

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Dominik Kania

Modelový návrh implementace infrastruktury pro
nízkoemisní vozidla

Diplomová práce

2022

Poděkování:

Zde bych chtěl vyjádřit své poděkování, které patří vedoucím mé diplomové práce Ing. Patrikovi Horažďovskému, Ph.D. a Ing. Kristýně Navrátilové za veškeré cenné rady, připomínky, a především čas strávený konzultacemi.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr magisterského studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

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.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 16. 5. 2022

.....
Dominik Kania

Abstrakt

Předmětem diplomové práce „Modelový návrh implementace infrastruktury pro nízkoemisní vozidla“ je vytvoření predikčních modelů pro počet nízkoemisních vozidel, vyvození potřeb a nákladů pro implementaci a organizaci pro bezemisní druhy dopravy. Ze zjištěných poznatků zpracovat modelový návrh implementace infrastruktury a organizace bezemisní dopravy pro vybranou část města.

Klíčova slova

Nízkoemisní vozidla, elektrická vozidla, dobíjecí stanice

Abstract

The subject of the master thesis "Model-based design for the implementation of infrastructure for low-emission vehicles" is the development of prediction models for the number of low-emission vehicles, derivation of needs and costs for implementation and organization for emission-free modes of transport. From the findings, develop a model proposal for the implementation of zero-emission transport infrastructure and organisation for a selected part of the city.

Keywords

Low emission vehicles, electric vehicles, charging stations

Obsah

Seznam použitých zkratk a pojmenování	9
1. Úvod	11
2. Rozvoj infrastruktury a nízkoemisních vozidel.....	12
2.1 Aktuální stav infrastruktury a nízkoemisních vozidel v České republice	13
2.2 Registrovaná nízkoemisní vozidla.....	13
2.3 Dobíjecí body pro vozidla BEV a PHEV	14
2.4 Emise vozidel	16
2.4.1 Emisní rozdíly ve výrobní části.....	17
2.4.2 Emisní rozdíly v provozní části.....	18
2.4.3 Emisní rozdíly ve fázi recyklace	20
2.4.4 Shrnutí emisního rozdílu	20
3. Infrastruktura pro nízkoemisní vozidla.....	23
3.1 Distributor, dodavatel elektrické energie	23
3.2 Dobíjecí stanice.....	24
3.2.1 Kategorie DoS 1.....	25
3.2.2 Kategorie DoS 2.....	25
3.2.3 Kategorie DoS 3.....	25
3.3 Nabíjecí konektory.....	26
3.3.1 AC dobíjecí konektory	26
3.3.2 DC dobíjecí konektory.....	28
3.4 Domácí nabíjení	29
3.5 Dobíjení ve veřejných prostorech	30
3.6 Legislativa	31
3.6.1 Označení parkovacího a dobíjecího bodu	31
3.6.2. Vybavení staveb dobíjecími stanicemi [23].....	31

3.7 Další alternativní pohony	32
3.7.1 Vodík	32
3.7.2. CNG.....	33
3.7.3 LNG	33
3.7.4 LPG	34
4. Statistika a predikce, rozvoj infrastruktury + vozidel do roku 2030	35
4.1 Rozvoj dobíjecích bodů	35
4.1.1 Chytré osvětlení.....	35
4.1.2 Trafo stanice na sídlištích	36
4.1.3 Indukční dobíjení.....	36
4.1.4 Výměna baterie – BaaS – Battery as a service	36
4.1.5 Vodíkové plnicí stanice	37
4.1.6 Chytré nabíjení	37
4.1.7 Mobilní dobíjecí zařízení	37
4.2 Rozvoj nízkoemisních vozidel predikce s výhledem do roku 2030.....	37
4.2.1 Národní akční plán čisté mobility.....	37
4.3 Predikce nízkoemisních vozidel.....	39
4.4 Metoda Grey Forecast.....	39
4.4.1 Princip modelu	39
4.4.2 Výsledná prognóza	40
4.5 Predikce počtu osobních vozidel EV + PHEV, metoda tří scénářů.....	42
4.5.1 Predikce počtu registrovaných vozidel	42
4.5.2 Predikce počtu elektrovozidel.....	43
4.5.3 Koeficient ceny	43
4.5.4 Koeficient infrastruktury.....	44
4.5.5 Koeficient legislativy.....	44

4.5.6	Koeficient dotací	45
4.5.7	Nízký scénář	45
4.5.8	Střední scénář	46
4.5.9	Vysoký scénář	46
4.5.10	Výstup predikce	46
5.	Finanční náklady a dostupnost infrastruktury	48
5.1	Jednotliví účastníci elektromobility	48
5.2	Vybudování, provoz a údržba nabíjecí infrastruktury	49
5.2.1	Nalezení vhodné lokace	49
5.2.2	Projekční příprava a legislativní procesy	49
5.2.3	Územní rozhodnutí/Územní souhlas	49
5.2.4	Stavební připravenost a vyhrazení parkovacího stání	49
5.2.5	Realizace kabelového napojení – silového a datového	50
5.2.6	Provoz a servis dobíjecích bodů	50
5.2.7	Finanční prostředky na jednu dobíjecí stanici	50
5.3	Porovnání provozních nákladů z pohledu uživatele	50
5.3.1	Domácí dobíjení	51
5.3.2	Dobíjení ve veřejných prostorech	51
5.4	Celkové roční náklady spojené s provozem vozů	52
5.4.1	Koncept tří řidičů	52
5.4.2	Porovnání ročních provozních nákladů na pohonné hmoty dle vybraných vozidel	53
5.5	Vyvození potřeb pro rozrůstající se elektromobily	54
5.5.1	Vliv spotřeby elektrické energie	54
5.5.2	Rozšíření dobíjecí infrastruktury	55
5.5.3	Parkovací plocha pro elektrická vozidla	55
6.	Modelový návrh infrastruktury pro vybranou část města	57

6.1 Popis projektu	57
6.2 Parkovací plocha.....	58
6.3 Vybavení odstavných ploch dobíjecími stanicemi	59
6.4 Celkový počet vyhrazených dobíjecích míst pro elektrická vozidla	59
6.5 Počet vyhrazených parkovacích míst pro nízkoemisní vozidla.....	60
6.6 Časové omezení na vyhrazeném parkovacím místě	60
6.7 Označení parkovací plochy	60
7. Závěr	62
8. Zdroje:	64
Seznam obrázků:.....	68
Seznam tabulek:.....	69
Seznam grafů:	70
Příloha 1.	71

Seznam použitých zkratk a pojmenování

ADAC – Německá organizace motoristů

BEV – Vozidlo poháněné elektromotorem

CNG – Stlačený zemní plyn

DB – Dobíjecí bod

e_b – koeficient emisí z výroby baterie [-]

E_c – Celkové emise – CO₂ [t]

e_h – hmotnost vozidla [Kg]

e_{kb} – kapacita baterie [kWh]

E_p – Provozní emise – CO₂ [t]

ERÚ – Energetický regulační úřad

e_s – spotřeba vozu [kWh/100 km, l/100 km]

EU – Evropská unie

E_v – Emise z výroby – CO₂ [t]

e_{vv} – koeficient emisí z výroby vozu [-]

e_{WtWb} – koeficient WtW benzin [-]

e_{WtWl} – koeficient WtW LPG [-]

e_{WtWn} – koeficient WtW nafta [-]

FCEV – Elektromobil s palivovými články, např. vodíkový pohon

HEV – Hybridní elektromobil

ICE – Konvenční spalovací motor

IPCC – Mezivládní panel pro změnu klimatu

IVL – Swedish Environmental Research Institute

LNG – Zkapalněný zemní plyn

LPG – Zkapalněný ropný plyn

MD – Ministerstvo dopravy

MPO – Ministerstvo průmyslu a obchodu

NAP – Národní akční plán čisté mobility

PHEV – Plug in hybrid

s – vzdálenost [km]

WtW – Well to wheel – od zdroje ke kolu

1. Úvod

Diplomová práce se věnuje tématu nízkoemisních vozidel. Globální posun k nízkouhlíkovému hospodářství již započal, tempo v celé Evropě zrychluje, a to hlavně v její severní a západní části. Strategie nízkoemisní mobility by měla občanům a spotřebitelům přinést zlepšení díky lepší kvalitě ovzduší, nižší hladině hluku a zvýšení bezpečnosti při jízdě. Pro spotřebitele to představuje prospěch z méně energeticky náročných vozů, lepší infrastruktury pro alternativní paliva, lepšího propojení mezi jednotlivými druhy dopravy spojeného se zaváděním digitálních technologií.

Vzhledem k tomu, že náklady na elektrická vozidla pravděpodobně v budoucnu budou klesat a dosáhnou stejné nebo nižší úrovně jako to je u vozidel se spalovacími motory, může v blízké budoucnosti dojít k výrazné proměně automobilového průmyslu a celkově vozového parku.

Celkově lze říci, že elektromobilita se bude v nadcházejících letech dále rozšiřovat a vyvíjet, s největší pravděpodobností se stanou preferovanou volbou dopravy při pokusech o pokrok v oblasti udržitelnějších alternativ dopravy.

Tato práce se věnuje problematice nízkoemisních vozidel, která v dnešní době mají velkou šanci ovlivnit celkovou tvorbu emisní složky. Teoretická část zpracovává aktuální stav, což znamená aktuální počty nízkoemisních vozidel, počty dobíjecích stanic a problematika emisí. Pohled je přikládán primárně na vozidla BEV a PHEV, které se v dnešní době nejvíce rozšiřují. Součástí teoretické části je také pohled na legislativu, které je uplatňována v souvislosti s touto problematikou.

V práci bude podrobně rozebrán celkový přenos energie od jeho vzniku až po koncového zákazníka, pohled bude přikládán na aktuální stav a postupný vliv rozvoje elektrických vozidel na infrastrukturu směrem do budoucna.

Hlavním cílem práce je vytvoření modelu predikce pro nízkoemisní vozidla, určení prvků organizace dopravy a následné implementace v podobě modelového návrhu na vybrané město, nebo jeho část. Dále pak návrh predikce pro nízkoemisní vozidla vychází z aktuálně dostupných informací ohledně rozšířenosti BEV a PHEV vozidel na území České republiky a z vytvořených parametrů.

2. Rozvoj infrastruktury a nízkoemisních vozidel

Znečištění, emise skleníkových plynů, rostoucí poptávka po energii a vysoká závislost na dovozu energie jsou jádrem energetických problémů v EU. Proto jsou alternativní dopravní technologie a alternativní paliva považovány za dlouhodobé řešení a krátkodobé zmírnění výše uvedených problémů. Evropská unie si je vědoma problémů spojených s fosilními palivy a podporuje rozvoj udržitelné energetiky. Investice do vozidel na alternativní paliva jsou proto velmi důležité, protože způsobují menší znečištění, umožňují využívání místních zdrojů, snižují závislost na dovozu a zároveň zvyšují konkurenceschopnost EU. Evropští občané a podniky potřebují stabilní a spolehlivé dodávky energie za přijatelné ceny, aby si udrželi svou životní úroveň. Zároveň je třeba snížit negativní dopady využívání energie, zejména fosilních paliv, na životní prostředí.

Předpokládá se, že dva hlavní faktory, které způsobují zásadní vývoj v odvětví dopravy jsou dostupnost alternativních zdrojů energie a negativní dopady dopravy na životní prostředí. Omezené zásoby ropy, sociálně-politické a ekonomické dopady jsou v současné době hlavními faktory, které vedou k potřebě rozvíjet alternativní zdroje energie a snižovat závislost na dovozu ropy. Kromě toho je odvětví dopravy zodpovědné za podstatnou část emisí znečišťujících látek do ovzduší, které přímo i nepřímo ovlivňují lidi, zemědělství, klima a ekosystémy. Pro snížení škodlivých emisí a zefektivnění využívání omezených zdrojů energie je třeba, aby společnost zavedla účinná politická opatření. Jedním z účinných přístupů k dosažení těchto cílů je snížení využívání osobní dopravy, podporou používání jízdních kol a veřejné hromadné dopravy. Většina spotřebitelů se však zdráhá vzdát se svého primárního dopravního prostředku, a to především kvůli současné životní úrovni a silnému pocitu nezávislosti spojenému s používáním osobního automobilu. Je proto nezbytné podporovat alternativy šetrné k životnímu prostředí. Vozidla na alternativní paliva, jako je zkapalněný ropný plyn (LPG), stlačený zemní plyn (CNG), biopaliva, vodík, a pohonné jednotky, jako jsou elektromobily (EV), hybridní elektromobily (HEV) a vozidla s vodíkovými palivovými články (HFCV), nabízejí atraktivní řešení pro snížení dopadu osobní dopravy na životní prostředí. V tomto ohledu je odhalení postojů, preferencí a rozhodovacích faktorů spotřebitelů vůči automobilům nezbytné pro formulaci účinných politických opatření. [1]

2.1 Aktuální stav infrastruktury a nízkoemisních vozidel v České republice

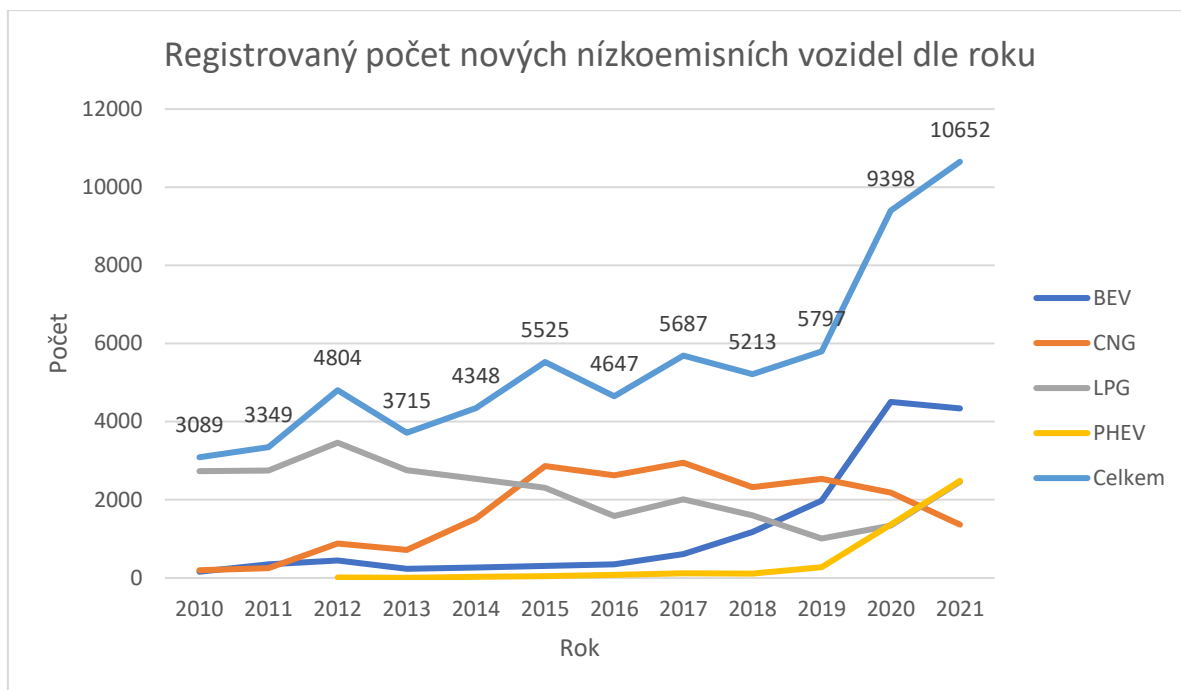
Definice důležitých pojmů:

- Nízkoemisní vozidlo – nízkoemisním vozidlem se rozumí takové motorové vozidlo, které je poháněno výhradně alternativním palivem a které při provozu na toto alternativní palivo splňuje definované emisní normy
- Alternativní palivo – palivo nebo zdroj energie, které slouží alespoň zčásti jako náhrada fosilní ropy v dodávkách energie pro dopravu a které mají potenciál přispět k dekarbonizaci a zvýšit environmentální výkonnost odvětví dopravy. Patří mezi ně – elektřina, vodík, biopaliva, syntetická a parafanická paliva, zemní plyn (jak v plynné, tak kapalné formě), zkapalněný ropný plyn. [2]
- Nabíjecí bod – rozhraní schopné v určitém okamžiku dobít jedno nízkoemisní vozidlo
- Běžnou dobíjecí stanicí – dobíjecí stanice, která umožňuje přenos elektřiny do elektrického vozidla s výkonem 22 kW nebo nižším, s výjimkou zařízení o výkonu 3,7 kW nebo nižším, jež jsou umístěna v domácnostech nebo jejichž hlavním účelem není dobít elektrická vozidla a jež nejsou veřejně přístupná [2]
- Výkonná dobíjecí stanice – dobíjecí stanice, která umožňuje přenos elektřiny do elektrického vozidla s výkonem vyšším než 22 kW [2]

2.2 Registrovaná nízkoemisní vozidla

Počet prvních registrací nízkoemisních vozidel v České republice v letech 2011–2021 je zobrazen na grafu č.1. Vybraná motorová vozidla jsou z kategorií typu L – dvoukolová a tříkolová vozidla, vozidla typu M – vozidla s nejvýše osmi místy k sezení a vozidla typu N – zvláštní vozidla uzpůsobená k provozu připuštěných k provozu dle regulí stanovených Evropskou unií. Z grafu lze vyčíst, že počet registrovaných vozidel vzrůstá, a to zvláště v posledních dvou letech, kdy došlo k prolomení hranice 10 000 registrovaných nízkoemisních vozidel. V roce 2021 bylo v České republice registrováno 221 212 vozidel, nízkoemisní vozidla tvořila 3,8 % registrovaných vozidel. [1] V grafu nejsou zobrazena vozidla s vodíkovým pohonem (FCEV) z důvodu, že do roku 2021 jich bylo registrováno v České republice několik jednotek.

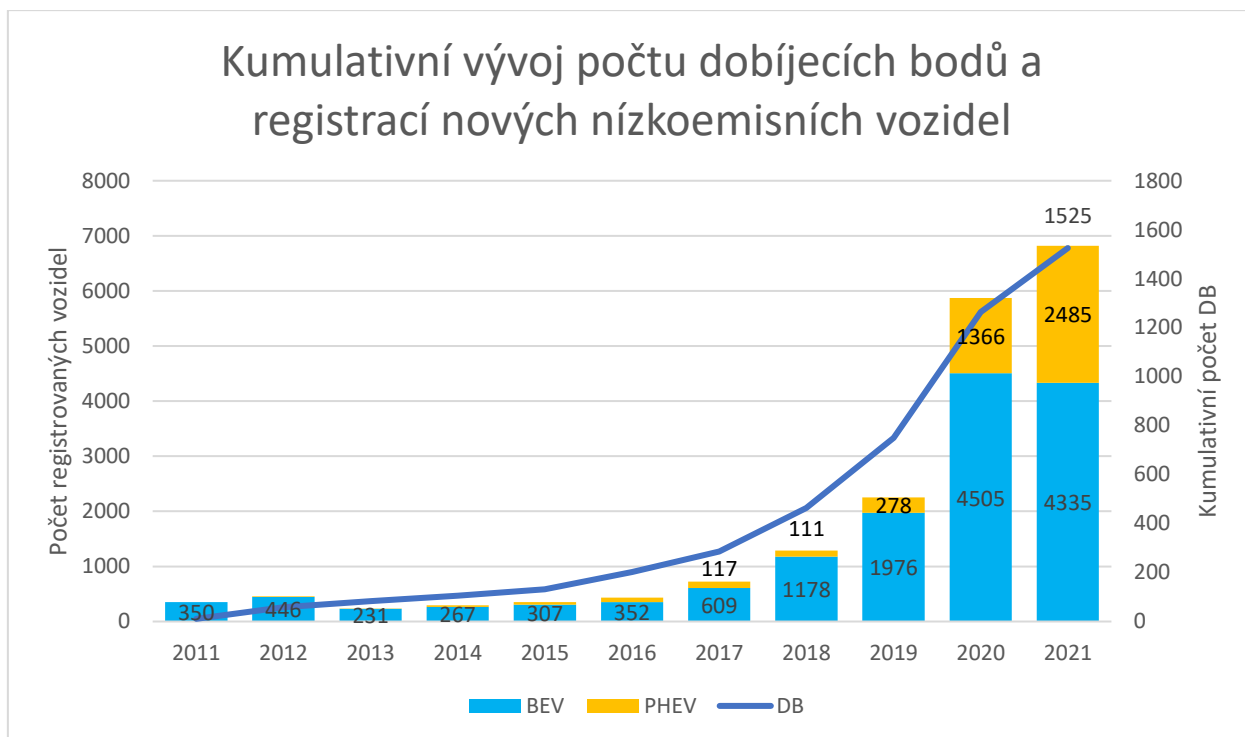
Z grafu tedy lze vyčíst, že celkový počet nízkoemisních vozidel je k roku 2021 10 652 vozidel, celkový počet registrovaných vozidel přesahuje 8,5 milionu v kategorii L + M + N.[2]



Graf 1 - Registrovaný počet nových nízkoemisních vozidel (datový zdroj: MD)

2.3 Dobíjecí body pro vozidla BEV a PHEV

Na grafu č.2 je zobrazen počet registrovaných elektrických vozidel, tzn. vozidla poháněná elektromotorem (BEV) a plug in hybridů (PHEV). Křivka zobrazuje kumulativní počet nabíjecích bodů. Data ohledně dobíjecích bodů jsou dostupná k datumu 31.12. 2021. K tomuto datu se v České republice nacházelo 1841 nabíjecích bodů. V roce 2021 vychází na jeden dobíjecí bod 10,5 vozidel poháněných elektrickým pohonem.

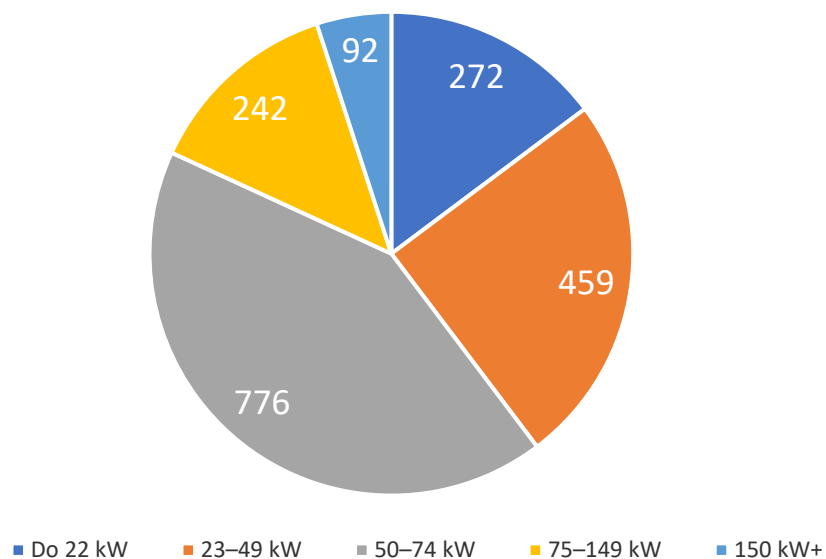


Graf 2 - Kumulativní vývoj počtu dobíjecích bodů a registrací nových nízkoemisních vozidel (datový zdroj: Ministerstvo dopravy, Ministerstvo průmyslu a obchodu)

V České republice je 59 subjektů, které provozují 1841 dobíjecích bodů pro vozidla BEV + PHEV, více než 70 % dobíjecích bodů provozuje ČEZ, a.s., Pražská energetika, a.s. a E.ON, a.s. [4]

Graf č.3 zobrazuje dobíjecí body dle nominálního výkonu. Celkový počet dobíjecích zařízení typu AC je 1264 a typu DC je 577. Na každé DC dobíjecí stanici, kde probíhá rychlejší dobíjení se obvykle nachází minimálně jeden AC dobíjecí bod.

Počet dobíjecích zařízení v ČR dle nominálního výkonu



Graf 3 - Počet dobíjecích zařízení v ČR (datový zdroj: MPO)

Rychlost dobíjení	Počet	Procento
Do 22 kW	272	14,77 %
23-49 kW	459	24,93 %
50-74 kW	776	42,15 %
75-149 kW	242	13,15 %
150 kW+	92	5,00 %
Celkem	1841	100 %

Tabulka 1 - Rychlost dobíjení v dobíjecích bodech (Datový zdroj: MPO)

2.4 Emise vozidel

Jako jeden z hlavních důvodů pro rozšiřování nízkoemisních vozidel bývá často uváděno nulové, případně téměř nulové množství emisí, které produkují při svém provozu. V tabulce č. 2 lze vidět etapy provozu vozidel. Etapy vozidel byly rozděleny na základě životního cyklu vozidla. Pro vozidla BEV jsou v tabulce č.2 naznačeny prvky, které se liší od klasického spalovacího vozu. Ve výrobní části to je navíc výroba baterie, provozní část je oproti

spalovacím vozům bezemisní. Poslední fáze je recyklace, kde je problémový prvek recyklace baterie.



ICE	Výroba motoru	Palivo (Diesel, benzin)	Emise	
BEV	Výroba baterie	Elektrická energie	-	Recyklace baterie

Tabulka 2 - Emisní etapy

2.4.1 Emisní rozdíly ve výrobní části

Ještě předtím, než vozidlo může být použito k přepravě osob vznikne velké množství skleníkových plynů, a to při zpracování materiálů a samotné výrobě vozidla. Největší emisní rozdíl mezi elektrickým vozidlem a vozidlem s klasickým motorem je tvořen baterií pro BEV (PHEV) vozidla.

Podle nejnovějších údajů, které nashromáždili výzkumníci v oblasti baterií ze švédské společnosti IVL, se uhlíková stopa běžného typu baterií pro elektromobily odhaduje na 61 – 106 kg emisí CO₂ na kilowatthodinu kapacity baterie. To je 2 až 3krát méně než odhad 150–200 kg CO₂, který stejní výzkumníci naměřili v roce 2017. [6]

Existují tři hlavní důvody, proč se výroba baterií, známých jako nikl-mangan-kobaltová (NMC), tak rychle zlepšila. První je komercializace a rozšíření výroby bateriových článků, to přineslo efektivitu ve smyslu menší spotřeby energie na jeden článek, a tedy pokles emisí CO₂. Druhý důvod je ten, že pro doplnění modelu byly k dispozici novější a přesnější údaje, místo aby se modely opíraly o staré studie a zastaralé informace. Třetí a poslední, výroba elektřiny v klíčových výrobních regionech využívá stále více obnovitelných zdrojů, čímž se dekarbonizuje síť a snižují emise z výroby, zejména v Evropě, USA a Číně.

Spodní hranice odhadu, 61 kg emisí CO₂ se velmi blíží hodnotám, které v roce 2019 naměřily jiné zdroje, například studie vypracovaná pro Evropskou komisi (77 kg CO₂/kWh) a Argonne National Lab (65 kg CO₂/kWh). [8] Relativně velký rozsah odhadu je závislý především na energetickém mixu použitém k výrobě.

2.4.2 Emisní rozdíly v provozní části

Jakmile je vozidlo vyrobeno a dodáno spotřebiteli, tak nadále vznikají skleníkové plyny při používání vozidla. Emise vznikající během údržby, včetně např. výměny některých komponent jsou velmi nízké ve srovnání s emisemi, které vznikají při jeho výrobě.

Bezemisní vozidla mají deklarovanou nulovou produkci emisí při jízdě v tom se liší od konvenčních automobilů, které emise produkují. Elektrické vozy ovšem využívají energie pro pohon, které nulové emise při výrobě nemají, proto byl vytvořen vzorec pro výpočet celkových spotřebovaných emisí.

Vzorec výpočtu se skládá z údajů spotřeby vozidla, koeficientu ztráty a uhlíkové intenzity. Spotřeba vozidla je udávána v kWh, spotřeba byla přebrána od společnosti ADAC, nominální hodnota udávaná výrobcem je nižší o 2–5 kWh než hodnota skutečná dosažená při testování v provozu. [7]

Sloupec koeficient ztráty při distribuci v síti byl stanoven na 5,0 %, hodnota vychází z dat od ERÚ pro elektrickou energii a ztráty v distribuci pro rok 2020. [5]

Čtvrtý sloupec v tabulce je uhlíková intenzita elektrické energie v České republice. Uhlíková intenzita je míra emisí skleníkových plynů ve vztahu k produkci elektrické energie, která je spotřebovávána. Uvádí se v gCO₂eq/kWh ekvivalentního oxidu uhličitého vyprodukovaného na kilowatthodinu spotřebované elektřiny.

Data vychází ze studie IPCC zpracované pro EU. Webové stránky app.electricitymap.org/map nabízí přehled pro státy po celém světě s dostupností dat za posledních 24 hodin (s možností rozšířeného přístupu). Měřeny jsou emise spotřebované elektřiny v celém životním cyklu elektrárny – stavba, produkce paliva, operativní emise, vyřazení, dále jsou počítány skleníkové plyny, jak CO₂, tak i jiné skleníkové plyny, například metan, které vzešly z produkce a importu elektřiny spotřebované v dané oblasti.

Poslední sloupec v tabulce č.3 je výpočet, který vychází ze vzorce pro uhlíkovou stopu.

$$\text{Uhlíková stopa} = \text{Spotřeba} \left[\frac{\text{kWh}}{100 \text{ km}} \right] * \text{Koeficient ztráty} [-] * \text{Uhlíková intenzita} \left[\frac{\text{gCO}_2\text{eq}}{\text{kWh}} \right]$$

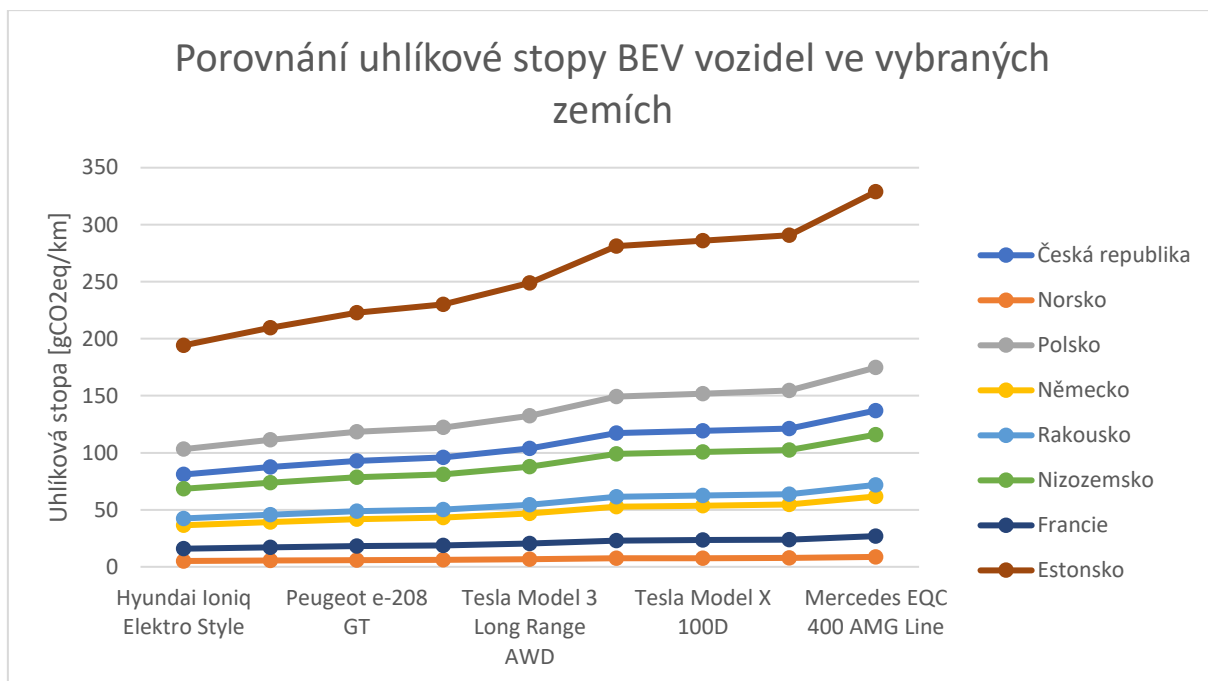
Model	Spotřeba [kWh/100]	Koeficient ztráty	Uhlíková intenzita (Čr)	Uhlíková stopa [gCO ₂ eq/km]
-------	--------------------	-------------------	-------------------------	---

Hyundai Ioniq Elektro Style	16,3	1,05	473	80,95
Mini Cooper SE	17,6	1,05	473	87,41
Peugot e-208 GT	18,7	1,05	473	92,87
VW ID.3 1st Max	19,3	1,05	473	95,85
Tesla Model 3 Long Range	20,9	1,05	473	103,80
Porsche Taycan	23,6	1,05	473	117,21
Tesla Model X	24,0	1,05	473	119,20
Audi e-tron 55quattro	25,8	1,05	473	121,18
Mercedes EQC 400 AMG Line	27,6	1,05	473	137,08

Tabulka 3 - Uhlíková stopa vybraných vozidel

Graf č.4 nabízí pohled na modely aut a jejich uhlíkovou stopu, kterou zanechávají v provozní části v jednotlivých zemích. Vysoký rozdíl mezi spodní a horní hranicí vytváří primárně rozdílný energetický mix. Na jedné straně Polsko většinu své elektrické energie vyrábí z uhlí, tak severské země nebo i Francie vyrábí elektrickou energii z obnovitelných zdrojů.

V případě Francie se elektrická energie vyrábí primárně v jaderných elektrárnách, která je též považována za relativně čistý zdroj, produkující minimální množství škodlivých částic.



Graf 4 - Porovnání uhlíkové stopy BEV vozidel

Nyní srovnání s provozní částí vozidel s konvenčním pohonem, zde se vychází z vozidel, která byla zaregistrována v roce 2021 v České republice. Vozidel s benzinovým motorem bylo registrováno 143 901, a průměrně na 1 kilometr vypouštějí 133 gCO₂. Vozidel s motorem naftovým bylo registrováno 51 279 a na 1 kilometr vypouštějí průměrně 152 gCO₂. Ve srovnání s grafem č.3 a lze vidět, že vypouští více gCO₂ do ovzduší než vozy BEV. [20]

2.4.3 Emisní rozdíly ve fázi recyklace

Recyklace baterií nemohla být plně zahrnuta z důvodu nedostatku spolehlivých údajů nicméně z dostupných údajů vyplývá, že její dopad je zanedbatelný až prospěšný, takže na výsledném grafu by se toho pravděpodobně mnoho nezměnilo.[18]

Aktuálně vznikají startupy, které se zabývají dalším řešením energetických článků, tím se elektromobily stanou udržitelnějšími a také levnějšími. Jakmile baterie doslouží v elektromobilu mohou uchovávat ještě nejméně 70 % své původní kapacity, která může být využita pro skladování energie. Lze v nich skladovat energii ze solárních, větrných elektráren a dalších obnovitelných zdrojů. Protože však výrobci vyrábějí akumulátory s různou mechanickou a chemickou složitostí, je jedním z klíčových úkolů v tomto odvětví dosažení standardizace mezi světovými výrobci, která by umožnila opětovné využití již použitých baterií. [9]

2.4.4 Shrnutí emisního rozdílu

Emisní výpočet byl sestaven z několika následujících vzorců, koeficienty byly použity z novodobých studií.

$$E_c = E_v + E_p$$

$$E_v = e_h * e_{vv} + e_b * e_{kb}$$

$$E_p = e_s * s * e_{WtW}$$

Emise	Koeficient	Hodnota	Jednotka	Zdroj
Emise při výrobě vozidla	e_{vv}	4,56	kg CO ₂ – eq/kg	[11]
Emise při výrobě baterie	e_b	83,50	kg CO ₂ – eq/kWh	[11][12]
Nafta – WtW	e_{WtWn}	3,18	kg CO ₂ – eq/kWh	[13]
Benzin – WtW	e_{WtWb}	2,83	kg CO ₂ – eq/L	[13]
LPG – WtW	e_{WtWl}	2,00	kg CO ₂ – eq/L	[13]
Energetický mix CZ	e_{WtWe}	0,471	kg CO ₂ – eq/kWh	[14]
Obnovitelná energie	e_{wtwre}	0,036	kg CO ₂ – eq/kWh	[21]
Při ujeté vzdálenosti	s	250 000	Km	

Tabulka 4 - Emise + koeficienty

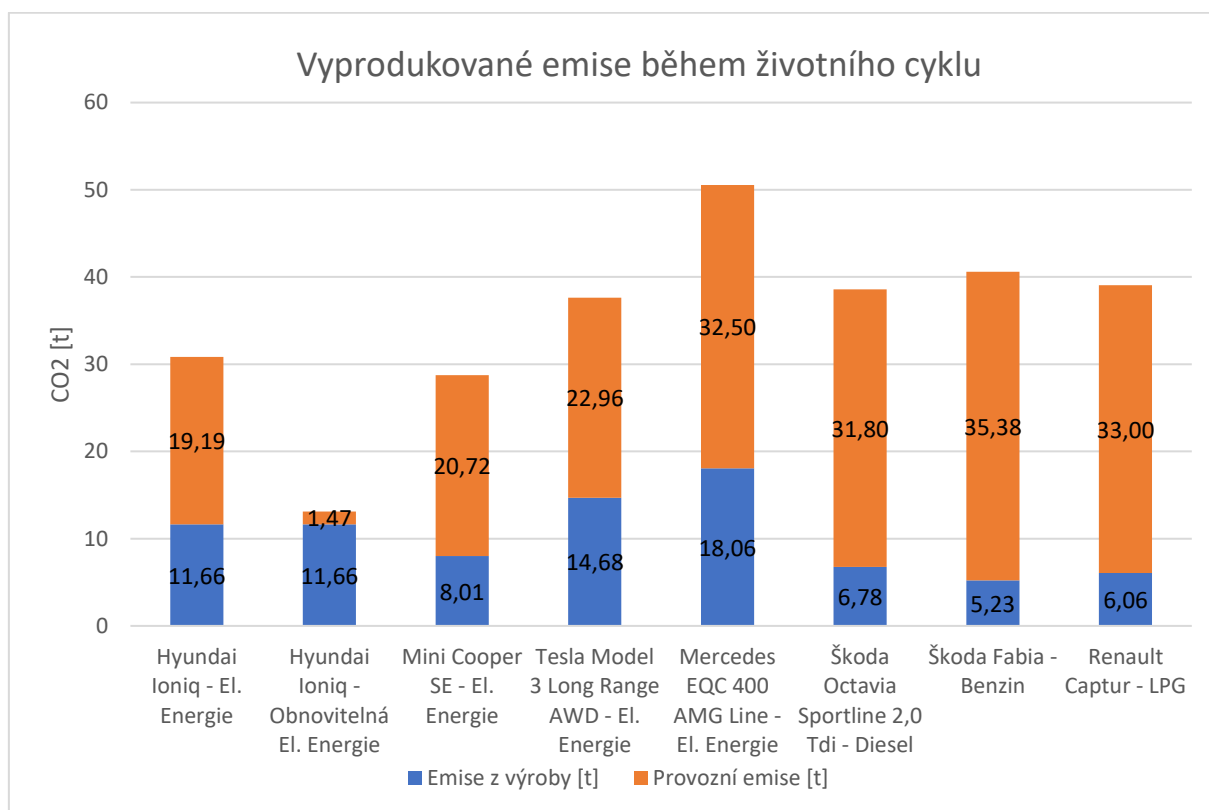
Obecně výsledky z grafu č.5 ukazují, že vozidla s konvenčním pohonem pro svůj provoz během životního cyklu vyprodukují podobné množství emisí, velmi záleží na druhu energie, které pro svůj provoz používají vozidla elektrická. U vozů s elektrickým pohonem je vyšší výrobní emisní náročnost z důvodu výroby baterie, ale posléze v provozu mají emisní náročnost nižší. Na provozní emise má velký vliv energetický mix, díky jeho vysoké hodnotě vozy s elektrickým pohonem momentálně produkují stále značné množství CO₂. Emisní náročnost vozidel Škoda Fabia a Octavia – nejprodávanějších vozů v České republice je téměř totožná. [15]

Vozidlo s kombinovaným pohonem v grafu zastupuje Kia Niro, u tohoto vozu lze pozorovat, že výrobní emise jsou o trochu vyšší, opakem jsou poté emise provozní, které jsou trochu nižší, ve výsledném srovnání proto mají celkové vyprodukované emise rozdílně v řádu jednotek procent.

Nejnižší provozní a celkové emise má Hyundai Ioniq, který využívá ke svému pohonu obnovitelnou elektrickou energii.

Vozidla na pohon vodíkový zde nebyla zařazena z důvodu, že aktuálně v České republice se nachází pouze jedna neveřejná čerpací stanice. [16]

Tabulka č.5 doplňuje graf přehlednými číselnými údaji, též zobrazeno v příloze list č.3.



Graf 5 - Emise během životního cyklu

Typ	Spotřeba paliva [l/100 km]	Spotřeba el.energie [kWh/100 km]	Kapacita baterie [kWh]	Celkové emise [t]
Hyundai Ioniq Elektro Style		16,3	58,0	30,85
Mini Cooper SE		17,6	32,6	28,74
Tesla Model 3 Long Range AWD		19,5	75,0	37,65
Mercedes EQC 400 AMG Line		27,6	80,0	50,56
Škoda Octavia Sportline 2,0 Tdi	4,0		-	38,58
Škoda Fabia	5,0		-	40,60
Renault Captur	6,6		-	39,06
Kia Niro	1,4	15,6	64,0	41,68

Tabulka 5 - Emisní tabulka

3. Infrastruktura pro nízkoemisní vozidla

Cílem následující kapitoly je poskytnout přehled částí infrastruktury pro nízkoemisní vozidla a její rozšíření v České republice, ve vybraných krajských městech a porovnat je s městy zahraničními.

Infrastruktura pro elektrická vozidla začíná u výroby pohonné energie. V České republice se elektrická energie vyrábí primárně z uhlí a jádra [14]. O provoz přenosové soustavy v České republice se stará společnost ČEPS, a.s. Pomocí přenosové soustavy se elektrická energie dostane po drátech anebo potrubím distributorů na místo, kde ji můžeme využívat.

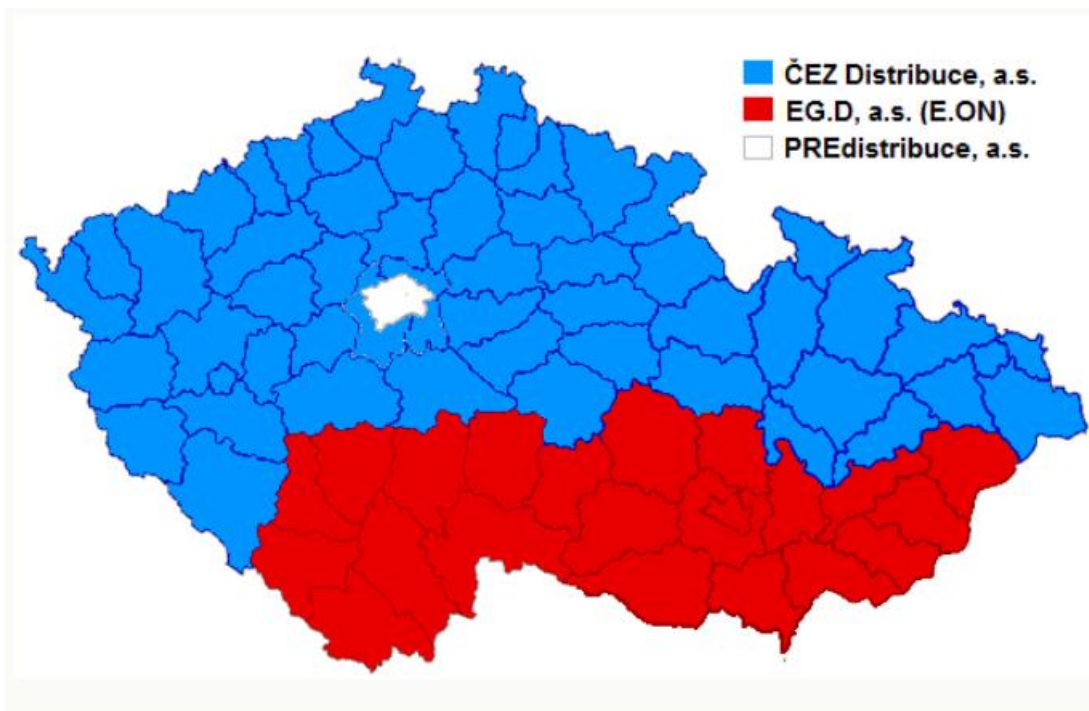
Jakmile je pohonná energie vyrobena a dopravena tak je třeba síť dobíjecích bodů, ze kterých je možné energii odebírat. Dobíjecí body jsou spravovány společnostmi, které je nechali vystavět. Soustavy dobíjecích bodů mají několik možných rozhraní, jak z nich energii odebírat. Prostřednictvím předpisů, pokynů a přijetí mezinárodních norem v rámci legislativy dochází k zajištění interoperability sítě.

Poslední částí kapitoly je legislativa parkovacích míst pro vozidla a další druhy alternativních pohonů nízkoemisních vozidel. S problematikou legislativy souvisí označení místa, vybavení parkovacího místa dobíjecí stanicí a přivedení kabeláže.

3.1 Distributor, dodavatel elektrické energie

Distributor elektrické energie je společnost, která vlastní a udržuje elektrické vedení, dále je zodpovědná za jeho funkčnost a přenos elektrické energie ke koncovému zákazníkovi. [31] V České republice jsou tři hlavní distributoři ČEZ, E.ON a PRE. Poplatky za distribuci elektrické energie jsou regulovány Energetickým regulačním úřadem (ERÚ), ceny za distribuci jsou velmi podobné.

Obrázek č.1 zobrazuje územní rozdělení distributorů pro Českou republiku.



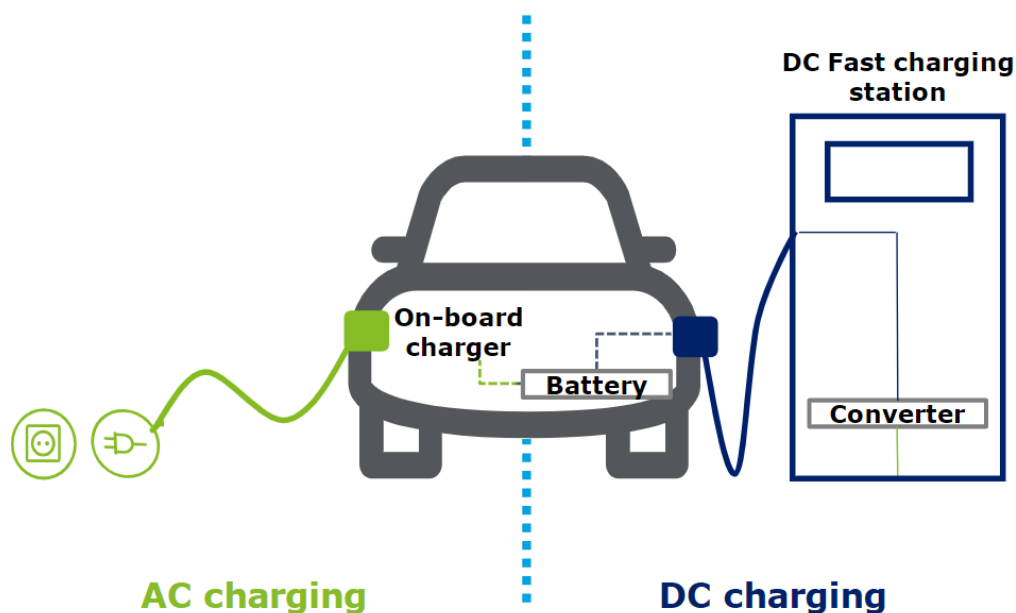
Obrázek 1 - Distributoři el. Energie (zdroj: kurzy.cz)

Dodavatel elektrické energie je obchodník, který elektrickou energii nakupuje na energetické burze za účelem prodeje uživatelům. [31] Dodavatele elektrické energie si každý může vybrat sám v České republice je několik desítek dodavatelů elektrické energie, někteří se zaměřují na velkoobchod, jiní zase na domácnosti.

3.2 Dobíjecí stanice

Baterie lze nabíjet pouze stejnosměrným proudem (DC), proto má většina elektrických vozidel na palubě měnič střídavého proudu na stejnosměrný AC-DC, který umožňuje jejich připojení do standardní domácí elektrické zásuvky na střídavý proud (AC). Levné veřejné dobíjecí stanice s nízkým výkonem rovněž poskytují střídavé napájení. Pro usnadnění nabíjení s vyšším výkonem, které vyžaduje mnohem větší měniče AC-DC, je měnič zabudován do nabíjecí stanice místo do vozidla a stanice dodává již převedený stejnosměrný proud přímo do vozidla, čímž se obejde palubní měnič vozu. Většina plně elektrických modelů automobilů může přijímat jak střídavý, tak stejnosměrný proud.

Na obrázku č.2 lze vidět rozdíl mezi nabíjením AC a DC.



Obrázek 2 - Schéma nabíjení (zdroj: <https://publications.iadb.org>)

Pravidla pro provozování distribučních soustav uvádí následující dělení dobíjecích stanic. [24]

3.2.1 Kategorie DoS 1

DoS 1 je dobíjecí stanice s výkonem do 3,7 kW ze standardní jednofázové zásuvky je určena pro dobíjení jednostopých elektrických vozidel, lze samozřejmě nabíjet i moderní elektromobily, ale u některých elektromobilů se kapacity baterií pohybují ke 100 kW, což by znamenalo plné dobití za více než 30 hodin. Nabíjecí stanice DoS 1 mohou být provozovány bez ohlášení do provozovateli distribuční soustavy, současně nemusí být vybaveny monitorovacím zařízením, za překročení příkonu odpovídá zákazník.

3.2.2 Kategorie DoS 2

Do této kategorie spadají domácí wallboxy. Wallbox je nástěnné nabíjecí zařízení vhodné pro domácí použití. Dobíjecí výkon se pohybuje mezi 3,6 kW a 22 kW, jsou tedy schopné nabíjení oproti klasické zásuvce podstatně urychlit. Domácí wallboxy nabízí dobíjení střídavým proudem (AC). Podmínkou pro připojení dobíjecí stanice je uzavření smlouvy o připojení. [25] Wallboxy jsou primárně nabízeny s integrovaným kabelem Typu 2.

3.2.3 Kategorie DoS 3

Do této kategorie spadají vysoce výkonné dobíjecí stanice, které umožňují přenos elektřiny do elektrického vozidla s výkonem vyšším než 22 kW. Stejně jako pro DoS 2 je podmínkou pro

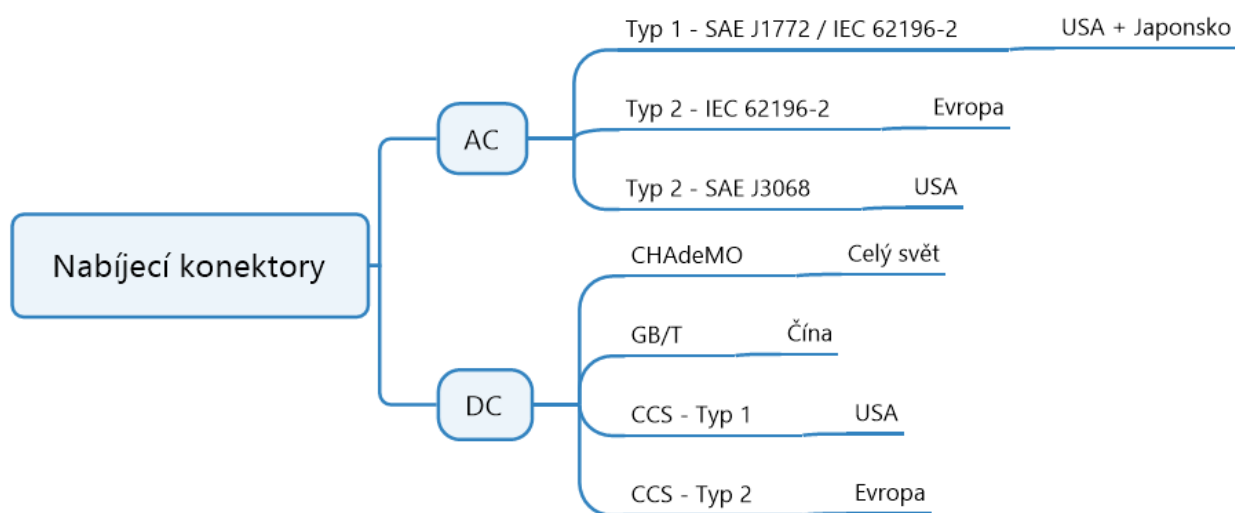
připojení uzavření smlouvy o připojení. Do této kategorie spadá především nabíjení stejnosměrným proudem.

Stejnou směrným proudem lze nabíjet elektromobil mnohem rychleji, a to až v rychlosti několik stovek kW za hodinu. Nejrychlejší nabíjecí stanice v České republice jsou od společnosti Ionity, které mají výkon až 350 kW za hodinu, pokud by elektroauta dokázala využít maximální potenciál z dobíjení, tak by je bylo možné dobít v rámci několika minut.

Dostupným standardem je rychlost od 50 do 150 kW a výjimečně 250 kW.

3.3 Nabíjecí konektory

Schématické zobrazení na obrázku č.3 nabízí přehledné rozdělení typů dobíjecího zařízení,



Obrázek 3 - Přehled dobíjecích konektorů (vlastní zpracování)

včetně konektorů.

3.3.1 AC dobíjecí konektory

Elektromobil lze dobíjet několika možnými způsoby, a to ze zásuvky se střídavým proudem (230 V – AC), které najdeme prakticky všude. Při nabíjení elektromobilu střídavým proudem jde proud nejprve do palubní nabíječky, která je zabudovaná v každém vozidle. Palubní nabíječka se stará o proměnu proudu, mění ho ze střídavého (AC) na stejnosměrný (DC), a to v takovém množství, který je palubní nabíječka schopná přijmout. Rychlost dobíjení se pohybuje od 3,6 kW – 22 kW.

Hlavní výhodou AC stanic je cenová dostupnost, rozšířenost, jednoduchá rychlá a nenákladná instalace, využití nachází především pro domácí použití a pro noční nabíjení.

Typ 1 J1772 vznikl v Kalifornii na začátku tisíciletí, byla schopna dobít 6,6 kW v roce 2008 došlo k jejímu upgradu na rychlost 19,2 kW, a tak se stal tento typ standardem pro všechna americká vozidla



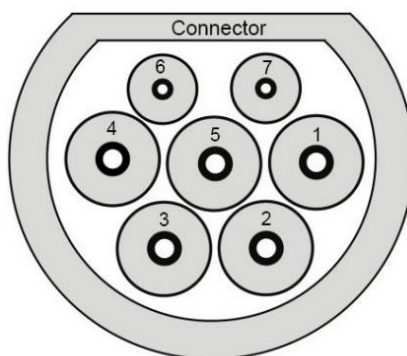
Obrázek 4 - J1772 (zdroj: <https://www.evexpert.cz>)

V Evropě byl v roce 2003 specifikován standard IEC 62196, dle kterého byla vyrobena zástrčka Typu 2 (Mennekes), která se stala novým evropským standardem. Obě zástrčky, jak Typ 1, tak Typ 2 využívají stejný signalizační protokol, tak automobilky mohou vyrábět vozidla stejným způsobem a na závěr instalují zástrčky dle toho, kde budou vozidlo prodávat. Například Tesla dodává ke svým vozům standardně kabel Typu 2. [22]



Obrázek 5 - Typ 2 – IEC (zdroj: <https://www.evexpert.cz>)

Typ 2 – SAE J3068 je nabíjecí konektor využívaný v USA. Je mechanicky shodný s konektorem Typu 2 používaným v Evropě, protože vychází z normy pro IEC 62196, konektor SAE J3068 podporuje jmenovité napětí, které odpovídá severoamerickým síťovým normám. [23]



Obrázek 6 - Typ2 SAE J3068 (zdroj: <https://epri.azureedge.net>)

V Číně byla vyvinuta zástrčka s označením GB/T a je zde používána pouze tam, v Číně není dostatek konektorů, které by si konkurovaly, to usnadňuje rozvoj nabíjecí infrastruktury, v Číně je také nejhustší síť nabíjecích bodů pro elektrické vozy na celém světě. Vzhledově vypadá podobně jako Typ 2, ale kabely jsou uspořádané v obráceném pořadí, tím pádem nejsou kompatibilní.



Obrázek 7 - GB/T (zdroj: www.evexpert.cz)

Druhou možností a podstatně rychlejší možností je třífázová pětikolíková zásuvka na 400 V, která se vyskytuje v řadě domácností, nebo jejich garáží. Rychlost dobíjení se odvíjí od výkonu, menší 16 A zásuvky dosahují výkonu 11 kW a větší 32 A dosahují výkonu 22 kW za hodinu.

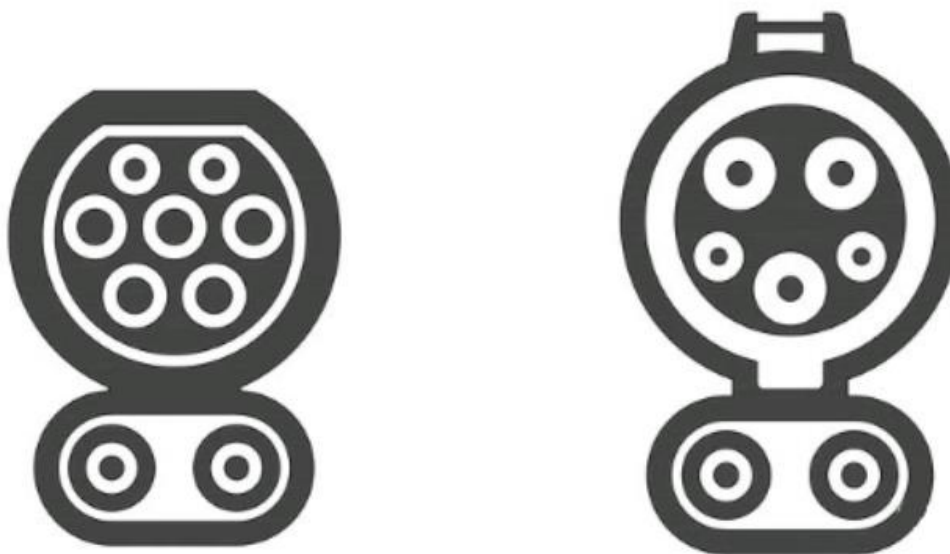
Další možnost představují wallboxy neboli nástěnná nabíječka, ceny wallboxů se pohybují od 15 do 60 tisíc Kč v závislosti na jejich výkonu a požadovaných vlastnostech.

3.3.2 DC dobíjecí konektory

DC stanice dobíjejí vozidlo stejnosměrným proudem, technologicky jsou podstatně složitější a mnohonásobně dražší než AC stanice. Standardní výkon dobíjecích stanic je 50 kW tedy více

než dvojnásobek než maximální možnost u stanic AC. U ultra rychlých nabíjecích stanic maximální výkon dosahuje hodnot 350 kW.

CCS kombinovaný nabíjecí systém je řešení, které dobíjí vozidla pomocí stejnosměrného proudu. Jedná se o původní konektory Typu 1 či Typu 2, ke kterým jsou v dolní části připojeny dva kolíky. Tyto typy konektorů dokážou nabíjet až výkonem 350 kW. CCS Typu 1 je používán v USA, v Evropě se používá Typ 2 stejně jako u konektorů AC. CCS není kompatibilní s konektorem CHAdeMO a GB/T pro nabíjecí stanice jsou potřeba speciální adaptéry.



Obrázek 8 – CSS typu 2 <https://www.evexpert.cz>

3.4 Domácí nabíjení

Pro domácí dobíjení jsou nevhodnější následující tři možnosti. První možnost je klasické dobíjení z 230V zásuvky, druhá možnost je dobíjení pomocí průmyslové zásuvky, která se obvykle nachází v garážích. Třetí možnost je dobíjení pomocí wallboxu. Rozdíl ve vypsáních možnostech je v rychlosti nabíjení a s tím souvisí cenová investice. Čím chce člověk nabíjet rychleji, tím vyšší investici to pro něj představuje.

Nabíjení elektromobilu v domácnosti je možnost nejlevnější a nejjednodušší. Cena se odvíjí dle tarifu, pro domácnosti je vytvořen speciální tarif D27d. Distribuční sazba D27d je určena pro majitele elektromobilu, která je nabízena v nízkém tarifu po dobu 8 hodin v časovém okně od 18 do 8 hodin, konkrétní časy se liší od dodavatele. Žadatel o tento tarif se musí prokázat vlastnickým nebo užívacím právem na elektromobil. [33] Pro podnikatele nebo menší firmy pak existuje obdobný tarif označený C27d.

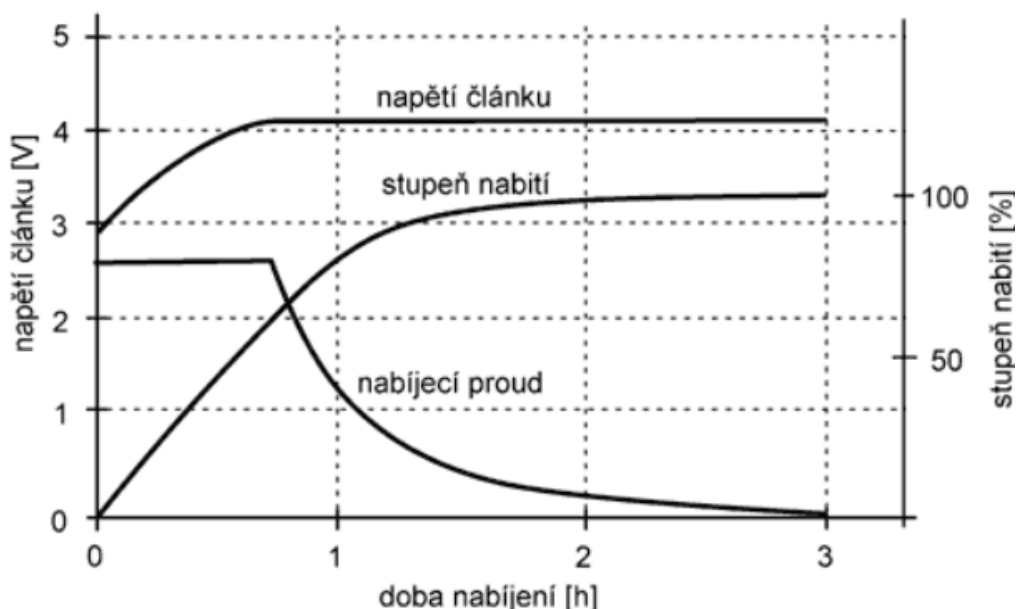
3.5 Dobíjení ve veřejných prostorech

Veřejných dobíjecích bodů v České republice je 1841, největší procentuální zastoupení mají tři společnosti ČEZ, E.ON a PRE. Veřejné dobíjecí stanice jsou jak s možností dobíjení stejnosměrného proudu, tak střídavého – rozdíly jsou popsány v 3.2 Dobíjecí stanice.

Každá veřejná nabíjecí soustava je standardně vybavena AC konektorem Typu 2. Rychlonabíjecí stanice nabízí také možnost rychlého nabíjení DC nejčastěji 50 kW, elektroauto se tak nabije mnohem rychleji. Obecně také platí, že nabíjení se vyplatí z prakticky vybité baterie do 70–80 % viz obrázek č.9. Obrázek je pouze ilustrační, časové hodnoty a hodnoty napětí článku jsou samozřejmě pro rychlonabíjecí soustavy odlišné.

Placení za nabíjení je u veřejných stanic odlišné od provozovatele stanice. Evropská komise v rámci programu Fitfor55 zavádí opatření, které usnadní používání veřejných dobíjecích stanic. Od roku 2025 tak dle nařízení Evropské komise budou muset veřejné dobíjecí stanice mít platební terminály pro placení bezkontaktní kartou. [34]

Aktuálně probíhá placení pomocí čipových karet energetických společností, které sdružují stovky tisíce dobíjecích stanic, nebo je platba jednorázová buď za připojení, za odebrané kW anebo po minutách, to motivuje lidi, aby nabíjeli do 70–80 % a nenabíjeli až do 100 %.



Obrázek 9 – Dobíjení baterií elektrovozidel (zdroj: belza.cz)

3.6 Legislativa

Tato podkapitola se zabývá označením parkovacího místa pro elektromobily a povinnosti vybavení při výstavbě nových parkovacích míst.

3.6.1 Označení parkovacího a dobíjecího bodu

V České republice zatím neexistuje přesné označení dobíjecího místa. Vyhláška č. 294/2015 Sb. o dopravním značení uvádí více možností. [66] V praxi se lze setkat nejčastěji s kombinací IP12 – Vyhrazené parkoviště a dodatkové tabulky viz obrázek č. 10 a 11. Sankce spojené s nevhodným parkováním vozidel na místě pro elektromobily jsou řešeny blokovou pokutou do 1 500 Kč, ve správním řízení 2 000 – 5 000 Kč [66]. Policie může také umístit botičku nebo blokující vozidlo odtáhnout. Tato sankce se vztahuje také na majitele elektromobilu, který vozidlo nenabíjí, ale blokuje pro jiné.



Obrázek 11 - Dopravní značení



Obrázek 10 - Dopravní značení

Od 12. listopadu 2021 účinnost vyhláška č. 266/2021 Sb., kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, která se zabývá vybavením a výstavbou nových dobíjecích stanic a změnou staveb dokončených.

3.6.2. Vybavení staveb dobíjecími stanicemi [29]

- (1)** Nová stavba a změna dokončené stavby, která má více než 10 parkovacích stání, vyjma stavby pro bydlení, musí být vybavena alespoň jednou dobíjecí stanicí a kabelovody pro pozdější instalaci dobíjecí stanice pro elektrická vozidla pro každé páté parkovací místo, jestliže parkoviště takové stavby
 - a)** je umístěno uvnitř budovy a u změny dokončené stavby se tato změna týká také parkoviště nebo elektrických rozvodů budovy, nebo

- b)** s budovou fyzicky sousedí a u změny dokončené stavby se tato změna týká také parkoviště nebo elektrických rozvodů parkoviště.
- (2)** Nová stavba pro bydlení a změna dokončené stavby pro bydlení, která má více než 10 parkovacích stání, musí mít instalaci kabelovodů pro každé parkovací místo pro pozdější instalaci dobíjecí stanice pro elektrická vozidla, jestliže parkoviště takové stavby
 - a)** je umístěno uvnitř budovy a u změny dokončené stavby se tato změna týká i parkoviště nebo elektrických rozvodů budovy, nebo
 - b)** s budovou fyzicky sousedí a u změny dokončené stavby se tato změna týká i parkoviště nebo elektrických rozvodů parkoviště.
- (3)** Požadavky na stavby uvedené v odstavcích 1 a 2 se nevztahují na změnu dokončené stavby v případě, kdy náklady na instalaci dobíjecí stanice a elektrických rozvodů přesahují 7 % celkových nákladů na změnu dokončené stavby.

Díky této vyhlášce nové stavby a změny staveb aktuálních (nebytových), které mají více než deset parkovacích stání musí být nově vybaveny jedním dobíjecím místem pro elektromobily a mít připravenou kabeláž pro každé páté parkovací místo.

Pokud se jedná o změnu stavby nebo novou bytovou stavbu s více než deseti parkovacími místy, tak pro tuto stavbu začne platit povinnost instalace kabelů pro následnou montáž u každého parkovacího místa.

3.7 Další alternativní pohony

Tato podkapitola rozebírá další druhy alternativní pohonů, které jsou považovány jako nízkoemisní. Obecně v je práci pracováno primárně s nízkoemisními vozy na elektrický pohon. Jednak je tomu z hlediska celosvětového trendu a také z toho důvodu, že ostatní alternativní pohony nezažívají takový masový růst. Zde bude uvedeno několik důvodů proč tomu tak může být.

3.7.1 Vodík

Životaschopná vodíková infrastruktura vyžaduje, aby bylo možné vodík dopravit z místa, kde se vyrábí, do místa konečného použití, jako je průmyslový závod, generátor energie nebo čerpací stanice. Infrastruktura zahrnuje potrubí, zkapalňovací zařízení, nákladní automobily, skladovací zařízení, kompresory a výdejní stojany, které se podílejí na procesu dodávek paliva.

Technologie dodávek pro vodíkovou infrastrukturu je v současné době komerčně dostupná a několik amerických společností dnes dodává vodík ve velkém. Růst poptávky po vodíku bude vyžadovat v České republice rozšíření této infrastruktury a vývoj nových technologií, jako jsou chemické nosiče pro přepravu vodíku s vysokou hustotou a vysoce výkonné technologie tankování pro přepravu těžkých palivových článků.

Ministerstvo dopravy podporuje výstavbu vodíkových stanic na tento projekt bylo vyčleněno z dotací od Evropské unie 150 milionů korun. Aktuálně se v České republice nachází jedna vodíková stanice, kde je možné tankovat po domluvě, do roku 2025 jich má být 15, alespoň takové jsou plány NAP.

Problematikou vodíku je jeho výroba, většinová výroba je z fosilních paliv pomocí parního reformování. Je to metoda nejlevnější, ale vznikají při ní skleníkové plyny, hlavně oxid uhličitý. Parním reformováním vzniká přibližně 95 % vodíku.[17] Další možností je výroba pomocí elektrolýzy, která spočívá v tom, že při použití elektřiny rozděljuje vodu na vodík a kyslík. Elektrolýza má nižší účinnost oproti parnímu reformování, do budoucna se ale předpokládá zefektivnění této metody.[18]

3.7.2. CNG

CNG je zkratka pro stlačený zemní plyn. Je to plynný produkt ropy a je prvním produktem, který se oddělí při destilaci. CNG je bez zápachu, chuti a jedovatosti a je tvořen z 93,05 % metanem, dusíkem, oxidem uhličitým, propanem a stopami etanu. Jedná se o ekologicky čisté alternativní palivo, protože při jeho spalování vzniká ve srovnání s jinými palivy nižší procento skleníkových plynů.

Palivo CNG sice neposkytne stejný výkon jako nafta, ale rozhodně má své výhody. CNG má vysoké oktanové číslo, které zajišťuje vysoký kompresní poměr a je přizpůsobitelné moderním motorům. Při spalování CNG vzniká méně oxidu uhelnatého, uhlovodíků a oxidů dusíku než v případě nafty. Celkově může tento typ plynu pomoci snížit znečištění, protože se jedná o čistě spalující palivo.[35]

3.7.3 LNG

Palivo LNG neboli zkapalněný zemní plyn je zemní plyn převedený do kapalné formy. Při tomto procesu se zemní plyn ochlazuje při nízkých teplotách, dokud se nezmění na kapalinu, a objem plynu se sníží přibližně 600krát. Zkapalněný zemní plyn a stlačený zemní plyn jsou si sice podobné, ale jejich způsoby dodávky a skladování se liší.

LNG se zmrazuje, aby se změnil na kapalný, zatímco CNG se stlačuje do té míry, že je velmi kompaktní. LNG zabírá ve vozidle méně místa než CNG a nabízí také energetickou hustotu, která se dá srovnat s naftou. Díky tomu je běžnou volbou mnoha společností provozujících dálkovou nákladní dopravu. Pomocí správných postupů lze LNG přeměnit na CNG.

Na druhou stranu se CNG tankuje snadněji než LNG, který vyžaduje speciální manipulaci a vybavení. CNG je také velmi lehký, takže pokud dojde k úniku, rozptýlí se. Má neomezenou

dobu výdrže, takže i když se nevyužije, nedochází ke ztrátě paliva. Díky tomu je CNG bezpečnější volbou než LNG. CNG má také nižší výrobní náklady než LNG. [35]

3.7.4 LPG

LPG neboli zkapalněný ropný plyn je vedlejší produkt získaný při těžbě ropy. LPG váží dvakrát více než vzduch, je bezbarvý, bez zápachu a je to vysoce hořlavý výbušný plyn. Skládá se z propanu ve směsi s butanem, stopami propylenu a butylenu.

Jednou z výhod LPG je, že vypouští méně uhlovodíků, oxidu uhelnatého a oxidů dusíku. Má také vysoké oktanové číslo a zvyšuje životnost motoru. Poměr hmotnosti paliva k počtu ujetých kilometrů je u LPG stejný jako u vozidel poháněných benzinem. [35]

Palivo CNG a LPG má své podobnosti i rozdíly. Zatímco CNG se skládá z metanu, LPG se skládá z propanu a butanu. CNG se obvykle používá jako náhrada benzínu v automobilech, zatímco LPG se často používá v průmyslu, chladírenském průmyslu, zemědělství a gastronomii. Používá se také k vaření a vytápění v domácnostech a stejně jako CNG může být použit jako palivo pro automobily.

CNG uvolňuje méně skleníkových plynů, zatímco LPG uvolňuje oxid uhličitý, ale stále je čistší než benzin. V případě úniku se CNG rychle rozptýlí, zatímco LPG se usadí na zemi. Obecně je CNG považován za bezpečnější než LPG, protože LPG se obtížně rozptýluje. [35]

4. Statistika a predikce, rozvoj infrastruktury + vozidel do roku 2030

Za rok 2021 se celosvětově prodalo 6,75 milionu elektrických vozidel, tento počet zahrnuje osobní vozidla, lehká nákladní a užitková vozidla. Celosvětový podíl na prodeji tak činil 8,3 %, to je téměř dvojnásobný rozdíl oproti roku 2020, kdy to bylo 4,2 %.[30]

Výrobci elektromobilů zlepšují dojezd svých vozidel, aby pomohli zmírnit obavy řidičů elektromobilů z dojezdu. Samotné větší baterie a delší dojezd však obavy zákazníků z dojezdu nevyřeší. Dostupnost a pohodlí nabíjení je také jedním z klíčových faktorů, které majitelům elektromobilů zajistí dobrý zážitek z jízdy. Zavedení nabíjecí infrastruktury je proto nezbytné pro usnadnění rozšíření elektrických vozidel.

Podle výzkumu společnosti IDTechEx týkajícího se elektrických vozidel bude do roku 2030 na silnicích po celém světě jezdit více než 100 milionů plug-in elektromobilů, včetně osobních automobilů, autobusů, nákladních automobilů a dodávek, což jsou nejvýznamnější odvětví, která je třeba vzít v úvahu pro nabíjecí infrastrukturu elektromobilů. Z nich osobní elektromobily představují objemově největší sektor plug-in EV, zatímco u elektrických vozových parků, jako jsou autobusy, nákladní automobily a dodávky, se v nadcházejícím desetiletí očekává rychlý růst, což výrazně zvýší poptávku po nabíjecí infrastruktuře.

V České republice je hlavní snahou udržitelnost a snaha o šetrnost k přírodním zdrojům. Hlavním cílem dopravní politiky je zajistit kvalitní, funkční a spolehlivé dopravní soustavy na principu udržitelnosti využívání přírodních zdrojů.

„Zatímco v průmyslu a domácnostech se postupně daří energetickou spotřebu snižovat, v dopravě dochází ročně k nárůstu přibližně o 3,5 %. Doprava se tak v současnosti podílí na spotřebě energie přibližně 25 % a patří k největším spotřebitelům“, řekl bývalý ministr dopravy Karel Havlíček k vládou schválené dopravní politice ČR pro období 2021-2027 s výhledem do roku 2050.

4.1 Rozvoj dobíjecích bodů

Zde budou zmíněny technologie, které se aktuálně testují v pilotních projektech, nebo které mají potenciál se prosadit v budoucích letech.

4.1.1 Chytré osvětlení

V Praze aktuálně probíhá pilotní projekt, kde jsou dobíjecí body umístěny do pouličního osvětlení. Za rok 2022 bude takto osazeno 82 lamp veřejného osvětlení. S vybavením

pouličního osvětlení dobíjecím zařízením souvisí výměna kabeláže, aktuální kabeláž u současného osvětlení je nedostačující. O výměnu kabeláže se postará společnost PRE, která na projektu s městem spolupracuje.

Nabíjecí zařízení v pouličním osvětlení dosahuje výkonu 22 kW, zařízení je připraveno na kabel „Mennekes“. Pro spuštění nabíjení je třeba autorizace u zařízení, ta probíhá přes RFID čip, nebo QR kód, který lze načíst například na mobilní telefon.[27]

4.1.2 Trafo stanice na sídlištích

Trafo stanice na sídlištích je další způsob dobíjení elektromobilů, vzhledem k tomu, že disponují dostatečným příkonem elektrické energie, tak na ně není problém nainstalovat wallboxy pro dobíjení elektromobilů.

Trafo stanice na sídlištích je dalším prvkem, který se aktuálně rozšiřuje na pražských sídlištích. Stanice obvykle obsahují dva wallboxy, které umožňují nabíjet s rychlostí 22 kW. Vyhrazená parkovací stání obsahují časové omezení pro nabíjení maximálně okolo 5-6 hodin. Časový úsek je monitorován ze zařízení, překročení limitu je peněžně penalizováno.[37]

4.1.3 Indukční dobíjení

Indukční dobíjení nebo také nabíjení bezdrátové je ve výsledku podobné tomu, jak se dnes nabíjení chytré telefony. Bezdrátové nabíjení tedy umožní nabít elektromobil bez nutnosti použití kabelů. Toto řešení aktuálně naráží na problém účinnosti při přenosu energie, problémů logistických při instalaci a také zvýšení složitosti a ceny vozidla v podobně integrování dalších prvků. Výhodou je ušetření místa, vzhledem k tomu, že není nutné dobíjet ze sloupku. Tato technologie zatím není ve větším rozsahu využívána.[40]

4.1.4 Výměna baterie – BaaS – Battery as a service

Výměna baterií neboli baterie jako služba umožňuje vyměnit vybité baterie za nabité ve výměnných stanicích. Když je baterie vybitá, může ji majitel vyměnit za plně nabitou. To pomůže vyřešit problém se zřizováním nabíjecích stanic a také se sníží obavy řidičů z dojezdu. Služba je časově méně náročná a vyžaduje také minimální infrastrukturu. Majitel elektromobilu může navštívit výměnné místo, mít uzavřenou smlouvu s energetickým operátorem ohledně výměně baterií. S koncem životností baterie se dále posunou do alternativních odvětví pro ukládání energie, případně se recyklují. Tato služba funguje například v Norsku, kde je provozována společností Nio. [41]

4.1.5 Vodíkové plnicí stanice

Čistý vodík je označován za budoucí palivo EU a slibuje, že do roku 2030 přinese dostatek uhlíkově neutrální energie. Podle zastánců bude pohánět nákladní vozidla pro dálkovou dopravu, letadla, výrobu oceli a vytápění domácností. Ne všichni s tím ale souhlasí, a to hlavně z důvodu spotřeby energie.

Technologie pro výrobu ekologického vodíku jsou však zatím v začátcích a celý proces je nákladný. Zelený vodík dnes nemůže konkurovat jiným zdrojům energie ani vodíku vyráběnému z fosilních paliv viz 3.7.1 Vodík.

4.1.6 Chytré nabíjení

Chytré nabíjení označuje systém nabíjení, v němž elektromobily, nabíjecí stanice a provozovatelé nabíjení sdílejí datová spojení. Prostřednictvím inteligentního nabíjení mohou nabíjecí stanice monitorovat, řídit a omezovat používání nabíjecích zařízení s cílem optimalizovat spotřebu energie. Primárně jde o to, aby se nabíjení vozidel rovnoměrně rozdělilo v čase tzn. vytvořit motivaci k dobíjení mimo odběrové špičky. Pokročilý smart charger – V2G (Vehicle to Grid) může využít akumulované elektřiny v bateriích ke zpětným dodávkám do sítě. V současné době se možnost těchto metod zkoumá v řadě projektů.[32]

4.1.7 Mobilní dobíjecí zařízení

Mobilní dobíjecí zařízení by mohli vytvořit doplňkovou službu dobíjení. Výhody spojené s touto technologií jsou takové, že lze dostat dobíjecí nabíjecí stanici téměř na jakémkoliv místě a při dobré časové koordinaci téměř ihned. Spojený problém s jeho přepravou je ten, že pro přepravu dobíjecího zařízení je spotřebována energie. Zařízení funguje na dobíjení AC a je vhodné pro dobíjení vozidel s nižší spotřebou energie. Tento systém není vhodný pro dobíjení nákladních vozidel. V Praze byl testován projekt s názvem Nimbee.

4.2 Rozvoj nízkoemisních vozidel predikce s výhledem do roku 2030

V následující kapitole je popsán aktuální stav rozvoje nízkoemisních vozidel dle Národního akčního plánu a jsou zde vytvořeny dvě predikce, první dle modelu Grey Forecast založená na registraci nízkoemisních vozidel a druhá komplexnější, která bere v potaz vytvořené parametry. Výsledek je porovnán s plánem NAP.

4.2.1 Národní akční plán čisté mobility

V roce 2015 v České republice vznikl Národní akční plán čisté mobility pro období 2015-2018 s výhledem do roku 2030, plán je aktualizován vždy po třech letech. NAP se zabývá rozvojem

elektromobility, CNG, LNG, vodíku a dalších alternativních paliv včetně infrastruktury. Dokument odkazuje na směrnici 2014/94/EU, která požaduje, aby členské státy definovaly národní cíle pro rozvoj alternativních paliv a příslušné infrastruktury.

NAP vznikl za účelem naplnění základních energetických, environmentálních a dopravně politických cílů ČR. Navazuje na další strategické dokumenty ČR např. Státní energetická koncepce, Dopravní politika ČR a další. Z hlavní části se dokument věnuje rozvoji alternativních paliv v dopravě. NAP je postaven na principu technologické neutrality ve smyslu toho, aby nedošlo k zacílení a upřednostnění jednoho druhu paliva. V dokumentu je stanoveno několik predikcí viz tabulky níže.

Predikce NAP z roku 2015 viz tabulka č.7:

Rok	Podíl na prodeji BEV	Podíl na prodeji PHEV	Vozový park BEV	Vozový park PHEV
2015	0,30 %		0	
2020	1,00 %	1,90 %	5000	9000
2025	4,10 %	7,80 %	33000	62000
2030	20,90 %		25500	
2035	23,40 %		371000	
2040	23,70 %		403000	

Tabulka 6 - Predikce NAP z roku 2015

V roce 2020 byl vydán aktualizovaný dokument upřesňující plnění cílů:

Vozidla	Rok 2030
Elektromobily	220 000 – 500 000
EV busy	800 – 1 200
CNG OA	20 000 – 44 600
CNG busy	1 740 – 2 650
LNG kamiony	3 500 – 6 900
LPG	170 000 – 250 000
Vodík OA	40 000 – 50 000
Vodík – Bus	870
Dobíjecí body	Rok 2030
Elektrické	19 000 – 35 000
CNG	350–400
LNG	30
Vodík	80

Tabulka 7 - Aktualizovaný NAP plán

4.3 Predikce nízkoemisních vozidel

Pro vlastní predikci nízkoemisních vozidel byly vybrány dvě možnosti predikce. První způsob je pomocí metody Grey Forecast. Tato metoda predikuje registraci nových elektromobilů typu BEV + PHEV. Druhý způsob je vytvoření predikce dle tří scénářů, a to rozvoj nízký, střední a vysoký.

4.4 Metoda Grey Forecast

Jedná se o metodu speciálně používané ke studiu neurčitého systému. Pokud jde o predikci, tak mnoho vědců v dnešní době používá metody pomocí neuronových sítí, logistických modelů, modelů regresní analýzy a jiné. Ve srovnání s tradičními algoritmy vyžaduje model predikce pomocí neuronových sítí velké množství dat a je složitější. Pro regresní analýzy je také potřeba velké množství dat, které je potřeba získat. [38]

Na rozdíl od výše uvedených modelů potřebuje Grey forecast pouze malé množství dat a pokud predikuje s trendy, tak jeho přesnost je velmi vysoká, a to zvláště pro kratší časové úseky. Pro predikci byla vybrána registrace nových vozidel, a to z toho důvodu, že jsou proto přesná a dostupná data.

4.4.1 Princip modelu

Teorie Grey forecast používá čtyři typy modelů – GM (1,1), DGM (1,1), GM (1, N) a Verhulstův model. Nejpoužívanějším je model GM (1,1), který představuje predikční model prvního řádu a byl použit pro vytvoření modelu v této práci.[38]

Využívá následující kroky:

1. Vložení původních dat:

$$X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}, \text{ and } X^{(0)}(k) \geq 0, k = 1, 2, \dots, k.$$

2. Vygenerování nových dat

Vygenerování $X^{(0)}$ jakmile, $x^{(0)}(k)$

$$= \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i) \quad i = 1, 2, \dots, n \text{ získáme novou posloupnost}$$
$$X^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)\}$$

3. Sestavení součtové matice B a vektoru konstantních členů

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(m-1) + x^{(1)}(m)] & 1 \end{bmatrix}$$

$$Y_m = [x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(m)]^T$$

4. Pro vyřešení parametru c se použije metoda nejmenších čtverců

$$c = \begin{pmatrix} a \\ u \end{pmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y$$

5. Vyřešení rovnice

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = u \text{ a následně}$$

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left((x^{(0)}(1) - \frac{u}{a}) e^{-ak} + \frac{u}{a} \right), k = 1, 2, \dots, n$$

6. Reziduální test

$$\varepsilon(k) = x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k), k = 2, 3, \dots, n$$

$$\varepsilon_r(k) = \frac{|x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)|}{x^{(0)}(k)} * 100\%, k = 2, 3, \dots, n$$

$$\text{Average } \bar{\varepsilon}_r = \frac{1}{n-1} \sum_{k=2}^n |\varepsilon_r(k)|$$

4.4.2 Výsledná prognóza

Na základě statistik počtu nízkoemisních vozidel v letech 2015-2021 (Viz příloha) byla vytvořena predikce počtu nízkoemisních vozidel v následujících letech.

Rok	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Počet	4314	3549	4397	3648	3384	7417	9500
Míra růstu [%]	39,16	-17,73	23,89	-17,03	-7,24	119,18	28,08

Tabulka 8 - Počty nízkoemisních vozidel dle let

Z tabulky č.9 byla vložena data:

$$X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\} = \{4314, 3549, 4397 \dots, 9500\}$$

Vytvoření nové sekvence dat:

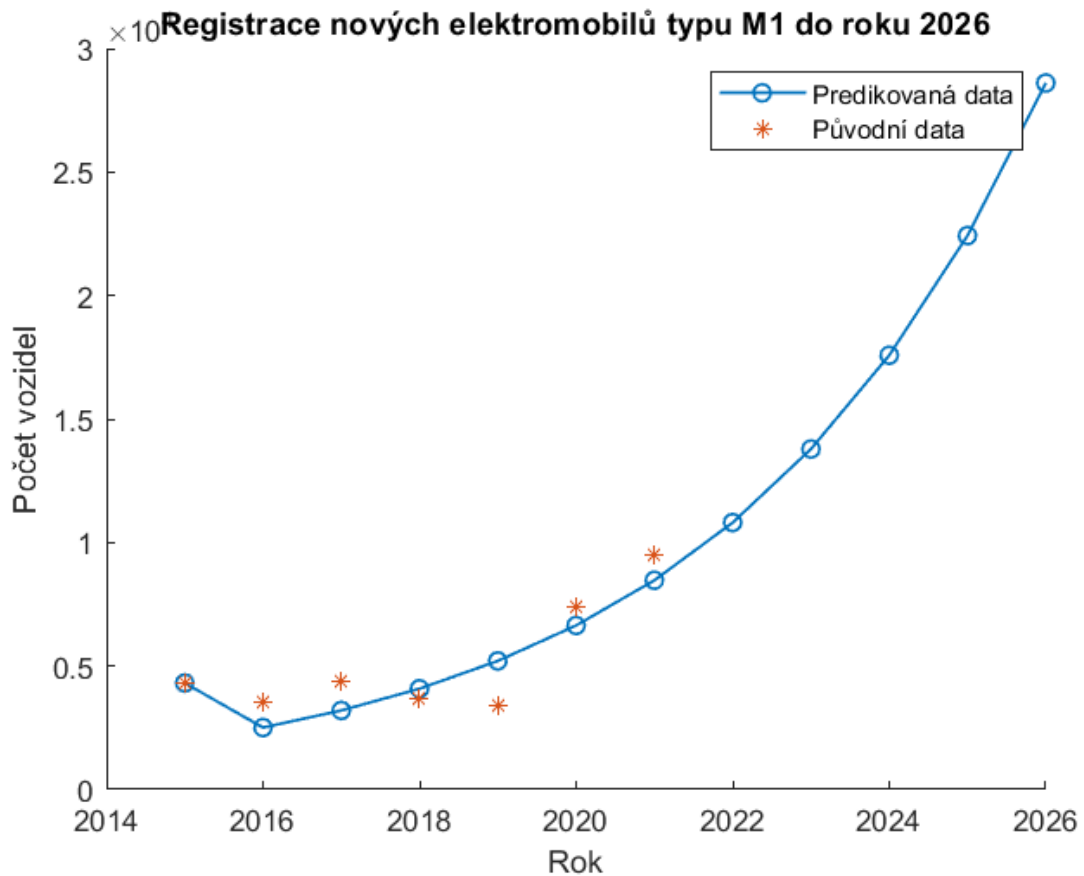
$$X^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)\} = \{4314, 6824, 10026, 14110, 19318, 25962, 34436, 45243, 59029, 76611, 99037, 127642\}$$

Získání hodnot parametrů pomocí metody GM (1,1):

$$c = \begin{pmatrix} a \\ u \end{pmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y = \begin{pmatrix} -0.1833 \\ 1497.026 \end{pmatrix}$$

Výsledek predikce:

Graf č.6 zobrazuje krátkodobou predikci provedenou v prostředí Matlab založenou na Grey Forecast. V letech 2018 a 2019 můžeme pozorovat kolísavé hodnoty, pravděpodobně to bude z toho důvodu, že v roce 2020 se na trhu objevily nové a levnější modely elektrických vozů, o které byl projevěn zájem a podobný trend se dá očekávat i směrem do let následujících. [39]



Graf 6 - Krátkodobá predikce vozidel

Rok	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Predikce	2510	3202	4084	5209	6644	8474	10808	13785	17582	22426	28604
Reálná data	3549	4397	3648	3384	7417	9500					

Tabulka 9 - Predikce pomocí programu Matlab

4.5 Predikce počtu osobních vozidel EV + PHEV, metoda tří scénářů

Predikce pro rozvoj nízkoemisních vozidel byla vytvořena pro tři scénáře – nízký, střední, vysoký. Typ vozidla byl zvolen nízkoemisní osobní automobil. Základními vstupními parametry jsou:

- Celkový počet registrovaných vozidel
- Cena nízkoemisního vozidla v porovnání s konvenčním vozem
- Legislativa
- Infrastruktura
- Dotační politika

4.5.1 Predikce počtu registrovaných vozidel

Predikce počtu vozidel vychází z registrací osobních automobilů v letech 2015–2021. V České republice je velký počet osobních automobilů na obyvatele, a to hlavně v hlavním městě – Praze.

Pro porovnání v tabulce č.11 se nachází počet registrovaných osobních automobilů na obyvatele v okolních státech:

Město	Počet vozů na obyvatele	Zdroj
Praha	0,689	[44]
Vídeň	0,374	[43]
Berlín	0,341	[42]

Tabulka 10 - Počet osobních automobilů na obyvatele

V posledních několika letech tento koeficient neustále vzrůstá, a to primárně díky tomu, že počet obyvatel zůstává konstantní, případně má nepatrnou rostoucí tendenci, oproti tomu množství registrovaných automobilů roste v řádu nižších jednotek procent každý rok. [2]

Je tedy pravděpodobné, že do budoucna z důvodu nasycení trhu dojde k mírnému poklesu poměru. Vzorec pro výpočet celkového množství osobních automobilů byl sestaven následovně.

$$C_{Oaj} = (P_{Nj-1} + P_{Sj-1} - P_{Oj-1}) * k$$

$$C_{Oaj+1} = C_{Oaj} * k$$

C_{Oa} – Predikce registrovaných osobních vozidel kategorie M1

P_{Nj-1} – Počet registrovaných nových vozidel

P_{Sj-1} – Počet registrovaných starých vozidel (První registrace v ČR)

P_{0j-1} – Vyřazený počet vozidel

k – koeficient počítaný jako průměrný krokový rozdíl mezi změnou v počtu registrovaných osobních vozidel mezi lety 2015–2021, kde pro toto stanovené období se hodnota $k = 0,9323$

4.5.2 Predikce počtu elektrovozidel

Celkový počet elektrovozidel (PHEV + BEV) je určen tržním podílem zastoupeným ve vybraných scénářích a ohodnocením vybraných koeficientů. Výsledný počet určuje rovnice číslo x. Koeficienty byly ohodnoceny na základě dostupných informací o předpokládaném rozvoji stupnice pro hodnocení byla vytvořena v intervalu <-5;5>. Na základě toho byly vytvořeny tři scénáře popisující jednotlivé možnosti. Hodnoty koeficientů byly následně přepočítány na poměr k maximálnímu možnému ohodnocení.

$$C_{ej} = C_{ej-1} * (C_{Oaj} * 0,5 * Ck_{pj}) + (C_{Oaj} * 0,5 * (k_{cp} + k_i + k_l + k_d))$$

C_{ej} – Celkový počet elektrických vozidel

C_{ej-1} – Celkový počet elektrokových vozidel v roce $x - 1$

C_{Oaj} – Počet registrovaných vozidel kategorie M1

Ck_{pj} – koeficient scénáře (nízký, střední, vysoký)

k_c – koeficient ceny

k_i – koeficient infrastruktury

k_l – koeficient legislativy

k_d – koeficient dotace

4.5.3 Koeficient ceny

Tento koeficient vznikl na základě pořizovací ceny, která je aktuálně o několik desítek procent vyšší, podrobně rozebráno v kapitole 5 (přidat odkaz). V rozmezí pěti let by elektromobily měly dosáhnout cenové parity s klasickými spalovacími vozy. Vyplývá to z analýzy společnosti BNEF, a to bez dotací. Již nyní můžeme někde vidět modely od stejných vozů za stejnou cenu, ale pořizovací náklady jsou zatím vyšší u vozů poháněných na elektrickou energii.

Koeficient byl ponechán pro všechny scénáře stejný jeho hodnocení bylo provedeno na základě studie ohledně narovnání cen mezi elektromobily a klasickými vozy. [47]

Záporná hodnota ukazuje to, že pořizovací cena elektromobilu je vyšší, ale během následujících let by se měla narovnávat, až se dostane na stejnou hranici, jako u konvenčních automobilů.

Rok	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
	-4	-4	-4	-3	-3	-2	-1	0	0

Tabulka 11 - Koeficient ceny v jednotlivých scénářích

4.5.4 Koeficient infrastruktury

Infrastruktura je velmi důležitým prvkem pro plynulý rozvoj elektromobility podrobně je popsána v kapitole [2.1 Aktuální stav infrastruktury a nízkoemisních vozidel v České republice](#) Pokud se porovnáme například s Nizozemskem, které má rozlohu téměř poloviční, tak mají více než 50 000 dobíjecích stanic. V České republice se ale infrastruktura rozvíjí, pomůže tomu i nová legislativa [3.6.2. Vybavení staveb dobíjecími stanicemi](#) [29] a také investování do rozvoje dobíjecích bodů, kdy má být investováno více než 5,5 miliard korun do roku 2027.[45] To je zohledněno v každém scénáři, a proto je zde vidět progresivní růst.

Scénář	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Nízký	2	2	2	2	3	3	3	3	3
Střední	2	2	2	2	3	3	3	3	4
Vysoký	2	2	3	3	3	4	4	4	4

Tabulka 12 – Hodnoty koeficientu infrastruktury

4.5.5 Koeficient legislativy

Dalším vybraným koeficientem je legislativa, konkrétně legislativní podpora rozvoje elektromobility s tím souvisí podpora v podobě finančního příspěvku – dotací, pro dotace ale byl vytvořen samostatný koeficient. V ČR je podpora pro elektromobilitu v podobě zrušené silniční daně, v Praze je parkování pro nízkoemisní vozidla zdarma a dálniční známka na území ČR stojí poloviční cenu.

V okolních státech můžeme pozorovat podpory podobného typu Norsko nabízí snížení poplatků ve městech a dálnicích, nulovou daň z nabytí. Slovensko podporuje rozvoj v podobě nulové silniční daně a nejnižší registrační sazby. V tabulce jsou zohledněny aktuální stavy. Růst koeficientu u středního a vysokého scénáře by zapříčinila větší podpora ze strany legislativy, například zavedení vyšších daňových úlev jako tomu je v okolních v západních státech.

Scénář	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Nízký	1	1	1	2	2	2	2	2	2
Střední	1	2	2	2	2	3	3	3	3
Vysoký	1	2	2	3	3	3	4	4	4

Tabulka 13 – Hodnoty koeficientu legislativy

4.5.6 Koeficient dotací

Posledním koeficientem jsou dotace – přímá finanční podpora. V ČR v prvním čtvrtletí roku 2022 nemáme žádnou podporu v podobě dotací na elektromobil, probíhalo několik diskusí na toto téma, ale zatím žádná nebyla přímo schválena. Finanční příspěvek pro soukromý i podnikatelský sektor by velmi pravděpodobně zvýšila motivaci rozvoje elektromobility, jak ukazují čísla z okolních států.

Hodnoty v nízkém scénáři zobrazují aktuální stav, kdy dotace na elektromobil u nás nejsou, je pouze možné získat dotaci na dobíjecí stanici, wallbox. Střední a vysoký scénář zobrazuje hodnoty, kdy by došlo k podpoře kupování elektro vozů. Hodnoty koeficientu ve vysokém scénáři byly nastaveny tak, aby dorovnávaly hodnotu koeficientu ceny a srovnávaly aktuální rozdíl mezi elektromobilem a klasickým spalovacím vozem, následná kladná hodnota v součtu koeficientů ceny a dotace předpokládá stálou finanční podporu pro elektromobily.

Rok	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Nízký	1	1	2	1	1	0	0	0	0
Střední	2	2	2	3	3	2	2	1	1
Vysoký	3	4	4	4	4	3	3	3	3

Tabulka 14 - Hodnoty koeficientu dotace

4.5.7 Nízký scénář

Nízký scénář vývoje počtu osobních nízkoemisních vozidel navazuje na údaje v NAP do roku 2030. NAP v roce 2015 specifikoval údaje pro rozšiřování BEV a PHEV vozidel viz tabulka č.7 pro rok 2020 předpokládal 5 000 BEV vozidel a 9 000 PHEV vozidel – mnohem výraznější rozšiřování vozidel PHEV. Pokud se podíváme na reálná data z let 2018–2021 (do roku 2017 nebyla vedena kategorie PHEV, ale pouze HEV, čísla by byla velmi zkreslující), tak v tomto období bylo registrováno 8364 BEV a 4799 vozidel PHEV, čísla ukazují kategorii M1 – osobní vozidla, což je prakticky přesně opačný poměr vozidel BEV a PHEV.

Aktualizovaný NAP z roku 2019 neudává podrobnější predikci pro vozidla PHEV a BEV, ale nabízí několik scénářů. Nižší hranici stanovil na počet 220 800 a vyšší na hranici 500 000 BEV, ohledně vozidel PHEV se přímo nezmiňuje.

Je důležité zmínit, že veškeré predikce zobrazeny v NAP byly tvořeny mezi lety 2015–2018, před pandemií Covid 19 a čipovým nedostatkem pro automobily.[46] Tyto faktory se promítly do prodeje a výroby vozidel a je to zohledněno v jednotlivých scénářích.

Tabulka č.10 zobrazuje vybrané koeficienty pro nízký scénář.

	2022	2024	2026	2028	2030
--	------	------	------	------	------

Ck_{pj}	0,19 %	0,41 %	0,90 %	1,60 %	2,50 %
$\sum(k_i, k_l, k_d, k_{cp})$	1	3	3	4	5

Tabulka 15 - Koeficienty pro nízký scénář

4.5.8 Střední scénář

Střední scénář navazuje na scénář nízký. Celkový součet koeficientů je vyšší než u předchozího scénáře, je zde předpokládána podpora ze strany státu v podobě alespoň minimálních dotací pro elektrická vozidla, vyšší rozšířenost infrastruktury a tomu odpovídající ohodnocení.

	2022	2024	2026	2028	2030
Ck_{pj}	0,21 %	0,72 %	1,62 %	2,88 %	4,50 %
$\sum(k_i, k_l, k_d, k_{cp})$	3	4	8	9	9

Tabulka 16 - Koeficienty pro střední scénář

4.5.9 Vysoký scénář

Vysoký scénář vývoje počtu nízkoemisních vozidel je z části inspirován trendem v západních a severních zemích, konkrétně Německu, Nizozemsku a Švédsku, též zobrazeno v příloženém dokumentu list č.4. Aktuálně se v těchto zemích hranice elektrických vozidel pohybuje okolo 20 % z celkového počtu vozidel. K této hranici se dostali během desetiletého vývoje. Jednotlivé koeficienty byly taktéž nastaveny velmi optimisticky.

	2022	2024	2026	2028	2030
Ck_{pj}	0,55 %	2,40 %	5,40 %	9,60 %	15,00 %
$\sum(k_i, k_l, k_d, k_{cp})$	5	9	11	13	14

Tabulka 17 - Koeficienty pro vysoký scénář

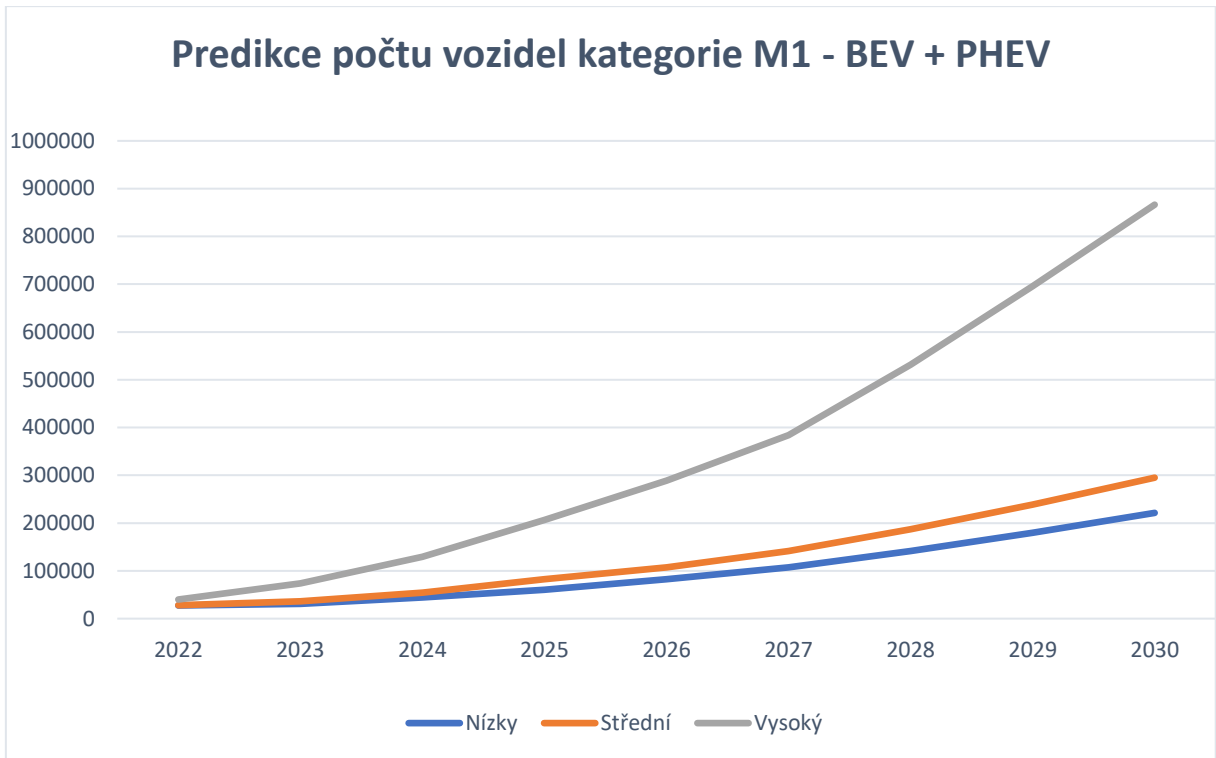
4.5.10 Výstup predikce

V této kapitole jsou zobrazeny výstupy počtu elektrických vozidel.

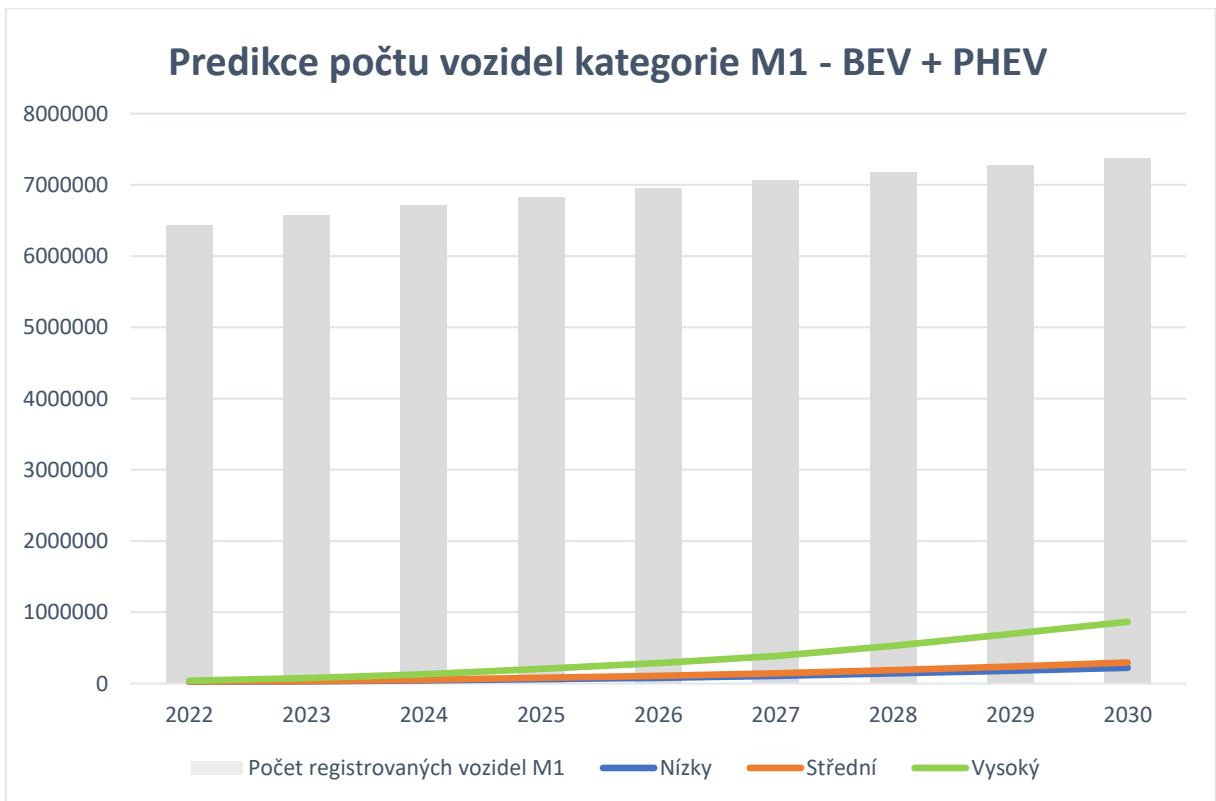
Graf č.7 zobrazuje tři scénáře, Nízký scénář předpokládá hodnotu 221 329 vozidel, vstupní hodnota pro počet vozidel elektrovozidel na konci roku 2021 byla 14 892. Výstupní hodnota středního scénáře je 295 057. Výstupní hodnota vysokého scénáře je 864 447, této hodnoty bychom dosáhli, pokud by rozvoj postupoval podobně rychle jako v severovýchodních zemích, nebo západních, a to je krajně nepravděpodobné.

Graf č.8 zobrazuje navíc přehled v poměru k celkovému počtu osobních vozidel.

Výsledky lze porovnat s výsledky NAP, které jsou v [Tabulka 7 - Aktualizovaný NAP plán](#), kde je zobrazen jeden z jejich výsledků, chybí ovšem metodika jejich získání.



Graf 7 - Predikce počtu vozidel M1



Graf 8 - Predikce počtu vozidel M1

5. Finanční náklady a dostupnost infrastruktury

Následující kapitola porovnává různé druhy dobíjecí infrastruktury, možnost instalace a cenu, jak z pohledu uživatele, tak z pohledu majitele či zprostředkovatele infrastruktury.

5.1 Jednotlivý účastníci elektromobility

Z veřejně dostupných informací ohledně způsobu dodávání elektrické energie od její výroby až po koncového zákazníka, v mém případě dobíjení elektromobilu byl vytvořen soupis bodů, jakým způsobem probíhá dodávání elektrické energie na území České republiky.

1. Stát, municipalita
2. Výrobci elektrické energie (velkovýrobci + menší energetické zdroje)
3. Provozovatel přenosové soustavy
4. Provozovatel distribuční sítě
5. Obchodník s elektrickou energií
6. Poskytovatel služby elektromobility
7. Provozovatel dobíjecí stanice
8. Vlastník pozemku
9. Vlastník elektromobilu

Prvním členem je stát, případně municipalita, který se podílí na legislativním zastřešení celé této struktury. Může to být z hlediska legislativního – udělování například licencí k provozování nebo hlediska podpory například formou dotací.

Body 2–5 jsou shrnuty v kapitole 3.1 Distributor, dodavatel elektrické energie.

Poskytovatelem služby elektromobility je myšlena společnost, která nabízí vlastníkům elektromobilu produkt v podobě dobíjecí infrastruktury. Určuje ceny dobíjení a zajišťuje vyúčtování služeb. V České republice jsou největšími poskytovateli služeb elektromobility společnost ČEZ, E.ON a PRE.

Provozovatel dobíjecí stanice je vlastník dobíjecí stanice, který zajišťuje chod a garantuje výkon stanice. Může být shodný s poskytovatelem služby elektromobility.

Vlastníkem pozemku je myšlen ten, kdo vlastní místo, na kterém je instalována dobíjecí stanice.

5.2 Vybudování, provoz a údržba nabíjecí infrastruktury

Pro vybudování dobíjecí stanice je potřeba splnit několik kroků, které jsou shrnuty v následujících bodech. Postup byl vytvořen na základě postupů jednotlivých společností, které výstavbu realizují.

5.2.1 Nalezení vhodné lokace

Vhodnou lokaci lze rozdělit na několik druhů. První, kde se shromažďuje vysoký počet lidí, jako jsou například, nákupní centra, přestupné oblasti, sídliště. Druhou oblast představuje oblast okolo dálnic, podobně jako fungují klasické čerpací stanice. Poslední oblastí je oblast okolo firem v jejich areálech či garážích.

5.2.2 Projekční příprava a legislativní procesy

Dobíjecí stanice je legislativně definována v zákoně č. 382/2021Sb. [48] Dle tohoto zákona je určeno, jaké jsou legislativní potřeby pro provozování a připojování elektrovozidel k dobíjecímu zařízení.

Dle stavebního zákona není zapotřebí souhlas ohledně stavebního povolení nebo ohlášení stavby, pokud není zásah do nosné konstrukce stavby stačí územní rozhodnutí, nebo územní souhlas.

5.2.3 Územní rozhodnutí/Územní souhlas

Dle stavebního zákona je zapotřebí územní rozhodnutí nebo územní souhlas. Účastníkem je obec na jejímž území má být stavba provedena, vlastník pozemku, vlastník sousedních pozemků.

5.2.4 Stavební připravenost a vyhrazení parkovacího stání

Vyhrazená parkovací stání pro dobíjení elektromobilů jsou realizována na stávajících parkovacích místech, pokud se jedná o přestavbu nebo úpravu stávajících stání. Stání má svá legislativní pravidla značení (3.6.2. Vybavení staveb dobíjecími stanicemi [29]) a vyhrazený počet pro vozidla nízkoemisní vycházející z počtu nízkoemisních vozidel na daném provozním místě.

5.2.5 Realizace kabelového napojení – silového a datového

Připojení je navrhováno provozovatelem lokální distribuční soustavy 3.1 Distributor, dodavatel elektrické energie. Podmínky ohledně připojení k elektrizační soustavě jsou obsaženy ve vyhlášce č. 487/2021 Sb. [49]

Pro dobíjecí stanice u velkých subjektů například na sídlištích nebo nedaleko nákupních center se nepředpokládá budování nových samostatných zdrojů, ale předpokládá se využití zdrojů energie již instalované v rozsahu existujících objektů.

Datový kabel lze realizovat dvěma způsoby, a to pomocí metalického spojení, nebo pomocí spojení pomocí signálu GPRS. Při využití signálu GPRS je nutnost pokrytí signálem GSM. Na základě těchto technologií lze provádět fakturace a penalizace zákazníka.

5.2.6 Provoz a servis dobíjecích bodů

Po dokončení procesu pořízení a instalace nabíjecí infrastruktury je třeba věnovat pozornost části provozní, tj. nákladů na elektrickou energii, údržbu, výběru poplatků a shromažďování údajů ohledně využívání.

5.2.7 Finanční prostředky na jednu dobíjecí stanici

Z dotačních programů lze vyčíst kolik přibližně stojí pořízení jedné dobíjecí stanice, cena každé dobíjecí se bude vždy lišit, záleží na lokalitě, množství provedených zemní prací, vzdálenost trafo stanice atd.

V roce 2019 byl v České republice spuštěn Operační program Doprava, kde skupina ČEZ má do konce roku 2022 vybudovat 125 veřejných dobíjecích stanic s výstupem 50 kW DC a 22 kW AC. Celkové náklady činí 129,2 mil. Kč z toho dotace pokryla 77 511 750 Kč. V průměru to vychází lehce nad 1 mil. Kč na jednu stanici.

Z pohledu ceny za dobíjecí zařízení se cena pro zařízení s výstupem 50 kW DC a 22 kW AC pohybuje přibližně na ceně 550 000–600 000 Kč. Cena byla odhadnuta průzkumem trhu, při větším množství je možné, že cena bude nižší. Z toho vychází, že v případě tohoto produktu je cena za zemní práce, přivedení kabelů téměř stejná jako za dobíjecí zařízení.

5.3 Porovnání provozních nákladů z pohledu uživatele

Následující kapitola porovnává pořizovací ceny vozu, druhy dobíjecí infrastruktury, možnost instalace a jejich cenu.

Rozdělení infrastruktury je podrobně popsáno v kapitole 3.2 Dobíjecí stanice.

5.3.1 Domácí dobíjení

Nabíjet elektromobil v domácnosti lze pomocí několika způsobů první možnost je z klasické 230 V, druhou možností je nabíjet ze 400 V zásuvky, která se nachází obvykle v garážích. Tyto dvě možnosti lze realizovat bez jakéhokoliv zásahu do infrastruktury, pro nabíjení pomocí wallboxu je nutné upravit rozvodnou síť, aby byla možnost odebrat dostatečné množství proudu pro nabíjení. V tabulce č. 19 lze nalézt shrnutí uvedených informací a cenu jednotlivých zařízení. Cena se liší od délky kabelu a druhu dodavatele, kabely se obvykle vyrábí v délce 5, nebo 8 m, pokud je nutná vzdálenost pro dobití delší, je vhodné použít prodlužovací kabel.

Cena za kilowatthodinu byla vypočtena z aktuálního ceníku PRE, platnost k 1.5.2022. Ceny elektrické energie jsou na začátku roku 2022 velmi nestabilní a její hodnoty jsou až několikanásobně vyšší než v letech minulých, v této ceně jsou započteny veškeré poplatky, které jsou spojené s placením tarifu D27d vytvořeného pro elektromobilitu.

Výpočet zahrnuje veškeré poplatky spojené s přivedením a placením elektrické energie. Cena za kWh je tvořena z věcí následujících – Cena za spotřebovanou elektrickou energii, cena za jistič, daň z elektrické energie, cena za podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie (POZE), cena za činnost operátora trhu. Veškeré tyto položky tvoří celkové náklady na domácí nabíjení. Cena je včetně DPH.

Domácí nabíjení	Cena	Zásuvka	Zásah do infrastruktury?	Typ dobíjení	Cena za kWh
Prodlužovací kabel	2 500 Kč		-		-
Dobíjecí kabel	5 000 - 10 000 Kč	230 V	Ne	AC	7,15 Kč
Dobíjecí kabel	4 000 - 6 000 Kč	400 V	Ne	AC	7,15 Kč
Wallbox	15 000 - 60 000 Kč		Ano	AC	7,15 Kč

Tabulka 18 - Shrnutí domácího nabíjení

5.3.2 Dobíjení ve veřejných prostorech

Pokud není možné dobíjet elektromobil v domácnosti, tak nezbyvá nic jiného než nabíjet ve veřejných prostorech, zde budou porovnány tarifní ceny pro jednotlivé společnosti. Společnosti byly vybrány na základě procentuálního zastoupení v ČR a následně byla přidána společnost Tesla.

ČEZ nabízí pro své zákazníky jednotný tarif pro své registrované zákazníky a ceny rozděljuje dle druhu nabíjení, AC nabíjení pro registrované stojí 6 Kč, DC nabíjení stojí 8 Kč a ultrarychlé nabíjení je za 10 Kč. Ceny jsou uvedeny včetně DPH a jedná se o ceny za 1 kWh.

Neregistrovaní uživatelé platí o 2 Kč/kWh více. ČEZ také pokutuje stání na veřejných nabíječkách po dobu delší, než určují stanovené podmínky, a to jednotnou cenou 2 Kč/min.

U společnosti E.ON zákazník dostane po registraci RFID čip, kterým se autorizuje u stanic tarif funguje podobně jako u společnosti ČEZ registrovaný zákazník platí za AC dobíjení 6 Kč/kWh u DC stanice 7,50 Kč/kWh a za nabíjení u ultrarychlé nabíječky zaplatí zákazník 10 Kč/kWh. Pro neregistrovaného zákazníka jsou ceny následující AC 9 Kč/kWh, DC 11 Kč/kWh a v případě ultrarychlého nabíjení 13 Kč/kWh. Stejně jako u společnosti ČEZ jsou zákazníci penalizováni pokutou 2 Kč/min za překročení časového limitu dobíjení.

Společnost PRE nabízí pro své zákazníky také paušální možnost plateb. Ceny pro registrované zákazníky jsou 7 Kč, 8 Kč, 10 Kč a pro neregistrované zákazníky v podobě 6 Kč, 7 Kč, 9 Kč za dobití AC, DC, a ultrarychlé.

5.4 Celkové roční náklady spojené s provozem vozů

Následující kapitola porovnává cenové náklady na provoz nízkoemisních vozidel. Kalkulace ceny elektrické energie probíhala dle ceníku PRE vydaného pro rok 2022.

5.4.1 Koncept tří řidičů

Pro výpočet provozních nákladů byl vytvořen koncept tří řidičů. Každý řidič reprezentuje rozdílné chování, možnosti a využívání elektrovozidla. Tento koncept byl vytvořen na základě zjištěných informací, aby došlo k pokrytí celého spektra řidičů.

Řidič č.1 je takový řidič, který nabíjí své elektrovozidlo primárně v domácnosti, z 80 % pro dobíjení využívá noční proud a zbylých 20 % bylo ohodnoceno jako dobíjení přes den, veřejné dobíjení využívá sporadicky a je zde připočten občasný výlet do zahraničí.

Řidič č.2 nemá možnost domácího nabíjení, a tak využívá primárně služeb veřejného dobíjení. Dobíjení v zahraničí je zde zastoupeno z 10 % stejně jako ultrarychlé dobíjení.

Poslední Řidič č.3 je řidič netrpělivý, který nerad čeká, a proto jeho dobíjení tvoří primárně rychlé a ultrarychlé dobíjení, je to přesný opak Řidiče č.1.

Jednotlivé poměry ve využívání odlišných způsobů dobíjení shrnuje tabulka č. 20.

	Domácí dobíjení	Veřejné dobíjení DC	Veřejné dobíjení AC	Ultrarychlé dobíjení	Dobíjení v zahraničí
Řidič č.1	75 %	15 %	0 %	5 %	5 %
Řidič č.2	0 %	30 %	50 %	10 %	10 %
Řidič č.3	0 %	50 %	15 %	25 %	10 %

5.4.2 Porovnání ročních provozních nákladů na pohonné hmoty dle vybraných vozidel

Celkové náklady na pohonné hmoty za jeden rok byly určeny na základě kalkulace roční spotřeby vozidla při najetí 20 000 km. Vybrána byla pětimístná vozidla, která mohou složit jako vozidla primární, ne jako doplňková, vhodná například pouze na městské využití.

Jednotlivé referenční hodnoty v tabulce č. 20 byly převzaty od výrobců jednotlivých vozidel. Spotřeba vozidel vychází z testů německé automobilky ADAC. Hodnoty ceny pohonných hmot byly určeny na základě aktuálních ceníků.

Dobíjení u jiných společností funguje na principu roamingu, kdy u společnosti PRE je možné využívat veřejné dobíjecí stanice ostatních provozovatelů, jak v České republice, tak v zahraničí. U společností v České republice je rozdíl od základní ceny minimální, v zahraničí se pohybují ceny za kilowatthodinu na hodnotě od 10-25 Kč. Pro kalkulaci dobíjení v zahraničí byla použita hodnota 13 Kč.

Cena Natural 97 byla stanovena na hodnotě 44,00 Kč, cena Dieselu na 46,00 Kč, cena CNG na hodnotě 50,00 Kč. Ceny pohonných hmot vychází z aktuálního ceníku v ČR. Ceny elektrické energie vychází z ceníku PRE pro rok 2022 viz 5.3.2 Dobíjení ve veřejných prostorech a cena domácího nabíjení viz [Tabulka 18](#) - Shrnutí domácího nabíjení. Veškeré ceny obsahují DPH.

Název	Cena [Kč]	Pohon	Hmotnost	Výkon	Spotřeba [/100 km]
Tesla Model 3	1 369 990	Elektrický	1844 kg	353 kW	20,9 kWh
Škoda EnyaQ	1 334 990	Elektrický	1998 kg	150 kW	18,5 kWh
Octavia iV	859 900	PHEV	1608 kg	150 kW	1,6l + 15,1 kWh
Škoda KodiaQ 2.0 TSI	1 153 900	Benzín	1679 kg	140 kW	7,8 l
Octavia GTEC 1.5 TGI	694 900	CNG	1351 kg	96 kW	3,7kg
Octavia 2.0 TDI	684 900	Diesel	1348 kg	85 kW	4,4 l

Tabulka 20 - Celkové finanční náklady na pohonné hmoty za jeden rok

Název	Řidič 1	Řidič 2	Řidič 3
Tesla Model 3	32 022 Kč	33 827 Kč	36 544 Kč
Škoda EnyaQ	28 725 Kč	30 323 Kč	32 728 Kč
Octavia iV	38 774 Kč	40 080 Kč	42 042 Kč
Škoda KodiaQ 2.0 TSI	68 640 Kč		
Octavia GTEC 1.5 TGI	37 000 Kč		
Octavia 2.0 TDI	40 480 Kč		

Tabulka 21 – Náklady jednotlivých řidičů

Z celkového srovnání vozů s pohonem na elektrickou energii vychází nejlépe Řidič č.1, který z velké části dobíjí v domácnosti. Výsledek je velmi ovlivněn aktuálním ceníkem elektrické energie, kdy dobíjení v domácnosti je v současné době velmi nákladné, proto je rozdíl mezi

Řidičem č. 1 a Řidičem č. 2 marginální. Řidič č. 3 z tohoto srovnání vychází nejhůře, a to nejen z finančního pohledu, také z toho, že časté využívání DC a ultrarychlých dobíjecích stanic vede k rychlejšímu opotřebení baterie a snížení jejího výkonu.

Celkově finanční srovnání nákladů na pohonné hmoty vychází pro vozy poháněné na elektrickou energii nejlépe, ovšem jejich nevýhodou je vyšší pořizovací cena a vyšší amortizace vozů.

5.5 Vyvození potřeb pro rozrůstající se elektromobily

Následující tři body reflektují důsledky rozvoje elektrických vozidel z pohledu energetického a legislativního.

5.5.1 Vliv spotřeby elektrické energie

S narůstajícím počtem elektrických vozidel dochází také k nárůstu spotřeby elektrické energie. S aktuálním počtem vozidel, je spotřeba energií zanedbatelná, proto byla vytvořena tabulka č.22, která zobrazuje, spotřebu elektrické energie vozidel v roce 2030.

Pro vstupní hodnoty počtu vozidel byla využita predikce 4.5 Predikce počtu osobních vozidel EV + PHEV, metoda tří scénářů. Průměrná spotřebu vozu byla určena na základě dostupných údajů od společnosti ADAC a celkový počet spotřebované energie byl kalkulován pro roční nájezd 20 000 km.

Z roční zprávy o provozu elektrizační soustavy lze vyčíst, že roční spotřeba elektrické energie od roku 2011 do roku 2020 se pohybuje od hodnoty 87 000 GWh k 81 000 GWh. [5] Dle mého úsudku jsou hodnoty 885 GWh v případě nízkého a 3 466 GWh vysokého scénáře celkem zanedbatelné, a proto nebudou mít žádný vliv na elektrizační soustavu z pohledu jejího případného rozšíření.

Průměrná spotřeba vozu	20	kWh
Roční nájezd	20 000	km
Nízký scénář predikce	221 329	ks
Střední scénář predikce	295 057	ks
Vysoký scénář predikce	866 467	ks
Celková roční spotřeba energie NS	885,316	GWh
Celková roční spotřeba energie SS	1 180,228	GWh
Celková roční spotřeba energie VS	3 465,868	GWh

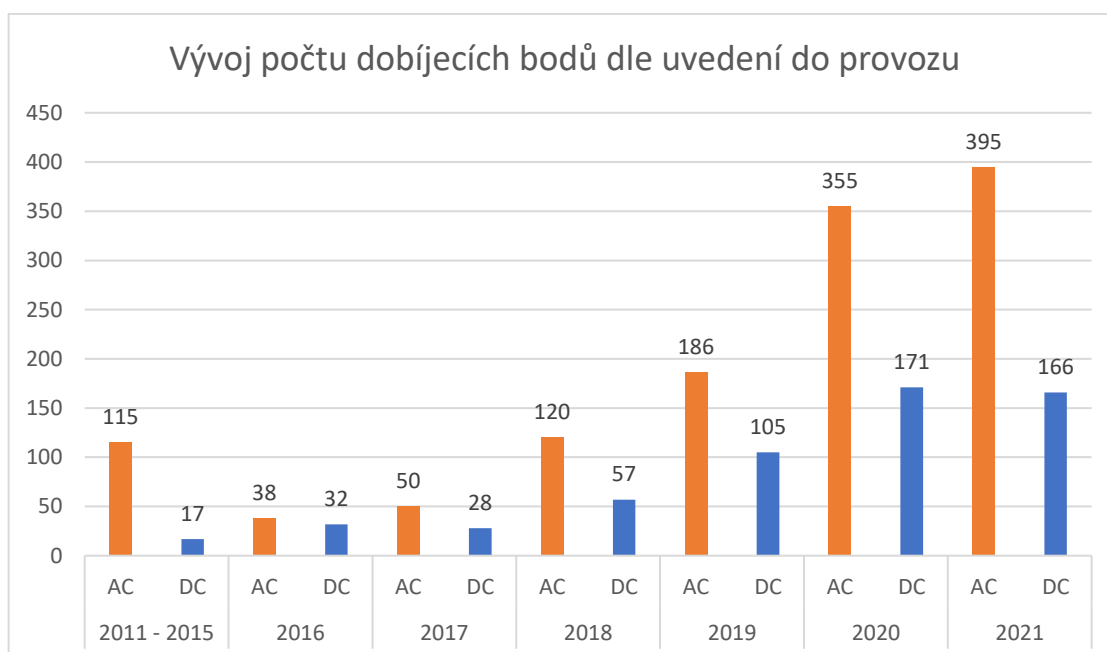
Tabulka 22 - Spotřeba elektrické energie pro různé scénáře

5.5.2 Rozšíření dobíjecí infrastruktury

Vzhledem k přechodu řidičů z konvenčních vozidel na elektromobily bude třeba dbát na rozvoj infrastruktury, řidiči, kteří nebudou mít možnosti domácího nabíjení budou odkázáni na veřejnou dobíjecí infrastrukturu. Aktuální rozvoj dobíjecí infrastruktury zobrazuje graf č. 9, ze kterého lze vyčíst, že trend rozvoje dobíjecích bodů během posledních let má stoupající trend a dá se předpokládat, že nastavený trend bude nadále pokračovat.

Veřejnou dobíjecí infrastrukturu je třeba rozšiřovat kontinuálně po celém území a pro všechny zájmové oblasti, které byly určeny v 5.2.1 Nalezení vhodné lokace. Možnosti rozšiřování jsou uvedeny v kapitole 4.1 Rozvoj dobíjecích bodů.

Pro rozšiřování veřejné dobíjecí sítě v prostoru měst, případně center měst je zásadní otázkou nalezení dostatečného místa a výkonu. Pro přivedení dostatečného množství výkonu je třeba dopředu plánovat a počítat s rostoucím se počtem elektrických vozidel a dle toho navrhovat transformační stanice pro dostatečný přívod elektrické energie. Doplnkovou možností může být mobilní dobíjení.



Graf 9 - Počet zprovozněných dobíjecích bodů dle let (zdroj dat: MPO)

5.5.3 Parkovací plocha pro elektrická vozidla

Legislativa v České republice zatím nijak neupravuje velikost parkovacích ploch pro elektrická vozidla v otevřených prostorech ani v prostorech uzavřených, neexistuje ani oficiální označení přesnému označení dobíjecího místa.

V uzavřených prostorech – garážích je doporučeno z důvodu bezpečnosti, aby šířka pro parkování vozidla s baterií byla stejná jako pro hendikepované osoby tzn. 3,5 m.[50] Toto doporučení bylo vydáno v Požární bezpečnosti staveb, tato hodnota vychází z evropské legislativy. Tento stav je aktuální k 31.4. 2022.

6. Modelový návrh infrastruktury pro vybranou část města

Pro modelový návrh infrastruktury bylo vybráno město Hradec Králové, konkrétně obytná zóna Pileťák viz obrázek č. 12. Tato čtvrť je situována severně od Gočárova okruhu.



Obrázek 12 - Hradec Králové – Pileťák (zdroj: mapy.cz)

6.1 Popis projektu

Na ploše zobrazené na obrázku č. 12, což je přibližně 147 000 m² má do roku 2030 vyrůst přibližně 1 500 bytů a 36 bytových domů s rezidenční kapacitou 3 000 obyvatel, orientační doba výstavby by měla začít v roce 2024, dostavěno by mělo být v roce 2030.[50] První fází projektu je revitalizace Piletického potoka, který má získat četné meandry. Posléze má dojít k výstavbě bytových jednotek, město prodá pozemky developerům a umožní jim výstavbu.

Součástí projektu je nejen bytová zástavba, ale také výstavba mateřské školky, domů s pečovatelskou službou, komerční výškový projekt a také napojení na městskou hromadnou dopravu v podobě zastávek.

Parkování má být řešeno na náměstí, které je umístěno v jeho středu. Zástavba má být nízkopodlažní, tj. čtyřpatrová. Na obrázku č. 13 se nachází vizualizace projektu. Návrh projektu zpracoval *Pelčák a partner architekti*.



Obrázek 13 - Vizualizace projektu (zdroj: pelcak.cz/projekty)

6.2 Parkovací plocha

Popis projektu se přesně nezmiňuje o počtu parkovacích míst. V České republice existuje norma ČSN 73 6110 – Projektování místních komunikací, ze které se dá spočítat celkový počet odstavných a parkovacích stání pomocí doporučených základních ukazatelů.

Tabulka č. 23 zobrazuje základní ukazatele z normy ČSN 73 6110 pro výpočet celkového počtu stání pro modelovanou oblast.

Druh stavby	Účelová jednotka	Počet účelových jednotek na 1 stání
Obytný dům činžovní	byt o 1 obytné místnosti	2
	byt do 100 m ²	1
	byt nad 100 m ²	0,5
Obytný dům rodinný	byt do 100 m ²	1
	byt nad 100 m ²	0,5

Tabulka 23 - Doporučené základní ukazatele z normy ČSN 73 6110

Výpočet pro celkový počet odstavných ploch se nachází v tabulce č. 24. Vzhledem k tomu, že projekt počítá s celkovým obytným prostorem pro 3 000 obyvatel, což odpovídá přibližně na 2 obyvatele na jednu bytovou jednotku, proto jako účelová jednotka byla zvolena obytný dům činžovní do 100 m². Rodinný dům byl zvolen nad 100 m². Celkový počet odstavných ploch činí 1572.

Obytný dům		Počet	Celkem
Činžovní	do 100 m ²	1500	1500
Rodinný	nad 100 m ²	36	72
Celkem			1572

Tabulka 24 - Výpočet odstavných ploch

6.3 Vybavení odstavných ploch dobíjecími stanicemi

Vyhláše č. 266/2021 Sb., ukládá každé nové výstavbě pro bydlení mít instalované kabelovody pro každé parkovací místo pro pozdější instalaci dobíjecí stanice.

Tato vyhláška platí jak pro odstavné plochy vnitřní, tak venkovní. V tomto konkrétním případě se dá předpokládat, že parkovací plochy budou umístěny v centru výstavby, tak pravděpodobně i v garážích jednotlivých domů.

Následné zapojení a požadavky na připojení elektromobilů a dobíjecích stanic je obsaženo v dokumentu vydaném Energetickým regulačním úřadem. [52]

6.4 Celkový počet vyhrazených dobíjecích míst pro elektrická vozidla

Celkový počet parkovacích míst vychází z predikce pro rozvoj vozidel BEV + PHEV 4.5 Predikce počtu osobních vozidel EV + PHEV, metoda tří scénářů.

V tabulce č. 25 je spočítán předpokládaný počet elektrických vozidel (BEV + PHEV) v roce 2030. Poslední sloupec zobrazuje celkový počet elektrických vozidel pro jednotlivé scénáře na 1500 parkovacích míst, která by měla být na vybudovaném sídlišti k dispozici.

Tabulka č. 25 nepočítá s rodinnými domy. Předpokládá se, že se každá rodina přizpůsobí dle vlastního vozového parku.

	Počet EV v 2030	Počet EV na 100 vozů	Předpokládaný počet EV na vybrané sídlištní ploše	Počet dobíjecích stanic	Počet vyhrazených míst
Nízký scénář	221329	3,00	45,03	6	12
Střední scénář	295057	4,00	60,03	8	16
Vysoký scénář	866447	11,75	176,28	22	44
Celkový počet vozů v roce 2030	7372767				

Tabulka 25 – Kalkulace vozidel, stanic, vyhrazených míst na sídlišti Pileňák v roce 2030

Počet dobíjecích stanic byl určen na základě předpokládaného počtu vozidel. Každá dobíjecí stanice má možnosti dobíjení dvou vozidel, pokud je umístěna, jak je naznačeno na obrázku č.13.

Na jednu dobíjecí stanici vychází přibližně 8 elektrických dobíjecích vozidel. Na jedné dobíjecí stanici lze současně nabíjet 2 vozidla. Dobíjení vychází ze dvou předpokladů. První předpoklad je takový, že každý den bude možnost dobití minimálně 4 vozidel. Dvě vozidla se nabíjí odpoledne, orientační čas byl zvolen na 17:00 – 21:00, další dvě vozidla mají možnost se dobit přes noc. Druhý předpoklad je takový, že dobíjení vozidel bude stačit realizovat jednou za dva dny.

Počet vyhrazených míst pro dobíjení byl stanoven dle hodnoty dobíjecích stanic, každá dobíjecí stanice je schopna obsloužit dva elektrické vozy. Vyhrazená místa jsou určena pouze pro dobíjení vozidel.

6.5 Počet vyhrazených parkovacích míst pro nízkoemisní vozidla

Celkový počet vyhrazených parkovacích míst pro bezemisní vozidla byl stanoven na hodnotě 10 %, což reprezentuje 150 parkovacích míst. Aby nedocházelo k tomu, že vyhrazená parkovací místa budou prázdná, tak do doby, než dojde k naplnění kapacity nízkoemisními vozidly, lze vytvořit výjimku pro parkování vozidel ostatních.

6.6 Časové omezení na vyhrazeném parkovacím místě

Pro efektivní dobíjení vozidel by bylo vhodné uplatnit časové omezení na dobíjecí dobu. Pro dobu denní 7:00 – 23:00 na maximální dobu stání 4 hodiny, na dobu večerní/noční 23:00 – 7:00 upravit na 8 hodin z toho důvodu, aby lidé v noci nemuseli vstávat, odpojovat vozidlo od dobíjecího zařízení a parkovat na místo jiné. Doba čtyř hodin přes den je na nabití dostatečná.

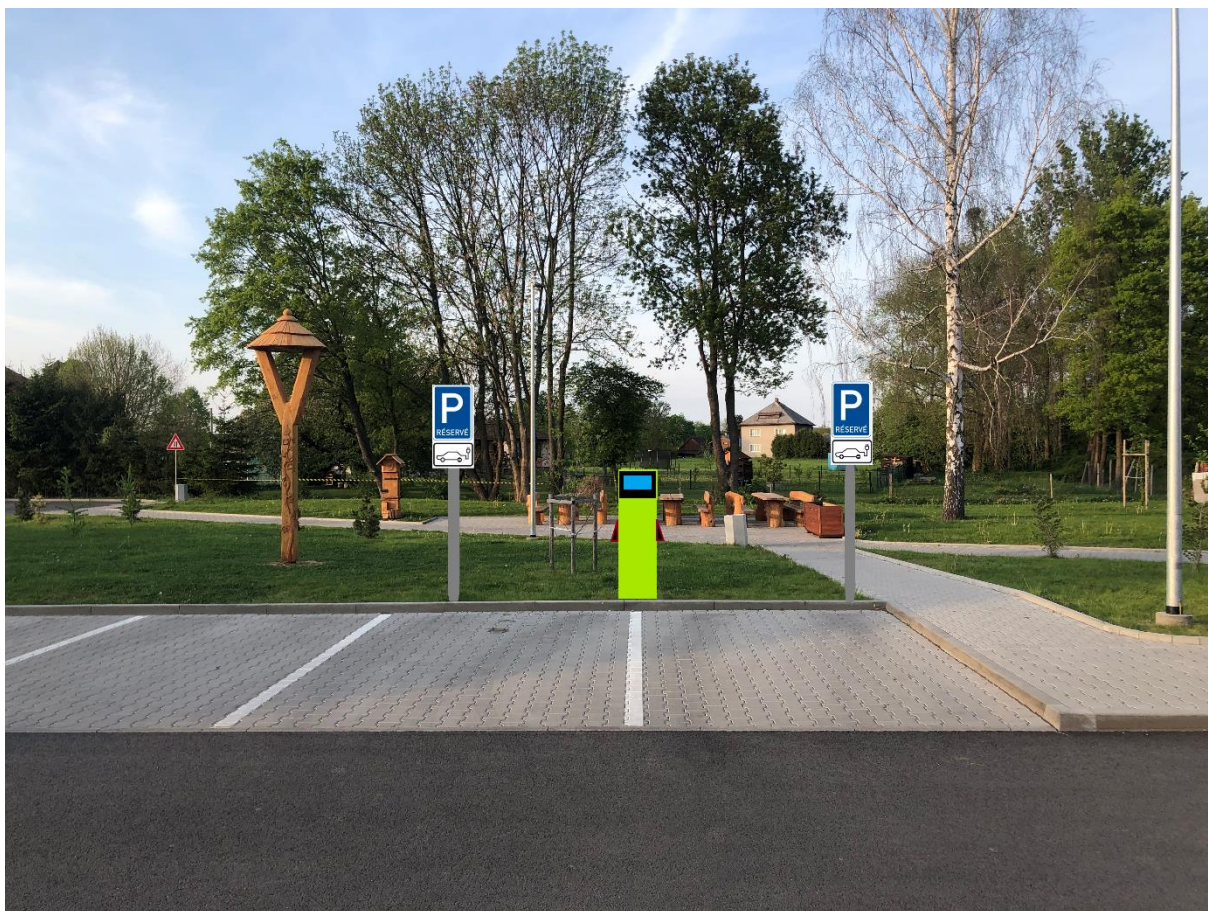
Dodržování času stráveného na vyhrazeném parkovacím stání lze kontrolovat pomocí softwaru v dobíjecím zařízení a za překročení zavést penalizační poplatek.

6.7 Označení parkovací plochy

Pro označení parkovacího místa venkovního stání bylo vytvořeno schéma, které je zobrazeno na obrázku č. 13. Šířka parkovacího místa je standardních 2,50 m, označení parkovacího místa je řešeno pomocí kombinace značení Vyhrazené parkoviště – I12 a dodatkové tabulky se značením elektromobilu. Dobíjecí stanice byla zvolena jako dvouportová sloupová, která je vhodná na podobná umístění z důvodu ušetření místa a také z toho důvodu, že nabízí dva dobíjecí body. Dobíjení je typu AC s maximálním výkonem 2x 22 kWh.

Další výhodou je jednoduché rozšíření při dalším nárůstu elektrických vozidel, vzhledem k tomu, že kabelovody budou nachystané, tak stačí dokoupit zařízení a implementovat ho. Cena dobíjecího zařízení se pohybuje mezi 50 000 a 70 000 Kč, dle průřezu.

Pro parkoviště vnitřní – garážové je třeba počítat s rozměry stání 3,50 m, dobíjení zde bude probíhat pomocí wallboxů, značení bude stejné jako na obrázku č.14. Wallbox bude mít stejný výkon jako venkovní dobíjecí zařízení 2x 22 kWh.



Obrázek 14 – Ilustrační schéma venkovní parkovací plochy (vlastní zpracování)

7. Závěr

V diplomové práci byl zpracován aktuální stav nízkoemisní infrastruktury v České republice, jak z pohledu celkového stavu, tak z pohledu emisního a legislativního. Česká republika v oblasti elektromobility a obecně nízkoemisních vozidel výrazně zaostává za evropským průměrem.

Z emisního pohledu velmi záleží na tom, jaký je energetický mix v dané zemi, případně z jakého druhu energie je elektrická energie pro pohon nízkoemisních vozidel používána. V České republice se velká část elektrické energie vyrábí v uhelných elektrárnách, a proto je náš energetický mix dost vysoký. Vozidla potom sice jsou nízkoemisní, nebo dokonce bezemisní, ale pro svůj pohon využívají energii, která rozhodně nízkoemisní není.

Připravenost na elektromobilitu z hlediska legislativního je v České republice na špatné úrovni. Legislativa jednoznačně nedefinuje, jakým způsobem označit místo pro dobíjení elektromobilu, jak má být místo široké a jak konkrétně má být vybavené (z bezpečnostního hlediska) a dále tu není stálá finanční podpora pro elektrické vozy, které jsou zatím finančně stále velmi nákladné v porovnání s vozy konvenčními.

Hlavním cílem diplomové práce bylo vypracování predikčního modelu počtu nízkoemisních vozidel a jeho následná implementace v podobě modelového návrhu na konkrétní oblast. Predikce byla vytvořena dvěma způsoby. První způsob byl na základě registrací vozidel, proto byla využita metoda Grey Forecast, která je vhodná ke krátkodobé predikci a pro křivky s předpokládaným rostoucím trendem. Rostoucí trend byl určen na základě západních a severních států, které jsou v této oblasti pokročilejší.

Jako druhá možnost predikce bylo využito vlastní zpracování, které se skládá z vlastních parametrů a predikovaných hodnot od NAP. Byly vytvořeny tři scénáře, které predikují možný trend růstu počtu vozidel na území České republiky. První dva scénáře jsou realistické pro vývoj na území České republiky. Poslední scénář – vysoký je z části inspirován trendem růstu v západních a severních zemích, proto zde vychází tak vysoký celkový počet vozidel, vzhledem k výše zmíněným připomínkám je velmi nepravděpodobné, že by došlo k jeho naplnění.

Pro modelový návrh implementace byla použita predikce vlastní – tří scénářů. Místo návrhu bylo vybráno sídliště Pileťák v severní části Hradce Králové. Výpočet dobíjecích stanic a vyhrazených parkovacích míst byl aplikován pro všechny tři scénáře dobíjení. Současně bylo doporučeno, jaké dobíjecí zařízení použít a jak vybrané místo označit.

Diplomová práce může být použita jako pomocný nástroj pro určení celkového počtu dobíjecích stanic a vyhrazených parkovacích míst na nově budovaných parkovacích plochách, nabízí nástroj pro predikci celkového počtu nízkoemisních vozidel.

Ze získaných vědomostí nabytých během psaní práce bych chtěl závěrem dodat, že aktuálně nízkoemisní vozidla mají situačně velmi vysoký potenciál využití. Z hlediska emisního v místech s nízkým energetickým mixem, zde mohou sloužit jako druhé vozidlo do rodiny, ve velkých městech jsou ideální na přepravu na krátké vzdálenosti. Další příležitostí pro nízkoemisní vozidla je možnost stát se primárním dopravním prostředkem na poli carsharingu, k tomu už i v dnešní době pomalu dochází. Z pohledu finančního jsou aktuálně nízkoemisní vozidla stále velmi nákladná mnohdy až cenově nedostupná, provozní cenou není možné dorovnat amortizaci a výrazně nižší životnost než u konvenčních vozidel.

8. Zdroje:

- [1] Factors influencing the purchasing decisions of low emission cars: A study of Slovenia. *Pages 53-61* [online]. **July 2014**(Volume 30), 53-61 [cit. 2022-02-18]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920914000339?via%3Dihub>
- [2] Registrace nových OA v ČR 1/2022. *Portal.sda-cia.cz* [online]. 2021 [cit. 2022-02-18]. Dostupné z: <https://portal.sda-cia.cz/stat.php?v#str=vpp>
- [3] *SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2014/94/EU* [online]. 2014. 2021 [cit. 2022-02-18]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32014L0094>
- [4] Zpráva o aktualizaci a stavu Evidence čerpacích stanic pohonných hmot v ČR k 3. 1. 2022. *Www.mpo.cz* [online]. 2021 [cit. 2022-02-18]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/statistika-a-evidence-cerpacich-a-dobijecich-stanic/zprava-o-aktualizaci-a-stavu-evidence-cerpacich-stanic-pohonnych-hmot-v-cr-k-3-1-2022--265313/>
- [5] *ROČNÍ ZPRÁVA O PROVOZU ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY ČESKÉ REPUBLIKY ZA ROK 2020* [online]. 2021. [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/zpravy-o-provozu-elektrizacni-soustavy#2020>
- [6] *EV batteries are getting cleaner and cleaner: 2-3 times better than 2 years ago* [online]. 2021. [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://www.transportenvironment.org/discover/ev-batteries-are-getting-cleaner-and-cleaner-2-3-times-better-2-years-ago/>
- [7] *Real-time electric car test results by ADAC* [online]. [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://www.aboutsmartcities.com/adac-real-time-electric-car-test/>
- [8] Kelly, J.C., Dai, Q. & Wang, M. Globally regional life cycle analysis of automotive lithium-ion nickel manganese cobalt batteries. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* **25**, 371–396 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11027-019-09869-2>
- [9] *Global EV Battery Recycling & Reuse Initiatives* [online]. 2021. [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://www.ev-battery-recycling.com/>
- [10] *Klimabilanz von E-Fahrzeugen & Life Cycle Engineering* [online]. 2021. [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: https://uploads.volkswagen-newsroom.com/system/production/uploaded_files/14448/file/da01b16ac9b580a3c8bc190ea2af27db4e0d4546/Klimabilanz_von_E-Fahrzeugen_Life_Cycle_Engineering.pdf?1556110703

- [11] *The greenhouse gas emissions of an electrified vehicle combined with renewable fuels: Life cycle assessment and policy implications* [online]. 2021. [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261921001562>
- [12] *Lithium-Ion Vehicle Battery Production – Status 2019 on Energy Use, CO2 Emissions, Use of Metals, Products Environmental Footprint, and Recycling* [online]. 2021. [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1549551&dswid=-7279>
- [13] *Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context* [online]. 2021. [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: https://www.jstor.org/stable/44740827?seq=1#metadata_info_tab_contents
- [14] *Dopad na klima podle oblasti* [online]. 2022. [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://app.electricitymap.org/map>
- [15] *Nejprodávanejší vozidla (celkem)* [online]. 2022. [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://www.autohled.cz/z/nejprodavanejsi-auta>
- [16] *První vodíkové čerpačky v ČR mají zpoždění. Otevření se odkládá na příští rok* [online]. 2022. [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/prvni-vodikove-cerpacky-v-cr-maji-zpozdeni-otevreni-se-odklada-na-pristi-rok-141707>
- [17] *LIFE CYCLE EMISSIONS OF HYDROGEN* [online]. [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://4thgeneration.energy/life-cycles-emissions-of-hydrogen/>
- [18] *Optimal design of electric vehicle battery recycling network – From the perspective of electric vehicle manufacturers* [online]. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261920308400?casa_token=yYrzM_X29LgAAAAA:6goPCkHaV9meHr5Yc_6Qd5BFV58iTw6q65nhbom3HPij2IEMITGDh5SEJB74B7UTXT_DyPeRTQ
- [19] *Hydrogen Production Technologies: Current State and Future Developments* [online]. [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/cpis/2013/690627/>
- [20] *CO2 – Registrace nových OA v ČR za rok dle paliva – Značky 1-12/2021* [online]. 2022. [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://portal.sda-cia.cz/stat.php?n#rok=2021&mesic=12&kat=OA&vyb=co&upr=prehled&obd=r&jine=false&lang=CZ&str=nova>
- [21] Hauser, Eva, et al. *Marktanalyse Ökostrom II: Marktanalyse Ökostrom und HKN, Weiterentwicklung des Herkunftsnachweissystems und der Stromkennzeichnung; Abschlussbericht*. Umweltbundesamt, 2019. Dostupné z:

- [22] *Nabíjecí konektory* [online]. [cit. 2022-03-25]. Dostupné z: https://www.tesla.com/cs_CZ/support/charging-connectors
- [23] *Electric Vehicle Power Transfer System Using a Three-Phase Capable Coupler J3068* [online]. [cit. 2022-03-25]. Dostupné z: https://www.sae.org/standards/content/j3068_201804/
- [24] *PRAVIDLA PROVOZOVÁNÍ DISTRIBUČNÍCH SOUSTAV* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/documents/10540/3783117/PRE+II.pdf/5b4a72de-c88a-4f73-b64b-4f13bb3ee2c2>
- [25] *VYHLÁŠKA ERÚ č. 16/2016 Sb. ze dne 13. ledna 2016 o podmínkách připojení k elektrické soustavě*
- [26] *Zákon č. 365/2021 Sb.: Zákon, kterým se mění zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-365>
- [27] *V Praze se budou elektromobily nabíjet přímo ze sítě veřejného osvětlení* [online]. [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: https://www.thmp.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=209
- [28] *Přestupky* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.mdcz.cz/bodovysystem/prestupky>
- [29] *Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, ve znění pozdějších předpisů* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-266#cl2>
- [30] *Global EV Sales for 2021* [online]. [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://www.ev-volumes.com/>
- [31] *Distributoři elektřiny* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/elektrina/distributori>
- [32] *What Is Vehicle-to-Grid Technology and How Does It Work?* [online]. [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://www.evconnect.com/blog/what-is-vehicle-to-grid-for-electric-vehicles>
- [33] *Sazba D27d, tarif D27d - elektřina* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/elektrina/d27d>
- [34] *Placení kartou u nabíjecích stanic? Od roku 2025 povinnost. Proč ale není už teď?* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/placeni-kartou-u-nabijecich-stanic-od-roku-2025-povinnost-proc-ale-neni-uz-ted-8040>
- [35] *CNG VS. LPG VS. LNG FUEL: UNDERSTANDING THE DIFFERENCES* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.uti.edu/blog/diesel/cng-lpg-lng-fuel>
- [36] *Zcela nový typ nabíjecích stanic v Praze* [online]. [cit. 2022-04-05]. Dostupné z: <https://www.pre.cz/cs/profil-spolecnosti/media/tiskove-zpravy/zcela-novy-typ-nabijecich-stanic-v-praze/>

- [37] *Zcela nový typ nabíjecích stanic v Praze* [online]. [cit. 2022-04-05]. Dostupné z: <https://www.pre.cz/cs/profil-spolecnosti/media/tiskove-zpravy/zcela-novy-typ-nabijecich-panic-v-praze/>
- [38] *Discrete grey forecasting model and its optimization* [online]. Dostupné také z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X08000206>
- [39] *Česko čeká v roce 2020 výrazný nástup elektromobilů i hybridů* [online]. [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/cesko-ceka-v-roce-2020-vyrazny-nastup-elektromobilu-i-hybridu-4761>
- [40] *Wireless Charging Technology for EVs* [online]. [cit. 2022-04-05]. Dostupné z: <https://www.powerelectronicsnews.com/wireless-charging-technology-for-evs/>
- [41] *How does battery swap work for EVs and what happens when they retire?* [online]. [cit. 2022-04-05]. Dostupné z: <https://www.cnbctv18.com/energy/how-does-battery-swap-work-for-evs-and-what-happens-when-they-retire-12393092.htm>
- [42] *Number of passenger cars in Berlin from 2012 to 2022* [online]. [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1112624/passenger-cars-number-berlin-germany/>
- [43] *Statistics - Vienna in Figures* [online]. [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: <https://www.wien.gv.at/english/administration/statistics/>
- [44] *Statistika registru silničních vozidel v hl. m. Praze* [online]. [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: https://www.praha.eu/jnp/cz/doprava/automobilova/statistiky_ridicu_a_vozidel/statistik_a_registru_silnicnich_vozidel/index.html
- [45] *Stát chce do nabíjecích stanic pro elektromobily dát 5,5 miliardy za šest let* [online]. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/auto/clanek/stat-chce-do-nabijecich-panic-pro-elektromobily-dat-55-miliardy-za-sest-let-40383985>
- [46] *Autoprůmysl je v rekordním propadu.* [online]. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/clanky/autoprumysl-je-v-rekordnim-propadu-kvuli-cipove-krizi-se-vyrobilo-o-300-tisic-vozu-mene/>
- [47] *Hyperdrive Daily: The EV Price Gap Narrows* [online]. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://www.bloomberg.com/news/newsletters/2021-05-25/hyperdrive-daily-the-ev-price-gap-narrows>
- [48] *Zákon č. 382/2021 Sb.* [online]. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-382>
- [49] *Vyhláška č. 487/2021 Sb.* [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-382>
- [50] *Elektromobilita a požární bezpečnost staveb.* <https://www.hzscr.cz/clanek/elektromobilita-a-pozarni-bezpecnost-staveb.aspx> [online]. [cit. 2022-05-11].
- [51] *Severní rezidenční čtvrť za Pileťákem 2024~2030.* <https://www.hkcity.cz/severni-zona-za-piletakem-bytove-domy/> [online]. [cit. 2022-05-11].
- [52] *PRAVIDLA PROVOZOVÁNÍ LOKÁLNÍ DISTIBUČNÍ SOUSTAVY.* https://www.eru.cz/sites/default/files/import_files/PRAVIDLA%20PROVOZOVANI%20LDS%20priloha%206.pdf [online]. [cit. 2022-05-11].

Seznam obrázků:

Obrázek 1 - Distributoři el. Energie (zdroj: kurzy.cz)	24
Obrázek 2 - Schéma nabíjení (zdroj: https://publications.iadb.org).....	25
Obrázek 3 - Přehled dobíjecích konektorů (vlastní zpracování)	26
Obrázek 4 - J1772 (zdroj: https://www.evexpert.cz)	27
Obrázek 5 - Typ 2 – IEC (zdroj: https://www.evexpert.cz)	27
Obrázek 6 - Typ2 SAE J3068 (zdroj: https://epri.azureedge.net)	28
Obrázek 7 - GB/T (zdroj: www.evexpert.cz)	28
Obrázek 8 – CSS typu 2 https://www.evexpert.cz	29
Obrázek 9 – Dobíjení baterií elektrovozidel (zdroj: belza.cz).....	30
Obrázek 10 - Dopravní značení	31
Obrázek 11 - Dopravní značení	31
Obrázek 12 - Hradec Králové – Pileťák (zdroj: mapy.cz).....	57
Obrázek 13 - Vizualizace projektu (zdroj: pelcak.cz/projekty).....	58
Obrázek 14 – Ilustrační schéma venkovní parkovací plochy (vlastní zpracování)	61

Seznam tabulek:

Tabulka 1 - Rychlost dobíjení v dobíjecích bodech (Datový zdroj: MPO)	16
Tabulka 2 - Emisní etapy	17
Tabulka 3 - Uhlíková stopa vybraných vozidel	19
Tabulka 4 - Emise + koeficienty	21
Tabulka 5 - Emisní tabulka.....	22
Tabulka 6 - Predikce NAP z roku 2015	38
Tabulka 7 - Aktualizovaný NAP plán	38
Tabulka 8 - Počty nízkoemisních vozidel dle let	40
Tabulka 9 - Predikce pomocí Matlab	41
Tabulka 10 - Počet osobních automobilů na obyvatele	42
Tabulka 11 - Koeficient ceny v jednotlivých scénářích	44
Tabulka 12 – Hodnoty koeficientu infrastruktury.....	44
Tabulka 13 – Hodnoty koeficientu legislativy.....	44
Tabulka 14 - Hodnoty koeficientu dotace	45
Tabulka 15 - Koeficienty pro nízký scénář.....	46
Tabulka 16 - Koeficienty pro střední scénář	46
Tabulka 17 - Koeficienty pro vysoký scénář	46
Tabulka 18 - Shrnutí domácího nabíjení	51
Tabulka 19 - Poměry nabíjení řidičů.....	53
Tabulka 20 - Celkové finanční na pohonné hmoty za jeden rok	53
Tabulka 21 - Spotřeba elektrické energie pro různé scénáře	54
Tabulka 22 - Doporučené základní ukazatele z normy ČSN 73 6110.....	58
Tabulka 23 - Výpočet odstavných ploch.....	59
Tabulka 24 – Kalkulace vozidel, stanic, vyhrazených míst na sídlišti Pileťák v roce 2030	59

Seznam grafů:

Graf 1 - Registrovaný počet nových nízkoemisních vozidel (datový zdroj: MD).....	14
Graf 2 - Kumulativní vývoj počtu dobíjecích bodů a registrací nových nízkoemisních vozidel (datový zdroj: Ministerstvo dopravy, Ministerstvo průmyslu a obchodu)	15
Graf 3 - Počet dobíjecích zařízení v ČR (datový zdroj: MPO).....	16
Graf 4 - Porovnání uhlíkové stopy BEV vozidel.....	20
Graf 5 - Emise během životního cyklu.....	22
Graf 6 - Krátkodobá predikce vozidel	41
Graf 7 - Predikce počtu vozidel M1	47
Graf 8 - Predikce počtu vozidel M1	47
Graf 9 - Počet zprovozněných dobíjecích bodů dle let (zdroj dat: MPO).....	55

Příloha 1.

Kod Matlab:

```
% Symbolické proměnné a - koeficient vývoje a b - grey effect
syms ab;
c = [ab]';

% A - výchozí hodnota, lze měnit podle vlastních potřeb
A = [4314,3549,4397,3648,3384,7417,9500];
n = length(A);

% Akumulace posloupnosti A pro získání posloupnosti B
B = cumsum(A);

% Logaritmická posloupnost B je generována dle střední hodnoty
for i = 2:n
    C(i) = (B(i) + B(i-1))/2;
end
C(1) = [];

% Matice dat
B = [-C;ones(1,n-1)];
Y = A; Y(1) = []; Y = Y';

% K výpočtu parametrů a - koeficient vývoje a b - grey effect se použijte metoda
nejmenších čtverců.
c = inv(B*B')*B*Y;
c = c';
a = c(1); b = c(2);

% Predikce
F = []; F(1) = A(1);
% (n+4) znamená, že se předpovídají čtyři roky dopředu, lze upravit
for i = 2:(n+5)
    F(i) = (A(1)-b/a)/exp(a*(i-1))+ b/a;
end
% Logaritmická posloupnost F se redukuje, aby se získala předpovídaná data.
G = []; G(1) = A(1);
for i = 2:(n+5)
    G(i) = F(i)-F(i-1);
end

years = 2015:1:2026;
yearss = 2015:1:2021;

hold on;
p=plot(years,G);
p1=plot(yearss,A);
hold off;
legend('Predikovaná data', 'Původní data');
fontSize = 94
title('Registrace nových elektromobilů typu M1 do roku 2026');
xlabel('Rok');
ylabel('Počet vozidel');
p.LineWidth = 1;
```

```
p.Marker = "o";  
p1.Marker = '*';  
p1.LineStyle = 'none';
```