

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra statistiky



Bakalářská práce

Elektromobilita a její očekávaný vývoj v České republice

Tomáš Hejlík

© 2023 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tomáš Hejlík

Podnikání a administrativa

Název práce

Elektromobilita a její očekávaný vývoj v České republice

Název anglicky

Electromobility and its expected development in Czech Republic

Cíle práce

Hlavním cílem práce bude na základě analýzy vývoje elektromobility, vytvořit predikci vybraných ukazatelů v souladu s dosavadním stavem elektromobility v České republice. Na základě této predikce bude vytvořeno hodnocení určitých vývojových ukazatelů.

Metodika

K hodnocení a vytvoření prognózy vývoje elektromobility budou vybrány metody analýzy časových řad.

Doporučený rozsah práce

40-50 stran

Klíčová slova

Elektromobilita, elektrická energie, analýza, časové řady, obnovitelné zdroje, plug in hybrid.

Doporučené zdroje informací

HENDERSON, Peter. Ecological Effects of Electricity Generation, Storage and Use. Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI, 2018. 231 s. ISBN-13: 978 1 78639 202 2.

KADULA, Lukáš, KOUŘIL, Petr, 2021. Rozvoj elektromobility v ČR. Silniční obzor. 82(3), 78-81. ISSN 0322-7154.

KAMEŠ, Josef. Hybridní a elektrický pohon automobilů. 2. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. Technická fakulta, 2015. ISBN 2013-11-14-1.

NIKOWITZ, Michael. Advanced Hybrid and Electric Vehicles: System Optimization and Vehicle Integration. 1. Springer International Publishing, 2016. ISBN 978-3-319-26304-5.

SVATOŠOVÁ, Libuše a Bohumil KÁBA. Statistické metody II. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2008. ISBN 978-80-213-1736-9.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Andrea Jindrová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra statistiky

Elektronicky schváleno dne 28. 6. 2022

prof. Ing. Libuše Svatošová, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 10. 2022

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 07. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Elektromobilita a její očekávaný vývoj v České republice " jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne datum odevzdání

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Andree Jindrové Ph.D., za její pomoc, konzultace a shovívavost, kterou mi v průběhu zpracování práce poskytla.

Elektromobilita a její očekávaný vývoj v České republice

Abstrakt

Předložená bakalářská práce se zabývala sledováním struktury a rozvoje elektromobility a související infrastruktury v České republice v letech 2012-2022. Dále se zabývala sestavením predikce rozvoje elektromobility v letech 2023.

Teoretická část je zaměřena na obecný popis elektromobility. Nejdříve nahlíží na historii elektromobilů a dále rozebírá klíčová témata spojená s elektromobilitou. Vysvětluje základní pojmy, které slouží pro pochopení dané problematiky. Rozebírá nejdůležitější komponenty vozidel a jejich vlastnosti. Dále se teoretická část věnuje dobíjecí infrastruktuře, zejména stanicemi a body. Krátce nahlíží na výhody elektrických vozidel a jejich odlišností od vozidel se spalovacím motorem.

Praktická část je zaměřena na dosavadní vývoj elektromobilů a její dobíjecí infrastruktury. Zaměřuje se na vozidla v individuální soukromé dopravě, která v sektoru dopravy produkují nejvíc emisí. U jednotlivých ukazatelů jsou sestaveny časové řady a trendové funkce. K časovým řadám jsou zjištěny elementární charakteristiky, podle kterých je charakterizován vývoj počtu nových registrací. Na závěr jsou díky trendovým funkcím stanoveny prognózy pro vybrané ukazatele do roku 2023.

Na základě vybraných elementárních charakteristik a podle dosavadního vývoje bude elektromobilita nadále v České republice výrazně růst.

Klíčová slova: Elektromobilita, elektrické vozidlo, nabíjecí infrastruktura, časová řada, baterie, životní prostředí

Electromobility and its expected development in the Czech Republic

Abstract

The presented bachelor thesis dealt with the monitoring of the structure and development of electromobility and related infrastructure in the Czech Republic in the years 2012-2022. It also dealt with the compilation of a prediction of the development of electromobility in the year 2023.

The theoretical part focuses on a general description of electromobility. It first looks at the history of electric vehicles and then discusses critical topics related to electromobility. It explains the basic concepts used to understand the subject. It discusses the most important vehicle components and their characteristics. Furthermore, the theoretical part deals with charging infrastructure, particularly stations, and points. It briefly looks at the advantages of electric vehicles and how they differ from internal combustion engine vehicles.

The practical part focuses on the development of electric vehicles and their charging infrastructure so far. It focuses on vehicles in individual private transport, the most emission-intensive in the transport sector. Time series and trend functions are constructed for each indicator. For the time series, elementary characteristics are identified to characterize the evolution of the number of new registrations. Finally, the trend functions provide forecasts for the selected indicators until 2023.

Based on the selected elementary characteristics and the trend so far, electromobility will continue to grow significantly in the Czech Republic.

Keywords: Electromobility, electric vehicle, charging infrastructure, time series, battery, environment

Obsah

Obsah.....	8
1 Úvod.....	10
2 Cíl práce a metodika	12
2.1 Cíl práce	12
2.2 Metodika práce	12
2.2.1 Časové řady.....	12
2.2.2 Druhy časových řad	12
2.2.3 Elementární charakteristiky časových řad	13
2.2.4 Dekompozice časové řady.....	14
2.2.5 Modelování neperiodických časových řad.....	15
2.2.6 Volba vhodného modelu trendu	16
2.2.7 Předpověď	17
2.2.8 Hodnocení prognóz.....	17
3 Teoretická část.....	19
3.1 Historie elektromobilů	19
3.2 Vývoj elektromobilů v Čechách	20
3.3 Mobilita 21. století.....	20
3.4 Emise.....	21
3.5 Hybridní automobily	22
3.6 Elektrické vozidlo	23
3.6.1 Elektromobil na baterie	23
3.6.2 Plug-in Hybrid	24
3.6.3 Elektromobil s palivovými články.....	24
3.7 Kategorizace vozidel.....	25
3.8 Zásobník energie.....	26
3.9 Baterie	26
3.10 Nabíjecí infrastruktura	28
3.10.1 Dobíjecí stanice	28
3.10.2 Dobíjecí body	29
3.11 Nabíjecí infrastruktura v ČR	29
3.11.1 Metody nabíjení.....	29
3.12 Výhody a nevýhody elektromobilů.....	30
3.12.1 Znečištěné ovzduší.....	31
3.12.2 Cena	31

4 Praktická část	32
4.1 Vývoj elektromobilů	32
4.2 Osobní elektromobil.....	34
4.2.1 Osobní bateriový elektromobil	35
4.2.2 Plug-in hybrid	37
4.3 Nabíjecí infrastruktura	39
4.3.1 Dobíjecí stanice	40
4.3.2 Dobíjecí body	42
5 Závěr.....	44
6 Seznam použitých zdrojů	46
6.1 Odborné zdroje	46
6.2 Elektronické zdroje	48
7 Seznam obrázků, tabulek, grafů	49
7.1 Seznam tabulek.....	49
7.2 Seznam grafů	49

1 Úvod

Předložená bakalářská práce se věnuje problematice a shrnutí informací o rozvoji elektromobility v České republice v letech 2012–2022. Dále se zabývá sestavením odhadem budoucí dynamiky rozvoje elektromobility a související infrastruktury.

Na začátku 20. století se objevila první vozidla, která byla poháněna fosilními palivy. Postupem času se i kvůli těmto vozidlům znečistilo ovzduší. Špatná kvalita ovzduší přiměla lidstvo, aby začalo uvažovat o využívání čistších zdrojů energie pro dopravu. Znečištěné ovzduší představuje celosvětový problém, který musí lidská společnost efektivně, a hlavně ekologicky vyřešit.

V současné době je elektrická energie považována jako hlavní nástroj k pozitivní změně klimatu. Od okamžiku, co byla elektřina uvedena do provozu, prošla významným vývojem. Zvýšila se účinnost elektřiny, zefektivnila se její výroba, a především jsme se naučili generovat elektřinu z čistých zdrojů. Dochází k přechodu spalovacích motorů na elektrická a postupem času má svět docílit klimatické neutrality. Elektromobilita a její infrastruktura se nachází na začátku svého rozvoje a je zásadní, aby se prováděli racionální strategie, které přimějí k rozvoji čisté dopravy. Z hlediska naplňování strategických cílů je klíčové to, aby pro následující období v České republice byla zajištěna finanční podpora zejména z prostředků EU.

Pro celkový vývoj elektromobility je potřeba sledovat jednotlivé dílčí komponenty elektrických vozidel, ať už se jedná o akumulátor nebo elektromotor. Dosavadním problémem byly především nedostatky spojené s akumulátory, ovšem technologie akumulátorů se neustále zdokonaluje a v této oblasti lze očekávat výrazný progres. Dále je nutné sledovat požadavky v rámci způsobu dopravy, kde největším producentem emisí je individuální automobilová doprava následovaná silniční nákladní dopravou a silniční veřejnou dopravou.

Nedílnou součástí elektromobility je dobíjecí infrastruktura, která se skládá z veřejně dobíjecích stanic a bodů. Problémem v nabíjecí infrastruktuře je definování veřejné, respektive soukromé dobíjecího zdroje. V České republice počet veřejných dobíjecích stanic narůstá zejména díky stimulaci veřejnou podporou, z větší části však jsou dobíjecí stanice instalovány soukromými zdroji. Na rozdíl od České republiky přistupuje většina členských států Evropské unie k této problematice velmi komplexně.

Klíčovým ukazatelem v rozvoji elektromobility je prodej vozidel. Prodej vozidel je určován nabídkou automobilových společností, která stále podléhá intenzivnější regulaci ze strany Evropské unie.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Hlavním cílem bakalářská práce je prostudovat současnou situaci a dynamiku vývoje elektromobility v České republice v letech 2012 až 2022 podle vybraných ukazatelů. Na základě provedených analýz byly sestaveny prognózy budoucího vývoje elektromobility v České republice.

2.2 Metodika práce

V praktické části jsou vybrány vhodné ukazatele a statistické metody pro charakteristiku vývoje elektrických vozidel. Sledované ukazatele byly zkoumány pomocí analýzy časových řad.

Zdrojem jsou využity data z Ministerstva dopravy a Centra dopravního výzkumu. Ke zpracování dat byl použit program IBM SPSS Statistics 28.

2.2.1 Časové řady

Pro zkoumání změn jevů v čase je vhodná statistická metoda analýza časových řad. Analýza časových řad je aplikace statistického modelu na časové řady dat za účelem zkoumání pohybu proměnných, což analytikům umožňuje odhadnout vztahy proměnných za účelem testování hypotéz, vytváření předpovědí o budoucnosti a posuzování dopadu určitých změn (Pickup, 2015, s. 1).

Časová řada představuje data neboli výsledek pozorování, která jsou chronologicky uspořádaná v čase. Vytvářejí tak intervaly nebo řady, které jsou stochastické, nikoliv deterministické, proto nejde jednoznačně určit chování řad pomocí matematického vzorce.

Zápis časové řady je y_1, y_2, \dots, y_n neboli $y_t, t = 1, \dots, n$, kde y značí analyzovaný ukazatel, t je časová proměnná s celkovým počtem pozorování n (Pickup, 2015, s. 1).

2.2.2 Druhy časových řad

Členění časových řad se provádí na základě charakteru kvantitativní charakteristiky (ukazatele) a to na řady okamžikové a intervalové. Okamžikové časové řady zobrazují

hodnoty, které jsou zaznamenány k určitému časovému okamžiku nebo datu. Intervalové časové řady vyjadřují, kolik situací, věcí, akcí vzniklo za určitý interval.

Dále se časové řady člení podle periodicity, kde záleží na pravidelnosti ukazatele. Pokud je periodičita ukazatele kratší než jeden rok, tak se jedná o časové řady krátkodobé a je-li periodičita ukazatele nejméně roční, tak lze hovořit o dlouhodobých časových řadách (Arlt, 2007, s. 11-12).

2.2.3 Elementární charakteristiky časových řad

Principem analýzy dat statistických charakteristik je sledovat a hodnotit rychlost změn (dynamiku vývoje) hodnot sledovaného ukazatele v závislosti na čase. Základní charakteristiky časových řad se dělí na relativní a absolutní.

Absolutní charakteristiky se vyznačují tím, že porovnávají absolutní hodnoty jednotlivých členů.

Příkladem je první diference neboli absolutní přírůstek, který je znázorněn ve vzorci č. 2.1. První diference představuje rozdíl sousedních hodnot neboli porovnává hodnoty aktuální y_t s hodnotou minulého období y_{t-1} . Tyto diference určují přírůstek nebo úbytek daného zkoumaného ukazatele.

$$d_{y_t} = y_t - y_{t-1} \quad \text{pro} \quad t = 2, 3, \dots, n \quad (2.1)$$

Představitel relativní Charakteristiky je koeficient růstu, který popisuje relativní postupnou rychlost změn v časové řadě. Pokud se tento koeficient vyjádří v procentech hovoříme o tempo růstu. Ve vzorci č. 2.2 udává koeficient růstu k_t podíl aktuální y_t a předešlé hodnoty y_{t-1} .

$$k_t = \frac{y_t}{y_{t-1}} \quad t = 2, 3, \dots, n \quad (2.2)$$

Dalším příkladem relativní charakteristiky je průměrný koeficient růstu, který se definuje jako geometrický průměr jednotlivých koeficientů. Nicméně lze použít jenom u časových řad, jež vykazují monotónní průběh poklesu, či vzestupu. Ve vzorci č. 2.3 představují hodnoty k_2, k_3, \dots, k_n vypočtené koeficienty růstu

$$\bar{k} = \sqrt[n-1]{\frac{y_2}{y_1}, \frac{y_3}{y_2}, \dots, \frac{y_n}{y_{n-1}}} = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_1}} \quad (2.3)$$

Při zjištění úrovně ukazatelů časové řady se používají průměry. Způsob výpočtu závisí na typu časové řady, pokud se jedná o intervalovou řadu, určuje se průměr jako klasický aritmetický průměr. Při odlišně dlouhých intervalech je potřeba počítat s váženým aritmetickým průměrem (Arlt a Arltová, 2009, s.11; Svatošová a Kába, 2008, s. 41).

2.2.4 Dekompozice časové řady

Dekompozice časových řad je statistická úloha, která rozkládá časovou řadu do tří složek.

- Trend (T_t) – trendová složka v čase t , zohledňuje dlouhodobý vývoj řady (sekulární variace). Trend existuje tehdy, když je v datech patrný trvalý rostoucí nebo klesající směr. Složka trendu nemusí být lineární.
- Periodické kolísání (P_t) – je pravidelně se opakující odchylka od trendové složky s pevnou délkou. Podle délky jedné periody ji lze rozdělit na:
 - Cyklické kolísání – reflektuje opakované a neperiodické výkyvy, které přesahují období delší než jeden rok. Trvání těchto výkyvů závisí na povaze časové řady.
 - Sezónní kolísání – vyjadřuje sezónnost (sezónní výkyvy). Sezónní vzorec existuje, když je časová řada ovlivněna sezónními faktory. Sezónnost se projevuje v pevném a známém období (např. čtvrtletí roku, měsíc nebo den v týdnu)
 - Krátkodobé kolísání – výkyvy se opakují v rámci období, které je kratší než jeden rok.

- Náhodné kolísání (ε_t) – popisuje náhodné, nepravidelné vlivy. Pod tuto složku můžeme zahrnout všechny vlivy na časovou řadu, které nemůžeme systematicky zachytit ani popsat.

Dekompozici časových řad do zmíněných složek lze provést dvěma modely, a to aditivní a multiplikační. Při výběru metody je podstatné zohlednit velikost periodického kolísání. Jestliže kolísání má stálou relativní amplitudu neboli rozkmit, měl by se použít model aditivní.

2.2.5 Modelování neperiodických časových řad

Hlavním úkolem analýzy neperiodických časových řad je vystižení základní tendence jejich vývoje, respektive trendu. Skutečné hodnoty časový řad nahradíme teoretickými hodnotami, které jsou očištěné od náhodného kolísání. Vyrovnání lze provádět zejména mechanicky (pomocí klouzavých průměrů) a analyticky (pomocí analytických funkcí).

Analytické vyrovnání časových řad je proces vyjádření časových řad pomocí matematické funkce, kdy se zkoumaná hodnota časové řady bere jako závislá proměnná y^t a čas (časová proměnná) jako nezávislá proměnná t . K analýze vyrovnání se používá relativně malý rozsah trendových funkcí, které by měly být matematicky jednoduché.

Pod matematickou jednoduchostí se rozumí následující vlastnosti:

- minimální počet znaků,
- minimální možná mocnina argumentu,
- linearita v parametrech,
- spojitost.

Příklady funkcí, které odpovídají těmito vlastnostem jsou:

1. Lineární:
$$T_t = a + bt \quad (2.4)$$

2. Kvadratická:
$$T_t = a + bt + ct^2 \quad (2.5)$$

3. Exponenciální:
$$T_t = ab^t \quad (2.6)$$

Ve vzorcích č. 2.4-2.6 t udává časovou proměnnou a a, b, c jsou výběrové parametry (Svatošová a Kába, 2008, s. 44).

2.2.6 Volba vhodného modelu trendu

Pro posouzení vhodnosti modelu by měla být věcná ekonomická kritéria, která ale odhalují pouze základní tendence ve vývoji. V některých případech se dá zjistit, jestli je funkce rostoucí nebo klesající. Nicméně jen na základě ekonomických kritérií nelze vybrat konkrétní model. Další metodou stanovení vhodného modelu je analýza grafů. Pro správnou volbu je důležitý rozbor parametrů stochastické struktury, které poskytují informaci o stupni shody empirických hodnot s teoretickými hodnotami. Nejčastějším příkladem je index determinace, který slouží právě k popisu shody.

Index determinace

Index determinace určuje odhad parametrů trendové funkce. Je podstatným faktorem, proto je nutné zvolit správnou trendovou funkci. Obvykle počítaným ukazatelem je index determinace (I^2):

$$I^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2} \quad (2.7)$$

Vzorec 2.7 y_t představuje hodnoty časové řady. Hodnota \bar{y} představuje aritmetický průměr hodnot časové řady. Hodnota \hat{y}_t je vypočtená hodnota podle vhodného typu trendové funkce. Index determinace je bezrozměrné číslo, splňující relaci $0 \leq I^2 \leq 1$.

Čím víc se výsledek indexu blíží jedné, tím model lépe charakterizuje sledovanou časovou řadu. Naopak pokud se hodnota indexu determinace přibližuje nule, tak značí menší shodu s modelem a časovou řadou. Za nejvhodnější funkci pro zjištění dynamiky časové řady by měla být vybrána ta funkce, jejíž hodnota indexu determinace se přibližuje maximální hodnotě (Svatošová a Kába, 2008, s. 46-47)

2.2.7 Předpověď

Jednou další funkcí analýzy časových řad je prognózování budoucího vývoje ukazatele. Prognóza neboli předpověď je výrok o výsledku nějaké události, jejíž realizace není v současné době známa. Tento výrok musí nastat za konkrétně daných podmínek a předem určeném čase. Předpověď je většinou sestavena ze souboru různých možností, ke kterým může v budoucnu dojít. Součástí předpovědi je také soubor alternativních postupů, které otevírají nové perspektivy do budoucna (Cipra, 2008, s. 70)

Předpovědi se rozdělují na bodové a intervalové. Bodová předpověď představuje odhad budoucí hodnoty dané časové řady, která je ale vždy zatížená určitou chybou. Proto se sestavuje předpovědní interval, kde středem tohoto intervalu je právě bodová předpověď. Intervalový odhad není vyjádřen číslem, ale celým intervalem, ve kterém by měla daná charakteristika ležet s určitou pravděpodobností (pokud je tato pravděpodobnost například 0,95, pak hovoříme o 95 % intervalu spolehlivosti).

$$P(u_{i+k} - \delta \leq u_{i+k} \leq u_{i+k} + \delta) = 1 - \alpha \quad (2.8)$$

Vzorec č. 2.8 představuje i pořadové číslo časové proměnné o n členech a k znázorňuje počet kroků dopředu (Svatošová a Kába, 2008, s. 48).

2.2.8 Hodnocení prognóz

Každá předpověď je spojená s určitou chybou. Čím je horizont předpovědi delší, tím je možné očekávat větší chyby předpovědi. Modely, které dávají přesný popis minulosti nemusí vždy vykazovat kvalitní prognózy do budoucnosti.

K zhodnocení predikce je možné použít pseudoprognózu. Princip pseudoprognózy je, že se časová řada zkrátí o několik datových bodů, vypočítá se trend a předpověď pro následující období. Následuje porovnání skutečných hodnot časové řady a predikovaných

hodnot. Porovnání je uskutečněno pomocí následujícího vzorce pro relativní chybu prognózy

$$\text{Relativní chyba predikce} = \frac{|y_i' - y_i|}{y_i} 100\% \quad (2.9)$$

Hodnota y_i' vyjadřuje nově vypočtenou prognózu a y_i značí skutečnou hodnotu. Čím je relativní chyba nižší tím je přesnost predikce vyšší (Svatošová a Kába, 2008, s. 48).

3 Teoretická část

Teoretická část předložené práce se věnuje historii elektromobilů. Zahrnuje vysvětlení základních druhů a charakteristik elektromobilů. Popisuje základy akumulátorů a dobíjecí infrastruktury.

3.1 Historie elektromobilů

Myšlenka elektrické jízdy není zcela nová. V počátcích rozvoje automobilismu konkurovaly elektromobily vozidlům, která byla poháněna spalovacím motorem. Elektromobil existuje více než sto let a má velmi zajímavou historii vývoje. Kdo vynalezl první elektromobil není zcela jisté a zásluhy si připsalo několik vynálezců.

První malý elektromobil byl vytvořen v roce 1835 profesorem Sibrandus Stratinghem a jeho asistentem v Holandsku (Vegr, 2009, s. 44). Dále pak rozvinutější modely byly navrhovány kovářem Thomasem Davenportem a Robertem Andersonem v roce 1842, u těchto typů elektromobilů se rozvíjela myšlenka nedobíjecích elektrických článků (Erjavec, 2013, s. 11-12).

V 80. letech 19. století Francouz Louis Antoine Krieger navrhl elektrické drožky, které jezdily v Paříži. Kriger také vynalezl vozy, které byly vybaveny dvěma elektromotory pohánějící každé kolo zvlášť (Vlk, 2004, s. 119).

Na vývoji elektromobilů se podílel taktéž významný konstruktér Ferdinand Porsche, a to ještě tři desetiletí před založením stejnojmenné společnosti. V roce 1898 Porsche vynalezl svůj první automobil, a to elektricky poháněné vozidlo známé jako Egger-Lohner neboli Porsche P1. Prototyp vozu Porsche se pyšnil hnacím ústrojím s nízkým třením, díky elektromotorům umístěných v nábojích, které přímo poháněly kola. (Nikowitz, 2016, s. 4).

Na počátku 20. století se vytvářely rychlostní rekordy. Byla překonána hranice 100 km/h, a to automobilem La Jamais Contente postaveným Belgičanem Camille Jenatzym (Fuhs, 2009, s. 2). Dokonce Elektromobil Torpédo KID se přiblížil rychlosti 170 km/h (Vegr, 2009, s. 44). V této době elektromobily předstihly benzinové vozy a ve větších městech jako New York nebo Londýn se objevily elektrické taxi. Lidé měli rádi elektromobily, protože nezapáchaly, nevibrovaly, nedělaly hluk a snadno se s nimi jezdilo.

Ve 20. letech 20. století přestává být elektromobil životaschopným komerčním produktem, jeho úpadek způsobila řada faktorů, např. touha po vozidlech s delší vzdáleností, nedostatečný výkon a snadná výroba benzínu (Nikowitz, 2016, s. 4). Hlavní podíl na ústupu

elektromobilů měl Henry Ford s legendárním modelem T, který odstartoval masivní sériovou výrobu automobilů se spalovacím motorem (Kameš, 2015, s. 226).

3.2 Vývoj elektromobilů v Čechách

Elektromobilita u nás v dnes není tak vyspělá jako u jiných pokrokových zemí, ale prvotní myšlenka o elektrifikaci vozidel přišla už na konci 20 století. U vzniku byl Ing. František Křižík, který vnesl elektřinu do pražských ulic. První vozidlo, které jezdilo na českém území byl dvoumístný vozík, který byl sestrojen Křižíkem v roce 1895. Poté následoval elektrický kočár, který měl jak elektrický motor, tak i spalovací a vzniklo tak první hybridní vozidlo u nás. (Vlk, 2004, s. 119).

Až ropná krize okolo roku 1965 způsobila zase zájem o elektromobily a narušila tak dlouhou suverenitu spalovacích motorů. Dalším důvodem k návratu byl také nepříznivý vývoj životního prostředí, zejména v centrech velkých měst. To vedlo naše státní orgány k tomu, aby pověřily některé organizace vývojem a vyrobením vzorku elektromobilů s příslušným krytím nákladů ze strany státu (Vegr, 2009, s. 44).

V České republice bylo Výzkumným ústavem elektrických strojů (VUÉS) v Brně a katedrou spalovacích motorů a motorových vozidel FS VUT V Brně počátkem 70. let vyvinuto několik funkčních vzorků elektromobilů EMA (elektrický městský automobil). Vozidla s názvem EMA 1 sloužila jako malá osobní vozidla, EMA 2 označovala užitková vozidla (Vlk, 2004, s. 119).

3.3 Mobilita 21. století

Čerpání fosilních paliv, růst světové populace i nároků jednotlivců na energii prohlubuje závislost civilizace na spolehlivé dodávce energie. To způsobilo, že za uplynulé půlstoletí narostla spotřeba neobnovitelných zdrojů energie několikanásobně.

Hojné využívání nejdůležitějších energetických surovin, k nimž patří ropa, zemní plyn a uhlí, úzce souvisí s jejich dostupností, cenou a dalšími technologickými podmínkami daného průmyslového odvětví. Lidé získávají energii ze zemské biosféry, a tím ji negativně a tím ji negativně ovlivňují. Nicméně biosféra je obklopena mocnými toky energie ve vesmíru i v hlubinách Země, ale soudobé technologie na ni dosud nejsou schopné dosáhnout.

V současné době se na celém světě používá přibližně 1 bilion automobilů. Tento velký počet vozidel způsobil a nadále způsobuje v naší společnosti řadu závažných problémů, jako

jsou emise skleníkových plynů, znečištění ovzduší, vyčerpání zásob ropy, energetická bezpečnost a růst populace. Zatímco v roce 1800 žila v městských oblastech přibližně 3 % světové populace, dnes se v městských oblastech nachází téměř 54 % světové populace. Do roku 2025 bude existovat 29 megaměst a do roku 2050 bude ve velkých městech žít více než 70 % světové populace (Nikowitz, 2016, s. 2)

Všechna vozidla, která obsahují spalovací motor na fosilní paliva, zatěžují okolí výfukem, způsobují emise a jsou velmi hlučná. Nemůžou proto konkurovat požadavkům kladeným na pohonné systémy v 21. století. Elektrická vozidla nabízí četné výhody např. nezpůsobují lokálně žádné škodlivé emise, jsou tichá, elektromotor má vysokou účinnost a nepotřebuje převodovku. Avšak baterie je velmi těžká, drahá a má nedostatečnou životnost (Kameš, 2015, s. 12).

Elektromobily jsou součástí celosvětové politiky, jejímž cílem je do roku 2050 podstatně snížit emise uhlíku, ale využívání elektromobilů a hybridů se nezvyšuje takovým tempem, jak si mnohé země předsevzaly (Nikowitz, 2016, s. 48).

3.4 Emise

Čistá doprava, resp. dekarbonizace dopravy, je nejen trend, ale v dnešní době především nutnost. Jednou z cest, jak snižovat emise v silniční dopravě je obměna vozidel se spalovacími motory za vozidla s nulovými emisemi. Velké korporátní automobilové společnosti jsou tlačeny k výrobě čistých vozidel a k postupnému přechodu zákazníků od konvenčních vozidel. K těmto dopravním prostředkům dochází také v důsledku nařízení Evropského parlamentu a Rady.

Podpora nízkoemisních vozidel přispěje ke snížení produkce emisí ze sektoru silniční dopravy, a to především ve městech a aglomeracích, kde je doprava hlavním faktorem ovlivňujícím kvalitu ovzduší. Kromě pozitivních dopadů na životní prostředí a zdraví obyvatel přinese rozvoj čisté mobility též menší závislost na ropě a představuje obrovský potenciál pro český automobilový průmysl. Přejít na elektrická vozidla je základním kamenem k získání statusu klimatické neutrality, kterou by do roku 2050 měly splňovat členové EU.

Doprava je v ČR druhým největším zdrojem emisí skleníkových plynů. V období 2000–2021 se emise z dopravy zvýšily o 66 %. V rámci sektoru dopravy je pak největším producentem emisí CO₂ individuální automobilová doprava, následovaná silniční nákladní dopravou a silniční veřejnou dopravou. Problém znečištění ze silniční dopravy se týká

zejména velkých měst a aglomerací, ale nevyhýbá se také menším sídlům s vysokou intenzitou dopravy.

Z toho vyplývá, že pro celkové zkvalitnění ovzduší je potřeba zefektivnit metody nízkoe emisních způsobů dopravy neboli čistou mobilitu (NAP CM, 2019, s.6)

3.5 Hybridní automobily

Čistě elektrický pohon byl z počátku velmi slabý a nedostačující se svým dojezdem. Vznikl proto pohon hybridní, který se v poslední době rozvinul. Pohonná vozidla hybrid mohou kombinovat libovolné dva zdroje energie. Obvykle jedna složka slouží k ukládání a druhá k přeměně paliva na využitelnou energii. Možné kombinace mohou zahrnovat vznětový nebo zážehový motor s baterií, ale také palivový článek s baterií. Nejvhodnější kombinací je spalovací motor a elektromotor. Základem je regenerované brzdění neboli rekuperace, kdy se kinetická energie mění na elektrickou. Hybridní pohon je zatím nové a perspektivní odvětví, proto existuje mnoho různých kombinací a variant (Kameš, 2015, s. 195-196).

V závislosti na uspořádání a kombinací jednotlivých hnacích komponentů (spalovacích motorů, elektromotoru, baterie, převodovky a spojky) se vzhledem k toku výkonu, hybridní pohon dělí. Hnacím ústrojím proudí dva toky výkonu: mechanická energie a elektrická energie. Obecně existují tři běžné konstrukční varianty hybridů: sériové uspořádání, paralelní uspořádání a sériově-paralelní (Nikowitz, 2016, s. 33).

Sériové uspořádání

Sériové uspořádání je nejjednodušším typem. Mechanický výkon spalovacího motoru se nejprve přemění na elektrickou energii (generátor). Následně tato elektřina buď dobíjí akumulátory, nebo přímo napájí elektromotor pro účely jízdy. To znamená že, vozidlo je poháněno pouze elektrickou energií a spalovací motor slouží jenom jako dobíjecí složka (Vlk, 2004, s. 143).

Paralelní uspořádání

Paralelní uspořádání vyobrazuje, že vozidlo získává výkon pro pohon kol kombinací motoru a elektromotoru nebo může využít každé zvlášť. Výhoda paralelního

uspořádání tkví v tom, že při provozu nedochází k žádnému zhoršování, oproti sériovému uspořádání vozidla.

Při srovnání obou hybridních pohonů je paralelní uspořádání vhodnější pro projíždění úseků dráhy bez emisí. Sériový systém zvyšuje pouze hodnotu typického elektromobilu (Nikowitz, 2016, s. 33 a Vlček, 2004, s. 144).

Sériově-paralelní uspořádání

Nevýhody těchto základních koncepcí vedli ke vzniku smíšeného hybridního systému, který se jmenuje sériově-paralelní. Jedná se o nejúčinnější systém, co se týče spotřeby paliva a škodlivých emisí. V tomto systému se rozděluje výkon jednotlivých zdrojů energie. Provoz je jen v režimu spalovacího motoru nebo jen v režimu elektromotoru, případně obou. Při pomalé jízdě dodává pohon pouze elektromotor, při rozjezdu a při vyšší rychlosti začíná pracovat i spalovací motor. Pokud dojde ke přebytku výkonu spalovacího motoru, tak přebytečná energie se ukládá do baterie (Kameš, 2015, s. 206).

3.6 Elektrické vozidlo

Elektromobil je vozidlo, které je zásadně poháněno elektromotory a akumulátory. Disponuje baterií, kterou je potřeba neustále dobíjet z elektrické sítě. Výhoda elektromobilů vůči automobilům se spalovacím motorem je účinnost elektromotorů a nízké náklady na údržbu, což je způsobeno nižší cenou elektrické energie. Avšak nejdůležitější přínos pro společnost je skutečnost, že elektromobily produkují nulové emise. Jediné škodlivé látky, které elektromobil vyprodukuje jsou v průběhu celého životního cyklu, emise spojené s výrobou, montáží a přepravou dílů vozidla k montážní firmě (Emadi, 2015, s. 7-8).

3.6.1 Elektromobil na baterie

Ve srovnání s vozidly hybridními mají vozidla na baterii omezený dojezd. Očekává se, že jejich dojezd se výrazně zvedne díky probíhajícím pokročilým výzkumům a vývoji v oblastech lehkých materiálů a elektrických pohonů (Emadi, 2015, s. 7-8).

Hnací ústrojí elektromobilu na baterie má tři části, a to E-motorový pohonný systém, bateriový systém (nabíjecí jednotka, systém řízení baterií) a pomocný systém (vytápění/chlazení, čerpadla).

Hojně využívanými bateriemi jsou Lithium-iontové baterie a NiMH baterie (nikl-metal hydrid baterie). Lithium-iontová baterie uchovává více energie než NiMH baterie, ale trpí

velkými problémy, jako jsou vysoké náklady, bezpečnost, dostupnost materiálů a negativní dopad na životní prostředí.

V současnosti se výrobní postupy posouvají a automobilové společnosti každý den přicházejí s novými technologiemi, jako například autonomní řízení (Nikowitz, 2016, s. 29-30).

3.6.2 Plug-in Hybrid

Plug-in hybridní elektromobil je dalším typem nově vznikajícího vozidla, které kombinuje alternativní paliva, aby nahradilo spotřebu ropy v konvenčních vozidlech. Jak název napovídá, plug-in hybrid je zvláštním typem hybridních elektrických vozidel, který se může nabíjet přímo zapojením kabelu do zásuvky, a tím získat energii ze sítě. Podobně jako vozidla hybridní, i vozidla plug-in hybrid v sobě integrují elektrickou a mechanickou cestou pohonu.

Kvůli tomu, že plug-in hybridy mají vysokou hustotou energie a lze je nabíjet externě, mohou výhradně jezdit na elektrickou energii, což vede k lepší úspoře paliva a delší ujeté vzdálenosti (Emadi, 2015, s. 6).

Nejdůležitějšími výhodami jsou: přijatelnost pro životní prostředí, nenáročná údržba, vysoká hustota výkonu a energie, náklady a bezpečnost při nabíjení a vybíjení (Nikowitz, 2016, s. 37).

3.6.3 Elektromobil s palivovými články

Vozidla s palivovými články mění přímo chemickou energii bez spalování v energii elektrickou. Vedlejším výstupním produktem chemické reakce není oxid uhličitý ani jiné škodliviny, ale pouze voda (Kameš, 2015, s. 190). Pohon palivových článků minimalizuje hluk a zvyšuje jízdní komfort. celosvětově se vyrábí více než 55 milionů tun vodíku, především reformací fosilních paliv. Vodík má v sobě velmi vysoký obsah energie, a tak představuje nadějnou perspektivu pohonu.

Nicméně existuje spousta nedostatků, které tyto vozidla musí překonat, aby se prosadila na trhu s elektromobilitou. V porovnání se spalovacími motory a jinými zdroji energie jsou palivové články mnohem dražší. Další nevýhody jsou skladování vodíku na palubě, trvanlivost a spolehlivost palivových článků, nedostatečné vzdělávání veřejnosti a dodávání vodíku spotřebitelům (Emadi, 2015, s. 507; Nikowitz, 2016, s. 41).

3.7 Kategorizace vozidel

Kategorizace silničních motorových vozidel slouží k obecnému rozdělení vozidel, které mohou sdílet pozemní komunikaci v České republice. Kategorizace se vztahuje jak na vozidla s konvenčními motory, tak i na vozidla s elektromotory

Zákon č. 56/2001 rozděluje vozidla do devíti základních kategorií a každá kategorie se vyznačuje jiným písmenem. Z hlediska elektromobility je zapotřebí si uvést pouze první tři kategorie, které jsou:

- L – motorová vozidla dvoukolová, tříkolová nebo čtyřkolky
- M – motorová vozidla, která se používají pro dopravu osob a jejich zavazadel
- N – motorová vozidla, která se používají pro dopravu nákladů

Dále jsou to kategorie O, T, R, S, C a Z, nicméně tato množina vozidel nedisponuje motorem nebo se jedná o druh vozidla, který nebyl dosud nahrazen elektromobilem.

Kategorie L

Tato kategorie zahrnuje všechna dvoukolová, tříkolová motorová vozidla a čtyřkolky. Nejpočetnějším elektromobilem v kategorii L je kategorie L1 neboli dvoukolová vozidla, která mají nejvyšší rychlost 45 km/h a maximální výkon 4 kW.

Kategorie M

Jsou vozidla konstruována a vyrobená primárně pro dopravu osob a jejich zavazadel. Podkategoriemi jsou M1, M2 a M3. Zde hraje zásadní rozdíl počet míst k sezení a maximální váha. M1 jsou vozidla s nejvýše osmi místy k sezení. M2 vozidla mají více než osm míst k sezení a maximální hmotnost pět tun. M3 na rozdíl od M2 mají maximální hmotnost převyšující pět tun. Zkratka v této kategorii se hovoří o osobních vozidlech, dodávkách a autobusech.

Kategorie N

Jsou motorová vozidla konstruována hlavně pro dopravu nákladů. Vozidla kategorie N jsou dnes nejméně zastoupená v elektrických vozidlech. Nicméně do roku 1998 tvořili polovinu všech elektromobilů (Weigel, 2018, s. 109)

3.8 Zásobník energie

Energie získávaná z jiných zdrojů, než ze spalování fosilních paliv se nazývá alternativní energie. V optimálním případě se pro zpracování alternativní energie musí vyhnout použití fosilních paliv, v jakékoli fázi procesu přeměny energie. Ideálním řešením pro dobíjení baterií v elektrických vozidlech je využití elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, jako je vítr nebo slunce. Pokud se k dobíjení používá elektřina z uhelných elektráren, pak se ekologické problémy pouze přesouvají z jednoho místa na druhé.

Energetický obsah různých surovin nebo materiálů označuje energii, kterou z nich lze získat pro užitečnou práci. Parametrem pro hodnocení energetického obsahu je měrná energie nebo energetická hustota (Husain, 2021, s. 107).

Celosvětový průmysl a vláda jsou nuceny zvažovat alternativní a udržitelná řešení dopravy. Vozidla poháněná alternativními pohony nabízejí jedinečnou výhodu, pokud jde o energetickou účinnost, snížení emisí a snížení spotřeby ropy (Nikowitz, 2016, s. 206).

V posledním desetiletí došlo k velkému pokroku, zejména v oblasti elektrochemických zařízení na ukládání energie. Vedle trvanlivosti a hustoty energie jsou náklady jednou z hlavních oblastí, kde je nutné zlepšení, aby bylo možné konkurovat konvenčním fosilním palivům. V minulých letech náklady rychle klesaly a očekává se, že budou klesat i v příštích 10 letech (Emadi, 2015, s. 350). V rozvoji elektromobility by pomohla existence baterií, které by byly dokonalé. Nedokonalost baterií by mohl v budoucnu vyřešit vynález v oblasti nanotechnologií (Kameš, 2015, s. 47).

3.9 Baterie

Baterie je tvořena jednotlivými články obsahujícími uloženou chemickou energii, kterou lze přeměnit na energii elektrickou. Jeden nebo více těchto článků je zapojeno do série a vytváří jednu baterii. Seskupené články jsou uzavřeny v pouzdře a tvoří bateriový modul. Bateriová sada je soubor jednotlivých bateriových modulů zapojených v sériové nebo paralelní kombinaci tak, aby dodávaly požadované napětí a energii do systému elektrického pohonu.

Existují dva základní typy baterie, a to primární baterie a sekundární baterie. Baterie, které nelze dobíjet a jsou určeny k jednorázovému vybití, se nazývají primární baterie. Příkladem jsou lithiové baterie používané v hodinkách, kalkulačkách, fotoaparátech atd. Baterie, které lze dobíjet průtokem proudu ve směru opačném, než je směr vybíjení, se

nazývají sekundární baterie. Všechny baterie potřebné a používané pro elektrická a hybridní vozidla jsou sekundární baterie, protože se všechny dobíjejí buď během provozu vozidla, nebo během dobíjecího cyklu v zastaveném stavu pomocí nabíječky.

Vývoj technologie baterií pro zařízení s nízkou spotřebou energie, jako jsou mobilní telefony a kalkulačky, otevřel možnost ke vzniku nikl-kadmiových a lithium-iontových baterií, které se začaly používat i v elektrických a hybridních vozidlech. Hlavními typy dobíjecích baterií, které se používají nebo se zvažují pro elektrická a hybridní vozidla, jsou tyto: Nikl-metal hydridová baterie (NiMH), Lithium-iontová baterie (Li-Ion), Lithium-polymerová baterie (Li-pol) a Sodíkovo-sírová baterie (NaS) (Husain, 2021, s. 107).

Nikl-metal hydridové baterie, známé také jako NiMH. Důvodem, proč se baterie rozšířily je velká kapacita, a také poměr mezi výkonem a cenou. Mají delší životnost a jsou odolnější než lithium-iontové baterie, ale vzhledem ke své fyzické velikosti nejsou tak výkonné (Stehlík, 2004, s. 49).

Lithium-iontové baterie mají ve srovnání s ostatními typy baterií vysokou hustotu energie a jsou tepelně stabilní. Avšak mají spoustu nevýhod, jako jsou vysoké náklady, bezpečnost, dostupnost materiálů a negativní dopad na životní prostředí (Nikowitz, 2016, s. 30).

Lithium-polymerové baterie disponují stejnou energetickou hustotou jako Li-ion baterie, ale s nižšími náklady. Tato speciální chemie je jednou z nejperspektivnějších možností pro elektromobily. Za poslední léta bylo dosaženo významných zlepšení v oblasti doby nabíjení.

Jelikož tato baterie je polovodičová, s pevným elektrolytem, nedojde k úniku materiálů ani v případě nehody. Jedním z dalších výhod tohoto typu je to, že jej lze vyrobit do libovolné velikosti nebo tvaru, což nabízí flexibilitu pro výrobce vozidel (Emadi, 2015, s. 522). Nicméně baterie má značnou nevýhodu, a to že při provozu se musí pohybovat v rozmezí 80 - 120 °C (Husain, 2021, s. 145).

Sodíkovo-sírová baterie obsahuje sodík, který je lehký, není toxický, poměrně čtený a levný. Představuje tak velmi nadějný potenciál. Hlavním problémem je provozní teplota, která musí být 300-350°C. Součástí nabíjecího okruhu je topné těleso o výkonu několika set wattů, který musí udržovat teplotu baterie, když vozidlo není v provozu. (Denton, 2020, s. 106).

3.10 Nabíjecí infrastruktura

S vývojem elektromobility se pojí i vývoj dobíjecí infrastruktury. Hlavní nevýhodou pro elektromobily je doba, která trvá pro nabytí elektrického vozidla. U tankování automobilu trvá pouze několik minut, zatímco u elektromobilů až několik hodin (Robinson, 2017, s. 3-4).

U konvenčních vozidel dochází k čerpání pohonných hmot pouze na čerpacích stanicích, u elektromobilů jsou veřejné dobíjecí stanice zpravidla využívány jako doplňková infrastruktura. Dobíjení je možné např. doma, ve firemních areálech apod. (Lukáš & Petr, 2021, s.79)

Baterie pro elektrická vozidla jsou v porovnání s cenou celého vozu poměrně drahá, a to kvůli vysokému počtu článků, typů chemie, ochranných obvodů atd. Životní cyklus těchto bateriových sad je proto důležitý. Faktor, který výrazně ovlivňuje životní cyklus bateriových sad, je algoritmus nabíjení a doba nabíjení.

Touto problematikou, která se týká oblastí nabíjení baterií, by měl řešit především víceúrovňový řídicí a napájecí systém nazývaný elektronická ochrana baterie (BMS). Čím je systém BMS přesnější a komplexnější, tím je nabíjení spolehlivější, bezpečnější a zároveň rychlejší. Navržení tohoto systému BMS vyžaduje kvalitní znalosti o fungování baterií. (Emadi, 2015, s. 519).

3.10.1 Dobíjecí stanice

Dobíjecí Nabíjecí stanice je samostatná fyzická zařízení k nabíjení elektrických vozidel. Každá stanice má teoretický maximální výstupní výkon vyjádřený v kW. Každá stanice má alespoň jedno nabíjecí bod, které může v daném okamžiku sloužit pouze jednomu vozidlu. Pokud se na dané nabíjecí stanici nabíjí více než jedno vozidlo současně, musí být maximální výstupní výkon rozdělen mezi jednotlivá nabíjecí místa tak, aby výkon poskytovaný každým jednotlivým nabíjecím místem byl nižší než výstupní výkon stanice.

Nabíjecí park se skládá z jedné nebo více nabíjecích stanic na určitém místě, případně včetně přilehlých vyhrazených parkovišť. Pokud jde o cíle stanovené v tomto nařízení pro dobíjecí parkoviště, minimální požadovaný výkon těchto dobíjecích parkovišť by mohl být zajištěn jednou nebo více dobíjecími stanicemi (Kadula, 2022, s. 4).

3.10.2 Dobíjecí body

Dobíjecí bod je zařízení umožňující dobít v určitém čase pouze jedno elektrické vozidlo nebo provést výměnu baterie. Problémem těchto bodů je určování, jestli se jedná o veřejně přístupné místo a zda nikoliv. Veřejně přístupné dobíjecí body zahrnují například dobíjecí body v soukromém vlastnictví, které se nacházejí na veřejných nebo soukromých pozemcích, jako jsou veřejná parkoviště nebo parkoviště supermarketů. Dobíjecí bod, nacházející se na soukromém pozemku, který je přístupný široké veřejnosti, by měl být považován za veřejně přístupný i v případech, kdy je přístup omezen na určitou obecnou skupinu uživatelů.

Dobíjecí body umístěné na soukromých pozemcích, na něž je přístup povolen pouze určitému vymezenému okruhu osob, jako jsou parkoviště v kancelářských budovách, k nimž mají přístup pouze zaměstnanci, nejsou považovány za veřejně přístupné dobíjecí body (Kadula, 2022, s. 7).

3.11 Nabíjecí infrastruktura v ČR

První dobíjecí stanice patřili firmám ČEZ a PRE, které byly spuštěny v roce 2011. Tyto stanice jsou v provozu doteď a nacházejí se v pražských obchodních centrech. Jelikož v té době bylo vozidlo jezdící na elektrický pohon raritou, bylo možné využít stanice bez poplatku. Následného většího rozšíření došlo v roce 2015, kdy společnost ČEZ otevřela jedenáct dobíjecích stanic v Praze a okolí a podpořila tak růst elektromobility v České republice (Kameš, 2015, s. 95).

Elektromobilita se za posledních 10 let posunula a dnes je k dispozici na 1300 stanicích více než 2500 dobíjecích míst pro 14000 bateriových elektrických vozidel (Lukáš & Petr, 2021, s. 79).

3.11.1 Metody nabíjení

Nabíjení obecně je činnost, při které se do baterie vrací energie ve formě náboje nebo proudu. Různé chemikálie vyžadují různé metody nabíjení. Dalšími faktory, které ovlivňují výběr metody nabíjení, jsou kapacita, potřebný čas atd. (Emadi, 2015, s.523).

Nabíjení střídavým proudem se v současnosti stalo standardní metodou nabíjení. Je možné jej využívat v soukromém sektoru i na nabíjecích stanicích ve veřejném sektoru, a to

při relativně nízkých investicích. Standardní nabíjení probíhá prostřednictvím přípojky střídavého proudu a je nejběžnějším a nejflexibilnějším způsobem nabíjení

Stejnoseměrné nabíjecí zařízení je součástí nabíjecí stanice, takže stejnosměrné nabíjecí stanice jsou ve srovnání se střídavými nabíjecími stanicemi výrazně dražší. Předpokladem pro nabíjení stejnosměrným proudem je vhodná síť nabíjecích stanic, které vzhledem k vysokému výkonu vyžadují vysoké investice do infrastruktury. Standardizace stejnosměrného nabíjecího připojení dosud nebyla uzavřena a dostupnost na trhu je stále nejistá (Denton, 2020, s.110).

Indukční nabíjení baterie je forma bezkontaktního přenosu elektrické energie, která se skládá ze dvou hlavních částí, primární cívku a sekundární cívku. Primární cívka je integrována do vozovky a vybudí magnetické pole, díky kterému se přenesou elektrické proud do sekundární cívky, která je zabudována v podlaze vozidla (Kameš, 2015, s. 101). Ovšem jedná se o technické i cenově náročné řešení a tento systém zatím není připraven pro trh ani pro rozsáhlou výrobu (Denton, 2020, s.110).

3.12 Výhody a nevýhody elektromobilů

Relativní výhody a nevýhody alternativních vozidel oproti konvenčním vozidlům s vnitřním pohonem lze lépe posoudit na základě srovnání dvou vozidel na základě účinnosti, znečištění, nákladů a spotřeby ropy (Emadi, 2015, s.17).

Jednoznačnými přednostmi elektromobilů jsou:

- možnost využívat obnovitelnou energii s velkou účinností,
- využití maximálního výkonu,
- rekuperace energie,
- absence hluku a vibrací,
- automatizace a ovládání

Mezi nevýhody elektromobilů patří:

- vzdálenost,
- cena,
- nevyvinutá infrastruktura nabíjení, (Crisostomi, 2018, s. 1-5).

3.12.1 Znečištěné ovzduší

Hlavním faktorem pro používání elektromobilů je zmírnit dosavadní znečištění. Elektromobily výrazně omezí hlavní příčiny smogu, podstatně eliminují úbytek ozonu a redukují množství skleníkových plynů. Kdyby došlo k 100 % elektrifikaci, tj. nahrazení všech vozidel se spalovacími motory elektrickými vozidly, tak by došlo

- množství oxidu uhličitého v ovzduší, které souvisí s globálním oteplováním, by se snížilo na polovinu,
- oxidy dusíku (skleníkový plyn způsobující globální oteplování) by se mírně snížily v závislosti na emisních normách regulovaných vládou,
- přestalo by se plýtvat s olejem a nevznikaly by skládky (Husain, 2021, s. 17)

3.12.2 Cena

Počáteční investiční náklady na elektromobily jsou vyšší než investiční náklady na automobil, a to především kvůli drahým akumulátorům a nedostatečným možnostem masové výroby.

Elektrická vozidla začínají být spolehlivějšími a vyžadují méně údržby, což je činí výhodnějšími. Již dnes náklady na kilometr jsou nižší než při použití benzínu. Cena benzínu a nafty však bude stoupat, zatímco cena baterií by se měla snižovat. Efektivita elektrických motorů je mnohem účinnější a náklady spojené s jejich výrobou a by se mohly v nejbližší budoucnosti se snížit o polovinu. V následujících letech je pravděpodobné, že zájem o elektromobily se výrazně zvedne (Husain, 2021, s. 20 a Hrzina, 2020).

4 Praktická část

Praktická část se zabývá vývojem v počtu registrací v daném roce elektromobilů a jejími podkategoriemi v České republice v letech 2012 až 2022. Popisuje dosavadní dynamiku počtu dobíjecích stanic a dobíjecích bodů v ČR ve stejném období. Údaje jsou čerpány z interaktivní sestavy, kterou vede Centrum dopravního výzkumu v rámci Národního akčního plánu čisté mobility. Pro lokalizaci provozovaných veřejných dobíjecích bodů v České republice byla využita databáze Evropské observatoře alternativních paliv.

4.1 Vývoj elektromobilů

Elektromobilita se v České republice začala rozvíjet po roce 2012. Proto pro popsání vývoje elektromobility byla vybrána data od roku 2012 do roku 2022. Do roku 2012 zaznamenala Česká republika pouze 1168 nových registrací elektromobilů. Z velké části to byla vozidla kategorie L neboli dvoukolové mopedy, kterých bylo zaregistrováno 792. Dále druhou nejrozšířenější kategorií byla osobní vozidla M1, kterých se zaregistrovalo 133.

Tabulka č. 1 charakterizuje počet nově registrovaných elektromobilů všech kategorií za jednotlivé roky v České republice. Na začátku sledovaného období v roce 2012 bylo zaregistrováno 442 elektromobilů v České republice. Z počtu 442 vozidel se jednalo z velké části o vozidla, která mají zpravidla méně než čtyři kola, konkrétně dvoukolové mopedy. Na konci sledovaného období se změnil počet nově registrovaných elektromobilů na 8943 jednotek, což představuje nárůst o 8501 vozidel.

Primárním faktorem v rozvoji elektromobility je zvýšení státních podpor v oboru ekologické mobility a zavedení Národního akčního plánu čisté mobility, který vznikl na konci roku 2014. Do roku 2015 figurovaly na trhu převážně mimo evropské automobilové značky konkrétně společnost Akumoto, která vyrábí hlavně elektrické skútry. Aktualizace Národního akčního plánu čisté mobility proběhla v roce 2019 a obsahuje několik strategií pro rozvoj čisté dopravy. Z hlediska naplňování strategických cílů je klíčové to, aby pro následující období byla zajištěna finanční podpora zejména z prostředků EU.

Největší absolutní nárůst registrací elektrických vozidel v České republice proběhl v roce 2020 a to o 3336 elektromobilů oproti roku 2019. Tento nárůst byl vyvolán zavedením dohody Green dealu. Tento soubor návrhů, který má docílit snížení emisí, mělo velký vliv

na vývoj elektromobility jak v České republice, tak i v jiných evropských státech.

Tabulka 1: Vývoj nových registrací elektromobilů

Roky	Počet registrací	První diference	Koeficient růstu	Tempo růstu v %
2012	442	-	-	-
2013	231	-211	0,52	-47,7
2014	287	56	1,24	24,2
2015	358	71	1,25	24,7
2016	445	87	1,24	24,3
2017	736	291	1,65	65,4
2018	1 282	546	1,74	74,2
2019	2 180	898	1,70	70,0
2020	5 546	3 366	2,54	154,4
2021	6 249	703	1,13	12,7
2022	8 943	2 694	1,43	43,1
\bar{k} 2012-2022			1,35	35,1

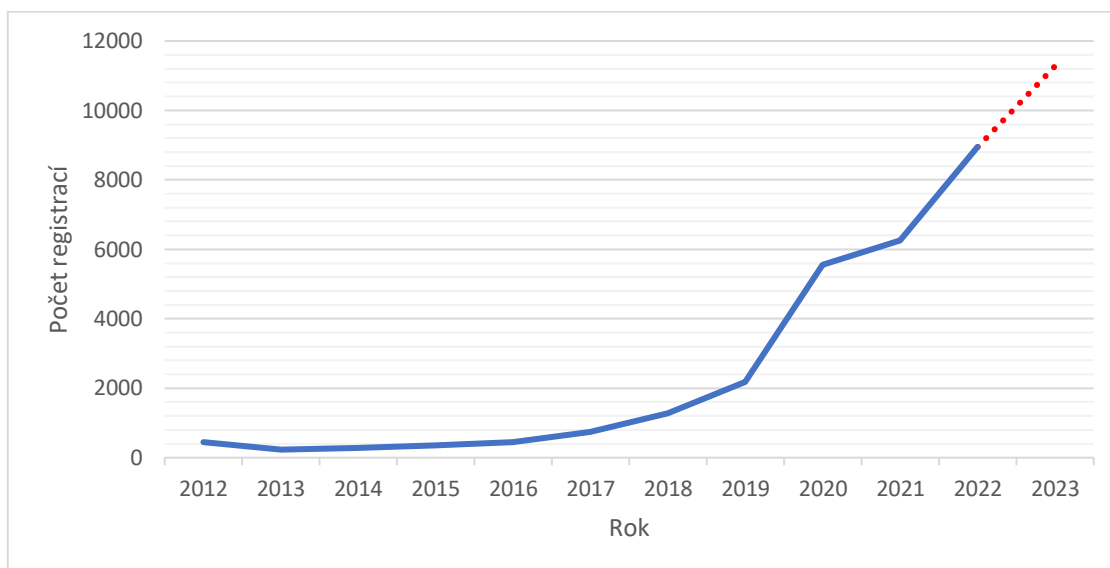
Zdroj: Čistá doprava (2022), vlastní zpracování

Přestože svět zasáhl Covid 19 v roce 2020, jeho následky se projeví až v roce 2021. Covid 19 způsobil globální krizi a zpomalil tak růst nově registrovaných elektrických vozidel na 12,7 %. Dalším faktorem, který zpomalil rozvoj elektromobility byla absence polovodičů. Nedostatek elektrických součástek donutil automobilové společnosti k zpomalení výroby a snížení prodeje vozidel.

Pro zkoumání vývoje byla vypočtena trendová funkce a na základě výpočtu indexu determinace ($I^2= 0,972$) byla za nejvhodnější funkci vybrána funkce kvadratická s následujícím předpisem:

$$Y_t = 1802,57 - 1108,36t + 158,1t^2$$

Graf 1: Vývoj elektromobilů od roku 2012 do roku 2022 a predikce roku 2023



Zdroj: Čistá doprava (2022), Vlastní zpracování

K určení prognózy byla využita kvadratická funkce. Tato funkce byla vybrána vhodně, protože relativní chyba prognózy činí 5 %. Na základě trendové funkce byly zachyceny predikce do roku 2023, ze kterých plyne stále rostoucí trend vývoje počtu registrací elektromobilů.

V grafu č. 1 je zachycena spolu s vývojem elektromobility také predikce roku 2023. Prognóza byla sestavena pomocí bodové předpovědi, která pro rok 2023 činí 11275 jednotek. Došlo by tak k 26 % meziročnímu nárůstu.

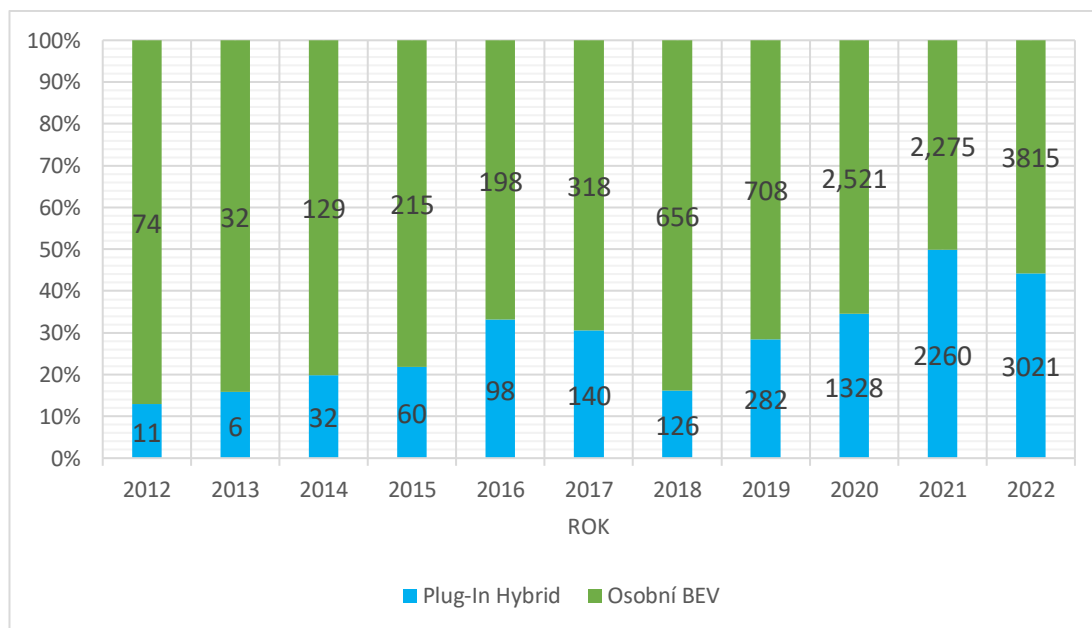
V případě intervalové předpovědi je odhadováno, že v roce 2023 se zaregistruje nejméně 9334 nových elektromobilů a maximálně 13217. Zápis intervalové předpovědi:

4.2 Osobní elektromobil

Největším producentem škodlivých látek v oblasti dopravy je individuální osobní doprava. Proto je p poslední době kladen velký důraz na rozvoj elektrických osobních automobilů, respektive kategorie M1. V této kategorii z hlediska elektromobility je výběr primárně mezi ryze bateriovými osobními vozidly, plug-in hybridy a vozidly na palivové články. Vozidla poháněna palivovými články jsou teprve na začátku svého vývoje, proto je ze statistického hlediska nelze zkoumat.

V grafu č. 2 je vykreslen poměr mezi plug-in hybridem a osobním bateriovým vozidlem. Zelenou barvou jsou znázorněna osobní bateriové elektromobily a modrou barvou vozidla plug-in hybrid. Na začátku sledovacího období dominovala trhu s osobními elektrickými vozidly vozidla bateriová. Následně se ale poměr mezi vozidly postupně vyrovnával a v roce 2022 se počet registrací plug-in hybridů srovnal s počtem registrovaných osobních bateriových vozidel.

Graf 2: Poměr mezi osobními elektromobily



Zdroj: Čistá doprava (2022), vlastní zpracování

4.2.1 Osobní bateriový elektromobil

Z tabulky č. 2 vyplývá, že počet registrací na začátku sledovaného období začínal na hodnotě 74 registrací. Od roku 2012 do roku 2022 se následně zvýšil počet registrací o 3741. Průměrné tempo růstu, které je 48 %, prokazuje vysoké oblíbenosti a velké poptávky po osobních bateriových elektromobilech.

V roce 2020 zasáhla Českou republiku pandemie Covid 19, přesto v tomto roce se počet registrací rekordně zvýšil o 1813 vozidel. Jedna z příčin zvýšení zájmu byla aktualizace Národního akčního plánu čisté mobility, a i postupné zdražování cen klasických paliv (benzínu a nafty). Dalším podstatným vlivem pro vývoj osobních bateriových elektromobilů bylo uvedení a zahájení sériové výroby Škoda Enyaq IV.

Tabulka 2: Vývoj nových registrací osobních bateriových elektromobilů

Roky	Počet registrací	První diference	Koeficient růstu	Tempo růstu v %
2012	74	-	-	-
2013	32	-42	0,43	-56,8
2014	129	97	4,03	303,1
2015	215	86	1,67	66,7
2016	198	-17	0,92	-7,9
2017	318	120	1,61	60,6
2018	656	338	2,06	106,3
2019	708	52	1,08	7,9
2020	2 521	1 813	3,56	256,1
2021	2 275	-246	0,90	-9,8
2022	3 815	1540	1,68	67,7
\bar{k} 2012-2022			1,48	48,3

Zdroj: Čistá doprava (2022), vlastní zpracování

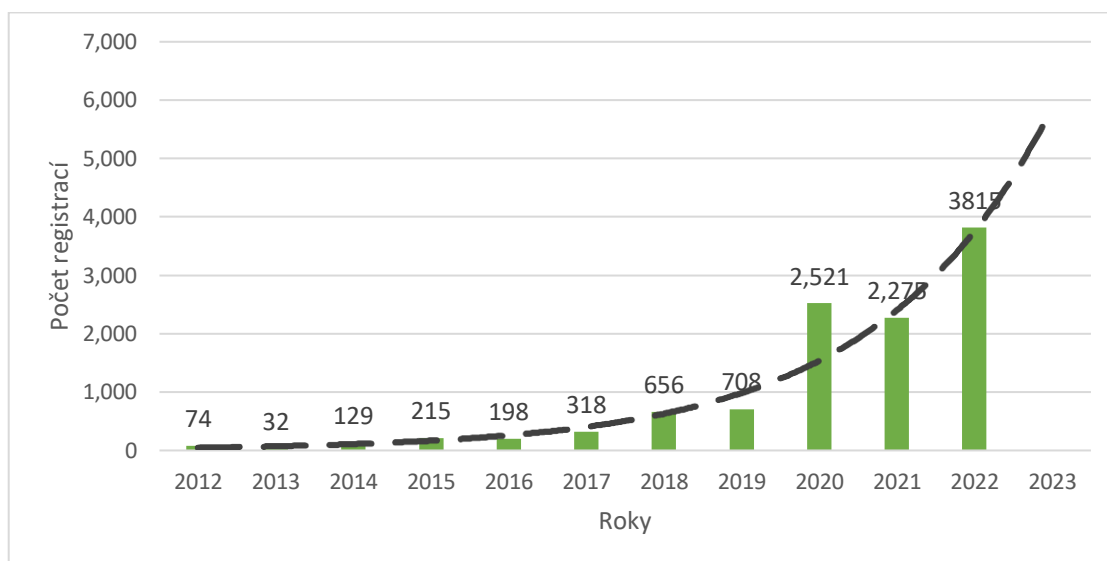
V následujícím roce 2021 se projevily následky pandemie, které zbrzdily zvyšování počtu registrací o 10 %. V této době se automobilové společnosti museli vypořádat hned s několika problémy. Kvůli nedostatku některých dílů, především čipů a kabelových svazků, pozastavily výrobu určitých typů vozidel. Čekací lhůta se v důsledku celosvětového problému s logistikou a nedostatkem čipů prodloužila průměrně na jeden rok. Dalším faktorem byla rostoucí inflace, která přiměla spoustu lidí k vytváření úspor a odradila od koupě nového automobilu.

I přes všechny obtíže v oblasti osobních bateriových elektromobilů se v roce 2022 počet registrací znovu zvýšil, a to hned o 1540 jednotek. Oproti roku 2021 došlo k meziročnímu nárůstu 67 %.

Vývoj registrací osobních bateriových vozidel je zachycen v grafu č.3. Spolu s vývojem je v grafu zachycena i trendová exponenciální funkce, která byla vybrána na základě výpočtu indexu determinace ($I^2= 0,939$) s předpisem:

$$Y_t = 27,22 \times 0,44^t$$

Graf 3: Vývoj osobních bateriových elektromobilů od roku 2012 do roku 2022 a predikce roku 2023



Zdroj: Čistá doprava (2022), vlastní zpracování

Pro výpočet bodové predikce a intervalového odhadu byl na základě výsledku indexu determinace zvolena trendová funkce exponenciální. Tuto funkci je možné považovat za vhodnou, jelikož relativní chyba prognózy činí 2 %. V grafu č.3 je znázorněna bodová predikce pro rok 2023, která má hodnotu 5878 jednotek. Intervalový odhad pro rok 2023:

$$P(2000 < yt < 17268) = 95 \%$$

4.2.2 Plug-in hybrid

Vozidla plug-in hybrid se těší v dnešní době velké oblíbenosti, díky své praktičnosti a možnosti využití obou motorů jak elektrického, tak konvenčního. Ze všech druhů elektromobilů vozidla plug-in hybrid od roku 2012 zaznamenala největší vzrůst a pokrok, což dokazuje tabulka č. 3 průměrné tempo růstu, které je 75 %. Technologie plug-in hybridů je poměrně nová a lze očekávat, že se v příštích letech razantně rozvine. Velký nárůst registrací, podobně jako osobní bateriový elektromobily, zaznamenala vozidla plug-in hybrid v roce 2020. Příčinou je fakt, že evropské automobilové společnosti zvýšily nabídku plug-in hybridů, která byla zapříčiněna možností modifikace vozidla se spalovacími motory na vozidla plug-in hybrid.

Tabulka 3: Vývoj nových registrací plug-in hybridů

Roky	Počet registrací	První diference	koeficient růstu	Tempo růstu v %
2012	11	-	-	-
2013	6	-5	0,55	-45,5
2014	32	26	5,33	433,3
2015	60	28	1,88	87,5
2016	98	38	1,63	63,3
2017	140	42	1,43	42,9
2018	126	-14	0,90	-10,0
2019	282	156	2,24	123,8
2020	1 328	1 046	4,71	370,9
2021	2 260	932	1,70	70,2
2022	3 021	761	1,34	33,7
\bar{k} 2012-2022			1,75	75,3

Zdroj: Čistá doprava (2022), vlastní zpracování

Ačkoli se jedná o elektromobil, plug-in hybrid stále využívá výkon spalovacích motorů, což znamená, že tento typ vozidla stále do určité míry produkuje emise. Lze proto předpokládat, že podle evropského plánu dosažení klimatické neutrality do roku 2050 již tento typ vozidla nebude provozován.

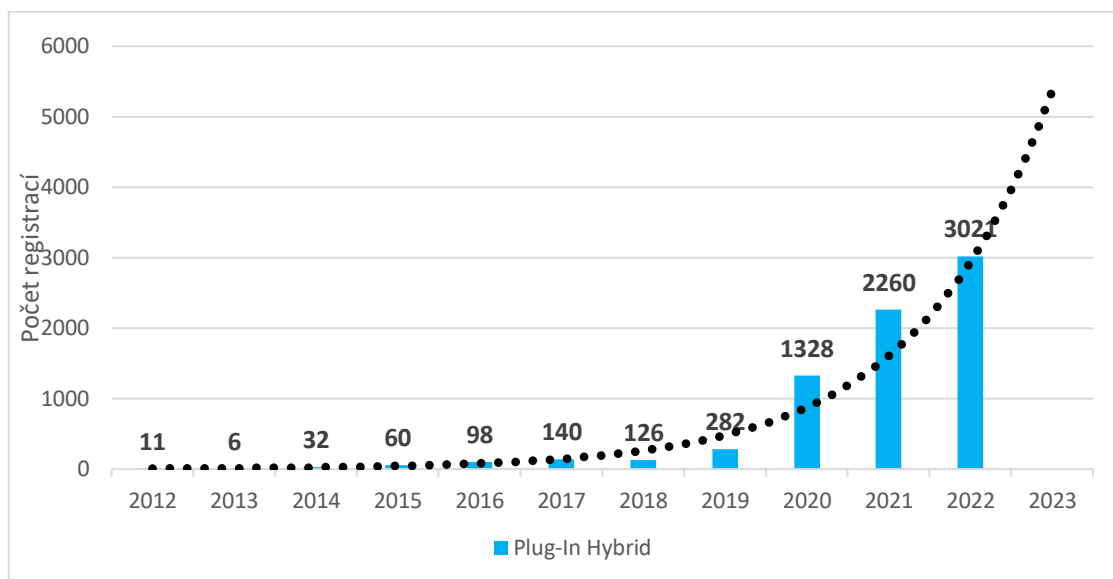
V grafu č. 4 je graficky vyobrazen počet nově registrovaných vozidel plug-in hybrid a exponenciální trendová funkce, která byla vybrána na základě výpočtu indexu determinace ($I^2 = 0,949$) s předpisem:

$$Y_t = 3,870 \times 0,603^t$$

Dále je v grafu vykreslena bodová předpověď pro rok 2023, která je 5372 jednotek, což představuje nárůst o 78 % z roku 2022. Znamená to, že v roce 2023 lze předpokládat největší absolutní nárůst nových registrací v podobě 2351. Vypočtený interval na základě exponenciální funkce je:

$$P(1440 < y_t < 20035) = 95 \%$$

Graf 4: Vývoj plug-in hybridů od roku 2012 do roku 2022 a predikce roku 2023



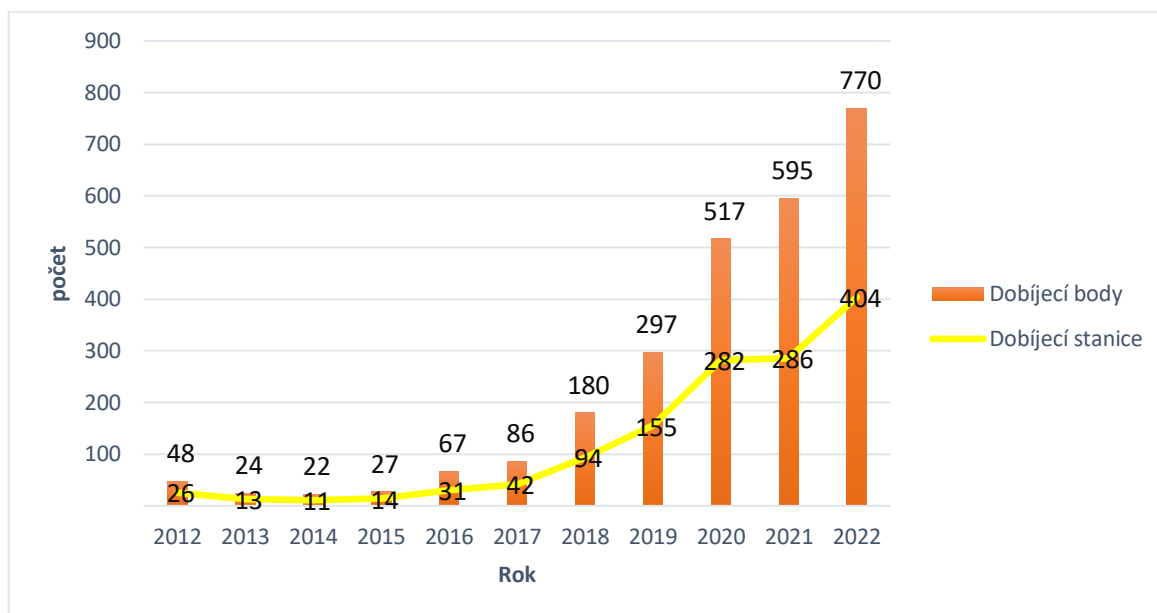
Zdroj: Čistá doprava (2022), vlastní zpracování

4.3 Nabíjecí infrastruktura

Rozvoj dobíjecí infrastruktury je nedílnou součástí elektromobility a dosavadní situace okolo dobíjení je jedna z hlavních překážek pro rozvoj. Výstavbu a rozšíření sítě dobíjecích stanic pro elektromobily podporuje vláda, zejména Ministerstvo dopravy, které prostřednictvím Operačního programu doprava za finanční podpory české vlády má v následujících letech postavit přes 500 nových dobíjecích stanic.

Pro rozvoj veřejné dobíjecí infrastruktury bylo stěžejním vznik původního Národního akčního plánu čisté mobility v roce 2015, což zapříčinilo dynamický rozvoj infrastruktury. Na základě hodnot z grafu č. 5 je patrné, že prvního většího nárůstu nových dobíjecích stanic a bodů došlo v roce 2016. Dále při pohledu na celou situaci ze strany České republiky lze říct, že počet dobíjecích stanic v České republice stále roste.

Graf 5: Vývoj veřejně dobíjecích stanic a bodů od roku 2012 do roku 2022



Zdroj: Čistá doprava (2022), vlastní zpracování

4.3.1 Dobíjecí stanice

Začátek vývoje dobíjecích stanic začal v roce 2011, kdy se otevřely první bezplatné dobíjecí stanice v České republice. Od té doby do roku 2014 se rozvoj stanic zastavil v rozvoji, ale jak z tabulky č. 4 vyplývá zásadní rozvoj zažila Česká republika v roce 2016, kdy tempo růstu oproti roku 2015 představovalo 121 %. Důvodem byla výstavba nových stanic od společnosti ČEZ a zvýšení zájmu o elektromobilitu u energetických společností. Dále v roce 2020 došlo k největšímu absolutnímu nárůstu registrací nových dobíjecích stanic. Tento nárůst byl zapříčiněn tím, že velké energetické společnosti reagovali na očekávaný nápor poptávky, vyvolaný prudkým zvýšením prodejem elektromobilů. Vysoké tempo růstu ztratilo na pokračování v roce 2021, kdy se tempo růstu zvýšilo pouze o 1 %. Tento menší vzrůst v rozvoji byl zapříčiněn globální krizí, která zasáhla i jiná technologická odvětví. Přesto v roce 2022 vývoj nabíjecích stanic opět dosáhl rostoucí tendence.

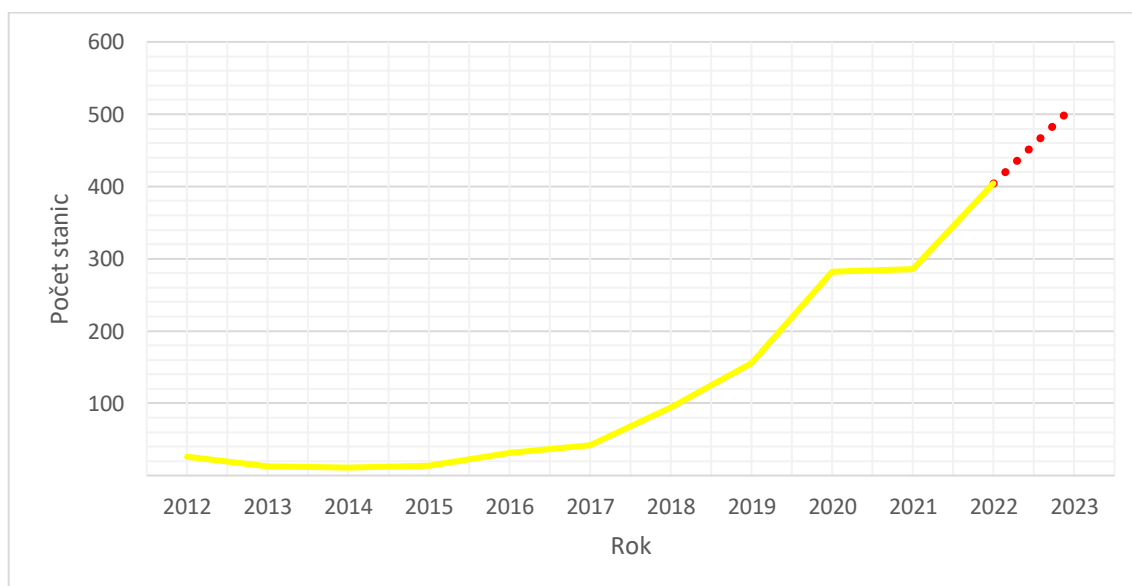
Tabulka 4: Zavedení nových veřejně nabíjecích stanic

Roky	Počet registrací	První diference	Koeficient růstu	Tempo růstu v %
2012	26	-	-	-
2013	13	-13	0,50	-50,0
2014	11	-2	0,85	-15,4
2015	14	3	1,27	27,3
2016	31	17	2,21	121,4
2017	42	11	1,35	35,5
2018	94	52	2,24	123,8
2019	155	61	1,65	64,9
2020	282	127	1,82	81,9
2021	286	4	1,01	1,4
2022	404	118	1,41	41,3
\bar{k} 2012-2022			1,32	31,6

Zdroj: Čistá doprava (2022), vlastní zpracování

Na základě zpracovaných dat a výpočtu indexu determinace ($I^2 = 0,980$) byla za nejvhodnější funkci vybrána funkce kvadratická:

$$Y_t = 61,03 - 37,776t + 6,284t^2$$

Graf 6: Vývoj veřejně dobíjecích stanic od roku 2012 do roku 2022 a predikce do roku 2023

Zdroj: Čistá doprava (2022), vlastní zpracování

K určení prognózy byla využita kvadratická funkce trendu, ze které vyšly hodnoty stanic do roku 2023. Relativní chyba predikce této kvadratické trendové funkce byla 1,2. Z těchto hodnot v grafu č. 6 lze očekávat, že trend bude dále rostoucí. Předpověď počítá s tím, že se

v České republice v roce 2023 postaví 513 nových dobíjecích stanic. Došlo by tak k meziročnímu nárůstu o 27 %. Intervalová předpověď předpokládá že se v roce 2023 postaví minimálně 436 a maximálně 588 nových dobíjecích stanic.

4.3.2 Dobíjecí body

V tabulce č. 5 byla zachycena časová řada vývoje dobíjecích bodů, ze které vyplývá, že na začátku sledovacího období byla počáteční hodnota 48 dobíjecích bodů. V následujících letech docházelo k mírnému úpadku zachycených hodnot. V roce 2016 došlo k největšímu procentuálnímu nárůstu nových dobíjecích bodů a to 148 %. V přepočtu se oproti předešlému roku zvýšil počet o 67 bodů. V následujících letech se počet výrazně zvýšil, avšak k největšímu absolutnímu nárůstu došlo v roce 2020, kdy se počet bodů zvýšil o 220.

Tabulka 5: Zavedení nových veřejných nabíjecích bodů

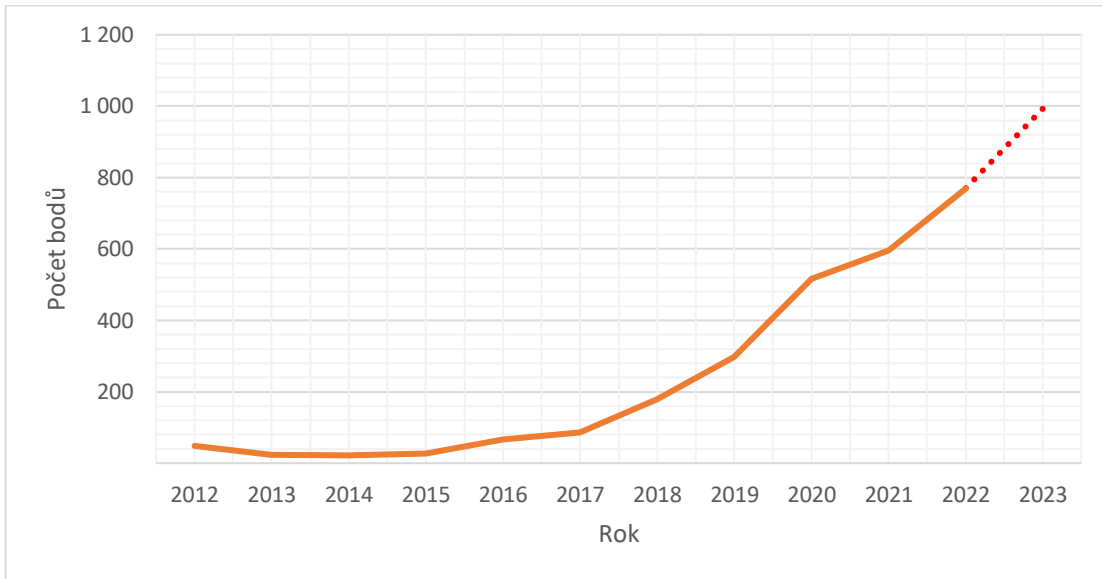
Roky	Počet registrací	První diference	Koeficient růstu	Tempo růstu v %
2012	48	-	-	-
2013	24	-24	0,50	-50,0
2014	22	-2	0,92	-8,3
2015	27	5	1,23	22,7
2016	67	40	2,48	148,1
2017	86	19	1,28	28,4
2018	180	94	2,09	109,3
2019	297	117	1,65	65,0
2020	517	220	1,74	74,1
2021	595	78	1,15	15,1
2022	770	175	1,29	29,4
\bar{k} 2012-2022			1,32	32,0

Zdroj: Čistá doprava (2022), vlastní zpracování

Pro zpracování dat za období 2012–2022 byla vybrána jako nejvhodnější kvadratická funkce, protože z uvažovaných modelů vykazuje nejvyšší index determinace ($I^2 = 0,989$). Trendová funkce má následující tvar:

$$Y_t = 116,95 - 72,688t + 12,142t^2$$

Graf 7: Vývoj veřejně dobíjecích bodů od roku 2012 do roku 2022 a predikce roku 2023



Zdroj: Čistá doprava (2022), vlastní zpracování

K určení predikce počtu dobíjecích bodů byla využita kvadratická funkce trendu. Relativní chyba prognózy činí 0,6 %, která vypovídá o vhodnosti vybrané trendové funkce. Tato funkce slouží k vypočtení predikovaných hodnot do roku 2023. Na základě těchto hodnot je viditelný téměř stálý nárůst počtu dobíjecích bodů. V grafu č. 7 je spolu s časovou řadou zachycena predikovaná hodnota pro rok 2023. V roce 2023 by se mělo postavit 993 nových dobíjecích bodů. Dolní mez pro intervalovou předpověď je 887 a horní 1098.

5 Závěr

V předložené bakalářské práci byla sledována dynamika rozvoje elektromobility a její dobíjecí infrastruktury na základě statistické analýzy časových řad za období 2012-2022. Pro přesnější popsání situace byla elektromobilita rozdělena do skupin osobních vozidel. Primárním zdrojem dat byla sestava, kterou vede Centrum dopravního výzkumu v rámci Národního akčního plánu čisté mobility. Poté byla sestavena prognóza pro odhad nově registrovaných elektromobilů a nabíjecích míst pro rok 2023.

Nejdříve byl zkoumán vývoj všech elektromobilů, který ve sledovacím období zaznamenal průměrný tempo růstu 35 %. V roce 2012 Česká republika zaznamenala pouze 442 nově registrovaných elektrických vozidel a na konci sledovacího období se tento počet zvýšil na 8943. K tomuto prudkému nárůstu počtu nově registrovaných vozidel bezpochyby nejvíce přispělo zavedení Národního akčního plánu čisté mobility, jehož hlavním cílem je dekarbonizace dopravy.

Největší podíl elektromobilů tvoří osobní vozidla, která lze rozdělit na plug-in hybridy a čistě bateriová vozidla. V roce 2022 bylo zaregistrováno 3815 nových osobních bateriových elektromobilů a na základě sestavené predikce má v roce 2023 dojít k 5878 nových registrací. V podpoře jejich rozvoji přispěla nejistota cen okolo pohonných hmot a zahájení sériové výroby vozidla Škoda Enyaq. Dalším druhem osobního elektromobilu je plug-in hybrid. Technologie plug-in hybridů a jejich princip představuje postupný přechod od konvenčních motorů. Díky své univerzálnosti si získávají velkou oblibu a jejich vývoj je ze všech typů elektromobilů nejvíce zřetelný. Průměrný tempo růstu ve sledovaném období je 75 % a k největšímu absolutnímu nárůstu došlo v roce 2020.

Pro lepší charakteristiku vývoje nabíjecí infrastruktury byl zvolen počet veřejných stanic a bodů. Množství veřejně dobíjecích míst se v České republice ve zkoumaném období podstatně rozšířilo. Rozšíření bylo z velké části zapříčiněno státní podporou, nicméně velkým zdrojem financování výstavby pocházelo se soukromých zdrojů. Na základě sestavených prognóz lze určit, že počet nabíjecích stanic a bodů bude v roce 2023 výrazně zvýšen.

Na základě posouzení dosavadního vývoje a stanovené predikce lze usuzovat, že elektromobilita se v České republice značně vyvíjí a lze očekávat, jak vyšší počet registrací elektromobilů, tak výstavbu nových nabíjecích stanic a bodů.

Dle autora je elektromobilita v České republice teprve na začátku svého rozvoje. Pro další rozvoj elektromobility je třeba vyřešit řadu nedostatků, jako je životnost baterií, krátký

dojezd, nabíjecí infrastrukturu a v neposlední řadě dostupnost. Faktem je, že stále není dostatek důvodů k pořízení elektromobilu. Problematika elektromobility je velmi komplexní téma a vyžaduje ucelená řešení, která umožní elektrická vozidla dostupnějšími.

6 Seznam použitých zdrojů

6.1 Odborné zdroje

ARLT, Josef a Markéta ARLTOVÁ. 2007. Ekonomické časové řady: [vlastnosti, metody modelování, příklady a aplikace]. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1319-9.

ARLT, J. a M. ARLTOVÁ. Ekonomické časové řady. Praha: Professional Publishing, 2009. ISBN 978-80-86946-85-6.

CRISOSTOMI, Emanuele. 2018. Electric and plug-in hybrid vehicle networks : optimization and control. Florida: CRC Press, Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4987-4499-7.

DENTON, Tom, 2020. Electric and hybrid vehicles. 2nd edition. London: Routledge, Taylor & Francis Group. ISBN 9780367273231.

EMADI, Ali. 2015. Advanced Electric Drive Vehicles. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-1-4665-9769-3.

ERJAVEC, Jack. 2013. Hybrid, Electric, and Fuel-Cell Vehicles. 2nd. Spojené státy americké: Delmar. ISBN 978-0-8400-2395-7.

FUHS, Allen E. 2009. Hybrid vehicles and the future of personal transportation. Florida: Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4200-7534-2.

HUSAIN, Iqbal. 2021. Electric and hybrid vehicles: design fundamentals. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-0367693930.

HRZINA, Pavel. 2020. Cykly a životnost baterie. TZB-info. [online]. [cit. 2022-01-23]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-elektriny/21096-cykly-a-zivotnost-baterie>

CHMELA, David a Ondřej WEIGEL, [2001]-. Autoškola: pravidla, značky, testy ... : aktualizováno k ... v souladu s platnými zákony a vyhláškami. 2018. Brno: Computer Press. ISBN 978-80-264-1817-7.

KADULA, Lukáš, Libor ŠPIČKA, Jiří SEDONÍK, Jan ELGNER a Vojtěch CÍCHA. Metodika rozvoje dobíjecí infrastruktury v ČR. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2022. Metodika (Centrum dopravního výzkumu). ISBN 978-80-88074-93-9.

KAMEŠ, Josef, 2015. Hybridní a elektrický pohon automobilů. 2. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. Technická fakulta. ISBN 2013-11-14-1.

MAREK, Jiří a Luděk STEHLÍK, 2004. Hermetické akumulátory v praxi. Praha: IN-EL. Elektro (IN-EL). ISBN 80-862-3034-1.

NIKOWITZ, Michael, 2016. Advanced Hybrid and Electric Vehicles: System Optimization and Vehicle Integration. 1. Springer International Publishing. ISBN 978-3-319-26304-5.

PICKUP, Mark. Introduction to Time Series Analysis. 1. SAGE publications, 2015. ISBN 978-1-4522-8201-5.

ROBINSON, Jessica, Gary BRASE a Jackson CUTSOR, ERICKSON, Larry E., ed. 2017. Solar powered charging infrastructure for electric vehicles: a sustainable development. Florida: CRC Press, Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4987-3156-0

Silniční obzor: měsíčník pro otázky výstavby a údržby silnic, dálnic, místních komunikací, letišť, mostů, tunelů a silničního a městského dopravního inženýrství. 82. Praha: Silniční společnost. ISSN 03227154.

SVATOŠOVÁ, Libuše a Bohumil KÁBA. 2008. Statistické metody II. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta. ISBN 978-80-213-1736-9.

VEGR, Jaromír. 2009. Elektromobily – historie a současnost. Čtvrtletník Pro-Energy. č. 3/2008, str. 44-50. ISSN 1802-4599.

VLK, František, 2004. Alternativní pohony motorových vozidel. Brno: František Vlk. ISBN 80-239-1602-5.

6.2 Elektronické zdroje

Elektromobily mají jeden zásadní problém - Garáž.cz. Garáž.cz [online]. Copyright © Seznam Zprávy, a.s. [cit. 08.03.2023]. Dostupné z: <https://www.garaz.cz/clanek/elektromobily-maji-jeden-zasadni-problem-21006123>

Infrastruktura elektromobility v roce 2021 - Petrol.cz. Úvodní stránka - Petrol.cz [online]. Copyright © 2000 [cit. 08.03.2023]. Dostupné z: <https://www.petrol.cz/magazin/2021/2021-03/infrastruktura-elektromobility-v-roce-2021-10999>

Infrastruktura nabíjecích stanic pro elektromobily se rozrůstá. ✓ EUROWAG. [online]. Copyright © 2023, W.A.G. payment solutions, a.s. Všechny služby poskytuje společnost W.A.G. payment solutions, a.s. a její dceřiné subjekty. Společnost W.A.G. payment solutions, a.s. je zapsána v obchodním rejstříku u Městského soudu v Praze pod spisovou značkou B 6882 [cit. 08.03.2023]. Dostupné z: <https://www.eurowag.com/cs/spolecnost/blog/infrastruktura-nabijecich-stanic-pro-elektromobily-se-rozrusta>

Národní akční plán čisté mobility. 2015. Ministerstvo životního prostředí, ministerstvo dopravy, ministerstvo průmyslu a obchodu. [online]. [cit. 2022-12-15] Dostupné také z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/zpracovatelsky-prumysl/automobilovy-prumysl/narodni-akcni-plan-ciste-mobility--167456/>

Registrace nových osobních vozidel v EU, 1993. Cistadoprava [online]. Brno: XXX [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://www.cistadoprava.cz/registrace-novych-osobnich-vozidel-v-eu/>

Registrace všech čistých vozidel v ČR dle NAP ČM, 1993. Cistadoprava [online]. Brno: XXX, 2022 [cit. 2023-02-18]. Dostupné z: <https://www.cistadoprava.cz/registrace-vsech-cistych-vozidel-v-cr-dle-nap-cm/>

Veřejné dobíjecí stanice v ČR, 1993. Stanice Česká republika [online]. Brno: XXX [cit. 2023-02-24]. Dostupné z: <https://www.cistadoprava.cz/stanice-ceska-republika/>

7 Seznam obrázků, tabulek, grafů

7.1 Seznam tabulek

Tabulka 1: Vývoj nových registrací elektromobilů.....	33
Tabulka 2: Vývoj nových registrací osobních bateriových elektromobilů.....	36
Tabulka 3: Vývoj nových registrací plug-in hybridů.....	38
Tabulka 4: Zavedení nových veřejně nabíjecích stanic	41
Tabulka 5: Zavedení nových veřejných nabíjecích bodů	42

7.2 Seznam grafů

Graf 1: Vývoj elektromobilů od roku 2012 do roku 2022 a predikce roku 2023	34
Graf 2: Poměr mezi osobními elektromobily	35
Graf 3: Vývoj osobních bateriových elektromobilů od roku 2012 do roku 2022 a predikce roku 2023	37
Graf 4: Vývoj plug-in hybridů od roku 2012 do roku 2022 a predikce roku 2023	39
Graf 5: Vývoj veřejně dobíjecích stanic a bodů od roku 2012 do roku 2022	40
Graf 6: Vývoj veřejně dobíjecích stanic od roku 2012 do roku 2022 a predikce do roku 2023	41
Graf 7: Vývoj veřejně dobíjecích bodů od roku 2012 do roku 2022 a predikce roku 2023	43