

Vysoká škola logistiky o.p.s.

**INFORMAČNÍ PODPORA
PROVOZU NABÍJECÍCH STANIC
PRO ELEKTROMOBILY**

(Bakalářská práce)

Přerov 2019

David Vrána, DiS.



Vysoká škola
logistiky
o.p.s.

Zadání bakalářské práce

student	David Vrána, DiS.
studijní program obor	Logistika Informační management

Vedoucí Katedry bakalářského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v bakalářském studijním programu určuje tuto bakalářskou práci:

Název tématu: **Informační podpora provozu nabíjecích stanic pro elektromobily**

Cíl práce:

Na základě znalostí o aktuálním způsobu provozu nabíjecích stanic navrhnout typový příklad takového režimu provozu, který maximalizuje jejich časové využití i nabíjení elektromobilů. Typový příklad zhodnotit.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Bakalářskou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Logistické procesy automobilové elektrické dopravy
2. Elektromobily a jejich provoz
3. Informační podpora pro řízení nabíjecích stanic
4. Návrh řídicího algoritmu
5. Zhodnocení návrhu

Závěr

Rozsah práce: 35 – 40 normostran textu

Seznam odborné literatury:

GROS, I. a kol. Velká kniha logistiky. Praha: VŠCHT, 2018. ISBN 978-80-7080-952-5.

KAMEŠ, J. Alternativní pohony automobilů. Praha: BEN – technická literatura, 2005. ISBN 978-80-7300-127-8.

VYMĚTAL, D. Informační systémy v podnicích: teorie a praxe projektování. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3046-2.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Libor Kavka, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce:

31. 10. 2018

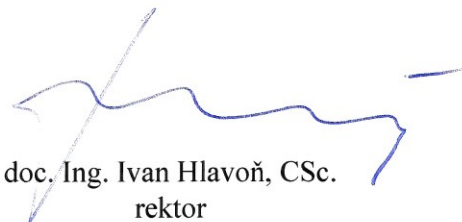
Datum odevzdání bakalářské práce:

4. 5. 2019

Přerov 31. 10. 2018



Ing. et Ing. Iveta Dočkalíková, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivan Hlavoň, CSc.
rektor

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a že jsem ji vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byl také seznámen s tím, že se na mou bakalářskou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat před tím o této skutečnosti Vysokou školu logistiky o.p.s. prorektora pro vzdělávání.

Prohlašuji, že jsem byl poučen o tom, že bakalářská práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované bakalářské práce v její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze bakalářské, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

V Přerově, dne 4. 5. 2019

.....
podpis

Poděkování

Velice rád bych ocenil odbornou pomoc i morální podporu při psaní bakalářské práce od pana docenta Oldřicha Kodyma, p. doktora Libora Kavky a věnovaný čas při konzultaci u společnosti RAMI CZ Vyškov (dobíjecí stanice) pana inženýra Mináře.

Anotace

Bakalářské práce je zaměřena na objasnění problematiky dobíjecích stanic pro elektromobily, jejich počet, rozmístění a strukturu fungování. Dále pak i vytvoření takového režimu, jenž maximalizuje časové využití jednotlivých přípojek při jejich optimálním zatížení. Tvorba zahrnuje také vývoj řídicího algoritmu, který zajistí nejvyšší možnou míru využití dostupných přípojek stanice v reálném čase.

Klíčová slova

elektromobil, autonomní vozy, dobíjecí stanice, energetická náročnost, proudové zatížení, úbytek napětí, řídicí algoritmus, KERS, optimalizace využití

Annotation

This thesis is aimed to clarify the issue of charging stations for electric vehicles, their number, arrangement and working structure. Furthermore, the creation of such a mode, which maximizes the time usage of the individual connections in their optimal load. The next step involves the creation of a control algorithm that ensures the highest possible utilization rate of all station connections in real time.

Keywords

electric vehicle, autonomous cars, charging stations, energy intensity, amperage burden, voltage drop, control algorithm, KERS, optimization of use

Obsah

Úvod.....	9
1 Logistické procesy automobilové elektrické dopravy	11
1.1 Automobilová elektrická doprava	11
1.2 Logistické činnosti v automobilové elektrické dopravě.....	12
1.2.1 Logistický řetězec	12
1.2.2 Logistický systém	13
1.3 Rozmístění dobíjecích stanic.....	14
1.3.1 Dobíjecí stanice v České republice	14
1.3.2 Dobíjecí stanice v Evropě	15
2 Elektromobily a jejich provoz.....	16
2.1 Počátky vzniku elektromobilů.....	16
2.1.1 Porsche P1	17
2.1.2 Landulet	18
2.2 Vznik a vývoj plug-in hybridů	19
2.2.1 BMW i8	20
2.2.2 Hyundai Ioniq Plug-in	20
2.2.3 Mitsubishi Outlander PHEV	21
2.2.4 Porsche Panamera Turbo S E-Hybrid.....	21
2.2.5 Range Rover P400e	22
2.2.6 Toyota Prius Plug-in	22
2.2.7 Volkswagen Passat GTE.....	23
2.2.8 Volvo XC90 T8 Twin Engine Hybrid	23
2.3 Elektromobily v současné době, právní úprava	24
2.3.1 Audi e-tron.....	25
2.3.2 BMW i3	25
2.3.3 Hyundai Ioniq Electric.....	26
2.3.4 Jaguar i-Pace	26
2.3.5 Nissan Leaf	27
2.3.6 Renault Twizy.....	27
2.3.7 Tesla Roadster	28
2.3.8 Tesla Model S	29
2.3.9 Tesla Model 3	29

2.4	Systémy pro výrobu elektrické energie při provozu elektromobilů.....	30
2.4.1	Systém pro rekuperaci kinetické energie (KERS)	30
2.4.2	Využití solárních panelů	31
2.4.3	Použití vodíkového paliva pro výrobu elektrické energie	31
2.5	Právní prostředí České republiky	32
2.5.1	Problematika zavádění autonomních vozů	33
2.5.2	Strategická analýza SWOT automobilové elektrické dopravy	34
2.6	Systém dobíjecích stanic (standardy připojení)	35
2.6.1	Druhy nabíjecích stanic dle výkonu	35
2.6.2	Typy připojovacích kabelů	35
2.7	Optimalizace řízení a orientace na trh.....	36
2.7.1	Parametry systému.....	36
2.7.2	Provázanost dobíjecích stanic.....	36
2.8	Možnosti bezdrátového dobíjení elektromobilů.....	37
3	Informační podpora pro řízení nabíjecích stanic	38
3.1	Dobíjecí stanice v současnosti	39
3.2	Dobíjecí stanice – orientace na trh a zákazníka	40
3.3	Model dobíjecí stanice Raspberry Pi.....	41
3.4	Zdrojový kód pro dobíjení baterií (GPIO)	44
4	Návrh řídicího algoritmu	45
4.1	Algoritmus současné dobíjecí stanice	46
4.2	Návrh: varianta číslo 1	47
4.3	Návrh: varianta číslo 2	48
4.4	Návrh: varianta číslo 3	49
5	Zhodnocení variant návrhu	50
5.1	Současné dobíjecí stanice.....	50
5.2	Varianta č. 1	50
5.3	Varianta č. 2	50
5.4	Varianta č. 3	50
5.5	Porovnání	51
	Seznam obrázků a grafů.....	55
	Seznam tabulek	56
	Seznam příloh	56

Úvod

Významnost použití obnovitelných zdrojů pro pohon dopravních prostředků neustále roste, ať už z důvodu vyčerpání rentabilních ropných ložisek, nebo také kvůli dopadům spalovacích a vznětových motorů na životní prostředí. Ropná naleziště vykazují již pouze zbytková množství této stále vzácnější suroviny; snad s výjimkou Antarktidy, kde jsou uloženy velké zásoby, avšak ani v této chvíli by jejich dobývání nebylo rentabilní. S rostoucí cenou fosilních paliv se to ovšem zřejmě změní. Problémem však jsou mezinárodní dohody, které kladou důraz na zachování této krajiny v nezměněné podobě. I s ohledem na životní prostředí automobilový průmysl již řadu let testuje různé druhy pohonů a vedle vodíkových motorů jsou tu elektrické motory, jež využívají obnovitelné zdroje energie, které jsou šetrné k životnímu prostředí. Některé automobilové společnosti již dnes využívají elektrickou i sluneční energii pro nabíjení.

Cíl práce představuje navrhnout takový režim dobíjecí stanice, který maximalizuje časové využití všech přípojek stanice v reálním čase. To zahrnuje tvorbu řídicích algoritmů, zajišťujících optimální provoz a nabíjení elektromobilů co nejefektivněji z hlediska rychlosti i celkového vytižení dobíjecí stanice z hlediska času.

Celá tato práce je koncipována z pohledu logistických procesů, které významně ovlivňují zásobování a distribuci automobilové elektrické dopravy. Do budoucna bude problematické, zajistit optimální dodávky, a především dostatek přípojek pro dobíjení elektromobilů. Z tohoto důvodu je podstatou také nalezení míst, kde by bylo vhodné umístit dobíjecí stanice a zkompletovat tak celou páteřní síť, jež by zajišťovala provoz dle potřeb zákazníků.

Legislativa České republiky i Evropské unie také počítá s postupným nahrazováním neekologických pohonů elektrickými či vodíkovými agregáty, které budou brát v potaz větší ohledy na životní prostředí, a jejich provoz bude šetrný. Dotační programy už dnes předpokládají skokový nárůst do roku 2030, kdy by měl podíl ekologických vozidel dosahovat prvních 10 %. Všechny současní výrobci navíc musejí reagovat nahrazením části své současné produkce výrobou elektromobilů, čímž budou kompenzovat emise a snižovat celkové produkované znečištění. Nejvíce by zlepšení situace ovzduší však napomohlo snížení cen samotných elektrických a hybridních vozů, jelikož v současnosti dosahují některé modely nad 1 milion korun. Pro většinu občanů jsou tak nedosažitelné.

Proces tvorby jednotlivých kapitol vychází z logistických aspektů a zejména procesů, jež jsou nevyhnutelně nutné pro správnou výrobu i distribuci právě včas (Just-In-Time). Historicky první elektrické vozy vznikly už před těmi se spalovacími motory a rostoucí potřeby nahrazení fosilních paliv energií z obnovitelných zdrojů povedou ke stále zvyšujícím se potřebám energií z obnovitelných zdrojů. Z pohledu logistiky, tvoří nedílnou součást systému dobíjecích stanic strategické rozmístění ve vhodných lokalitách, dále je zásadní problematika zásobování, informační podpory a provázanosti s okolními státy. Jelikož Evropa nyní podporuje bez hraničně kontrolovaný vstup do okolních států, lze se domnívat, že dobíjecí stanice v České republice, vzhledem i k jednoduchosti použití, efektivitě a ceně elektrické energie, budou stále více využívat motoristé z dalších evropských zemí.

Druhá část této práce se zaměřuje na elektromobily samotné a jejich zakotvení v právním řádu České republiky. Problematika právní úpravy zejména odpovědnosti za provoz vozů s autonomními systémy řízení je kapitolou samu pro sebe. Systém a druhy dobíjecích stanic, optimalizaci a orientaci na trh i alokaci stanic jak ve střední Evropě, tak i v tuzemsku jsou další částí této kapitoly. Zahrnutá SWOT analýza se zabývá silnými i slabými stránkami elektrické dopravy a také uvádí aspekty, které budou tvořit klíčové prvky v následném vývoji elektromobility.

Ve třetí části se nachází rozbor informační podpory pro řízení nabíjecích stanic. Rozebírá současnou podobu a principy dobíjecích stanic a pohled do budoucna, který bude orientovaný především na potřeby zákazníka a samotného trhu. Zahrnuje rovněž i návrh vlastního modelu, jež by simuloval fungování dobíjecí stanice v malém měřítku a sledoval zákonitosti procesů dobíjení akumulátorů elektromobilů.

Čtvrtou kapitolu tvoří systematika fungování současných dobíjecích stanic a návrh algoritmu fungování, jenž by provoz stanic optimalizoval. Algoritmus současné dobíjecí stanice vylepšuje o prvky, které zvýší jak časové využití, tak i celkový dobíjecí výkon, a tím i efektivitu celého systému dobíjecích stanic. Návrhy zohledňují technické možnosti i současné požadavky zákazníků.

V poslední části jsou uvedeny a rozebrány varianty tohoto návrhu a algoritmy samotné jsou také zhodnoceny. Možnosti následného zavedení nového systému do praxe bere v úvahu jistý časový horizont, který tvoří nejbližších 5 až 10 let, kdy bude největší vlna přechodu od spalovacích a vznětových motorů k elektrickým a možná také vodíkovým.

1 Logistické procesy automobilové elektrické dopravy

Logistika představuje ucelený systém řízení dodavatelského řetězce, jenž plánuje, efektivně řídí dopředné a zpětné toky produktů i příslušných informací od místa původu, přes skladování, manipulaci, plnění objednávek, tvorbu návrhu logistické sítě a řízení zásob, do místa spotřeby na základě požadavků konkrétního zákazníka. Mezi logistické funkce patří vyhledávání zdrojů, nákup, plánování a rozvrh výroby, obalová technika, kompletace a služby zákazníkům. Logistika je součástí všech úrovní plánování od taktického, přes operativní až ke strategickému. Snaha o koordinaci a optimalizaci všech logistických činností a spojení s výrobou, marketingem, prodejem, financemi i informačními technologiemi tvoří její podstatu. [1]

Dle technické normy, označené ČSN EN 14943, tvoří logistiku činnosti zahrnující právě plánování, uskutečňování a kontrola pohybu, umístování osob a zboží i podpůrných činností v rámci daného systému, vztahujících se k tomuto pohybu a umístování k dosahování specifických cílů společnosti. [2]

1.1 Automobilová elektrická doprava

V počátcích vývoje motorů a hledání nejvhodnějších pohonných materiálů byl elektrický proud v popředí. První takové motory byly výkonnější než konkurenční spalovací jednotky. V roce 1835 sestrojil úplně první elektromobil (EM) profesor Sibrandus Stratingh z Holandska se svým asistentem Christopherem Beckerem. Ovšem po čase začaly dominovat vozy na fosilní paliva. Až blížící se vyčerpání zásob a dopady na životní prostředí způsobily značný zájem o obnovitelnou a zejména ekologickou energii. Přejechod znamenal vývoj konceptů, které nejprve kombinovaly oba typy pohonu. První tzv. hybrid, jenž se vyráběl sériově po celém světě, byla Toyota Prius. Ta obsahovala spalovací motor k výrobě elektrické energie, kterou využíval elektromotor a poháněl tento vůz. Tento systém znamenal razantní snížení nákladů na provoz a také úsporu paliva. Provoz současných elektromobilu je zajištěn pohonnými agregáty (soustava elektromotorů u obou náprav automobilu), palivovou nádrží a soustavou akumulátorů. Tyto akumulátory jsou stěžejní pro provoz a závisí na nich i spolehlivost vozidla. Vlivy okolního prostředí ovlivňují jejich celkovou výdrž. [3]

1.2 Logistické činnosti v automobilové elektrické dopravě

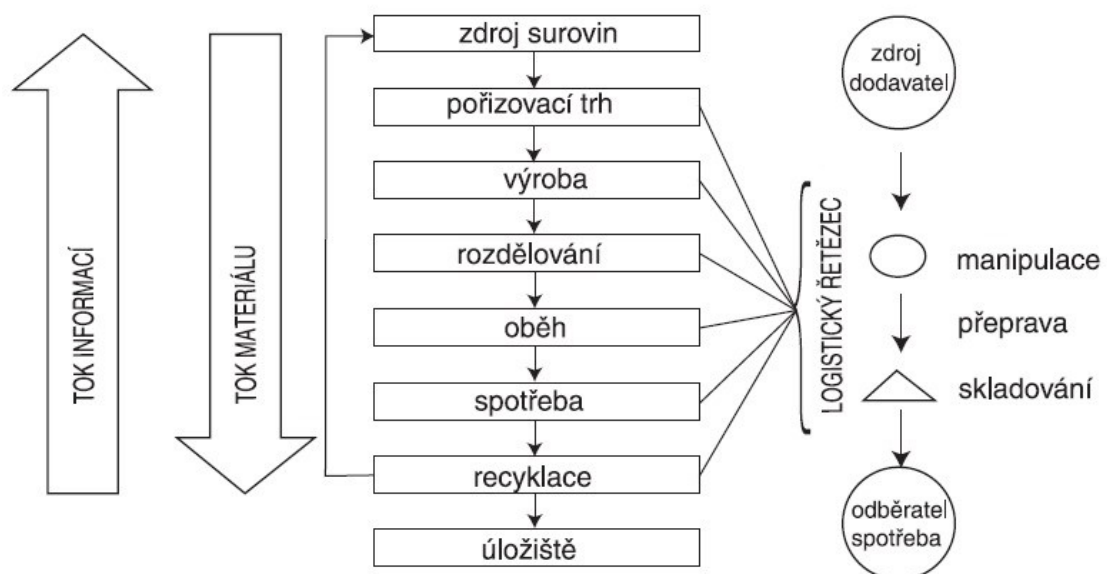
Logistickými činnostmi rozumíme soubor činností, aktivit a funkcí, které jsou realizovány pro splnění požadavků konečných zákazníků. Roku 1998 ve svém díle Douglas Lambert označil logistické činnosti: plánování, manipulaci s materiálem, řízení zásob, přenos a zpracování objednávek, balení, podporu, skladování, nákup, dopravu, přepravu, zpětnou logistiku i zákaznický servis. [1]

Logistické procesy představují logicky seřazené aktivity s přesně určeným vstupem i výstupem. Vstupy (input) jsou transformovány činnostmi ve výstupní produkty (output). Produktem je výrobek, služba nebo i jejich kombinace. [4]

1.2.1 Logistický řetězec

Logistické procesy se sdružují do logistického řetězce, který je tvořen dopřednými toky materiálů a zpětnými (v některých případech i dopřednými) toky informací. Jedná se o lineární strukturu, jež vzniká spojením procesů, jenž jsou potřebné pro uspokojování požadavků zákazníka po produktech. Logistický řetězec vzniká v logistickém systému, který je možné definovat jako účelově vytvořenou řídicí strukturu. Tato fyzická struktura umožňuje zabezpečovat, hodnotit a vylepšovat toky v logistických řetězcích. [4]

Obr. 1.1 Schéma logistického řetězce



Zdroj: [5]

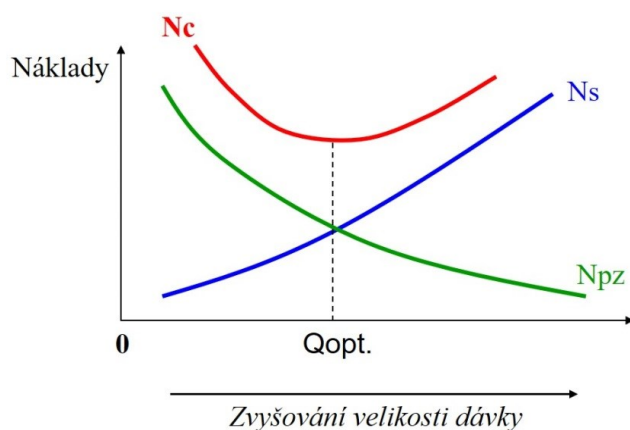
1.2.2 Logistický systém

Logistický systém lze definovat jako účelově vytvořenou řídicí strukturu, jež umožňuje zabezpečovat, hodnotit a vylepšovat toky v logistických řetězcích. Obsahuje dva subsystémy. Technický subsystém tvoří obslužné prvky společně s obsluhovanými prvky. Jedná se o zařízení pro výrobu, vybavení skladů, dopravní a manipulační prostředky, technickou infrastrukturu a tak dále. Řídicí subsystém zahrnuje řídicí útvary a pracovníky, dále nástroje, informační i evidenční systémy, komunikační kanály, metody i techniky. Jejich cílem je tvorba, udržení a rozvoj logistického systému, dále rozhodování o volbě logistických sítí, aktivace, usměrňování a vyhodnocování organizace a řízení toků logistických sítí. [5]

Systém zásobování

Ke stanovení optimální velikosti výrobní dávky (v tomto případě optimum, potřebné ke správnému zásobování dobíjecí stanice) se využívá rovnice, kde pro nalezení velikosti hodnoty Q_{opt} (optimální dávky) při nejnižších celkových nákladech. Optimální množství vyjadřuje minimum celkových nákladů. Graf zobrazuje průběh náklady na pořízení N_{pz} , skladovací náklady N_s a celkové náklady N_c . Vzorec pro výpočet optimální dávky obsahuje i D značí množství, N_j – jednicové náklady a čas t . [4]

Graf průběhu nákladové funkce a Q_{opt} :



(1.1)

Vzorec pro výpočet optimální dávky Q_{opt} :

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot n_{pz}}{n_s \cdot N_j \cdot t}} \quad (1.2)$$

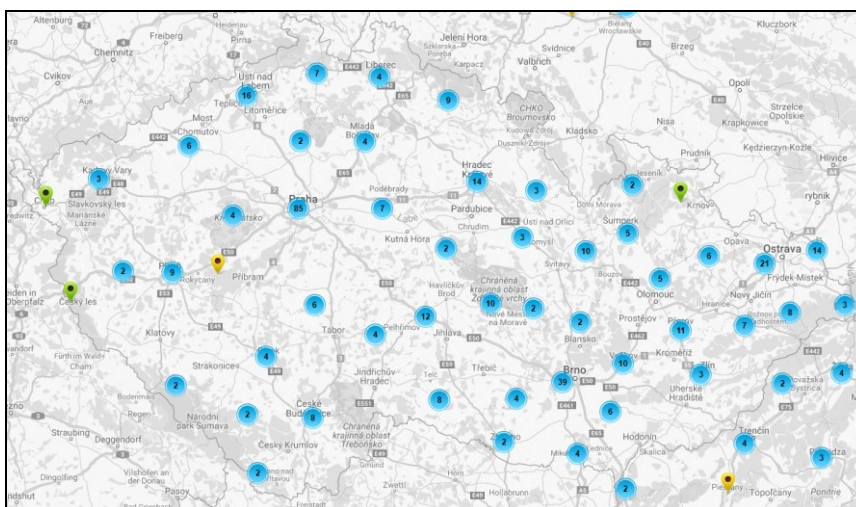
1.3 Rozmístění dobíjecích stanic

System dobíjecích stanic se neustále rozšiřuje vzhledem k rostoucí potřebě po dalších místech pro dobíjení elektromobilů. Zejména Německo a Velká Británie jsou země, kde je jich ve vztahu s rozlohou velký počet. Naopak na východě zatím výstavba stagnuje. Do budoucna však lze očekávat značný nárůst i vzhledem k evropské legislativě a nařízením Evropské Unie. Do roku 2030 chce část neekologické produkce nahradit právě elektromobilitou. Západní Evropa má nejvíce přípojných míst a na přechod je tak nejlépe vybavena. Na druhou stranu počet elektromobilů bude časem narůstat a budování další infrastruktury se nevyhne. Přechodu na ekologická paliva dopomůžou i státní dotace, které v současnosti pokrývají zhruba třetinu nákladů na pořízení elektromobilu. Rozvoji elektrické mobility podporují i náklady na provoz těchto vozidel, které jsou pouze zlomkem benzinových i naftových automobilů.

1.3.1 Dobíjecí stanice v České republice

Česká republika patří k průměru, co se týče pokrytí dobíjecími stanicemi. Největší koncentraci jich v současnosti má hlavní město Praha s 79 přípojkami. Na druhém místě stojí Brno s 39 přípojnými místy. Ostrava disponuje nyní 21 nabíječkami. Další oblasti s větším počtem přípojek pro dobíjení jsou Ústí nad Labem, Hradec Králové, Jihlavsko a Vyškovsko. Tlak na výstavbu nových dobíjecích stanic do budoucna poroste zejména v oblastech, kde nejbližší stanice leží 50 i více kilometrů daleko. Takovými oblastmi jsou Třebíč, Jindřichův Hradec, Klatovy, Hodonín a jejich okolí. [7]

Obr. 1.2 Přípojná místa v ČR



Zdroj: [7]

1.3.2 Dobíjecí stanice v Evropě

Následující mapa zobrazuje rozmístění a současný celkový počet dobíjecích stanic pro elektromobily Tesla. Největší koncentrace je ve střední a západní Evropě, konkrétně ve Velké Británii, kde zejména v Londýně a blízkém okolí je největší koncentrace dobíjecích stanic vzhledem k zastavěné ploše v Evropě. Francie má také hustou síť stanic, avšak je značně rozptýlena po celém území, a tím pádem lépe pokrývá možnosti dobíjení v celé zemi. Německo obsazuje prvenství v počtu dobíjecích stanic, má totiž nejpropracovanější a již vystavěnou infrastrukturu. Španělsko, Itálie, Řecko a Baltské státy jsou v závěsu, síť mají dostatečně hustou pro dnešní potřeby. S přibývajícím elektromobily a zvyšující se celkovou vytížeností bude v budoucnu nutné investovat další peněžní prostředky do budování zejména sítě rychlodobíjecích stanic typu CCS, který zkrátí dobu nabíjení na pouhou třetinu. Možnosti další expanze jsou pravděpodobně na východ, kde očekáváme postupný nárůst potřeb i prodeje elektromobilů. [8]

Obr. 1.3 Dobíjecí stanice TESLA Supercharger v Evropě



Zdroj: [8]

2 Elektromobily a jejich provoz

Elektromobil – pojem dnes velmi skloňovaný zejména z důvodu míry vyčerpanosti snadno dostupných ložisek s fosilními palivy a hledání alternativních pohonných systémů. Pokusy o využití ekologicky šetrných motorů započaly s příchodem vodíkového paliva, rovněž jako výroba elektrických automobilů používajících pro svůj pohon sluneční energii. Tento systém pro využití slunečních paprsků však nedosahoval potřebného výkonu. Celá karoserie, pokrytá solárními panely, dostačovala k maximální rychlosti pouze $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, což na dnešní poměry ani zdaleka nedostačuje potřebám. Zato vodík se jeví jako do budoucna slibný a využitelný. Ještě stojí za zmínku CNG, tedy zemní plyn, jenž je ekologičtější než benzin, LPG i motorová nafta. Elektromobily jsou ovšem zatím nejlepší možnou cestou, jak z hlediska efektivity, tak s ohledem na životní prostředí. V roce 1990 byl v Kalifornii schválen zákon o ZEV (Zero-Emission-Vehicle). Předpokládal výrobu elektrovozidel tak, aby v letech 1998, 2001, 2003 bylo prodáno 2 %, 5 % a 10 % vozů bez emisí. Byly to snahy o plošné zavedení ZEV-vozidel. V roce 2000 přidali označení PZEV (částečně bezemisní vozidlo). V březnu 2000 bylo v Kalifornii prodáno více než 2000 bezemisních vozidel. [9]

I tento mezičlánek znamená posun kupředu a zejména nahrazení vznětových motorů bude velkým přínosem pro ochranu přírody a čistotu ovzduší. Ubyde celkový počet skleníkových plynů v atmosféře a snad se podaří rekultivovat ozónovou vrstvu nad Antarktidou, která právě kvůli freonů a dalším škodlivým plynům už téměř odkryla celý kontinent a dovolila pronikat na Zemi škodlivé vesmírné záření.

2.1 Počátky vzniku elektromobilů

Historicky první automobil si nechal patentovat německý konstruktér Karl Benz v roce 1886. Jednalo se o tříkolku, poháněnou spalovacím motorem. Vývoj automobilů s elektrickým pohonem však započal ještě dříve. První elektrický motor vyvinul uherský fyzik Ányos Jedlik v roce 1828 pro svůj model. [9]

První elektrické vozidlo však vzniklo až v roce 1898. Vytvořil jej Ferdinand Porsche (nar. ve Vratislavicích nad Nisou) a připomínalo spíše kočár, jenž byl poháněn elektrickým motorem. V roce 1899 překonal Belgičan Camille Jenatton s elektromobilem La Jamais Contente poprvé rychlost $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Z počátku 20. století v USA převládaly elektrické vozy nad vozy se spalovacími motory. [9]

Velký nárůst automobilů v Americe způsobilo zavedení dieselových motorů a snadná dostupnost v tehdejší době levného paliva. Šedesátá a sedmdesátá léta byla ve znamení co nejvyššího výkonu a skutečná spotřeba nikoho netrápila. To vedlo k velkému rozvoji amerického automobilového průmyslu.

2.1.1 Porsche P1

Vůz označil Ferdinand Porsche jako model P1 a poprvé jej představil ve Vídni dne 26. června 1898. Měl výkon tří koňských sil (posílený až pěti koňských sil) a dosahoval maximální rychlosti $34 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$. Celá konstrukce vážila 1 359 kilogramů. Dojezdová vzdálenost činila 80 km s bateriemi, jež měly 44 článků a celkovou kapacitu 120 Ah. Jejich hmotnost tvořila 500 kg z celkové hmotnosti vozu. K regulaci rychlosti sloužila řídicí jednotka s dvanácti stupni. [11]

Tab. 2.1 Porsche P1 (tech. specifikace)

Název výrobce	Porsche
Označení modelu	P1 Egger-Lohner C.2 Phaeton
Výkon motoru	3 HP (max. 5 HP)
Maximální rychlost	$34 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
Celková hmotnost	1 359 kg
Hmotnost baterií	500 kg
Kapacita baterií	120 Ah
Maximální dojezdová vzdálenost	80 km
Řídicí jednotka	12 stupňů

Zdroj: [12]

Obr. 2.2 Porsche P1 (Egger-Lohner C.2 Phaeton)



Zdroj: [11]

2.1.2 Landaulet

K prvním elektrickým vozům, vyrobeným na českém území byl Landaulet Františka Křížika. V roce 1895 jej poháněl elektromotor na stejnosměrný proud o výkonu 3,6 kW. Napájený byl olověným akumulátorem se 42 články. Třetí model tohoto automobilu používal již dva elektromotory v zadních kolech o výkonu 2,2 kW. Vzhled tohoto automobilu byl ještě dost podobný klasickým vozům, ačkoliv už jako první obsahoval uzavřený kokpit krytý výplňovými skleněnými tabulemi. Dřevěná kola byla kryta tenkou vrstvou pryže se stlačeným vzduchem, a byl zde vytvořen i zavazadlový prostor (vyplněn z části bateriemi) a modulem pro krycí plachtu proti slunci, popřípadě dešti. [14]

Tab. 2.2 Landaulet (tech. specifikace)

Jméno výrobce	František Křížik
Označení modelu	Landaulet
Výkon motorů (celkem)	4,4 kW
Maximální rychlost	100 km · h ⁻¹
Celková hmotnost	1 800 kg
Kapacita baterií	42 článků

Zdroj: [12]

Obr. 2.3 Landaulet Electric 1899



Zdroj: [12]

2.2 Vznik a vývoj plug-in hybridů

Plug-in hybridní automobily jsou jistým mezistupněm mezi spalovacími/vznětovými a plně elektrickými vozy. Plug-in hybrid označuje automobil, který využívá spalovací motorovou jednotku, jež vyrábí elektrický proud a pohonnou jednotku tvoří elektromotor. Výhodou tohoto řešení je úspora fosilních paliv, větší efektivita a nižší emise škodlivých plynných látek do ovzduší.

Hybridní pohon zahrnuje více zdrojů pohonu a příslušné zásobníky energie. Využívá tak výhod obou řešení. Výhodnou kombinací jsou spalovací motor a elektromotor. Provoz po městě zajišťuje bezemisní elektrický motor a mimo město naopak ten spalovací, který nabízí dobrý jízdní výkon a velký dojezd. [9]

Spalovací motor s písty dosahují účinnosti až 35 %, s přibývajícím zatížením klesá a ve městech nedosahuje ani 10 %. Navíc spalovací motory zatěžují životní prostředí emisemi CO₂. Výhodou tohoto pohonu je velký dojezd v rozmezí 500 až 1000 km, také má nádrž na palivo bez tlaku. Otáčky motoru eliminuje převodovka v závislosti na rychlosti vozidla. Elektrický motor oproti tomu neprodukuje žádné emise, pracuje bezhlučně, nemá požadavky na chlazení a dosahuje účinnosti až 90 %. Elektromobily jsou brzděny generátorem a tato energie je znovu využita, dochází tak k její rekuperaci a navrácí se do baterií, nebo se využívá pro další provoz. [9]

Kombinace spalovacího a elektrického motoru zajišťuje bezemisní provoz v oblastech, kde je vysoká míra znečištění škodlivinami při krátkých úsecích a vyšší výkony i dojezd v mimoměstských oblastech. [9]

V oblasti pohonu hybridních vozů se využívá buď sériové nebo paralelní uspořádání. Sériové zapojení se podobá bateriovému vozidlu, je tedy poháněno výhradně elektromotorem. Spalovací motor (generátor) je využit jako zdroj elektrické energie, popřípadě také k dobíjení baterie. Samotná baterie je podstatně menší než u elektromobilů. [9]

Při použití paralelního systému je využíván potenciál spalovacího motoru, který lze využít stejně jako u konvenčních vozů. Otáčky elektromotoru se mění s ohledem na účinnost a emise. Maximum otáček elektromotoru je shodné s maximálními otáčkami spalovací jednotky. Zapnutím obou motorů současně při nízkých otáčkách zvýší tažnou sílu. Toto zapojení umožňuje čistě elektrický pohon i pohon pouze spalovacím motorem. Při kombinaci zůstane spalovací motor stále v provozu a elektromotor zvyšuje výkon krátkodobě, když je zapotřebí zvýšit celkový výkon. [9]

2.2.1 BMW i8

Tento plug-in hybrid se řadí do třídy supersport. Palubní nabíječka o výkonu 3,7 kW/12 A. Rychlé nabíjení pouze s BMW a Wallbox Pro. Dobití na 80 % za méně než 2 hodiny. Zrychlení (0-100 km · h⁻¹) za 4,4 s. [12]

Tab. 2.3 BMW i8 (tech. specifikace)

Jméno výrobce	BMW
Označení modelu	i8
Výkon motorů (spal./el.)	170 kW/96 kW
Maximální rychlost	250 km · h ⁻¹
Celková hmotnost	1 485 kg
Kapacita baterií	7,1 kWh (5 kWh využitelných)
Rok začátku výroby	2014

Zdroj: [12]

2.2.2 Hyundai Ioniq Plug-in

Tento plug-in hybrid nabyl velké obliby. Kombinuje klasický spalovací motor s elektrickou pohonnou jednotkou. Na čistě elektrický pohon dokáže ujet okolo 60 km. Zrychlení (0-100 km · h⁻¹) za 10,6 s. [12]

Tab. 2.4 Hyundai Ioniq Plug-in (tech. specifikace)

Jméno výrobce	Hyundai
Označení modelu	Ioniq Plug-in PHEV
Výkon motorů (spal./el.)	77 kW/44,5 kW
Maximální rychlost	178 km · h ⁻¹ (omezovač)
Celková hmotnost	1 495 kg
Kapacita baterií	8,9 kWh
Rok začátku výroby	2018

Zdroj: [12]

2.2.3 Mitsubishi Outlander PHEV

Outlander PHEV kombinuje elektromotory pro obě nápravy a spalovací dvoulitrový benzinový motor se čtyřmi válci, výkonem 89 kW a generátorem. Energie pro nabíjení 12 kWh baterie pochází z přeměny paliva v nádrži o celkovém objemu 45 litrů. [12]

Tab. 2.5 Mitsubishi Outlander PHEV (tech. specifikace)

Jméno výrobce	Mitsubishi
Označení modelu	Outlander PHEV
Výkon motorů (celkem)	165 kW
Maximální rychlost	170 km · h ⁻¹
Celková hmotnost	1 810 kg
Kapacita baterií	12 kWh
Rok začátku výroby	2013

Zdroj: [12]

2.2.4 Porsche Panamera Turbo S E-Hybrid

Porsche Panamera S disponuje dojezdem až 35 km při použití čistě elektrického pohonu. Je vybaveno osmistupňovou automatickou převodovkou Tiptronic S a celkový výkon činí 306 koňských sil (el. motor 95 koňských sil). Zrychlení vozu (0-100 km · h⁻¹) pod 5,2 s. Dobíjení je možné z elektrické sítě 230 V za 2,5 hod. [12]

Tab. 2.6 Porsche Panamera Turbo S E-Hybrid (tech. specifikace)

Jméno výrobce	Porsche
Označení modelu	Panamera Turbo S E-Hybrid
Výkon motorů (celkem)	404 kW
Maximální rychlost	270 km · h ⁻¹ (omezovač)
Celková hmotnost	2 055 kg
Kapacita baterií	1,73 kWh
Rok začátku výroby	2011

Zdroj: [12]

2.2.5 Range Rover P400e

Rover P400e umožňuje provoz čistě na elektrickou energii s dojezdem až 48 km. Vnitřní systémy jsou řízeny pomocí 10" dotykového panelu, který se poprvé objevil v modelu Range Rover Velar. Pohonná jednotka zrychlí (0-100 km · h⁻¹) za 6,7 s. [12]

Tab. 2.7 Range Rover P400e (tech. specifikace)

Jméno výrobce	Range Rover
Označení modelu	P400e
Výkon motorů (celkem)	297 kW
Maximální rychlost	219 km · h ⁻¹
Celková hmotnost	2 577 kg
Kapacita baterií	12,4 kWh
Rok začátku výroby	2013

Zdroj: [12]

2.2.6 Toyota Prius Plug-in

Hybridní vůz Toyota Prius Plug-in má dojezd 50 km pouze s elektrickým pohonem. Udávaná spotřeba hybridního pohonu činí 1 litr na 100 km. Na jednu nádrž tak zvládne ujet 1200 km ovšem s ohledem na pravidelné dobíjení akumulátoru. [12]

Tab. 2.8 Toyota Prius Plug-in (tech. specifikace)

Jméno výrobce	Toyota
Označení modelu	Prius Plug-in Hybrid
Výkon motorů (spal./el.)	90 kW/53 kW
Maximální rychlost	162/135 km · h ⁻¹
Celková hmotnost	1 530 kg
Kapacita baterií	8,8 kWh
Rok začátku výroby	2012

Zdroj: [12]

2.2.7 Volkswagen Passat GTE

Hybridní vůz střední třídy německé automobilky Volkswagen má dojezd na čistě elektrický pohon 42 km. Zrychlení (0-100 km · h⁻¹) činí 7,4 s (el. pohon) a kombinovaná spotřeba je udávána 1,7 l na 100 km. [12]

Tab. 2.10 Volkswagen Passat GTE (tech. specifikace)

Jméno výrobce	Volkswagen
Označení modelu	Passat GTE B8
Výkon motorů (celkem)	115 kW
Maximální rychlost	225 km · h ⁻¹
Celková hmotnost	1 722 kg
Kapacita baterií	9,9 kWh
Rok začátku výroby	2015

Zdroj: [12]

2.2.8 Volvo XC90 T8 Twin Engine Hybrid

Švédský automobil (SUV) se pyšní velkou prodejností a dojezdem až 43 km při použití pouze elektrického motoru a baterií. Zrychlí (0-100 km · h⁻¹) za 5,6 s. Kombinovaná spotřeba činí 2,5 litrů na 100 km. Tento model disponuje rozložením 5-7 sedadel. [12]

Tab. 2.9 Volvo XC90 T8 Twin Engine Hybrid (tech. specifikace)

Jméno výrobce	Volvo
Označení modelu	XC90 T8 Twin Engine Hybrid
Výkon motorů (spal./el.)	235 kW/60 kW
Maximální rychlost	230 km · h ⁻¹
Celková hmotnost	2 250 kg
Kapacita baterií	9,2 kWh
Rok začátku výroby	2014

Zdroj: [12]

2.3 Elektromobily v současné době, právní úprava

Elektromobilita vznikla ještě před nástupem automobilů, poháněných fosilními palivy, jež měla rychlejší vývoj a levnější provoz. V současnosti však dochází k obrátu, kdy se ropa stává nedostatkovým artiklem. Do popředí opět vstupuje elektřina jakožto obnovitelný zdroj energie. V budoucnu lze očekávat úplné nahrazení fosilních paliv těmi, které jsou získávány z obnovitelných zdrojů. Vozy Formule 1 jsou z velké části ovládány elektronicky, včetně systému pro rekuperaci kinetické energie (KERS). [17]

Pro plně elektrické vozy, odnož Formule 1 – *Formula E* je pořádán vlastní šampionát. Současná právní úprava zaručuje finanční dotace při pořízení elektromobilu. Dále mají řidiči elektromobilů odpuštěny dálniční poplatky a parkování ve městech umožněno i v tzv. modrých zónách. Tím stát stimuluje nahrazení současných automobilů šetrnějšími vozy i přes jejich vysoké pořizovací náklady.

Sortiment elektromobilů se neustále rozšiřuje snahou výrobců, představit svůj přístup k ekologickým způsobům cestování. Přední světové automobilky soutěží o posty ekologicky nejšetrnějších vozů nebo například i automobilů nejlevnějších na provoz. Následující tabulka zobrazuje přibližné doby nabíjení nejvýkonnější palubní nabíječkou, dostupnou pro daný model elektromobilu (čas dobíjení 20 kWh).

Tab. 2.11 Délka dobíjení baterie různých elektromobilů palubní nabíječkou

	VW E-UP!	Nissan Leaf	BMW i3	Tesla Model S
Kapacita aku.	18,7 kWh	24 kWh	24 kWh	85 kWh
Typ dobíjení	3,6 kW 1 fáze	6,6 kW/32A 1f	7,4 kW/32A 1f	22 kW/32A 3f
16 A SCHUKO 3,7 kW	8 hodin	10 hodin	8 hodin	7,25 hodin
16 A 3-f AC do 11 kW	6 hodin	6 hodin	6 hodin	2 hodiny
32 A 3-f AC do 22 kW	6 hodin	3 hodiny	3 hodiny	1 hodina

Zdroj: [10]

Z předchozí tabulky je jasně patrné, že nejvyšší kapacitou i optimální dobou nabíjení baterií disponují baterie elektromobilu Tesla Model S, jež jsou tří fázové. Volkswagen, Nissan i BMW využívají pouze 1 fáze, proto je čas dobíjení výrazně odlišný.

2.3.1 Audi e-tron

Tento elektromobil typu crossover/SUV byl představen roku 2019 v Ženevě. Motory o celkovém výkonu 300 kW výkonu dosahují zrychlení (0-100 km· h⁻¹) 5,7 s. E-tron od Audi má dojezd až 400 km a nabíjení z 0–80 % standardem CCS zabere pouhých 30 minut. Se svými parametry se může jednat o elektromobil roku 2019. [12]

Tab. 2.12 Audi e-tron (tech. specifikace)

Jméno výrobce	Audi
Označení modelu	e-tron 55 quattro
Výkon motorů (celkem)	300 kW
Maximální rychlost	200 km· h ⁻¹ (omezovač)
Celková hmotnost	2 560 kg
Kapacita baterií	95 kWh
Rok uvedení na trh	2019

Zdroj: [12]

2.3.2 BMW i3

Čistě elektrický hatchback od společnosti BMW byl představen jako koncept na Internation Motor Show v Německu již roku 2011. V roce 2014 získal cenu Světového ekologického auta roku. Kapacity baterií jsou v rozmezí 33-120 kWh. [12]

Tab. 2.13 BMW i3 (tech. specifikace)

Jméno výrobce	BMW
Označení modelu	i3
Výkon motorů (celkem)	125 kW
Maximální rychlost	149 km· h ⁻¹
Celková hmotnost	1 195 kg
Kapacita baterií	až 120 kWh
Rok uvedení na trh	2013

Zdroj: [12]

2.3.3 Hyundai Ioniq Electric

Jihokorejský vůz Hyundai Ioniq vyniká volbou rekuperace energie pádly pod volantem. Zrychlení (0-100 km·h⁻¹) činí 10,2 s. a maximální dojezd elektromobilu je 280 km s průměrnou spotřebou 13,3 kWh na 100 km. Dobití je možné i za 24 minut. [12]

Tab. 2.14 Hyundai Ioniq Electric (tech. specifikace)

Jméno výrobce	Hyundai
Označení modelu	Ioniq Electric
Výkon motorů (celkem)	88 kW
Maximální rychlost	165 km·h ⁻¹
Celková hmotnost	1 420 kg
Kapacita baterií	30,5 kWh
Rok uvedení na trh	2016

Zdroj: [12]

2.3.4 Jaguar i-Pace

První plně elektrický vůz od společnosti Jaguar byl představen již v roce 2016. Obsahuje dva shodné elektromotory o výkonu 147 kW. Zrychlí (0-100 km·h⁻¹) za 4,2 s. Udávaný celkový dojezd 500 km. Svými parametry zastíní i řadu sportovních vozů. [12]

Tab. 2.15 Jaguar i-Pace (tech. specifikace)

Jméno výrobce	Jaguar
Označení modelu	i-Pace
Výkon motorů (celkem)	294 kW
Maximální rychlost	200 km·h ⁻¹
Celková hmotnost	2 133 kg
Kapacita baterií	90 kWh
Rok uvedení na trh	2018

Zdroj: [12]

2.3.5 Nissan Leaf

Elektromobil japonské automobilky Nissan byl představen na konci roku 2010 a stal se vozem roku 2011. Nová verze má celkový dojezd až 243 km. Vůz byl vyráběn i v limitovaných edicích s 40 kWh a 60 kWh bateriemi a verze Leaf Plus dokonce s kapacitou 62 kWh. Varianty modelových řad cílí na možnosti výběru zákazníky. [12]

Tab. 2.16 Nissan Leaf (tech. specifikace)

Jméno výrobce	Nissan
Označení modelu	Leaf
Výkon motorů (celkem)	80 kW
Maximální rychlost	149 km·h ⁻¹
Celková hmotnost	1 580 kg
Kapacita baterií	40 kWh
Rok uvedení na trh	2011

Zdroj: [12]

2.3.6 Renault Twizy

Tento minimalistický elektromobil pro 2 osoby a přepravu na menší vzdálenosti např. ve městech byl představen jako koncept již v roce 2009 v programu Renault Zero Emissions. Dojezd tohoto mini elektromobilu činí úctyhodných 100 km. [12]

Tab. 2.17 Renault Twizy (tech. specifikace)

Jméno výrobce	Renault
Označení modelu	Twizy
Výkon motorů (celkem)	13 kW
Maximální rychlost	80 km·h ⁻¹
Celková hmotnost	474 kg
Kapacita baterií	6,1 kWh
Rok uvedení na trh	2012

Zdroj: [12]

2.3.7 Tesla Roadster

První model této značky s označením Roadster přišel v roce 2008. Měl udávaný dojezd 320 km se spotřebou 13,5 kWh na 100 km. Tesla Roadster pokořila rekord v maximální ujeté vzdálenosti elektromobilem (501 km na 1 nabití). V roce 2020 přijde nový Roadstar se třemi motory, bateriemi 200 kWh a dojezdem až 1000 km. [12]

Tab. 2.18 Tesla Roadster (tech. specifikace)

Jméno výrobce	Tesla
Označení modelu	Roadster (DarkStar)
Výkon motorů (celkem)	185 kW
Maximální rychlost	201 km·h ⁻¹
Celková hmotnost	1 305 kg
Kapacita baterií	53 kWh
Rok uvedení na trh	2008

Zdroj: [12]

Tesla ve Vesmíru

Společnost Space X podnikatele a vizionáře Elona Muska 6. února 2018 vynesla prostřednictvím vesmírné rakety Falcon Heavy automobil Tesla Roadster do volného vesmíru. Elektromobil nyní obíhá kolem Slunce. Na konci roku 2018 již byla Tesla za hranicemi oběžné dráhy planety Mars (asi 248 mil. km). Poté se začala opět přibližovat ke Slunci i k Zemi. Space X i se svým výkonným ředitelem s jihoafrickým původem mají velké ambice, co se týče dobývání vesmíru. Již teď každý den vypouští na oběžnou dráhu Země družice, které zajišťují monitorování vesmírného prostoru i provoz služeb pro občany. Společnost počítá i s komerčními lety do vesmíru. [15]

Obr. 2.4 Tesla Roadster ve vesmíru



Zdroj: [16]

2.3.8 Tesla Model S

Druhý elektromobil značky Tesla představili v roce 2009 jako prototyp na Frakfurtské Motor Show. Prodej začal v červnu 2012 v USA a poté získal vůz cenu automobilu roku 2013, také ocenění za nejlepší novinku, nejlepší zelené auto a vynález roku. [12]

Tab. 2.19 Tesla Model S (tech. specifikace)

Jméno výrobce	Tesla
Označení modelu	Model S (WhiteStar)
Výkon motorů (celkem)	310 kW
Maximální rychlost	250 km·h ⁻¹
Celková hmotnost	1 961 kg
Kapacita baterií	70-85 kWh [dojezd 390-426 km]
Rok uvedení na trh	2012

Zdroj: [12]

2.3.9 Tesla Model 3

Elektromobil třetí generace obsahuje ve standardu i automatické řízení (autopilot) a odhadovaný dojezd 320-500 km (Model 3 z roku 2018 udává až 682 km). Udávaná spotřeba činí 16 kWh na 100 km. Nástupci jsou Tesla Model X (SUV) a Model Y. [12]

Tab. 2.20 Tesla Model 3 (tech. specifikace)

Jméno výrobce	Tesla
Označení modelu	Model 3 (BlueStar)
Výkon motorů (celkem)	150 kW
Maximální rychlost	210 km·h ⁻¹
Celková hmotnost	1 611 kg
Kapacita baterií	75 kWh
Rok uvedení na trh	2017

Zdroj: [12]

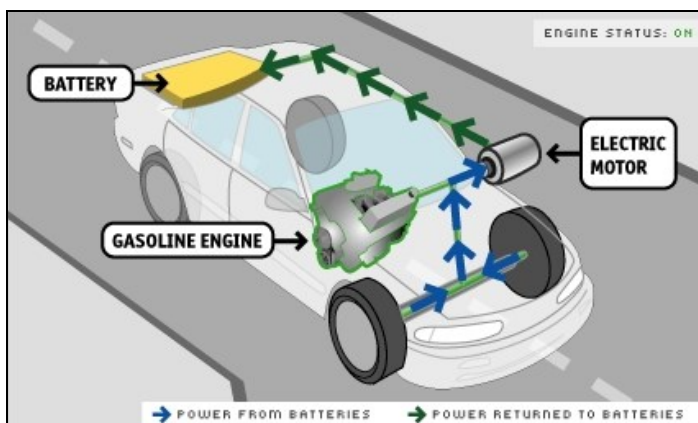
2.4 Systémy pro výrobu elektrické energie při provozu elektromobilů

V dnešní době existuje řada systémů pro výrobu elektrické energie, důležité pro provoz elektromobilů. Mezi hlavní patří využití obnovy kinetické energie, solární energie i možnosti vodíkového paliva. Každý způsob má své silné i slabé stránky a pro nejvyšší efektivitu by bylo vhodné využít jejich kombinaci.

2.4.1 Systém pro rekuperaci kinetické energie (KERS)

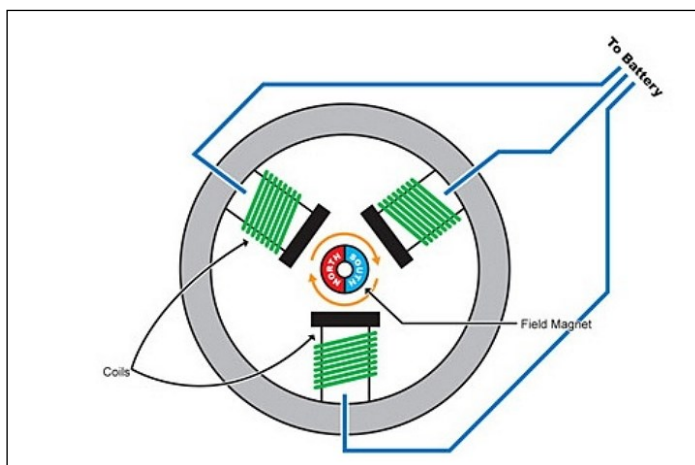
Kinetic Energy Recovery Systém – systém pro rekuperaci kinetické energie byl vyvinut z důvodu využití mechanické energie, vytvořené při brzdění vozu (cívkami, setrvačníkem či bateriemi a kondenzátory), případně její uložení v podobě elektrické energie do baterií. Tato energie je později využita pro provoz či v případě vozů Formule 1 ke krátkodobému zvýšení výkonu a zrychlení vozidla. [17]

Obr. 2.5 Schéma KERS hybridního vozu



Zdroj: [17]

Obr. 2.6 Průřez KERS (cívky, magnetické pole, baterie)



Zdroj: [17]

2.4.2 Využití solárních panelů

V dnešní době už existují prototypy, jenž mají na karoserii umístěné solární panely. Tento způsob výroby energie sice nemá dostatečný potenciál pro jízdu pouze ze sluneční energie, ale napomáhá kontinuálnímu dobíjení článků baterie a tím i životnosti a celkovému dojezdu. Jedná se o ekologický a v převážné většině volně dostupný zdroj energie, je tedy pravděpodobné, že se v určitých formách bude tento systém dobíjení zavádět ve všech moderních elektromobilech. [18]

Povrch karoserie elektromobilu Sono obsahuje 330 solárních panelů. Tento systém zajišťuje kontinuální dobíjení, které je vhodné pro nové typy akumulátorů. Dle výrobce by majitel elektromobilu měl baterie dobíjet co nejčastěji, aby články neztrácely svoji kapacitu, nebo aby naopak nedocházelo k jejich přetěžování. Zatím se však jedná o koncept, zda bude toto řešení praktické, ukáže až čas. Každopádně je to zajímavý nápad a ekologický způsob dobíjení elektromobilů. V letních měsících bude tento způsob jistě přínosným a velmi dobře využitelným. [18]

Obr. 2.7 Elektromobil společnosti Sono Motors



Zdroj: [18]

2.4.3 Použití vodíkového paliva pro výrobu elektrické energie

Hledání nových zdrojů paliva pro automobily potažmo výrobu energie zaměstnává mnoho inženýrů po celém světě. Honda přišla na trh s vlastním modelem Clarity, jež využívá ke svému provozu 1,5 litrový vodíkový motor pro výrobu elektrické energie, která pohání elektromotor o výkonu 181 koňských sil. Disponuje dojezdovou vzdáleností až 430 km při emisích čisté H₂O. Prodává se ve verzi Plug-in a Touring. Dá se předpokládat nárůst zájmu výrobců, vyrábět podobně technicky řešené vozy. [19]

Vodík pro svůj pohon zvolila také japonská automobilka Toyota. Ve voze Toyota Mirai, které představili pro trh Česka, Polska, Maďarska a Slovenska, již v roce 2016. Toto palivo však někteří lidé odsuzují, například Elon Musk. Toyota naopak zavrhlá koncept elektromobilů a vydala se svojí vlastní cestou. Udávaný dojezd jejich vozu Mirai je mezi 550 až 750 km. Spotřebu výrobci odhadují na 0,7 kg vodíku na 100 kilometrů s pětikilogramovou nádrží na vodík. Mirai tedy kombinuje elektromotor, a právě vodíkový motor, který mu dodává energii. Celé auto váží přes 1 850 kg. Zmiňovaný elektromotor disponuje výkonem 113 kW a točivým momentem 335 Nm. I přes vyšší pohotovostní hmotnost tak dokáže zrychlit z 0-100 km·h⁻¹ za necelých 9,6 s. Maximální rychlost dosahuje úctyhodných 178 km·h⁻¹. Celková kapacita baterií se zastavila na hodnotě 1,6 kWh (NiMH), kterou výrobce instaluje také do modelu Toyota Camry Hybrid. Baterie především slouží k uložení rekuperované energie, získané při brzdění či jízdě z kopce. Výhodou těchto hybridů je i krátká doba plnění palivem, což je kámen úrazu především elektromobilů. Toyotu Mirai plánuje do konce roku 2020 zavést Paříž jako své městské vozy pro taxi službu. [12]

Dlouhodobá vize Hyundai do roku 2030 počítá s výrobou až 700 000 palivových článků včetně 500 000 jednotek pro elektromobily. Tato společnost rovněž disponuje patenty pro výrobu elektrické energie za pomoci slučování jader vodíku a kyslíku. Nepoužívá tak spalovací proces, jako ostatní výrobci, a tvoří emise pouhé H₂O. Tento systém navíc zbavuje vzduch nečistot, proto se jedná o dokonale čistý zdroj energie. Společnost Hyundai odhaduje nárůst poptávky do roku 2050 po vodíkových palivech na desetinásobek.

Budoucnost závodních monopostů také ovlivňují problémy s nedostatkem fosilních paliv. Vznik Formule E dal zřetelně najevo směr, kterým se už brzy budou tyto závodní série ubírat. Švýcarský automobilový výrobce GreenGT přišel se svým modelem LMP H2. Tento závodní speciál, vyvinutý speciálně pro závody Le Mans, pohání vodíkový agregát s 12 kilogramy vodíkového paliva. Prouděním vodíku do palivového článku 100 kW vyrobí elektřinu. Jeden litr benzínu může být nahrazen 150 g vodíku, což je značná úspora.

2.5 Právní prostředí České republiky

Zákon č. 361/2000 Sb., *o provozu na pozemních komunikacích*, ve znění pozdějších předpisů, definuje kategorie vozidel, jenž je možné využívat k dopravě a přepravě. Motorové vozidlo představuje benzinové i dieselové dopravní prostředky, hybridní i čistě elektrické vozy (elektromobily, trolejbusy, tramvaje). [20]

Hybridní automobily mají výhodu ve městech v podobě parkování v tzv. modrých zónách za symbolický vstupní registrační poplatek 100 Kč. Praha tento systém zavedla v roce 2016. Od dubna roku 2019 mají elektromobily i hybridní vozy speciální označení na SPZ ve tvaru EL (zahrnuje elektromobily a hybridy s emisemi do 50 g CO₂ km⁻¹). Toto značení slouží k jednodušší identifikaci při kontrole např. parkování ve zmíněných městských zónách. [12]

Stát ve veřejném zájmu bude podporovat ekologický provoz, ať už výhodami ve městech či státními dotacemi na pořízení hybridních a plně elektrických vozů. V současnosti dotační program Ministerstva průmyslu a obchodu ČR ve spolupráci s programem Nízkouhlíkových technologií Evropské komise počítá s investicí 1 mld. Kč. Dotace (až 75 % pořizovacích nákladů) budou využity na pořízení osobních či užitkových elektromobilů i dobíjecí techniky a budování infrastruktury. [12]

2.5.1 Problematika zavádění autonomních vozů

Problematické je následné určení odpovědnosti za způsobenou škodu při nehodě vozu s autonomním řízením. Dle právního řádu je zatím nutná přítomnost jízdy schopného řidiče, který v případě problému převezme řízení, s úrovní 5 by však tento řidič ve voze být přítomen vůbec nemusel. K tomuto účelu vzniklo 6 stupňů autonomie řízení.

Úroveň 0 – vozy prvního stupně nemají žádný systém samořízení, jedná se tak o běžné (konvenční) automobily.

Úroveň 1 – podpora řidiče, užití jízdních režimů, jež v případě potřeby zasáhnou do řízení jednoduchým úkonem (např. hlídání jízdních pruhů, adaptivní tempomat či Front Assist, zabraňující kolizím).

Úroveň 2 – částečná automatizace, systém dokáže kombinovat dva a více úkonů (př. rychlost a směr či asistent pro automatické parkování).

Úroveň 3 – podmíněná automatizace, řidič se může věnovat činnostem, jako jsou psaní textových zpráv či sledování filmu; např. mód pro řízení v dopravních zácpách.

Úroveň 4 – vysoká automatizace, systém řídí automobil v plném rozsahu, řidič může spát či opustit místo za volantem, vůz by si měl poradit se situací i bez jeho zásahu.

Úroveň 5 – plná automatizace, vozidlo bez volantu a pedálů. Situace, kdy ani jeden z cestujících nemusí vlastnit řidičské oprávnění, zde je právě problematické řešení odpovědnosti, zda padne na výrobce či posádku, která nezasáhla. [17]

2.5.2 Strategická analýza SWOT automobilové elektrické dopravy

SWOT analýza definuje silné a slabé stránky. Dále se zaměřuje na příležitosti, kterých by bylo možné do budoucna využít (směr dalšího vývoje či vylepšení), a ohrožení, tedy aspekty, které budou zabraňovat dalšímu rozvoji či ztěžovat celkovou situaci.

Tab. 2.21 SWOT analýza

STRENGTHS (silné stránky):	WEAKNESSES (slabé stránky):
nízké provozní náklady a náklady dobíjení, ekologicky šetrný provoz na baterie, možnosti rekuperace kinetické energie, kapacita baterií a maximální dojezd udávaný výrobcem elektromobilu.	vysoké pořizovací náklady el. mob., problémy s likvidací vyřazených baterií, energetická náročnost na infrastrukturu, proměnlivý dojezd při změnách jízdních podmínek (poloviční i nižší vzdálenost).
OPPORTUNITIES (příležitosti):	THREATS (ohrožení):
státní dotace na pořízení elektromobilu, rozšíření sítě dopravních stanic (zejména rychlodobíjecích stanic nejvyššího typu), umožněna jízda v rychlých pruzích i v pruzích pro MHD ve velkých městech, nástup technologií, umožňujících autonomní provoz elektromobilů (autopilot).	nedostatečná síť dobíjecích stanic, široká (hlavně cenová) konkurence spalovacích a vznětových automobilů, očekávaný velký nárůst elektromobility a celkového zatížení na města a okolí, právní důsledky autonomního řízení, možnosti zneužití autopilota, kyberútoky.

Z této analýzy vyplývá, že do budoucna se začne rapidně zvyšovat počet elektromobilů na českých silnicích, a to zejména v reakci na státní dotace, nebo také nařízením Evropské unie, které se týká snížení emisí CO₂ do roku 2025 o 15 % a do roku 2030 o 30 %. Nařízení se dotkne hlavně výrobců, kteří budou muset zavést změny.

2.6 Systém dobíjecích stanic (standardy připojení)

Síť přípojných míst (dobíjecích stanic) se neustále rozšiřuje a zhušťují se počty nabíjecích stanic u velkých měst a aglomerací. Tím samozřejmě dochází k zatěžování celé infrastruktury. Ve Spojených státech Amerických jsou například dobíjecí stanice TESLA Supercharger vystavěny při elektrárnách a je tak zajištěn dostatečný výkon k jejich napájení. U výrobních závodů právě společnosti Tesla je možné zdarma dobíjet elektromobily.

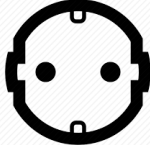



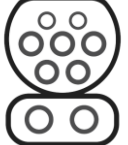
2.6.1 Druhy nabíjecích stanic dle výkonu

Vývoj na poli dobíjecích stanic nabral nečekaného rozvoje v posledních několika málo letech. Klasické dobíjecí stanice typu Schuko (dnes vylepšeny o Typ 1 a 2) nahradily výkonnější stanice CHAdeMO a CCS. [12]

2.6.2 Typy připojovacích kabelů

V dnešní době existuje mnoho typů dobíjecích stanic a každá z nich má jiný standard přípojky pro nabíjení. Nejběžnější je Schuko – nabíječka domácího typu, praktické užití pro nabíjení v noci (cca 8 hodin). Typ 1 dosahuje dvojnásobného výkonu oproti klasické Schuko, jedná se o mezistupeň k rychlodobíjecím stanicím. Typ 2 využívá vyšší napětí i proud, proto výkon posunuje o celý jeden řád. Plné nabití je tak možné do 3 hodin. Typ CHAdeMO a nejnovější standard CCS mají shodné parametry 500 V stejnosměrného proudu, 125 A a 60 kW. Plně nabit průměrný elektromobil dokáže už za 20 minut. [12]

Tab. 2.22 Parametry a délka dobíjení (příklad akumulátoru 20 kWh)

	Schuko	Typ 1	Typ 2	CHAdeMO	CCS
					
Napětí	230 V AC	230 V AC	400 V AC	500 V DC	500 V DC
Proud	10 A – 16 A	16 A – 32 A	16 A – 63 A	125 A	125 A
Výkon	2 – 3,7 kW	3,7 – 7,4 kW	11 – 44 kW	60 kW	60 kW
Nabíjení	8–10 hod.	3–5 hod.	<1–3 hod.	cca 20 min.	cca 20 min.

Zdroj: [12]

2.7 Optimalizace řízení a orientace na trh

Současné dobíjecí stanice cílí na co nejefektivnější nabíjení pouze jednoho vozu. Elektromobil se svojí řídicí jednotkou, která ovlivňuje rychlost dobíjení, odebírá přesně tolik, kolik mu umožňuje vlastní hardware. Již dnes existují vedle klasických (placených) stanic i stanice tzv. volného dobíjení, kdy na parkovištích u velkoobchodů najdeme speciální parkovací místa pro EM s nabíjecí stanicí, kde je umožněno nabíjet zdarma po čas strávený nakupováním. [12]

2.7.1 Parametry systému

- Stabilita – systém by měl být konzistentní a nemělo by docházet k jeho neočekávaným pádům či ztrátám dat v průběhu používání.
- Rychlost – doba odezvy systému (latence) by měla být na tak nízké úrovni, aby nedocházelo k prodlevám při používání či zamrzání celého systému.
- Spolehlivost – vychází ze stability, kladen důraz na konzistentnost aplikací, aby nedocházelo k jejich samovolným či neočekávaným pádům.
- Intuitivnost prostředí – systém by měl být jednoduchý a srozumitelný na pochopení, ovládání intuitivní a pohodlné pro jeho uživatele.
- Užitečný a prospěšný systém – požadavek na využití systému ke správným účelům.
- Bezpečnost – systém by měl být odolný vůči vnějším průnikům do systému, jež by umožnil útočníkům shromažďovat data či zavádět škodlivý software do samotného zařízení.

2.7.2 Provázanost dobíjecích stanic

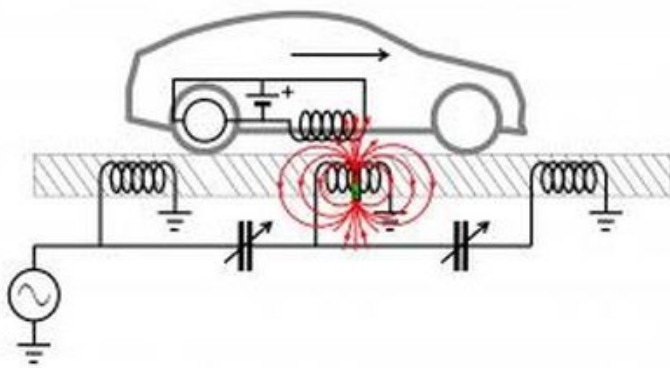
Celá Evropa nyní disponuje 5981 dobíjecími stanicemi standardu CCS. Nejvíce jich má Německo (1491), Velká Británie (1106), Norsko (548), Francie (544) a Švédsko (367). Česká republika s 89 stanicemi obsadila 14. místo. CCS pomalu přebírá pozice japonskému standardu. [12]

Systém DS se rozšiřuje také za podpory Evropské unie, která investovala 18,84 milionů euro pro výstavbu 252 nových stanic včetně 30 ultrarychlých. Klasické dobíjecí stanice s výkonem 50 kW a ultrarychlé s podporou dobíjení 150–350 kW. Projekty FAST-E a EAST-E by měly být dokončeny v roce 2020. Výstavba již započala. [12]

2.8 Možnosti bezdrátového dobíjení elektromobilů

Již dnes je možné přenášet energii bezdrátově, funguje to zejména u mobilních telefonů, které se dobíjejí na speciální podložce, připojené ke zdroji (většinou do elektrické sítě). Položením zařízení na tuto podložku automaticky spustí proces dobíjení. I v případě elektromobilů již existuje teorie, kdy bude ve vozovce nainstalováno několik spirál (vysílačů) a v automobilech další (přijímače) a dobíjení bude probíhat bezdrátově. Při jízdě na vozovce ovšem bude dobíjení málo účinné. Větší smysl by mělo toto dobíjení na parkovištích.

Obr. 2.8 Teorie bezdrátového dobíjení při jízdě elektromobilu



Zdroj: [12]

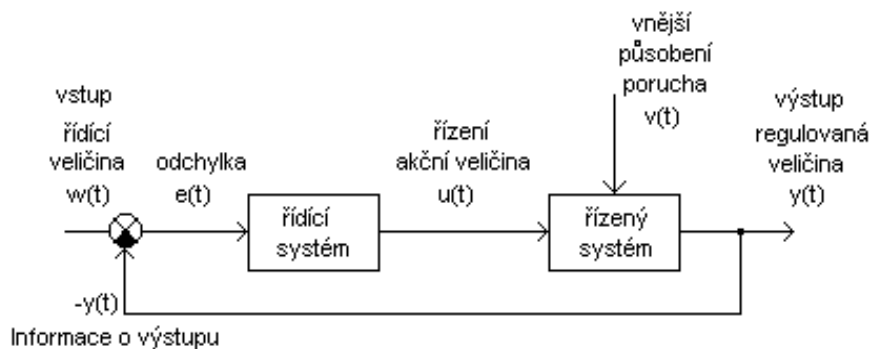
Další možnosti získávání elektrické energie

Ačkoliv výrobci spotřebičů se snaží o co nejmenší energetickou náročnost a získání standardů A+ a vyšších, celková náročnost na elektrickou síť neustále narůstá s počtem nových a nových zařízení. Z tohoto důvodu vzrůstá tlak na vývoj nových technologií získávání elektrické energie. Samozřejmě jsou tu požadavky ekologických zdrojů a možností obnovitelnosti. Tyto parametry splňují přílivové elektrárny, které využívají k výrobě mořské vlnění s vysokým energetickým potenciálem. Plánovaná elektrárna ve Skotsku o celkové délce 3,5 km by měla mít kapacitu 400 MW. Dalšími možnostmi jsou solární skleněné tabule, biopaliva z vodních řas, stlačený zemní plyn a jaderná fúze. Poslední typ by vyřešil energetickou krizi, je však potřeba vyřešit, jak udržet plazmu o teplotě slunečního jádra. První reaktor TOKAMAK (ITER) by mohl být uveden do provozu v letech 2040-2050. [12]

3 Informační podpora pro řízení nabíjecích stanic

Informační systém představuje uspořádání vztahů mezi lidmi, datovými a informačními zdroji a procedurami zpracování pro splnění předem stanoveného cíle. Informační systém lze chápat též jako jistý druh regulačního obvodu, kde vstupní veličina $w(t)$ s odchylkou $e(t)$, vstupuje do řídicího systému, dochází k řízení $u(t)$ řízeného systému. Na řízený systém rovněž působí vnější porucha $v(t)$. Poté zpětná (záporná) vazba s informací o výstupu $-y(t)$ navazuje před odchylku. Výstupem je poté hodnota $y(t)$. Tento systém řízení se využívá v různých systémech. [6]

Schéma řídicí činnosti



Nedílnou součástí systému dobíjecí stanice jsou informační technologie (IT). Jedná se o prostředky a metody, jež slouží k práci s daty. IT zahrnuje techniky i technologie pro pořizování, zpracování dat, jejich přenos, ukládání, užívání i vyhodnocení. [6]

Pro plánování dalšího rozvoje a výstavbu nových dobíjecích stanic je tvořena analýza potřeb koncových uživatelů (zákazníků), návrh funkcí dle Paretova pravidla (80:20), dále také je brán v potaz soulad s dlouhodobou strategií a otevřenost vzhledem k možným legislativním změnám. [6]

Startup Y Combinatoru (G batteries) vytvořil teorii, která slibuje nabití elektromobilu s baterií o kapacitě 65 kWh za pouhých 15 minut. [14]

To by zásadně zrychlilo celý proces. Další možností je výroba zařízení (powerbank) pro elektromobily, jež by byly ve tvaru ručních boxů, jež by se připojovaly například v zavazadelníku, nebo připojeny neustále fungovaly by jako záložní zdroj (tzv. rezerva). Lišit by se mohly velikosti dle typu elektromobilu a kapacita těchto baterií by mohla dosahovat i 100 Ah.

3.1 Dobíjecí stanice v současnosti

Dobíjecí stanice současného typu umožňují k jedné stanici připojit pouze jeden automobil. Palubní nabíječka tohoto vozu poté řídí proces a ovlivňuje rychlost nabíjení. Jelikož má každý elektromobil svoji vlastní baterii dle velikosti a tvaru podlahy, trvá dobíjení pokaždé jinak dlouho. Může se tedy stát, že tato stanice bude nabíjet pouze na poloviční výkon nebo vůbec, když ke stanici nebude připojen žádný vůz.

V tomto případě se jedná o algoritmus, sloužící k nabíjení článků baterie elektromobilu. Každý elektrický vůz disponuje různou kapacitou i technologií dobíjení, stejně tak, jako přípojkou pro nabíjení. V současnosti jsou nejefektivnější typy CHAdeMO a CCS, jejichž doby nabíjení se pohybují okolo 20 minut. [13]

Dobíjecí stanice představuje zařízení, jež udržuje stálé napětí dobíjeného zařízení, a tím dochází k jeho nabíjení. Hlavními veličinami jsou v tomto případě napětí [V], el. proud [A] a čas [t].

V České republice se nacházejí dobíjecí stanice různých typů. Každý je specifický pro určitý druh elektromobilu a rychlostí nabíjení. Následující výčet zachycuje všechny dostupné typy a jejich počet.

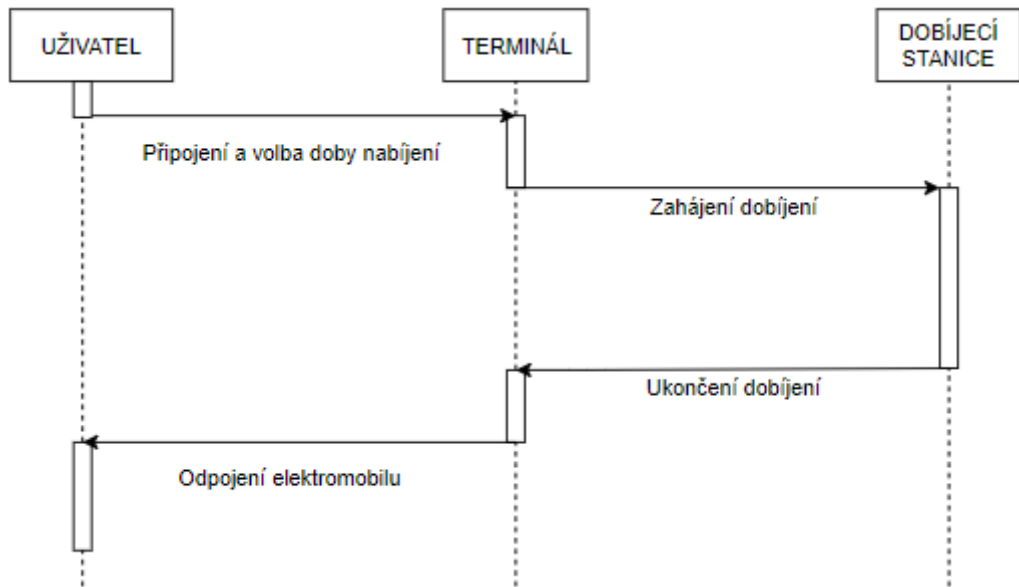
Typ	Celkový počet v ČR
16 A 230 V	197
16 A 400 V	59
32 A 400 V	81
CHAdeMO	182
CCS	147
J1772	11
Mennekes Typ 2	449
Tesla Supercharger	7

Rychlost dobíjení a míra napětí je ovlivňována řídicí jednotkou každého elektromobilu, tedy regulaci výkonu dobíječky si provádí každý elektromobil sám, aby nedošlo k poškození článků baterií a bylo zajištěno dlouhodobé udržení deklarované kapacity. Na počátku roku 2019 bylo v ČR celkem 703 registrovaných elektromobilů, což znamenalo nárůst oproti předchozímu roku od celých 82 %. Dominoval Volkswagen Golf, následoval vůz BMW i3 a třetí místo obsadil Nissan Leaf. [12]

3.2 Dobíjecí stanice – orientace na trh a zákazníka

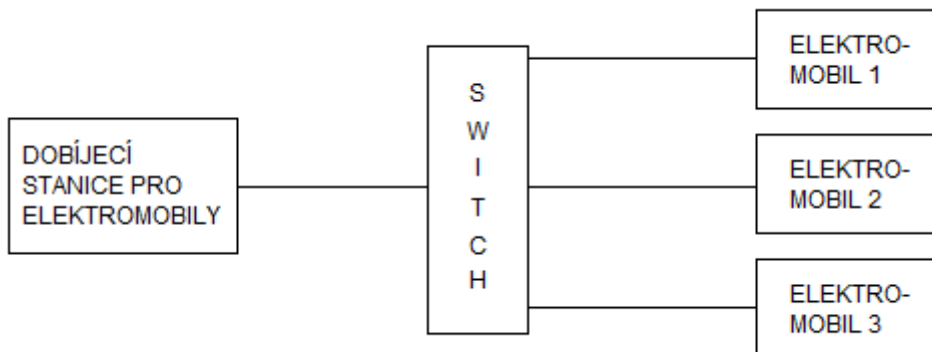
Dnešní požadavky na dobíjecí stanic jsou hlavně jednoduchá obsluha, rychlost nabíjení a dostupnost volných přípojek pro dobíjení. Pro urychlení a optimalizaci využít switch.

Schéma sekvenčního diagramu



(1.4)

Schéma připojení více elektromobilů



(1.5)

Uživatel provede připojení elektromobilu k dobíjecí stanici (popř. modulu Switch, který umožňuje paralelně nabíjet více elektromobilů současně) prostřednictvím odpovídajícího připojovacího konektoru. Následně zvolí typ dobíjení dle možnosti výkonu palubní dobíječky svého elektrického vozu a spustí dobíjecí proces. Terminál provede výpočet kapacity baterie a doby potřebné k plnému dobití a ten zobrazí na svém monitoru. Po uplynutí doby, po kterou chtěl zákazník dobíjet, zastaví proces a odpojí elektromobil. Systém následně vypočte množství elektrického proudu, které bylo spotřebováno a předloží účet zákazníkovi. Ten může zaplatit přiložením platební karty či v některých případech i v hotovosti. Proces je ukončen po zaplacení.

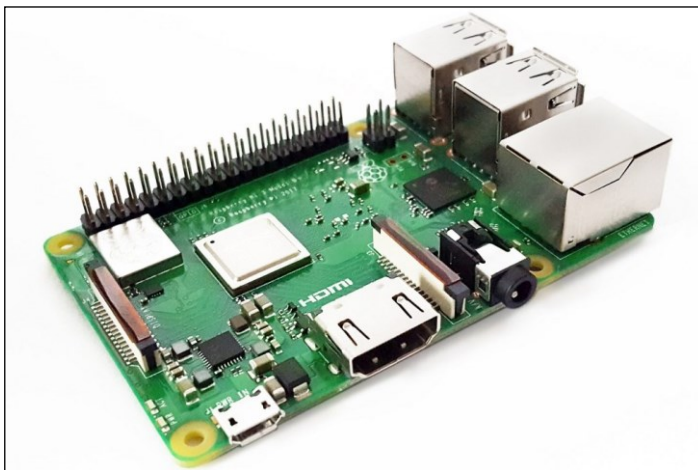
3.3 Model dobíjecí stanice Raspberry Pi

Mikro počítač Raspberry Pi 3B+ (dále jen Rpi) představuje výkonný hardware, který lze využít pro stavbu velkého množství projektů. S procesorem typu ARM, taktem 1.4 GHz a sdílenou pamětí 1 GB, rychlou sítí, a především rozhraním GPIO pro připojení různých modulů, nepájivého pole atd., může sloužit jako multimediální přehrávač, herní konzole, řídicí jednotka robotických projektů a podobně.

Parametry Rpi 3B+

Architektura	ARMv8-A (64/32-bit)
SoC	Optimalizovaný Broadcom BCM2837B0
Procesor (CPU)	1.4 GHz 64-bit quad-core ARM Cortex-A53 MPEG-2 and VC-1, 1080p30 H.264/MPEG-4; BCM2837: 1080p60
Paměť (SDRAM)	1 GB (sdílená s GPU)
USB 2.0 porty	4
Video vstup	15-pinový MIPI konektor kamerového rozhraní (CSI)
Video výstup	HDMI
Zvukový vstup	I2C rozhraní
Zvukový výstup	Analogový (3,5mm jack), digitální (HDMI), I2S
Interní paměť	MicroSDHC, USB Boot Mode
Integrovaná síť	Gigabitový Ethernet, WiFi 802.11ac, Bluetooth 4.2, PoE, HAT
Periferie	17× GPIO, HAT ID sběrnice
Rozměry	85,60 mm × 56,5 mm × 17 mm
Hmotnost	45 g

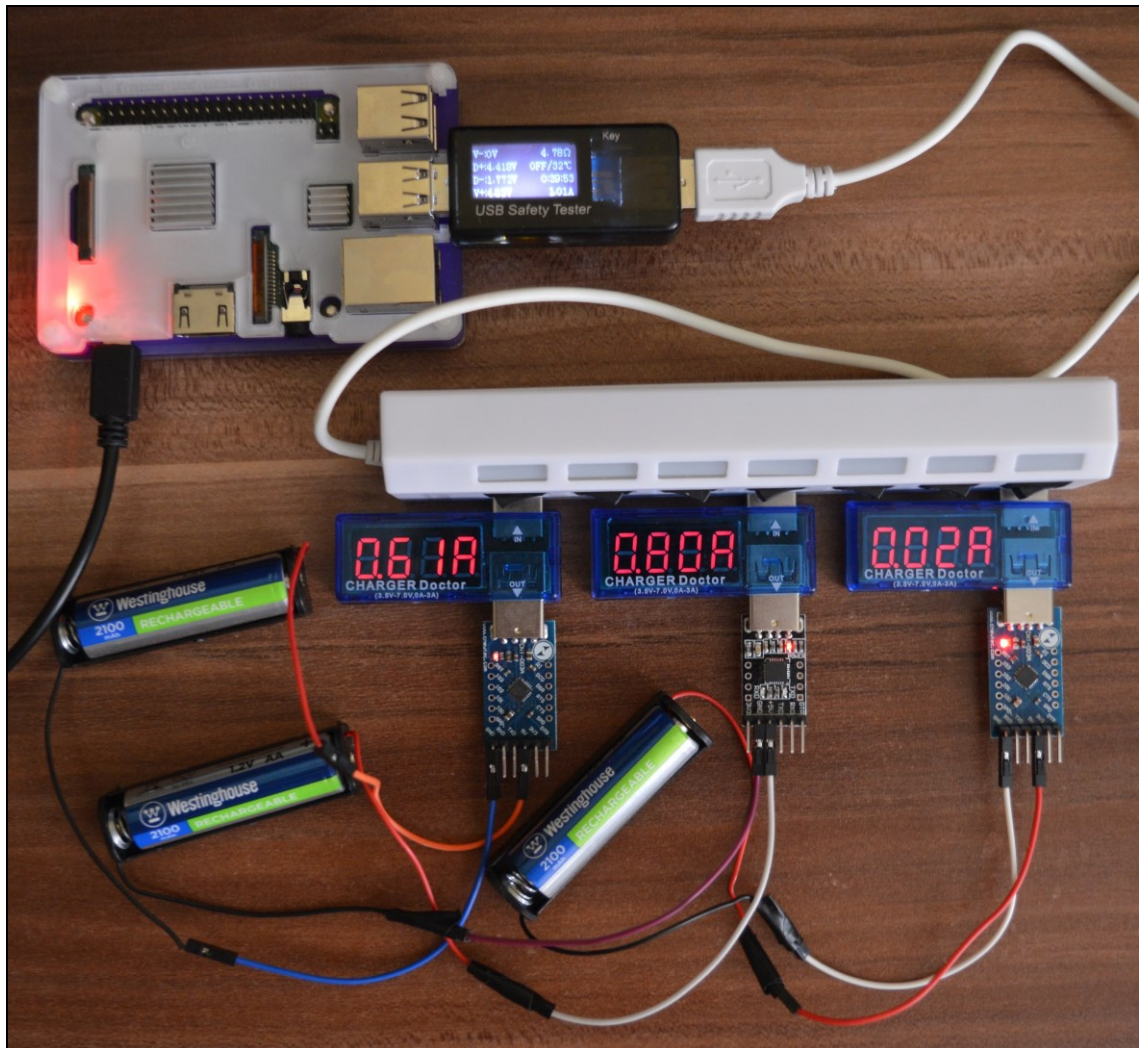
Obr. 3.1 Vývojová deska Raspberry Pi



Zdroj: [22]

Návrh vlastní dobíjecí stanice využívá poznatků z modelové situace, kdy je dobíjeno více zařízení z jednoho zdroje. Zdrojem je vývojová deska Rpi připojená do elektrické sítě. Každé zařízení je připojeno k portu USB rozbočovače a přijímá tolik elektrického proudu, kolik je schopno přijmout. Mezi zařízeními a rozhraním je připojena měřící jednotka, která zobrazuje tekoucí elektrický proud [A] a hodnotu napětí [V].

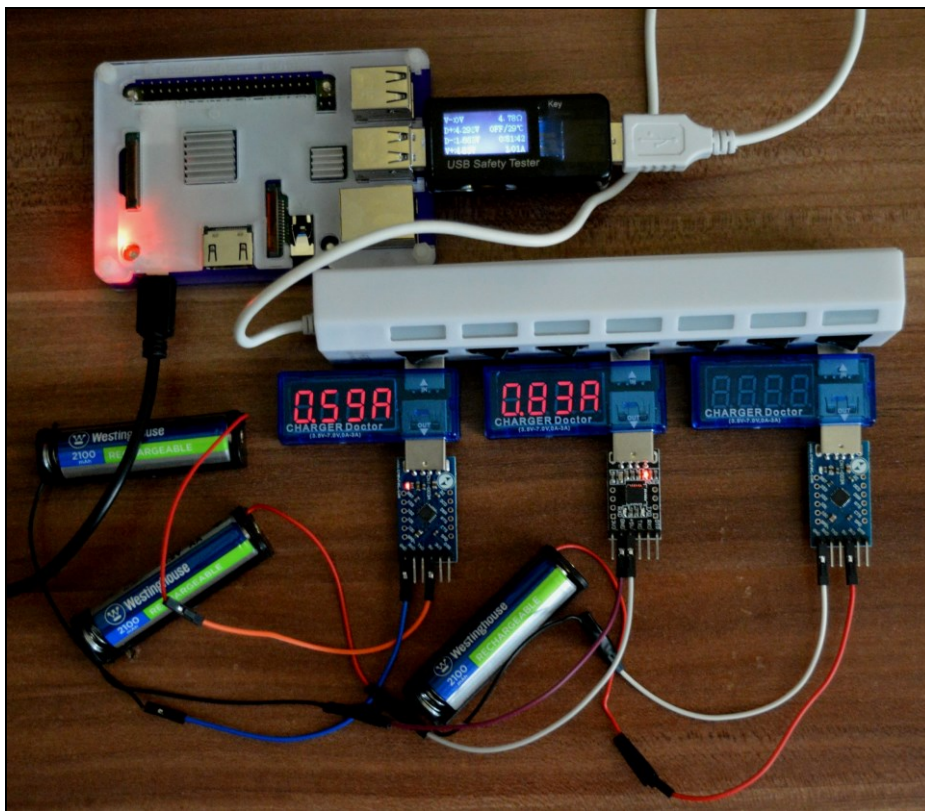
Obr. 3.2 Model dobíjecí stanice Rpi (3 nabíjená zařízení)



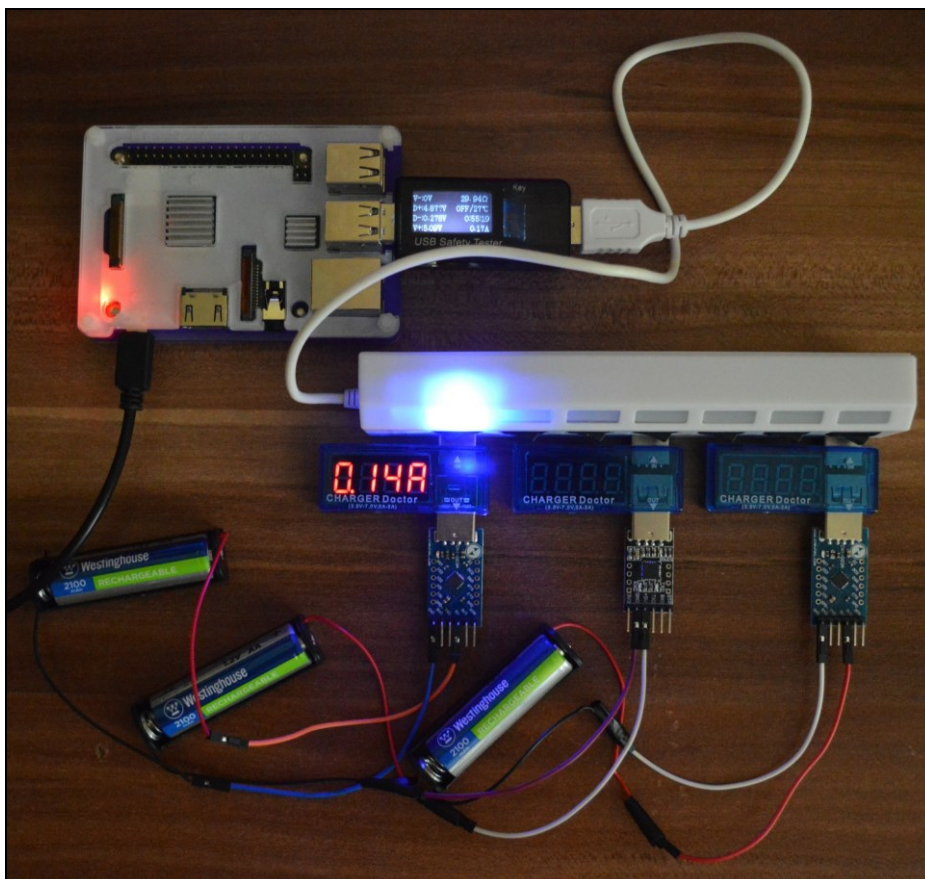
První připojené zařízení má zobrazované napětí 4,97 V a odběr elektrického proudu 0,61 A, druhé z nich 0,80 A a třetí 0,02 A. Při odpojení jednoho zařízení mají zbylé dvě odběr 0,59 A respektive 0,83 A. Po odpojení dalšího klesne odběr zbývajících baterie na hodnotu pouhých 0,14 A, což je paradoxní, že s více zařízeními roste i rychlost nabíjení každého z nich.

Další fotografie zobrazují rozdělení dostupného dobíjecího výkonu na dvě a posléze i na poslední připojené zařízení, které bezprostředně po odpojení zbylých dvou mělo odběr 0,54 A, ale poté hodnota klesla na konstantních 0,14 A.

Obr. 3.3 Model dobíjecí stanice Rpi (2 nabíjená zařízení)



Obr. 3.4 Model dobíjecí stanice Rpi (1 nabíjené zařízení)



3.4 Zdrojový kód pro dobíjení baterií (GPIO)

Návrh zdrojového kódu v programovacím jazyku Java s využitím mikropočítače Raspberry Pi (dále jen Rpi). Tento kód využívá hardware Rpi a GPIO piny na desce počítače. Uvedený řídicí skript slouží k distribuci dobíjeného výkonu a ovlivňování celkové doby nabíjení. Každý elektromobil dle svého dobíjecího zařízení určí maximální hodnoty proudu. Následující zdrojový kód je má vyznačená klíčová slova programovacího jazyka Java.

Tab. 3.1 Zdrojový kód (JAVA)

```
1. import com.pi4j.io.gpio.GpioController;
2. import com.pi4j.io.gpio.GpioFactory;
3. import com.pi4j.io.gpio.GpioPinDigitalOutput;
4. import com.pi4j.io.gpio.PinState;
5. import com.pi4j.io.gpio.RaspiPin;
6.
7. public class ChargingStation {
8.
9. public static void main(String[] args) throws InterruptedException {
10.
11. // get a handle to the GPIO controller
12. final GpioController gpio = GpioFactory.getInstance();
13.
14. // creating the pin with parameter PinState.HIGH
15. // will instantly power up the pin
16. final GpioPinDigitalOutput pin = gpio.provisionDigitalOutputPin(RaspiPin.GPIO_01,
    "PinLED", PinState.HIGH);
17. System.out.println("charging: ON");
18.
19. // wait 20 minutes until charging has been ended
20. Thread.sleep(120000);
21.
22. // turn off GPIO 1
23. pin.low();
24. System.out.println("charging: OFF");
25.
26. // wait 1 second
27. Thread.sleep(1000);
28.
29. // turn on GPIO 1 for 1 second and then off
30. System.out.println("charging has been ended");
31. pin.pulse(1000, true);
32.
33. // release the GPIO controller resources
34. gpio.shutdown();
35. }
36. }
```

Zdroj: vlastní s využitím [13]

4 Návrh řídicího algoritmu

Návrh algoritmu vychází ze současných typů dobíjecích stanic a jejich řídicích ovládacích panelů – terminálů (typy přípojek, software). Terminály obdrží od palubního dobíjecího systému elektromobilu parametry (aktuální stav baterie, maximální hodnoty pro nabíjení, dobu potřebnou k plnému nabití). Stanice poté zahájí proces dobíjení. Po dosažení požadovaného stavu baterie se proces přeruší. Pokud není baterie plně nabita, lze pokračovat dále v dobíjení. To záleží na volbě uživatele. Každá dobíjecí stanice využívá řídicí algoritmus, jež zajišťuje správný chod systému, ochranu proti zkratu či nabíjení nad limit baterie, což by způsobilo její poškození. V algoritmu se nacházejí tyto proměnné: hodnoty nabití baterie (b_n), výkon (v), čas (t), převod hodnoty baterie (n), prioritizace dobíjení (p).

Algoritmus představuje popis pracovního postupu, jež vede k předem stanovenému cíli. Tento proces má svůj počátek, posloupnost činností, může obsahovat i cykly, a po splnění účelu je proces ukončen. Na každý algoritmus jsou kladeny požadavky na jednoduchost a efektivitu. Je tedy účelné využít co nejméně činností a zejména cyklů, aby nedocházelo ke zbytečným operacím a prodlužování celkové doby. [13]

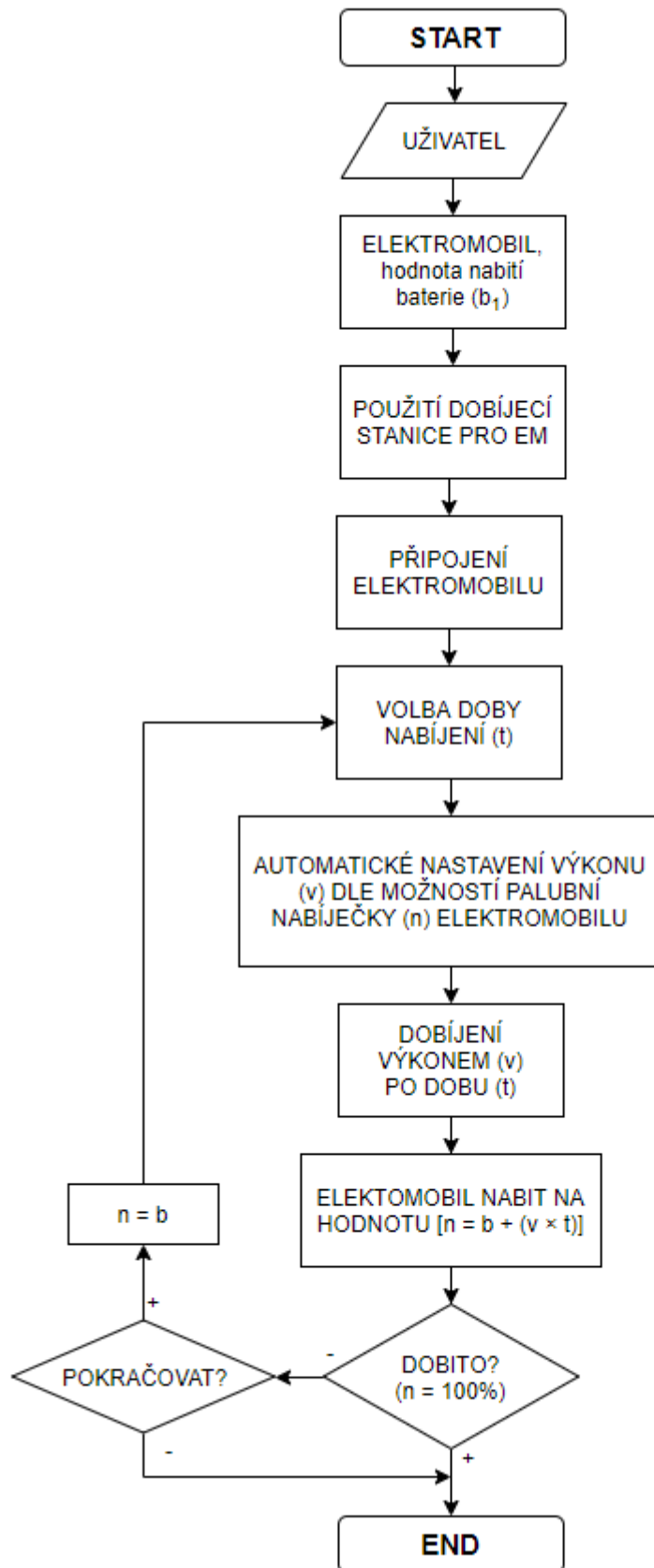
Schéma řídicího algoritmu (algoritmus č. 1) zobrazuje pracovní postup, dle kterého se dobíjejí elektromobily v současné době. K jedné dobíjecí stanici lze připojit pouze jeden elektromobil. Stanice tak buď dobíjí, nebo nedobíjí.

Návrh číslo 1 upravuje původní algoritmus tak, že přidává další dvě dobíjecí stanice. Každá stanice má svoji prioritu, dle které probíhá dobíjení. Stanice s nejvyšší prioritou disponuje nejvyšším výkonem a nejrychlejším možným dobíjením. Druhá stanice v pořadí (priorita = 2) dobíjí elektromobil středním výkonem a třetí z nich je nejpomalejší a dobíjí výkonem, jež je srovnatelný s domácími nabíječkami.

Návrh číslo 2 je založený na řadiči (switch), který umožňuje připojení více elektromobilů ve stejný čas a jejich dobíjení dle možností palubních nabíječek každého připojeného elektromobilu. Dochází tak k neefektivnějšímu dobíjení i využití výkonu dobíjecí stanice. Bude ovšem zapotřebí, aby dobíjecí stanice byla dobře optimalizovaná a její výkon umožnil dobíjet více elektromobilů. Bude pravděpodobně zapotřebí navýšit kapacity a dobíjecí výkon.

4.1 Algoritmus současné dobíjecí stanice

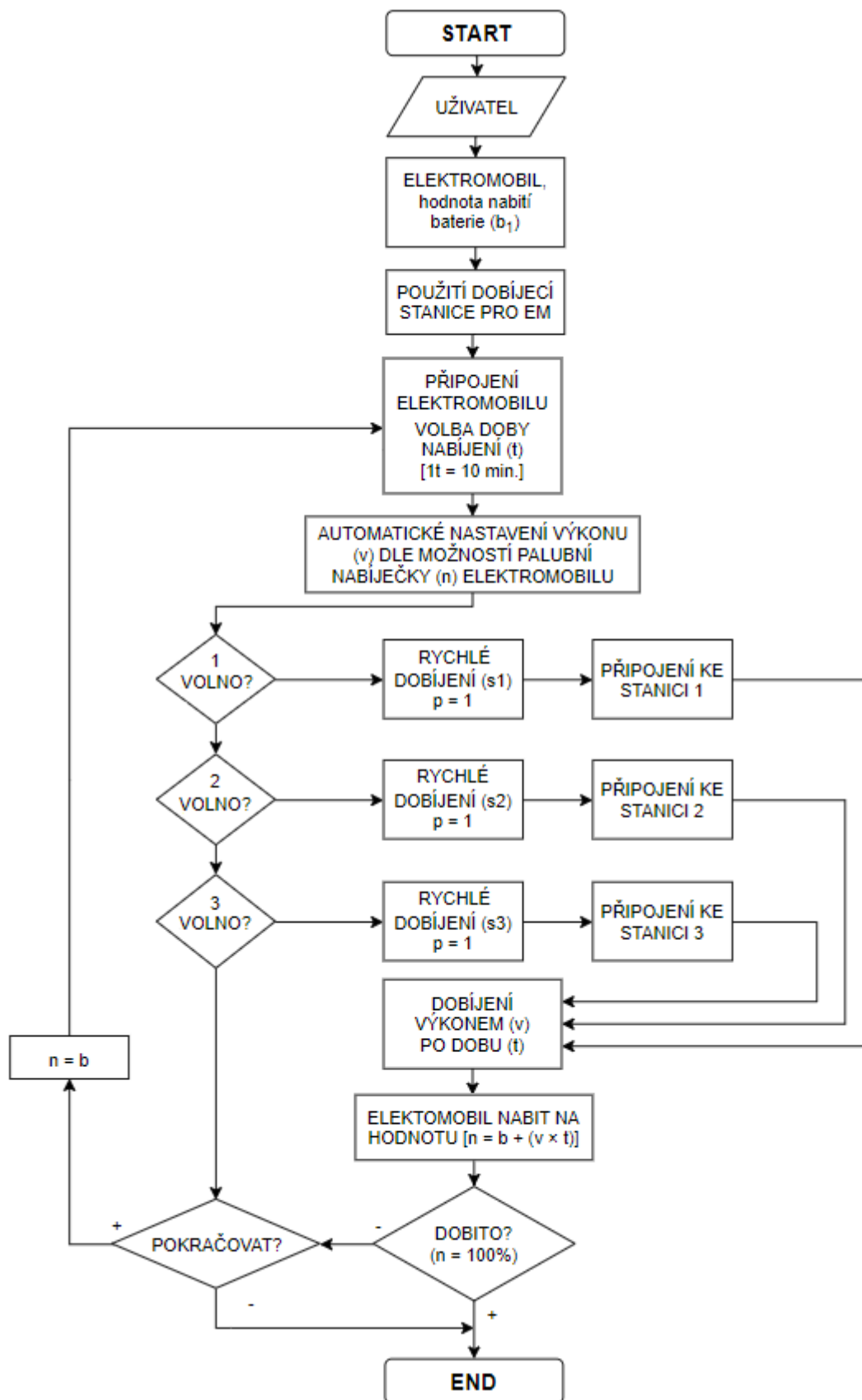
Obr. 4.1 Schéma řídicího algoritmu č.1



Zdroj: vlastní zpracování s využitím [23]

4.2 Návrh: varianta číslo 1

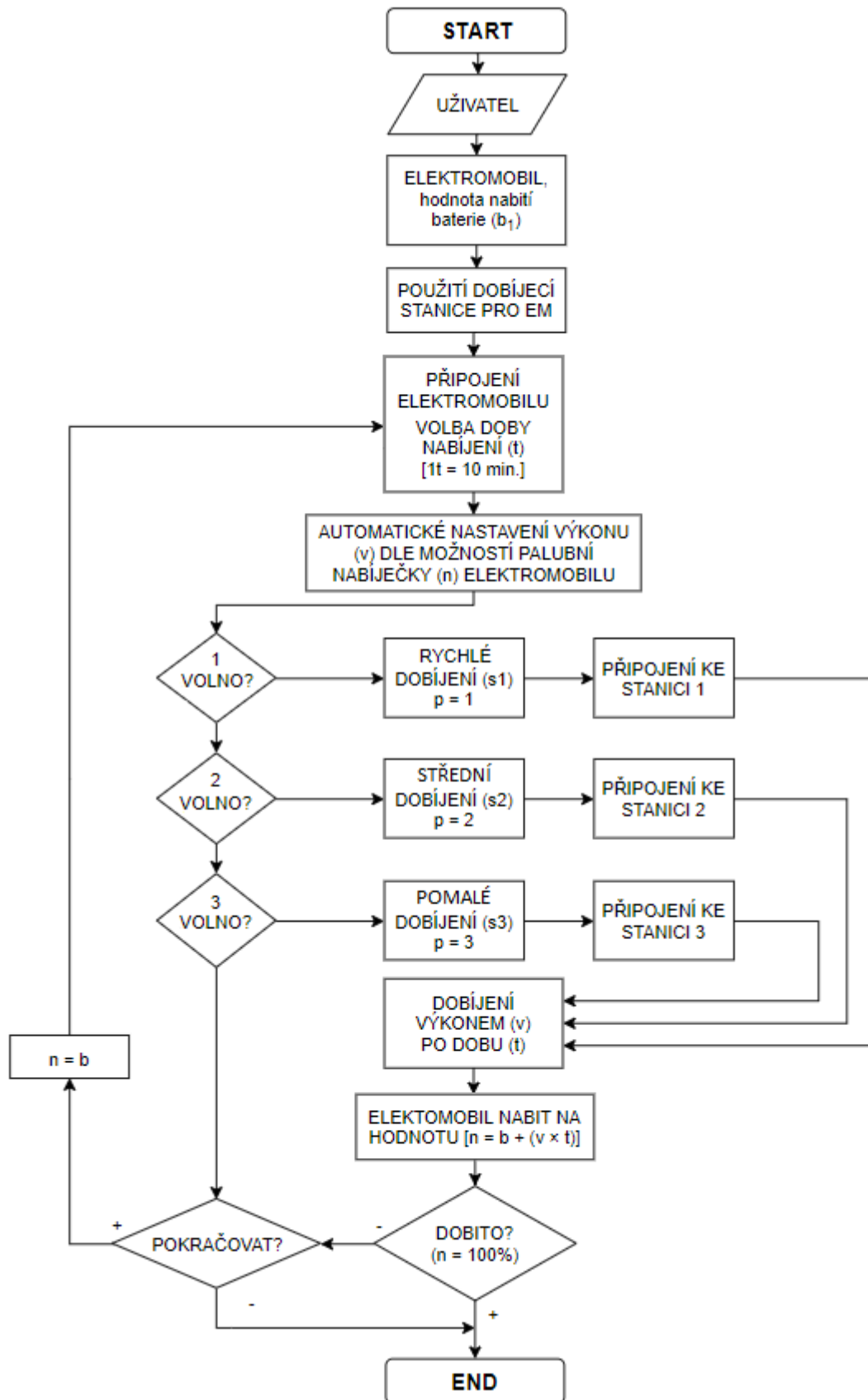
Obr. 4.2 Schéma řídicího algoritmu č. 2



Zdroj: vlastní zpracování s využitím [23]

4.3 Návrh: varianta číslo 2

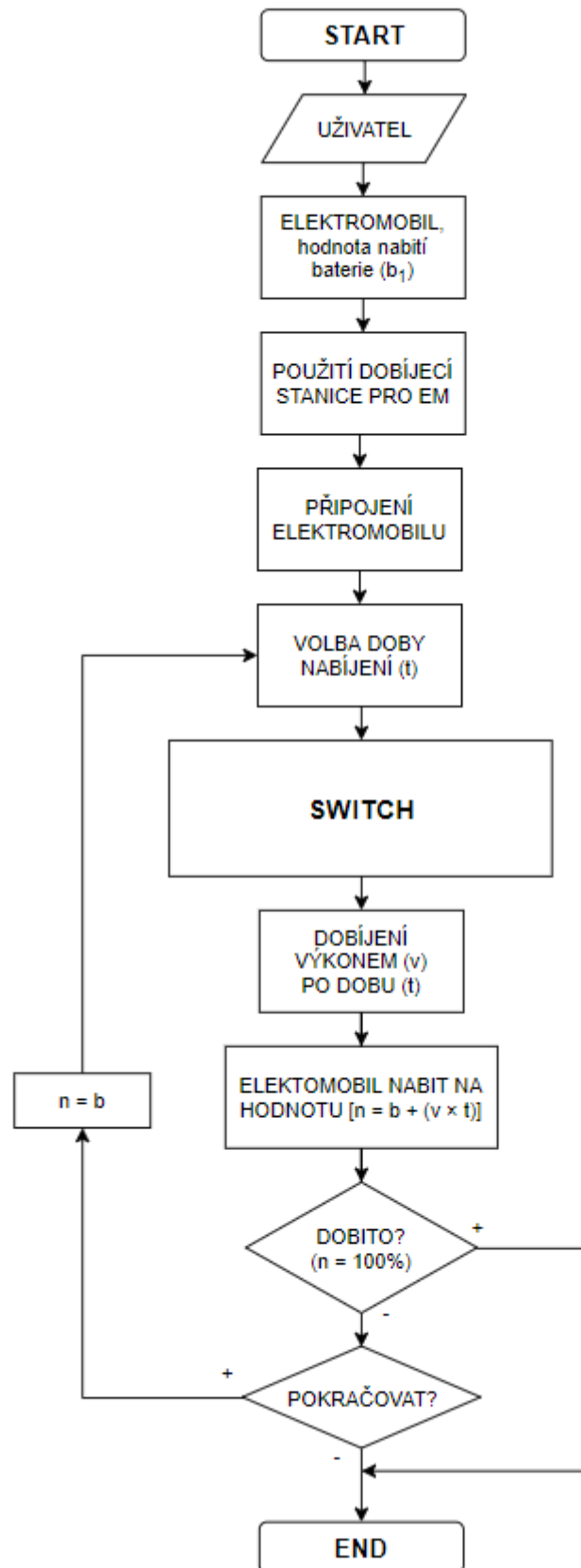
Obr. 4.3 Schéma řídicího algoritmu č. 3



Zdroj: vlastní zpracování s využitím [23]

4.4 Návrh: varianta číslo 3

Obr. 4.4 Schéma řídicího algoritmu č. 4



Zdroj: vlastní zpracování s využitím [23]

5 Zhodnocení variant návrhu

Dobíjecí stanice (DS) jsou alfou a omegou elektromobility, proto je velice důležité, vybudovat infrastrukturu a celou síť vybavit optimalizovaným řídicím softwarem, který zajistí správné fungování jak ve špičkách, tak i v nočních režimech. Hodnocení efektivity DS vychází z tržního prostředí a požadavků na vyladěný User Interface. Dle nařízení Evropské unie o zavedení elektromobilů do roku 2030 lze předpokládat, že řešení současné situace si vyžádá změny i v samotných dobíjecích stanicích.

5.1 Současné dobíjecí stanice

Dnešní stanice jsou optimální pouze pro jeden elektromobil. Ovšem dobíjecí výkon je řízen nabíjecí jednotkou v elektromobilu, proto nemusí být kapacita dobíjecí stanice plně využita. Z tohoto důvodu je její provoz neekonomický, dochází k prodlevám a nárazovým skokům ve špičce (zejména po skončení pracovní doby většiny populace). Při dobíjení vznikají prostoje, kdy další zákazník musí čekat na uvolnění dobíjecí stanice. Z tohoto důvodu bude vhodnější začlenit možnost dobíjení více zařízení.

5.2 Varianta č. 1

Návrh číslo jedna využívá možnosti výběru přípojky dle parametrů, tedy v praxi to znamená, že čím vyšší prioritou daná přípojka bude disponovat, tím vyšším výkonem bude elektromobil dobíjet. S ohledem na zákazníky i trh se jedná o vhodný prostředek regulace dobíjení. Ve své podstatě už dnes tento systém využívají stanice s více přípojkami, zahrnují totiž rychlejší i pomalejší nabíječky a zákazník má možnost volby.

5.3 Varianta č. 2

Návrh číslo dvě zahrnuje tři přípojky dobíjecí stanice. Každá z nich dobíjí jiným výkonem a samozřejmě také jinou rychlostí, volba závisí na zákazníkovi a momentálně volných stanicích. Dle zvoleného výkonu by se účtoval poplatek za rychlé dobíjení.

5.4 Varianta č. 3

Návrh číslo tři se zaměřuje na nejvyšší využití výkonu dobíjecí stanice, když umožňuje paralelně připojit více elektromobilů a dobíjet každý z nich maximálním proudem, jež zvládne přijmout řídicí systém vozu. Především baterie samotné, které při optimálních podmínkách mají dané vlastnosti a jejich dobíjení vyžaduje určité, předem dané parametry. Budou se tak dobíjet neefektivněji, jak je v danou chvíli možné. Dle modelu vychází nejvýhodněji dvě až tři připojená zařízení.

5.5 Porovnání

Všechny čtyři algoritmy mají své výhody i nevýhody. Současné DS jsou asi nejméně výhodné s ohledem na tržní prostředí. Optimalizují pouze dobíjení jednoho elektromobilu, což v tržním prostředí a s neustálým nárůstem počtu elektromobilu není ekonomické.

Další dva návrhy budou z hlediska nástupu elektromobility nevyhnutelné. První navrhovaná možnost, Varianta č. 1, doplňuje dobíjecí stanici dalšími rychlými dobíječkami. Počítá tak s celkově třemi přípojkami, z nichž každá disponuje maximálním výkonem, který je v současné době k dispozici. Tento návrh by byl nejefektivnější za předpokladu, že by bylo možné napájet současně všechny tři přípojky.

Varianta č. 2 přidává do minulého návrhu jistou variabilitu ve volbě výkonu a tím i rychlosti dobíjení. Obsahuje tři přípojky, každá s jiným dobíjecím výkonem, pro vyšší ohled na priority a potřeby zákazníka. I zde by bylo možné dobíjet až tři elektromobily současně. Rozdílem je pouze, že výkon není rovnoměrně rozdělen, ale jsou zde určeny priority dobíjení. Čím vyšší priorita, tím rychlejší dobíjení a vyšší cena za dobíjenou energii.

Čtvrtý algoritmus – varianta č. 3 je z hlediska času i dobíjecího výkonu nejefektivnější. Kombinuje výhody současných dobíjecích stanic s maximálně jedním dobíjeným elektromobilem a přidává výhody v podobě možnosti dobíjet více zařízení současně. Dle vytvořeného modelu pomocí Raspberry Pi se ukázalo, že při použití střídavého proudu, že je efektivní dobíjení dvou a více zařízení současně. Pokud je totiž dostatečně optimalizovaný zdroj, každý elektromobil se bude dobíjet dle svých možností.

Až zavedení testů v praxi prokáže míru účinnosti této teorie, lze však předpokládat, že současné standardy bude možné posunout výše. S vzrůstající tendencí potřeb elektrické mobility, kdy se za chvíli nebudou dobíjet pouze klasické elektromobily, ale také různé další dopravní prostředky (kola, koloběžky, elektro-boardy, drony aj.). Otázka času, kdy elektřina plně nahradí fosilní paliva, už je nám blíž, než se ještě před pár lety zdálo. První plně elektrická města tak už zřejmě brzy spatří světlo světa. Dnešní moderní auta pak budou jen památkami v muzeích a výstavními exponáty s připomínkou dob minulých. Zda významněji promluví vodík či sluneční energie, to také brzy zjistíme. Vzhledem k naší planetě by to bylo ovšem zapotřebí.

Závěr

Předem stanoveným cílem této bakalářské práce se stala analýza současné situace produkce elektrických vozů a možnosti jejich dobíjení. V praktické části bylo za úkol vytvořit návrh řídicího algoritmu, jež by optimalizoval časového i výkonnostního využití dobíjecí stanice a byl využitelný na reálných dobíjecích stanicích.

V první části jsou uvedeny logistické aspekty automobilové elektrické dopravy i alokace dobíjecích stanic v České republice a celé Evropě. Dále jsou uvedeny první dva elektromobily, které vytvořil Ferdinand Porsche (Porsche P1) a český konstruktér František Křižík (Landaulet), další dle postupného vývoje technologií.

Parametry dalších elektromobilů a zajímavosti či prvenství vyplňují hlavní část druhé kapitoly. Dále je uveden systém a druhy dobíjecích stanic, přípojek a dalších parametrů, společně se způsoby získáváním elektrické energie, optimalizací a orientací na trh. Právní aspekty elektromobility i využití alternativních zdrojů pro získávání elektrické energie doplňují obsah této části práce. Také řeší vliv případných změn na celou síť.

Třetí kapitola je zaměřena na informační podporu dobíjecích stanic pro elektromobily. Jsou zde uvedeny současné standardy, typy stanic, a hlavně jejich kvantita na našem území. Schémata fungování i tvorba modelu jsou zahrnuty do této části bakalářské práce. Je zde zmíněn i vlastní návrh pro zavedení přídavných modulů s bateriemi pro elektromobily, jež by sloužily jako rezervní zdroj. Dále jsou zde uvedeny parametry mikropočítače Raspberry Pi, který byl užít k tvorbě modelu dobíjecí stanice. Zahrnuty jsou i výsledky provedeného měření při testování kapacit výkonu. Kapitola končí zdrojovým kódem v programovacím jazyce Java, jež řídí proces dobíjení s využitím mikropočítače Raspberry Pi od britské nadace Raspberry Pi Foundation. Tento počítač byl původně vyvinut pro vzdělávací účely ve školních třídách informatiky. Postupem času však nabral nebývalé popularity zřejmě vzhledem k výkonu i všestrannosti použití.

Ve čtvrté kapitole bylo hlavním úkolem vytvoření návrhů řídicích algoritmů, jimiž se řídí (popřípadě teprve budou řídit) samy dobíjecí stanice, tyto návrhy jsou následně zhodnoceny v poslední kapitole závěrečné práce.

Navazující diplomová či jiné závěrečná práce by mohly být zaměřeny na návrh budoucí infrastruktury, jež by zahrnoval nový typ dobíjecích stanic a zejména režim paralelního dobíjení více elektromobilů současně. Bude zajímavé sledovat další vývoj těchto systémů a snad nejvíce probíraného tématu posledních let.

Soupis bibliografických citací

- [1] GROS, I., BARANČÍK, I., ČUJAN, Z. *Velká kniha logistiky*. Praha: VŠCHT, 2018. 512 s. ISBN 978-80-7080-952-5.
- [2] ČSN EN 14943, *Přepravní služby – Logistika – Slovník*, tř. zn. 762000, kat. č. 76269, účinnost 09/2006.
- [3] HAMZA, J. *Přehled hybridních technologií: (úvodní 1. díl seriálu)*. [online]. Autoperiskop.cz 17. 8. 2009 [cit. 2018-10-21].
Dostupné z: autoperiskop.cz/prehled-hybridnich-technologii-uvodni-1-dil-serialu
- [4] TVRDOŇ, L. a spol. *Logistika, 2. upravené vydání*. Ostrava: VŠB-TU, 2018. 370 s. ISBN 978-80-248-4158-8.
- [5] TVRDOŇ, L. a spol. *Co je logistický řetězec* [online]. 23. 11. 2017 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: www.dlprofi.cz/33/co-je-to-logisticky-retezec-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Ei8JXb9UtENhW
- [6] Vymětal, D. *Informační systémy v podnicích: teorie a praxe projektování*. Grada, 2009. s 141. ISBN 978-80-247-3046-2
- [7] EVMAPA.cz [online]. EVMAPA, s.r.o. © 2019 [cit. 7.2.2018].
Dostupné z: www.evmapa.cz
- [8] TESLA SUPERCHARGER [online]. Tesla © 2019 [cit. 7.2.2018].
Dostupné z: www.tesla.com/supercharger
- [9] KAMEŠ, J. *Alternativní pohony automobilů*. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2005. 231 s. ISBN 978-80-7300-127-8.
- [10] Electric Vehicles News [online]. 1990 [cit. 2019-04-01].
Dostupné z: www.eti.kit.edu
- [11] NEW CAR SELL OFF [online]. 2014 [cit. 2019-04-02].
Dostupné z: www.newcarselloff.com
- [12] HYBRID.cz [online]. 2014 [cit. 2019-04-01]. ISSN 1802-5323
Dostupné z: www.hybrid.cz

- [13] ALGORITMY.cz [online]. *Algoritmus*. 2019 [cit. 10.2.2019].
Dostupné z: www.algoritmy.net
- [14] MALÁ, L. *Nabíjení elektromobilů stejně rychlé jako tankování*. [online].
Autoperiskop.cz 20. 1. 2019 [cit. 2019-02-10].
Dostupné z: elektrickevozy.cz/clanky/nabijeni-elektromobilu-stejne-rychle-jako-tankovani
- [15] KILIÁN, K. *Vzpomínáte na Starmana? Se svou Teslou už doletěl za orbitu Marsu*. [online].
Živě.cz 6. 11. 2018 [cit. 2019-02-11].
Dostupné z: vtm.zive.cz/clanky/vzpominate-na-starmana-se-svou-teslou-uz-doletel-za-orbitu-marsu/sc-870-a-195780/default.aspx
- [16] FREEMAN, D. *Here's what will happen to the Tesla that SpaceX shot into space*. [online].
Živě.cz 7. 2. 2018 [cit. 2019-02-21].
Dostupné z: www.nbcnews.com/mach/science/here-s-what-will-happen-tesla-spacex-shot-space-ncna845566
- [17] AUTOLEXICON [online]. 2016 [cit. 2019-02-11].
Dostupné z: www.autolexicon.net
- [18] Elektrina.cz. *Sono Motors představuje elektromobil se solárními panely*. [online].
elektrina.cz 28. 8. 2017 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: www.elektrina.cz/sion-od-sono-motors-solar-elektromobil-s-mechem
- [19] HONDA.ca. *Clarity Plug-in Hybrid: Specifications*. [online]. Honda.ca 7. 2. 2018
[cit. 2019-02-24]. Dostupné z: www.honda.ca/clarity/specs
- [20] Zákon č. 361/2000 Sb., *o provozu na pozemních komunikacích*, ve znění
pozdějších předpisů
- [21] TESLAFAN. *Baterie a dobíjení* [online]. teslafan.cz 11. 3. 2018
[cit. 2019-03-18]. Dostupné z: www.teslafan.cz
- [22] Raspberry Pi. *Teach, Learn, and Make with Raspberry Pi*. [online]. raspberrypi.org
18. 4. 2018 [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: www.raspberrypi.org
- [23] DRAW.io *Flowchart Maker and Online Diagram Software* [online]. draw.io
[cit. 2019-04-11]. Dostupné z: draw.io

Seznam obrázků a grafů

- 1.1 Graf průběhu nákladové funkce a Q_{opt}
- 1.2 Vzorec pro výpočet optimální dávky Q_{opt}
- 1.3 Schéma řídicí činnosti
- 1.4 Schéma sekvenčního diagramu
- 1.5 Schéma připojení více elektromobilů

- Obr. 1.1 Schéma logistického řetězce
- Obr. 1.2 Počet přípojných míst v ČR
- Obr. 1.3 Dobíjecí stanice TESLA Supercharger v Evropě
- Obr. 2.1 První model elektrického vozu (prototyp)
- Obr. 2.2 Porsche P1 (Egger-Lohner C.2 Phaeton)
- Obr. 2.3 Landaulet Electric 1899
- Obr. 2.4 Tesla Roadster ve vesmíru
- Obr. 2.5 Schéma KERS hybridního vozu
- Obr. 2.6 Průřez KERS (cívky, magnetické pole, baterie)
- Obr. 2.7 Elektromobil společnosti Sono Motors
- Obr. 2.8 Teorie bezdrátového dobíjení při jízdě elektromobilu
- Obr. 3.1 Vývojová deska Raspberry Pi
- Obr. 3.2 Model dobíjecí stanice Rpi (3 nabíjená zařízení)
- Obr. 3.3 Model dobíjecí stanice Rpi (2 nabíjená zařízení)
- Obr. 3.4 Model dobíjecí stanice Rpi (1 nabíjené zařízení)
- Obr. 4.1 Schéma řídicího algoritmu č.1
- Obr. 4.2 Schéma řídicího algoritmu č.2
- Obr. 4.3 Schéma řídicího algoritmu č.3
- Obr. 4.4 Schéma řídicího algoritmu č.4

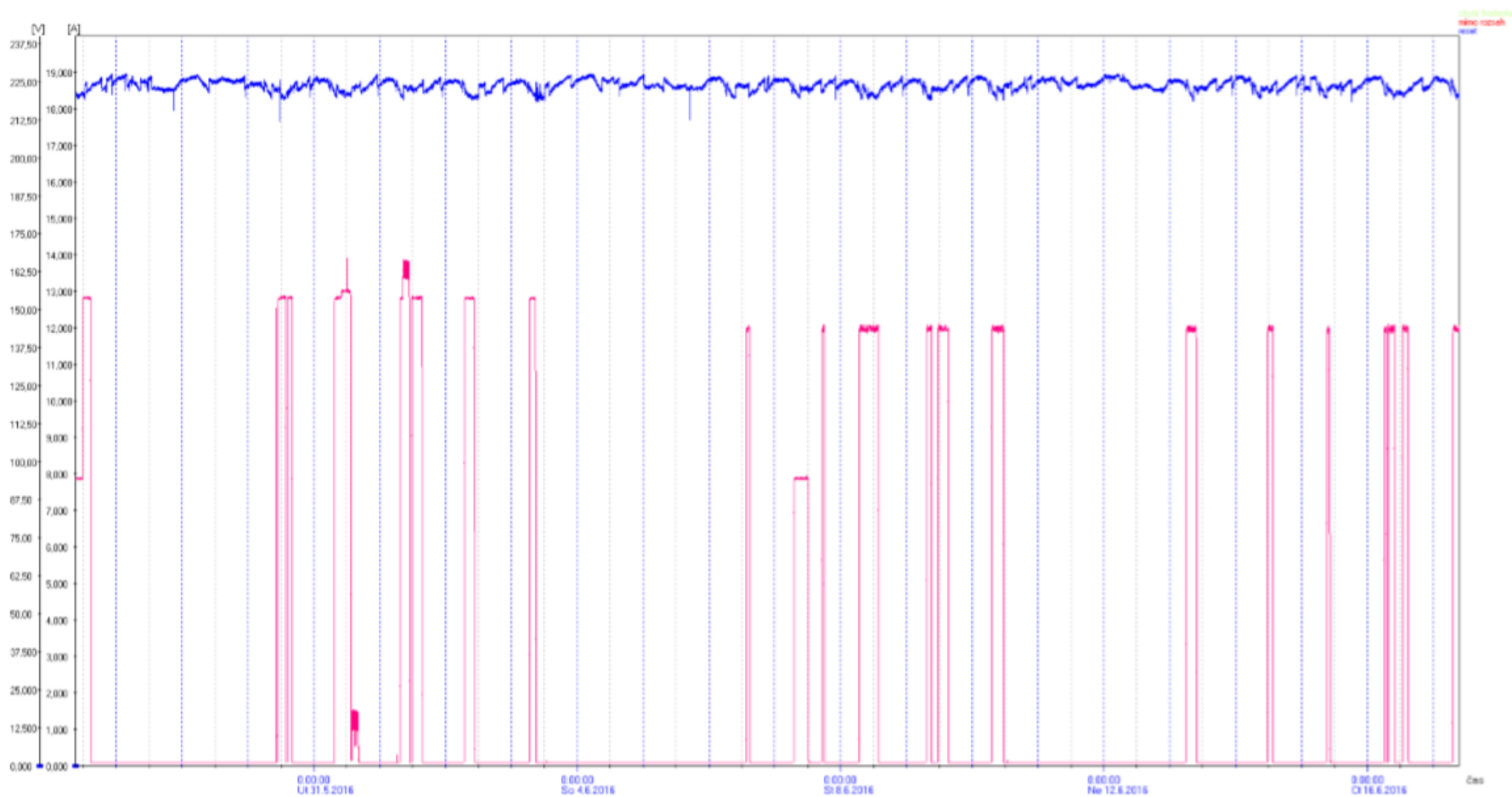
Seznam tabulek

Tab. 2.1	Porsche P1 (tech. specifikace)
Tab. 2.2	Landulet (tech. specifikace)
Tab. 2.3	BMW i8 (tech. specifikace)
Tab. 2.4	Hyundai Ioniq Plug-in (tech. specifikace)
Tab. 2.5	Mitsubishi Outlander PHEV (tech. specifikace)
Tab. 2.6	Porsche Panamera Turbo S E-Hybrid (tech. specifikace)
Tab. 2.7	Range Rover P400e (tech. specifikace)
Tab. 2.8	Toyota Prius Plug-in (tech. specifikace)
Tab. 2.9	Volvo XC90 T8 Twin Engine Hybrid (tech. specifikace)
Tab. 2.10	Volkswagen Passat GTE (tech. specifikace)
Tab. 2.11	Délka dobíjení baterie různých elektromobilů palubní nabíječkou
Tab. 2.12	Audi e-tron (tech. specifikace)
Tab. 2.13	BMW i3 (tech. specifikace)
Tab. 2.14	Hyundai Ioniq Electric (tech. specifikace)
Tab. 2.15	Jaguar i-Pace (tech. specifikace)
Tab. 2.16	Nissan Leaf (tech. specifikace)
Tab. 2.17	Renault Twizy (tech. specifikace)
Tab. 2.18	Tesla Roadster (tech. specifikace)
Tab. 2.19	Tesla Model S (tech. specifikace)
Tab. 2.20	Tesla Model 3 (tech. specifikace)
Tab. 2.21	SWOT analýza
Tab. 2.22	Parametry a délka dobíjení (příklad akumulátoru 20 kWh)

Seznam příloh

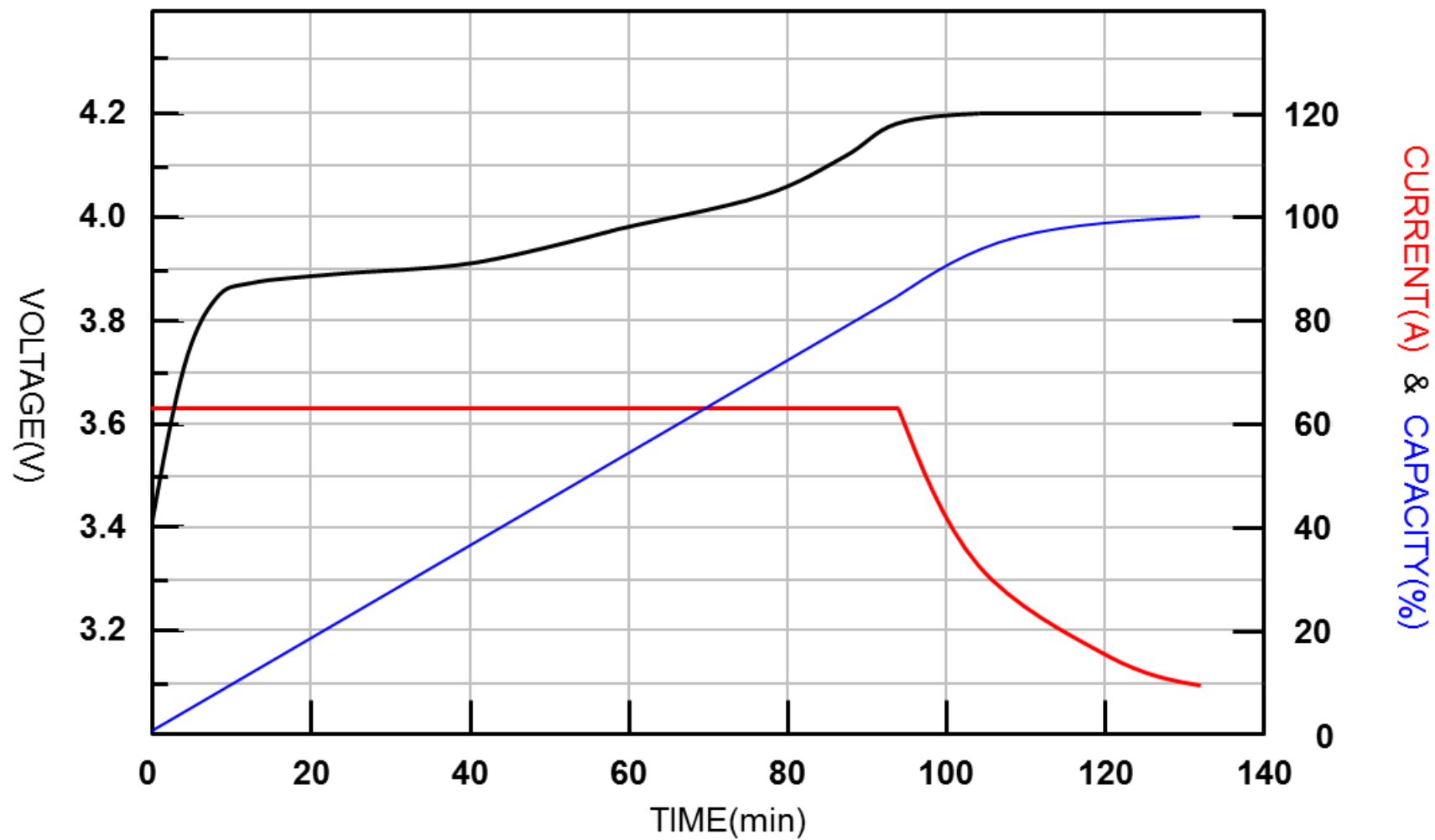
Příloha 1	Grafické zobrazení napětí a elektrického proudu při dobíjení elektromobilu
Příloha 2	Grafické znázornění dobíjení akumulátorů v závislosti na čase
Příloha 3	Schéma vnitřních komponent elektromobilu Volkswagen EV
Příloha 4	Schematické rozložení jednotlivých komponent počítače Raspberry Pi

Grafické zobrazení napětí (V) a impulzů elektrického proudu (A) při dobíjení elektromobilu



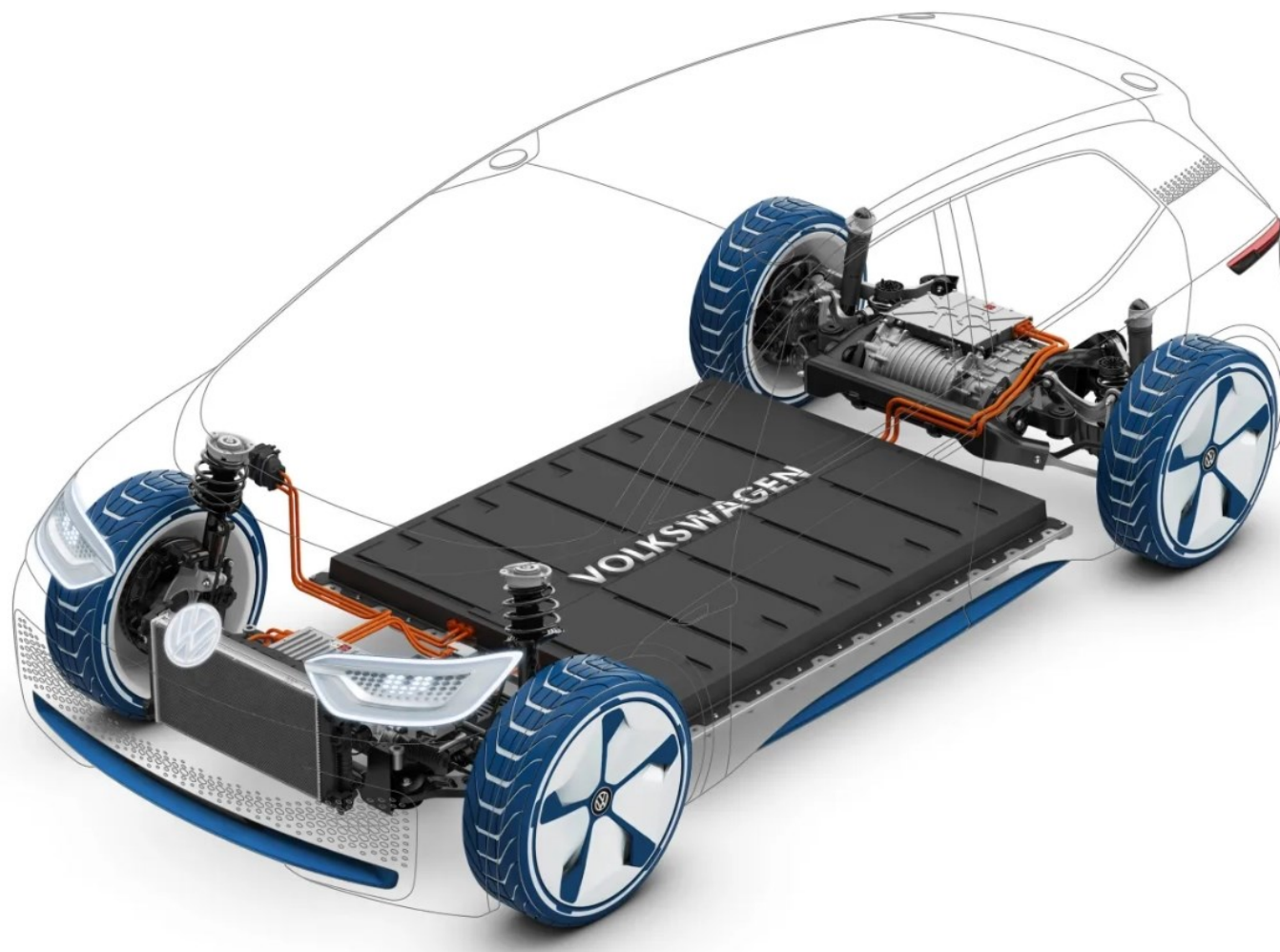
Zdroj: EGÚ Brno, a.s.

Grafické znázornění dobíjení akumulátorů v závislosti na čase



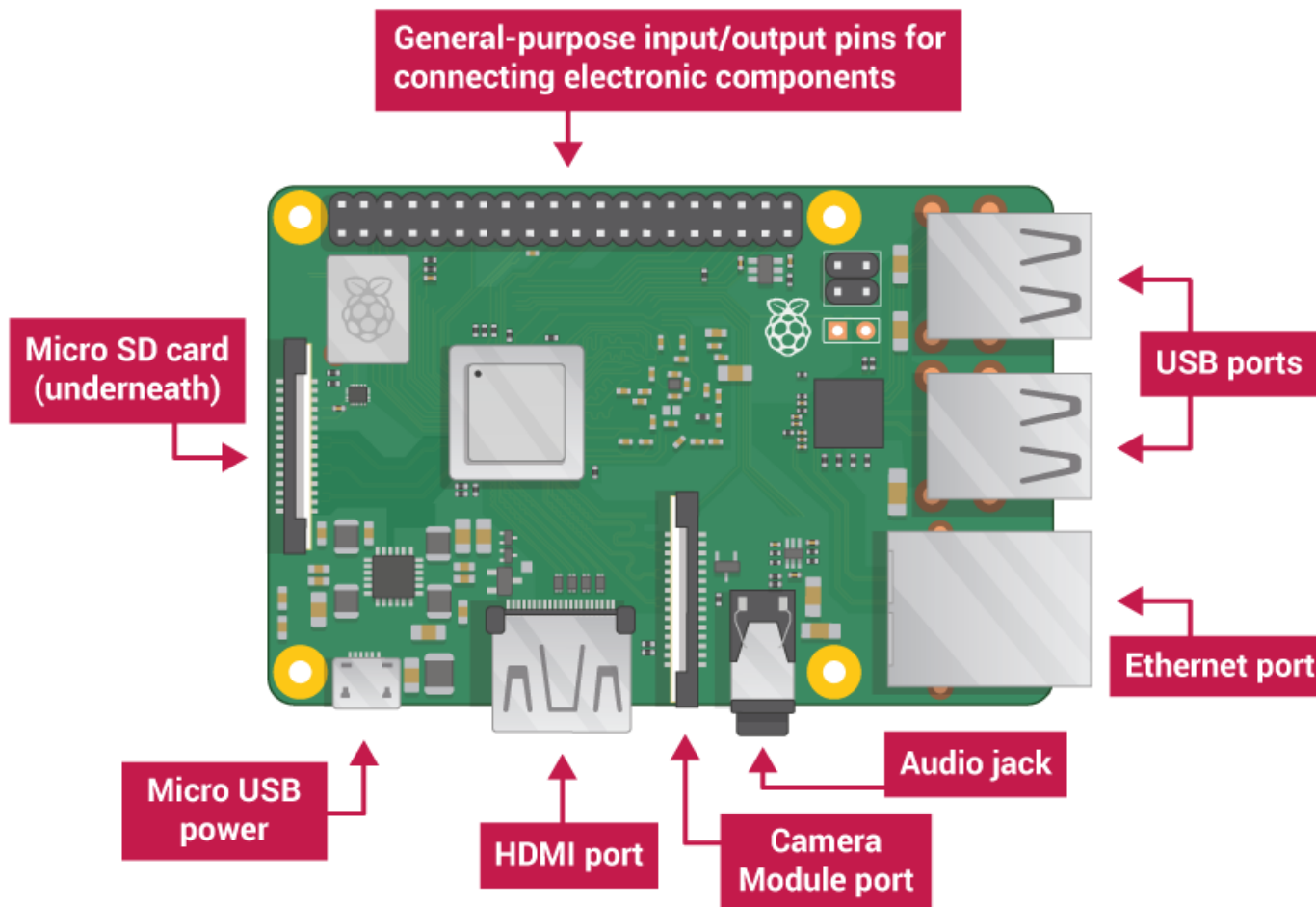
Zdroj: www.richtek.com

Schéma vnitřních komponent elektromobilu Volkswagen EV



Zdroj: www.volkswagen.co.uk

Schematické rozložení jednotlivých komponent počítače Raspberry Pi



Zdroj: www.raspberrypi.org

Autor (vypracoval)	David Vrána, DiS.
Název BP	Informační podpora provozu nabíjecích stanic pro elektromobily
Studijní obor	Informační management
Rok obhajoby BP	2019
Počet stran	43
Počet příloh	4
Vedoucí BP	Ing. Libor Kavka, Ph.D.
Anotace	Bakalářské práce je zaměřena na objasnění problematiky dobíjecích stanic pro elektromobily, jejich počet, rozmístění a strukturu fungování. Dále pak i vytvoření takového režimu, jenž maximalizuje časové využití jednotlivých přípojek při jejich optimálním zatížení. Tvorba zahrnuje také vývoj řídicího algoritmu, který zajistí nejvyšší možnou míru využití dostupných přípojek stanice v reálném čase.
Klíčová slova	elektromobil, autonomní vozy, dobíjecí stanice, energetická náročnost, proudové zatížení, úbytek napětí, řídicí algoritmus, KERS, optimalizace využití
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	