEM05&z=T&f=TABULKA&skupId=546&katalog=30845&pvo=DEM05&str=v94>

9 Seznam obrázků:

Obr.1 Princip fungování elektromobilu, zdroj: [5]	5
Obr.2: Maximální rychlost elektromobilů různých výrobců a modelů, zdroj: vlastní zpracování dle [11]	6
Obr.2: Maximální rychlost elektromobilů různých výrobců a modelů, zdroj: vlastní zpracování dle [11]	6
Obr. 3: Akcelerace elektromobilů různých výrobců a modelů, zdroj: vlastní zpracování dle [12]	7
Obr. 4: Množství vypuštěných emisí CO ₂ za životní cyklus automobilu podle zdroje paliv, Zdroj: [15]	8
Obr.5: Statistika spotřeby elektřiny elektromobilů, zdroj: vlastní zpracování dle [16]..	10
Obr.6: Statistika cen na elektromobily v EU, zdroj: vlastní zpracování dle [18]	11
Obr.7: Adaptér z 16 A průmyslové zásuvky CEE 5-kolík (samec) na 32A CEE 5-kolík (samice) s půl metrovou délkou kabelu, zdroj: [26]	22
Obr.8: MENNEKES WALLBOX – 16 A–32 A, zdroj: [28]	23
Obr.9: Mapa rozmístění nabíjecích stanic v Evropě, zdroj: [30]	24
Obr.10: Dynamika růstu počtu nabíjecích stanic ve vybraných zemích Evropy, zdroj: vlastní zpracování dle [31]	25

Obr.11: Hustota nabíjecích stanic ve vybraných evropských zemích, zdroj: vlastní zpracování dle [32]	25
Obr.12: Dynamika růstu počtu nabíjecích stanic v České republice, zdroj: vlastní zpracování dle [33]	25
Obr.13: Hustota nabíjecích stanic v ČR, zdroj: vlastní zpracování dle [34].....	26
Obr.14: Prodeje elektromobilů ve vybraných evropských zemích, zdroj: vlastní zpracování dle [35].....	27
Obr.15: Prodeje elektromobilů na 1000 lidí ve Francii, Německu, Norsku, zdroj: vlastní zpracování dle [36]	28
Obr.16: Prodeje elektromobilů na 1000 lidí ve Velké Británii, zdroj: vlastní zpracování dle [46].....	28
Obr.17: Vývoj prodejů osobních elektromobilů v ČR, zdroj: vlastní zpracování dle [37].....	29
Obr.18: Vývoj prodejů osobních elektromobilů na 1000 lidí v ČR, zdroj: vlastní zpracování dle [38]	29
Obr.19 Prognóza prodejů elektromobilů v Německu, zdroj: vlastní zpracování dle [40]	31
Obr.20 Prognóza prodejů elektromobilů v Norsku, zdroj: vlastní zpracování dle [41]	32
Obr.21 Prognóza prodejů elektromobilů ve Francii, zdroj: vlastní zpracování dle [42]	32
Obr.22 Prognóza prodejů elektromobilů ve Velké Británii, zdroj: vlastní zpracování dle [43].....	33
Obr.23 Prognóza prodejů elektromobilů v České republice, zdroj: vlastní zpracování dle [44].....	33
Obr. 24 Závislost hustoty rozmístění nabíjecích stanic na prodejích elektromobilů v Německu, zdroj: vlastní zpracování dle [40], [41]	34
Obr. 25 Závislost hustoty rozmístění nabíjecích stanic na prodejích elektromobilů v Norsku, zdroj: vlastní zpracování dle [42], [43]	35
Obr. 26 Závislost hustoty rozmístění nabíjecích stanic na prodejích elektromobilů ve Francii, zdroj: vlastní zpracování dle [44], [45]	35
Obr. 27 Závislost hustoty rozmístění nabíjecích stanic na prodejích elektromobilů ve Velké Británii, zdroj: vlastní zpracování dle [46], [47]	36
Obr. 28 Závislost hustoty rozmístění nabíjecích stanic na prodejích elektromobilů v ČR, zdroj: vlastní zpracování dle [48], [49]	36

Obr. 29 Závislost hustoty rozmístění nabíjecích stanic na prodeji elektromobilů v Německu, Francii a Velké Británii zdroj: vlastní zpracování dle [40], [41], [44], [45], [46], [47]37

10 Seznam tabulek:

Tab.1: Orientační ceny na elektromobily v České republice, zdroj: [19].....	12
Tab.2: Orientační ceny na nové neojeté vozy se spalovacím motorem v ČR, zdroj: vlastní zpracování dle [20], [21]	12
Tab.3: Výpočet Cash Flow a ročních nákladů pro automobil se spalovacím motorem Škoda Octavia „Elegance“1.6 MPI pro průměrnou ujetou dráhu 7 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle vlastních dat	14
Tab.4: Výpočet NPV a CRN pro automobil se spalovacím motorem Škoda Octavia „Elegance“1.6 MPI pro průměrnou ujetou dráhu 7 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle vlastních dat	15
Tab.5: Výpočet Cash Flow a ročních nákladů pro automobil se spalovacím motorem Škoda Octavia „Elegance“1.6 MPI pro průměrnou ujetou dráhu 15 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle vlastních dat	15
Tab.6: Výpočet NPV a CRN pro automobil se spalovacím motorem Škoda Octavia „Elegance“1.6 MPI pro průměrnou ujetou dráhu 15 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle vlastních dat	16
Tab.7: Výpočet Cash Flow a ročních nákladů pro automobil se spalovacím motorem Škoda Octavia „Elegance“1.6 MPI pro průměrnou ujetou dráhu 25 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle vlastních dat	16

Tab.8: Výpočet NPV a CRN pro automobil se spalovacím motorem Škoda Octavia „Elegance“1.6 MPI pro průměrnou ujetou dráhu 25 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle vlastních dat	16
Tab.9: Výpočet Cash Flow a ročních nákladů pro elektromobil Nissan Leaf pro průměrnou ujetou dráhu 7 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle [16], [22]	17
Tab.10: Výpočet NPV a CRN pro elektromobil Nissan Leaf pro průměrnou ujetou dráhu 7 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle [16], [22].....	17
Tab.11: Výpočet Cash Flow a ročních nákladů pro elektromobil Nissan Leaf pro průměrnou ujetou dráhu 15 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle [16], [22]	18
Tab.12: Výpočet NPV a CRN pro elektromobil Nissan Leaf pro průměrnou ujetou dráhu 15 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle [16], [22].....	18
Tab.13: Výpočet Cash Flow a ročních nákladů pro elektromobil Nissan Leaf pro průměrnou ujetou dráhu 25 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle [16], [22]	19
Tab.14: Výpočet NPV a CRN pro elektromobil Nissan Leaf pro průměrnou ujetou dráhu 25 000 km/rok, zdroj: vlastní zpracování dle [16], [22].....	19
Tab.15: Čas dobíjení z nabíjecích stanic na dojezdovou vzdálenost 100 km, zdroj: [24]	21
Tab.16: Ceny na adaptéry v České republice, zdroj: vlastní zpracování dle [27]	23
Tab.17: Ceny na WALLBOXY v České republice, zdroj: [24]	24