



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**ELEKTROMOBILITA, ŘEŠENÍ INFRASTRUKTURY PRO
DOMÁCNOSTI A SPOLEČNOSTI**

ELECTROMOBILITY, INFRASTRUCTURE SOLUTIONS FOR HOMES AND COMPANIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Samuel Ďuračka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Samuel Ďuračka**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.**
Akademický rok: 2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Elektromobilita, řešení infrastruktury pro domácnosti a společnosti

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rozvoj elektromobily vyžaduje i rozvoj infrastruktury pro nabíjení vozidel. Tato práce je orientována na problematiku nabíjecích stanic, bateriových úložišť a případně dalších prvků vhodných pro nabíjení elektromobilů v rodinných domech nebo menších firmách, které mají flotilu elektromobilů.

Cíle bakalářské práce:

Analýza problematiky domácích nabíječek a bateriových úložišť. Zpracování přehledu současného stavu poznání v oblasti různých způsobů nabíjení, komunikace vozidlo nabíječka, standardizace. Začlenění lokálních bateriových úložišť do domácí infrastruktury, včetně problematiky druhého života baterií. Zpracujte doporučení vhodné nabíjecí stanice pro nabíjení elektromobilu ústavu automobilního inženýrství. Provedte diskusi nad získanými poznatky.

Seznam doporučené literatury:

BERETTA, J. Automotive electricity: electric drives. 1. Hoboken, NJ: J. Wiley, 2010. ISBN 978--84821-095-0.

JIANG, J, ZHANG, C. Fundamentals and applications of lithium-ion batteries in electric drive vehicles. Singapore: Wiley, 2015. ISBN 978-1-118-41478-1.

LINK, A., O'CONNOR, A., SCOTT, T. Battery technology for electric vehicles: public science and private innovation. New York, NY: Swales&Willis, 2015. ISBN 978-1-138-81110-2.

CHAU, K. T. Electric vehicle machines and drives: design, analysis and application. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley, [2015]. ISBN 978-1-118-75252-4.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cieľom tejto bakalárskej práce je spracovanie prehľadu súčasného stavu poznania v oblasti rôznych spôsobov nabíjania elektromobilov, problematiky domácich nabíjacích staníc a batériových úložísk. Úvod práce je zameraný na stručnú históriu elektromobility, jej úpadok a následný nárast v poslednom období. Druhá časť práce sa zaoberá nabíjaním v domácnosti realizovaným pomocou wallboxu a jeho výhody. Ďalšou témou sú batérie elektromobilov a ich využitie mimo elektromobilu či už počas jej životnosti, alebo po tom, ako prestane byť využiteľná v elektromobile. V závere práce je vypracované odporúčenie vhodnej nabíjacej stanice pre Ústav automobilního a dopravního inženýrství FSI.

KLÍČOVÉ SLOVÁ

elektromobilita, elektromobil, domáce nabíjacie stanice, wallbox, nabíjanie, batérie, druhý život batérií

ABSTRACT

Goal of this bachelor's thesis is an elaboration of an overview of the current state of knowledge in the area of various ways of charging electric vehicles, home charging stations, and battery storages issues. First part of the thesis is focused on brief history of electromobility, its decline, and consecutive recent growth. Second part of the thesis deals with charging in households realized by wallbox, and its benefits. Another topic is electric vehicle batteries and their utilization outside the electric vehicle, both during their cycle life, and after it stops being useable in electric car. In the end of the thesis, there is a recommendation of suitable charging station for Institute of Automotive Engineering FME.

KEYWORDS

electromobility, electric vehicle, home charging stations, wallbox, charging, batteries, second life batteries

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

ĎURAČKA, Samuel. *Elektromobilita, řešení infrastruktury pro domácnosti a společnosti*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124210>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 39 s. Vedoucí práce Josef Štětina.



ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že táto práca je mojím pôvodným dielom, spracoval som ju samostatne pod vedením prof. Ing. Josefa Štětinu, Ph.D. a s použitím informačných zdrojov uvedených v zozname.

V Brne dňa 26. júna 2020

.....

Samuel Ďuračka

POĎAKOVANIE

Chcem sa poďakovať vedúcemu práce prof. Ing. Josefovi Štětinovi, Ph.D. za cenné rady, odborné vedenie a pripomienky počas spracovávania tejto bakalárskej práce.

OBSAH

Úvod	10
1 História elektromobility	11
1.1 Prvé elektromobily a ich batérie	11
1.2 Problémy prvých elektromobilov	11
1.2.1 Problémy s batériami	11
1.2.2 Iné faktory spomalenia vývoju elektromobility.....	11
1.3 Rozvoj elektromobility v súčasnosti	12
2 Spôsoby nabíjania.....	14
2.1 Režimy nabíjania	14
2.2 Typy konektorov	14
2.3 Typy káblov	16
3 Domáce nabíjacie stanice	17
3.1 Výhody nabíjania doma	17
3.2 Ako nabíjať doma	18
3.3 Wallbox.....	18
3.3.1 Požiadavky wallboxu.....	18
3.3.2 Smart charging.....	19
3.3.3 Obojsmerné nabíjanie	20
4 Batérie elektromobilov	22
4.1 Charakteristiky batérií.....	22
4.2 Niektoré konkrétne akumulátory	23
5 Iné využitie batérií	24
5.1 Vehicle to Grid.....	24
5.2 Druhý život batérií	25
5.2.1 MAN, VHH a Volkswagen Group	25
5.2.2 Volvo Buses.....	26
5.2.3 Audi	27
5.2.4 Black Swan	27
5.2.5 The Reborn Light	27
5.2.6 Recyklácia batérií	28
6 Odporúčenie vhodnej nabíjacej stanice pre ÚADI.....	29
Záver	34
Zoznam použitých skratiek a symbolov	39

ÚVOD

Napriek tomu, že elektromobily tvorili značný podiel áut na prelome 19. a 20. storočia, elektrické vozidlá na isté obdobie upadli do zabudnutia. V poslednom desaťročí sa však elektromobilita opäť stala frekventovanou témou. S narastajúcim počtom elektromobilov vo svete je potrebné venovať pozornosť aj témam ako rozvoj infraštruktúry, iné využitie batériových úložísk elektromobilov, či druhý život vyslúžilých batérií. Okrem neustále rozvíjajúcej sa verejnej infraštruktúry je dôležité prispievať k budovaniu infraštruktúry v domácnostiach či spoločnostiach vlastniacich elektromobily.

Jedným z cieľov tejto práce je analyzovať problematiku domácich nabíjajúcich staníc a batériových úložísk elektromobilov. V práci sa venujem rôznym spôsobom nabíjania, domácim nabíjačkám a ich výhodám pre domácnosť, batériám elektromobilov a ich alternatívnym využitiam, či už počas životnosti v elektromobile, alebo po jej skončení (druhý život batérií). S narastajúcim počtom elektromobilov vo svete je potrebné zaoberať sa otázkou využitia batérií aj po tom, ako prestanú byť používané v elektromobile.

V poslednej kapitole som vypracoval odporúčenie vhodnej nabíjacej stanice pre ÚADI, na ktorej sa bude nabíjať elektromobil značky Volkswagen e-Golf.

1 HISTÓRIA ELEKTROMOBILITY

1.1 PRVÉ ELEKTROMOBILY A ICH BATÉRIE

Vznik prvých elektromobilov sa datuje do 30. rokov 19. storočia – krátko po tom, ako bol predstavený prvý elektromotor poháňaný jednosmerným prúdom. Tieto vozidlá však nemali žiadne praktické využitie. Boli poháňané batériami s malou kapacitou, ktoré neboli nabíjateľné, a preto o ne nebol prejavovaný záujem zo strany verejnosti. K prelomu došlo o takmer pol storočia neskôr, kedy boli batérie dostatočne vyvinuté na použitie do komerčných elektrických vozidiel. Olovené akumulátory boli postupne zdokonaľované a neskôr nahradené nikel-železnými. S masovou produkciou nabíjateľných batérií sa na konci storočia elektromobily stali pomerne rozšíreným dopravným prostriedkom. Elektromobily boli relatívne pohodlné, tiché a „čisté“ autá, ktoré naštartovali ihneď, na rozdiel od spaľovacích áut, ktoré boli v tej dobe zapáchajúce, naštartované museli byť manuálnou kľukou a neboli zďaleka tak spoľahlivé [1], [2], [3].

1.2 PROBLÉMY PRVÝCH ELEKTROMOBILOV

Napriek tomu, že na prelome 19. a 20. storočia budúcnosť elektromobilov vyzerala sľubne, čoskoro začala ich popularita upadať a viac a viac boli preferované autá so spaľovacími motormi. Vysoká cena akumulátorov, pomerne nízky dojazd na jedno nabitie a dlhý čas nabíjania boli nevýhody, ktoré prispeli k postupnému poklesu záujmu [2].

1.2.1 PROBLÉMY S BATÉRIAMI

Olovené batérie strácajú kapacitu, keď sú ochladené. V chladnom počasí teda dojazd vozidla mohol byť zredukovaný až o 50 % alebo viac. Ďalším problémom bolo dobíjanie, ktoré trvalo hodiny. Naopak, spaľovacie autá prešli na plnú nádrž oveľa väčšiu vzdialenosť a mohli byť rýchlo opäť dotankované. Časom sa však olovené batérie vyvíjali a ich cyklovateľnosť bola výrazne zlepšená. Napriek tomu, že vývoj postupne pokračoval a kapacita batérií vzrástla z 13 na 18 Wh/kg medzi rokmi 1913 a 1930, údržba vozidiel bola drahá, čo zapríčinilo pokles ich príťažlivosti [2], [3].

Mnoho amerických áut bolo neskôr vybavených Edisonovými akumulátormi – nikel-železnými. Oproti oloveným priniesli viacero výhod, ako napríklad dobíjateľnosť vysokým prúdom, a teda za oveľa kratší čas, a taktiež boli funkčné až do úplného vybitia batérie. Riziko, ktoré predstavovali počas nabíjania bol únik nebezpečného vodíku [2].

1.2.2 INÉ FAKTORY SPOMALENIA VÝVOJU ELEKTROMOBILITY

Ďalšou nevýhodou bola okrem batérií aj rýchlosť. Zo začiatku, keď boli elektromobily využívané prevažne na prepravu v mestách, prevádzková rýchlosť (cca 30 km/h), ani dojazd neboli problémom. Dokonca, vďaka malým rýchlostiam bola spotreba energie omnoho nižšia, a teda dojazd na jedno nabitie viac než dostačujúci. Napríklad vozidlo Detroit Electric (1907 –

1939) počas zdokumentovanej jazdy (pri priemernej rýchlosti necelých 20 km/h) prešlo na jedno nabitie 340 kilometrov. Pri skúškach v mestskej prevádzke jazdilo 90 až 120 minút denne po dobu piatich dní – spolu prešlo 190 kilometrov [6], [7].



Obrázok 1 Thomas Edison pri Detroit Electric [4]

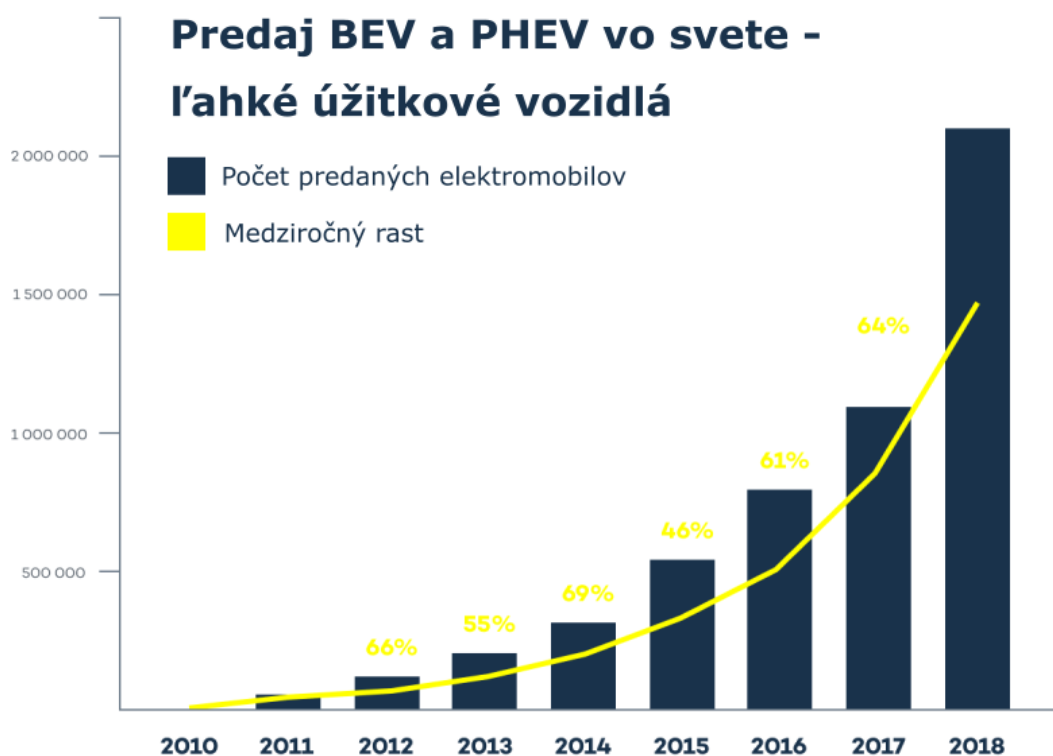
Menej obľúbené sa stali aj počas rozširovania cestnej siete. Tu sa začali prejavovať už viackrát spomínané nedostatky, ktoré v mestách nehrali veľkú úlohu – dojazd a dlhý čas nabíjania. Benzínovým autám stačilo zväčšiť nádrž alebo dotankovať. S tým je spojená ďalšia významná udalosť, ktorá ovplyvnila vývoj udalostí. Boli nájdené nové ložiská ropy, čo spôsobilo drastický pokles cien benzínu. Vozidlo, ktoré si začalo získavať priazeň v neprospech elektromobilov bol Ford Model T, ktorý sa vyrábala v rokoch 1908-1927 a rýchlo sa stal najpopulárnejším autom doby. Objav, ktorý spaľovacím motorom spečatil víťazstvo na trhu, bol elektrický štartér. Vynašiel ho Charles Kettering v roku 1912, čím odstránil najväčší nedostatok spaľovacích áut, vďaka čomu postupom času elektromobily upadali do zabudnutia. V roku 1915 bolo predaných viac ako 500 tisíc vozidiel značky Ford Model T, kým elektromobilov necelých 5 tisíc kusov. Model T ponúkol dojazd 200 km, rýchlosť 60 km/h a vďaka lacným súčiastkam a masovej výrobe cena neustále klesala, čo nebolo skutočnosťou pri drahých batériách, čím sa Model T stal favoritom aj z ekonomického hľadiska. Za dve desaťročia spaľovacie motory úplne nahradili elektromobily, čo bolo symbolicky ohlásené v roku 1924, kedy na automobilových výstavách nefiguroval ani jeden voz na elektrický pohon [5], [6], [7], [8].

1.3 ROZVOJ ELEKTROMOBILITY V SÚČASNOSTI

Po dlhšej odmlke spôsobenej hlavne druhou svetovou vojnou, kedy všetky financie boli investované do zbrojenia, sa opäť začalo rozmýšľať o elektromobiloch, ako o alternatíve k spaľovacím autám. Rozprávalo sa o znečistení životného prostredia, ceny ropy stúpili a ľudia začali pociťovať, že sa jedná o vyčerpatelný zdroj. Verejnosť sa tak opäť malými krokmi začala zaujímať o elektromobilitu a na trh bolo uvedených niekoľko takýchto vozidiel. Nikdy to však nebolo nič prelomové a zásadné zmeny začali prichádzať až na prelome tisícročí.

Za zmienku stojí Toyota Prius, ktorá síce nie je elektromobilom (a ani plug-in hybridom), no v elektromobilite hrala významnú úlohu. Niekoľko rokov neskôr, keď už vďaka spomínanému Priusu bola elektromobilita ako-tak v povedomí, prišla automobilka Tesla Motors so svojím prvým vozidlom – Tesla Roadster. Vďaka tomuto autu boli elektromobily opäť o niečo bližšie veľkému úspechu. Za zmienku určite stojí aj Nissan Leaf – jeden z prvých cenovo dostupných a konkurencie-schopných elektromobilov. V roku 2012 prišla Tesla s ďalším modelom – Model S. Od tohto momentu mnoho ľudí prehodnocuje svoj postoj k elektromobilom. Bol to práve Model S, ktorý zbúral predsudky, ktoré tu voči elektromobilom boli [10].

V priebehu posledných pár rokov množstvo ďalších automobiliek začalo vyrábať vlastné elektromobily, či ohlásili, že čoskoro sa tak stane. Globálny trh s elektrickými vozidlami spravil ohromný krok vpred za posledné desaťročie. Avšak napriek tomu, že sme celosvetovo videli neuveriteľný nárast elektromobilov, niektoré predpovede naznačujú, že sme stále iba na špičke ľadovca [9].



Obrázok 2 Predaj BEV a PHEV vo svete - ľahké úžitkové vozidlá [9]

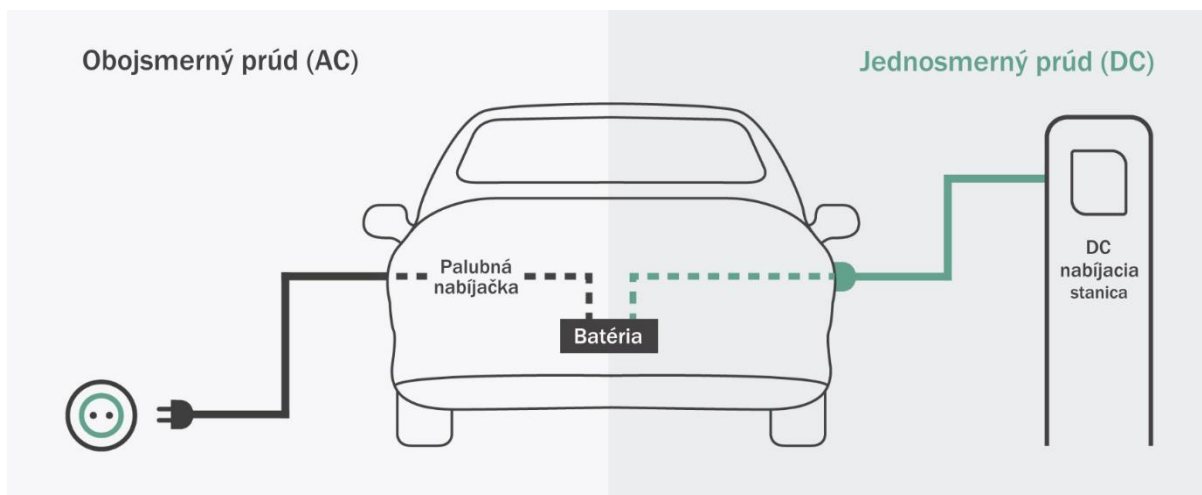
2 SPÔSOBY NABÍJANIA

Dôležitým aspektom elektrických vozidiel je ich nabíjanie. Existujú 3 hlavné druhy nabíjania – pomalé (typicky striedavý prúd (AC)), štandardné (typicky AC) a rýchle, resp. ultrarýchle (typicky jednosmerný prúd (DC)). Reprezentujú výstupný výkon, ktorý je meraný v kilowattoch (kW), a teda aj rýchlosť nabíjania [11].

2.1 REŽIMY NABÍJANIA

Elektronika a batéria elektromobilov používa jednosmerný prúd (DC). Elektrický prúd prenášaný elektrickým vedením je však prúd striedavý (AC), ktorý je výstupom aj pri väčšine nabíjacích staníc. Preto majú elektromobily zabudovaný konvertor, ktorému sa hovorí palubná nabíjačka. Táto palubná nabíjačka konvertuje AC prijímaný zo siete (z externej nabíjačky) na DC, ktorý následne prúdi priamo do batérie. Je to najrozšírenejší model nabíjania v súčasnosti a dokáže poskytnúť až 43 kW nabíjacieho výkonu. Výkon, ktorým je batéria nabíjaná, je však obmedzený výkonom palubnej nabíjačky [11], [12].

Rozdiel medzi DC a AC nabíjaním je v mieste prevodu striedavého prúdu na jednosmerný. Ako už bolo spomenuté, pri AC nabíjaní sa tento prevod deje v palubnej nabíjačke nachádzajúcej sa vo vozidle. Naopak, pri DC nabíjaní k prevodu dochádza priamo v nabíjacej stanici. Vďaka tomu, že nie je nabíjanie obmedzované výkonom palubnej nabíjačky, môže elektrický prúd prúdiť priamo do batérie a nabíjanie tak môže byť rýchlejšie (s výkonom až do 350 kW). DC nabíjacie stanice sú však omnoho komplikovanejšie, drahšie a musia sa nachádzať na mieste odberu elektrickej energie s vysokým výkonom. Taktiež, nie každé vozidlo má možnosť DC nabíjania [11], [12].

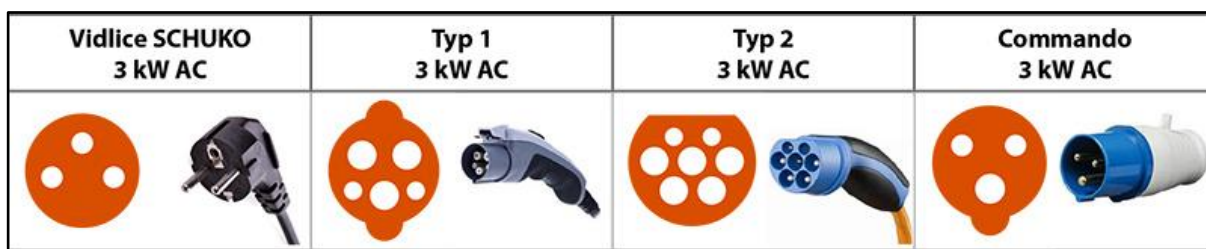


Obrázok 3 AC a DC nabíjanie [13]

2.2 TYPY KONEKTOROV

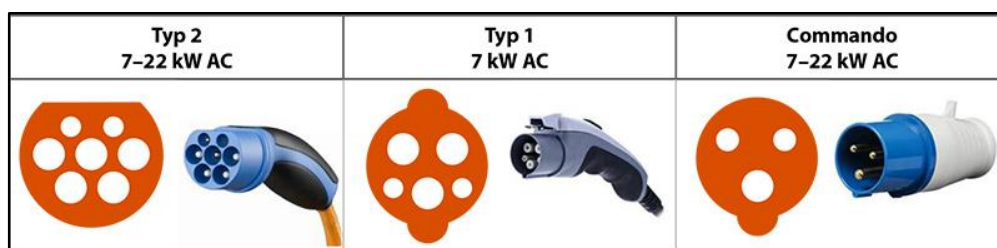
Pomalé nabíjanie je nabíjanie, pod ktorým máme na mysli nabíjacie stanice s výkonom medzi 3 a 6 kW (niektoré zdroje uvádzajú až 11 kW). Toto nabíjanie je najvhodnejšie počas noci,

pretože trvá približne 6-12 hodín do plného nabitia batérie elektromobilu. Väčšina týchto jednotiek nie je vybavených integrovaným káblom [14], [16].



Obrázok 4 Typy konektorov pre pomalé nabíjanie [15]

Štandardné nabíjanie zahŕňa nabíjačky s výkonom do 22 kW a nabíjanie zvyčajne trvá 3-4 hodiny. Tento typ nabíjacích staníc prevláda vo verejných nabíjacích staniciach (napr. nákupné centrá, parkoviská). Niektoré jednotky majú integrovaný kábel (obvykle s konektorom typu 1), no väčšina z nich ho nemá. Jednotky bez integrovaného káblu sú praktickejšie, pretože môžu byť použité ľubovoľným elektrickým vozidlom so správnym káblom. Takmer všetky elektrické a PHEV vozidlá je možné nabíjať konektorom typu 2, a preto je to najrozšírenejší typ konektoru pri verejných nabíjacích staniciach [14], [16].



Obrázok 5 Typy konektorov pre štandardné nabíjanie [15]

Rýchle, resp. ultrarýchle nabíjanie označuje nabíjačky s výkonom nad 22 kW, resp. 100+ kW. Nabíjanie na 80 % pri ultrarýchlom nabíjaní trvá iba 20-40 minút (vo väčšine prípadov sa potom výkon nabíjačky zníži, aby sa predĺžila životnosť akumulátoru). Vozidlá, ktoré nie sú schopné prijať viac ako 7 kW môžu byť pripojené k týmto jednotkám, ale nabíjané budú maximálnym výkonom povoleným pre daný model vozidla. Špeciálnym typom je typ 2 od spoločnosti Tesla, ktorý nabíja s výkonom 120 kW (DC) [14], [16].



Obrázok 6 Typy konektorov pre rýchle/ultrarýchle nabíjanie [15]

2.3 TYPY KÁBLOV

Keďže nie všetky nabíjacie stanice disponujú integrovaným nabíjacím káblom, pre majiteľa elektromobilu je veľkou výhodou, ak má vlastný kábel. Pri výbere nabíjacieho káblu je potrebné zohľadniť niekoľko kritérií. V prvom rade ide o vybratie toho správneho typu konektoru pre daný elektromobil a po praktickej stránke treba vybrať požadovanú dĺžku káblu. Ďalej sa zákazník musí zamyslieť nad maximálnym prúdom a výkonom, ktorý je daný kábel schopný preniesť. Pri maximálnom menovitom prúde sú na výber väčšinou 2 možnosti – 16 alebo 32 A (ak ide o kábel s koncovkou do klasickej zásuvky, tak 10 A). Maximálny menovitý výkon sa pohybuje v rozmedzí 3,7 a 22 kW. Dôležitým kritériom je aj fázovosť – 1 alebo 3 fázy.

Ak by sme vlastnili elektromobil, ktorého palubná nabíjačka je obmedzená na maximálny výkon 7,4 kW, nabíjací kábel schopný preniesť 22 kW by nám bol zbytočný. Naopak, ak by náš elektromobil bol schopný nabíjať na nabíjačke s výkonom 22 kW, no náš kábel by bol schopný preniesť maximálne 7,4 kW, nevyužijeme plný potenciál nabíjačky. Nabíjanie elektromobilu vždy prebieha výkonom najslabšieho článku z trojice komponent – nabíjacia stanica, kábel a palubná nabíjačka.

3 DOMÁCE NABÍJACIE STANICE

Pre majiteľov elektromobilov je podstatná otázka nabíjania svojho vozidla v domácnosti. Napriek rozvíjajúcej sa infraštruktúre verejných nabíjacích staníc, domáce nabíjanie predstavuje niekoľko benefitov a pre majiteľa elektromobilu je výhodné, ak svoje vozidlo dobíja doma či v práci. Dnes už existuje niekoľko spôsobov, ako zabezpečiť pohodlné, jednoduché, rýchle a bezpečné nabíjanie priamo vo svojej garáži.

3.1 VÝHODY NABÍJANIA DOMA

Jednou z najväčších výhod nabíjania doma v porovnaní s nabíjaním na verejných staniciach je cena. Verejné nabíjacie stanice sú väčšinou spoplatnené, a tak cena nabíjania môže byť až trojnásobne vyššia oproti domácemu nabíjaniu. Priemerná cena elektriny v ČR je približne 4,80 Kč/kWh. Ak by sme zobrali do úvahy elektromobil so spotrebou 18 kWh/100 km, prevádzkové náklady na 100 km by majiteľa vyšli približne 86 Kč. Viacerí poskytovatelia elektrickej energie však ponúkajú rôzne tarify pre nabíjanie elektromobilov. Napríklad pre majiteľov elektromobilu je určená distribučná sadzba a platí v časovom rozmedzí medzi 18:00 večer a 8:00 ráno po dobu 8 hodín. Náklady na nabíjanie vozidla sa vďaka nižšej tarife znížia približne o polovicu, takže by 100 km stálo iba niečo nad 40 Kč [17], [18].

Pre porovnanie – ČEZ – jeden z najväčších prevádzkovateľov nabíjacích staníc v ČR, ponúka cenu 9,50 Kč/kWh pre neregistrovaných zákazníkov. Po novom však pre svojich registrovaných zákazníkov stanovili niekoľko rôznych taríf, záležiac od frekvencie nabíjania, ktoré môžete vidieť v tabuľke nižšie [18].

Tabuľka 1 Ceny nabíjania elektromobilov u nabíjacích staníc ČEZ [18]

	Paušál/mesiac	Cena za kWh	Poplatok za čas
ČEZ TAXI	1750 Kč (predplatené 500 kWh)	3,50 Kč	2 Kč/min po prekročení pripojenia na 480 minút u AC nabíjačiek alebo 90 minút u DC nabíjačky (a to i v prípade, že nie je plne nabité) alebo ak je elektromobil už plne dobý
ČEZ Obchodný cestujúci	550 Kč (predplatené 122 kWh)	4,50 Kč	
ČEZ Víkendový vodič	200 Kč (predplatené 36 kWh)	5,50 Kč	
ČEZ Pay as you go	0 Kč	7,50 Kč	

Najnižšia cena za kWh je pri programe ČEZ TAXI, kde sa predpokladá, že zákazník mesačne spotrebuje až 500 kWh z verejných nabíjacích staníc tejto spoločnosti. Ak uvažujeme vyššie spomínanú spotrebu elektromobilu 18 kWh/100 km, za 100 km by majiteľ zaplatil 63 Kč.

To však berieme v úvahu najlacnejšiu variantu (a nehovoríme o ďalších poplatkoch), ktorej plné využitie vyžaduje denné nabíjanie aspoň 16,7 kWh, čo vo výsledku znamená, že zákazník každý deň najazdí takmer 100 km z energie čerpanej na spomínaných verejných nabíjačkách.

Kým niektorým spotrebiteľom môže tento druh nabíjania vyhovovať (alebo znížiť náklady, ktoré sú s porovnaním pre neregistrovaných zákazníkov podstatne nižšie), nabíjanie svojho elektromobilu doma počas noci je stále výhodné a začínať deň s plnou batériou je omnoho efektívnejšie a úspornejšie, či už z časového alebo finančného hľadiska.

3.2 AKO NABÍJAŤ DOMA

Jednou z najjednoduchších variant nabíjania je samozrejme nabíjanie pripojením na klasickú 230 V zásuvku. Toto nabíjanie sa však považuje za núdzové a výrobcovia ho neodporúčajú. Takáto zásuvka by mala zniesť trvalé zaťaženie prúdom aspoň 10 A a byť mechanicky odolná. Pri nabíjaní nedochádza k žiadnej komunikácii medzi nabíjačkou a vozidlom, a preto by zásuvka mala byť vybavená bezpečnostným zariadením (prúdový chránič a istič). Povolené napätia pri jednofázovej zásuvke je 250 V, pri trojfázovej 480 V [19], [20].

Druhý typ nabíjania je pomocou prenosnej nabíjačky, ktorá je u väčšiny výrobcov v základnej výbave elektromobilu. Väčšinou ide o jednofázovú 10/12/16 A nabíjačku, ktorá je schopná nabíjať výkonom až 3,7 kW. Pre vyšší výkon je potrebná priemyselná zásuvka CEE32A. Výrobcom dodané nabíjačky majú však výkon obmedzený na 2,3 – 2,5 kW, preto nabíjanie môže trvať viac ako 10 hodín a taktiež to nie je odporúčaný spôsob pravidelného nabíjania [20], [21].

Jedným z najoptimálnejších a najpopulárnejších riešení je tzv. wallbox. Wallbox predstavuje celú radu výhod. Okrem niekoľkonásobne rýchlejšieho nabíjania zaisťuje aj bezpečnosť, ovládanie cez aplikáciu v smartfóne, či nižšiu cenu nabíjania [22].

3.3 WALLBOX

Pojem wallbox by sa dal v skratke vysvetliť ako domáca nabíjacia stanica. Je to zariadenie, ktoré poskytuje elektrický výkon vozidlu pripojenému káblom. Názov je odvodený od jeho umiestenia a vzhľadu – toto zariadenie je zvyčajne umiestnené na stene (wall) a má tvar malej skrinky (box). S nárastom popularity elektromobility rastie aj ponuka a počet rôznych druhov dostupných wallboxov. Niektoré majú integrovaný nabíjací kábel, k iným je možné pripojiť akýkoľvek kábel s konektorom Typu 2 na strane wallboxu. Typické hodnoty výstupného výkonu bežných wallboxov je 3,7; 7,4; 11 alebo 22 kW. To znamená, že elektromobil s batériou o kapacite 40 kWh by sa pri výkone 3 kW nabíjal viac ako 13 hod, pri výkone 22 kW menej ako 2 hod.

3.3.1 POŽIADAVKY WALLBOXU

Pred inštaláciou wallboxu sa odporúča skontrolovať elektroinštaláciu domu, poprípade vziať do úvahy iné technické zariadenia domu. Väčšina domov (hlavne starších) nemá dostatočný

výkon odberného miesta, aby boli schopné nainštalovať nabíjaciu stanicu s výkonom 22 kW. Mnohé spoločnosti ponúkajúce wallboxy však majú riešenie. Ich zariadenia vedia optimalizovať nabíjanie elektromobilu na základe aktuálnej spotreby v rozvode. To znamená, že ak sú v dome pripojené iné spotrebiče, nabíjací výkon stanice sa automaticky zníži na hodnotu, ktorá bude bezpečná z hľadiska ochrany pred preťažením siete. Naopak, ak sú všetky spotrebiče vypnuté, dostupný výkon je presmerovaný na nabíjanie. Podobne to funguje aj pri nabíjaní viacerých áut súčasne, kedy zariadenie reguluje nabíjací výkon a rozdeľuje ho rovnomerne medzi jednotlivé autá [19].

Pre umiestnenie nabíjacej stanice do domácnosti je potreba mať privedený dostatočný a správne odistený privodový kábel [23].

Tabuľka 2 Požiadavky AC stanice v domácnosti [23]

	Kábel	Istič
Jednofázové nabíjanie (3,7 kW)	3 x 2,5 mm ²	16A 1P B 10 kA
Trojfázové nabíjanie (11 kW)	5 x 2,5 mm ²	16A 3P B 10 kA
Trojfázové nabíjanie (22 kW)	5 x 6,0 mm ²	32A 3P B 10 kA

3.3.2 SMART CHARGING

Jednou z výhod, ktorú ponúka množstvo wallboxov, je tzv. smart charging (inteligentné nabíjanie). Wallbox je pripojený cez Wifi či Bluetooth, a majiteľ ho tak môže v pohodlí sledovať či ovládať na diaľku. Pred začatím nabíjania je automaticky skontrolované spojenie medzi vozidlom a zariadením, a tak je nabíjanie vždy bezpečné. Systém dokáže riešiť problémy s nabíjaním bez zásahu majiteľa. Wallbox vďaka smart chargingu komunikuje s vozidlom, majiteľom (či už to je súkromná osoba s jednou nabíjačkou alebo spoločnosť vlastniaca niekoľko nabíjacích staníc) a energetickou spoločnosťou. Vďaka tomu je energia distribuovaná rovnomerne medzi aktívne nabíjacie stanice. Regulácia spotreby energie v domácnosti, ako sme ju opísali v predošlom odseku taktiež patrí pod jednu zo smart charging funkcií. Smart charging tiež monitoruje dopyt energie a reguluje ju podľa maximálne dostupnej kapacity siete. Jednou z výhod je aj šetrenie financií. Elektromobil môže byť na nabíjačku pripojený dlhodobo, no nabíjanie vďaka smart chargingu bude prebiehať iba v momentoch, kedy to je z ekonomického hľadiska pre majiteľa najvýhodnejšie [24].

Vďaka tomu sa nemusíme obávať preťaženosti elektrickej siete v budúcnosti, ak bude predaj elektromobilov naďalej stúpať a na trhu bude viac a viac domácich či verejných nabíjacích staníc. Smart charging predstavuje optimálne riešenie problémov spojených s distribúciou energie.



Obrázok 7 Smart charging od firmy Wallbox [24]

3.3.3 OBOJSMERNÉ NABÍJANIE

Španielska firma s rovnomenným názvom „Wallbox“ uviedla na trh prvý wallbox (Quasar) schopný obojsmerného nabíjania (zároveň je to prvý wallbox, ktorý je schopný nabíjať jednosmerným prúdom). Znamená to, že elektrická energia dokáže prúdiť oboma smermi – do batérie, no aj z nej. Nabitá batéria elektromobilu môže byť používaná ako zdroj energie a elektromobily tak môžu byť považované za niečo ako powerbaky na kolesách [25].

Konkrétne existujú 2 hlavné využitia: V2G: Vehicle to Grid – z vozidla do siete

V2H: Vehicle to Home – z vozidla do domácnosti

V2G môže byť využité na vyvažovanie energie v sieti, či už na lokálnej, regionálnej, alebo národnej úrovni. Elektromobil sa nabije počas hodín mimo špičky odberu energie a elektrinu môže poskytnúť naspäť do siete vtedy, keď je najväčší dopyt. V prípade, že majiteľ elektromobilu vlastní aj vlastný zdroj výroby elektrickej energie, ako napríklad solárne panely, batériu elektromobilu môže používať namiesto externej domácej batérie a elektrinu predávať do siete priamo zo svojho vozidla [25].

Pri V2H môže byť batéria elektromobilu využitá ako zdroj energie pre domácnosť, či už počas výpadkov energie alebo v časoch najväčšej vyťaženia siete. Systém obojsmerného nabíjania je taktiež riadený smart chargingom. Krajiny, v ktorých dochádza ku častým výpadkom energie z dôvodu prírodných katastrof, je V2H riešením pre zabezpečenie prívodu energie pre oblasti bez energie. Niektoré batérie dokážu napájať jednu domácnosť po dobu troch dní [25].



Obrázok 8 Wallbox Quasar [26]

4 BATÉRIE ELEKTROMOBILOV

Batéria je kľúčovým komponentom každého elektromobilu. Plní funkciu zdroju elektrickej energie a je to najdrahšia, najťažšia a najobjemnejšia zložka vozidla. Batéria pozostáva z dvoch alebo viacerých spojených elektrických článkov. Tieto články konvertujú chemickú energiu na energiu elektrickú. Skladajú sa z kladných a záporných elektród ponorených v elektrolyte. Chemická reakcia medzi elektródami a elektrolytom generuje DC prúd. Existuje množstvo materiálov a elektrolytov, ktoré môžu tvoriť funkčnú batériu, avšak len relatívne malý počet kombinácií bol vyvinutý ako komerčné nabíjateľné batérie použiteľné pre elektromobily. Najznámejší druh nabíjateľných batérií je olovená batéria, no používajú sa aj nikel-železná, nikel-kadmiová, nikel-metal hydridová, lítium-polymerová a lítium-železná, sodíkovo-sírová a sodíkovo-metal chloridová a iné. Najpoužívanejší typ batérií v elektromobiloch sú v súčasnosti lítium-iónové batérie [1].

4.1 CHARAKTERISTIKY BATÉRIÍ

Existuje niekoľko termínov, ktoré popisujú charakteristiku batérie:

Merná energia – dôležitý faktor určujúci dojazd. Je to celkové množstvo energie vo watt hodinách (Wh), ktoré je batéria schopná uskladniť na kilogram svojej hmoty pri konkrétnom stave nabitia.

Hustota energie (merná objemová energia) – týka sa množstva energie, ktorú batéria má v závislosti na jej veľkosti. Je to celkové množstvo energie (vo Wh), ktoré je batéria schopná uskladniť na liter svojho objemu pri konkrétnom stave nabitia. Batérie s väčšou hustotou sú menšie.

Merný výkon – dôležitý faktor určujúci akceleráciu. Špecifický výkon je maximálne množstvo wattov na kilogram (W/kg), ktoré batéria dodáva pri konkrétnom stave nabitia. Špecifický výkon je najvyšší pri plnom nabití batérie. S vybíjaním batérie sa znižuje aj špecifický výkon a spolu s ním akcelerácia.

Životnosť – je to počet nabíjacích cyklov počas života batérie. Ak batéria nie je schopná udržať 80 % svojej pôvodnej kapacity, životnosť považujeme za skončenú.

Cena batérie – je vyjadrená v jednotkách meny na kilowatt hodinu (kWh) [3].

V tabuľke 3 sa nachádzajú niektoré typy akumulátorov a ich parametre.

Tabuľka 3 Hodnoty parametrov pre určitý typ akumulátora [27]

Typ akumulátora	Merný výkon [W/kg]	Merná energia [Wh/kg]	Počet nabíjacích cyklov
Olovený (Pb)	1 – 500	10 – 30	400
Pb-Zvitkový	100 – 5000	10 – 25	400
Nikel- kadmiový	9 – 990	28 – 50	2000
Nikel-metal-hydridový	20 – 2000	48 – 82	700
Sodík-nikel-chloridový	9 – 300	80 – 120	450
Lítium-metal- polymérový	5 – 700	107 – 175	600
Lítium-iónový	7 – 9000	42 – 180	1200
Superkapacitor	1 – 10000	0 – 8	-

4.2 NIEKTORE KONKRÉTNE AKUMULÁTORY

Jeden z najviac používaných akumulátorov v elektromobiloch je Li-ion (lítium-iónový), a to napriek svojim nevýhodám – veľká hmotnosť, objemnosť a vysoká cena. Akumulátory sa v elektromobiloch nachádzajú väčšinou v podlahe, pod sedadlami. Ak Li-ion akumulátor používaný vo vozidle Nissan Leaf má kapacitu 30 kWh, hmotnosť 218 kg (merná energia 140 Wh/kg), pri plnom nabití je jeho dojazd približne 172 km [27].

Tesla Model 3 ponúka niekoľko variant batérií. Tesla momentálne používa Li-ion batérie od firmy Panasonic, ktoré sériovo skladá do batérie vozidla. Jednou z nich je batéria o kapacite 75 kWh a mernou energiou 246 Wh/kg. V tomto konkrétnom modeli sa nachádza 4416 článkov týchto batérií. Tesla Model S má k dispozícii verziu s kapacitou takmer 100 kWh. Skladá sa z 8256 článkov, a jej výsledná merná energia je až 250 Wh/kg. Chevrolet Bolt EV ponúka Li-ion batériu s kapacitou 57 kWh skladajúcu sa z 288 článkov. Jej približná merná energia je 237 Wh/kg [28].

5 INÉ VYUŽITIE BATÉRIÍ

Okrem primárnej funkcie batérie – zdroj elektrickej energie pre elektromobil, môže mať batéria aj iné praktické využitie či už v domácnosti alebo v sieti. Elektromobil teda už nevidíme len ako dopravný prostriedok, ale ako mobilnú elektrárňu generujúcu elektrickú energiu v prípade potreby. Ďalším predmetom výskumu je aj tzv. druhý život batérií, čiže hľadanie praktického využitia batérie po tom, ako prestane byť použiteľná v elektromobile. Hovorili sme o tom, že životnosť batérie považujeme za skončenú vtedy, ak jej kapacita poklesne pod 80% jej kapacity pôvodnej. Druhý život batérií sa snaží nájsť vhodný spôsob, ako danú batériu ešte zužitkovať predtým, ako skončí na smetisku.

5.1 VEHICLE TO GRID

Vehicle to Grid (V2G) je technológia spájajúca elektromobil, sieť a informačné technológie. Túto technológiu sme už spomenuli v kapitole zaoberajúcej sa nabíjačkami, no viac sa jej budeme venovať teraz.

Myšlienka V2G je podobná smart chargingu. Smart charging umožňuje kontrolovať a regulovať nabíjanie elektromobilov podľa potreby. V2G ide ešte o krok ďalej a umožňuje energii prúdiť naspäť do siete a vyvažovať tak výchylky vzniknuté produkciou či spotrebou energie [29].

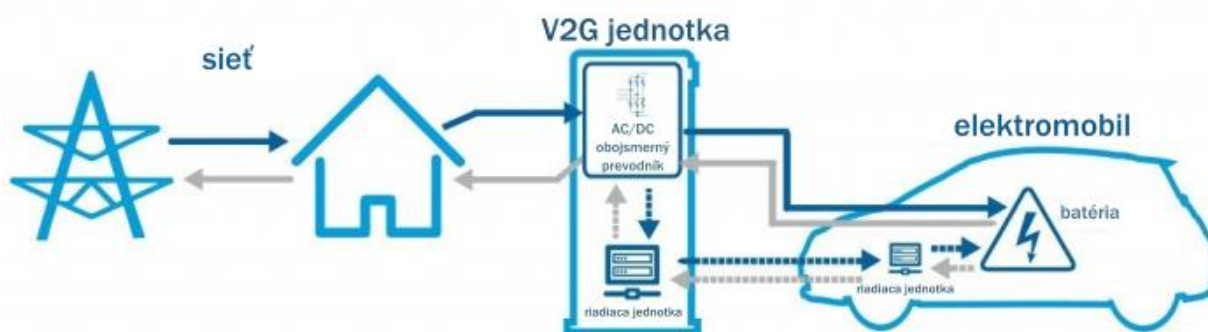
Koncept V2G predstavuje systém, v ktorom elektromobil komunikuje so sieťou za účelom dodania elektriny alebo kontroluje podiel nabíjania pripojených elektromobilov. Elektromobily, ktoré sú nečinné (zaparkované) a sú schopné dodávať energiu do siete, môžu byť použité na prúdenie elektriny medzi vozidlom a sieťou. Vďaka V2G elektromobilom (20-40 %) a ich kapacite (4,4-100 kWh), koncept V2G môže mať významný dopad na prevádzku energetického systému [30].

Štúdia spoločnosti The Royal Automobile Club Foundation for Motoring vo Veľkej Británii v roku 2012 robila prieskum ohľadom parkovania áut. Na základe získaných dát došli k záverom, že priemerné auto trávi až 80 % času zaparkované doma, 16 % času zaparkované mimo domova, a teda len 4 % času je v pohybe [31].

Táto technológia poskytuje príležitosť spravovať elektrickú energiu podľa vlastného uváženia, potenciálne sa stať energeticky sebestačným, respektíve znížiť spoliehanie sa na energetické spoločnosti. Okrem šetrenia peňazí (či dokonca zarábania z predaja energie do siete) má V2G aj väčší dopad – hrá významnú rolu v balansovaní verejnej elektrickej siete [32].

V2G má potenciál zmierniť klimatické zmeny. Vďaka tejto technológii je možné využívať viac a viac obnoviteľných zdrojov energie, ktoré sú často nestále a závisiace od rôznych faktorov, čo pre sieť nie je výhodné. Aby sme uspeli v boji proti klimatickej kríze, musíme zabezpečiť tieto tri veci: dekarbonizácia, energetická účinnosť a elektrifikácia. V kontexte produkcie elektrickej energie dekarbonizácia odkazuje na rozvinutie obnoviteľných zdrojov energie, ako napríklad solárna či veterná energia. Fosílna palivá môžeme vnímať ako istý druh energetického úložiska alebo skladu, ktorý uvoľňuje energiu pri spaľovaní. Veterná a slnečná energia však fungujú inak. Energia získaná z týchto obnoviteľných zdrojov musí byť ihneď spotrebovaná alebo uložená pre neskoršie využitie. Nárast obnoviteľných zdrojov

robi náš energetický systém nestabilný, a preto potrebujeme nové spôsoby balansovania či uchovávanía energie. Zároveň v dopravnom sektore taktiež dochádza k redukcii uhlíkovej stopy stabilným nárastom podielu elektromobilov. Batérie elektromobilov sú najúčinnějšía forma skladu elektrickej energie. Do roku 2030 je očakávaných 20 miliónov elektromobilov predaných ročne. To znamená 100 miliónov malých energetických skladov s kapacitou 5 TWh [29].



Obrázok 9 Vehicle to Grid technológia [33]

5.2 DRUHÝ ŽIVOT BATÉRIÍ

Druhý život batérií z elektromobilov je téma zaoberajúca sa otázkou využitia akumulátorov, ktoré nie sú viac použiteľné vo vozidle. Ak sa napríklad pokazí elektromotor alebo auto havaruje a nie je viac pojazdné, batéria však často zostane nepoškodená. Na druhej strane, batéria môže mať iné využitie aj po skončení jej životnosti. Za batériu so skončenou životnosťou sa považuje batéria elektromobilu, ktorej kapacita klesla pod 80% (niektoré zdroje uvádzajú hranicu 70 %) jej pôvodnej kapacity. Batéria s pôvodnou kapacitou 40 kWh má teda životnosť do kapacity 32 kWh (80 %). Napríklad Volkswagen ponúka záruku na batérie 8 rokov alebo 160 000 najazdených kilometrov (podľa toho, čo nastane skôr), pričom garantuje, že jej kapacita za túto dobu neklesne pod 70 %. Ak kapacita akumulátora elektromobilu klesne pod túto úroveň, vozidlo už zväčša nespĺňa požadovaný dojazd, a preto batéria nie je preň viac použiteľná. Výrobcovia elektromobilov a batérií preto hľadajú možnosti a riešenia, ako by sa dané batérie, ktoré stále disponujú pomerne dobrou kapacitou, dali prakticky využiť. Ďalším dôvodom pre nájdenie vhodného využitia je neekologickosť priamej likvidácie batérií. V kontexte neustále rastúcej elektrickej mobility je druhý život batérií obzvlášť dôležitou témou [34].

5.2.1 MAN, VHH A VOLKSWAGEN GROUP

Na jednom takomto spoločnom projekte sa v Nemecku podieľajú traja partneri – spoločnosť MAN Truck & Bus, hamburský dopravný podnik Verkehrsbetriebe Hamburg-Holstein (VHH) a spoločnosť Volkswagen Group. V prepravnom kontajneri je uložených 50 batérií, ktoré boli pôvodne inštalované v hybridných automobiloch VW Passat GTE. Kapacita každej batérie je 9,9 kWh, čiže celková kapacita tohto kontajnera je 495 kWh. Batérie sú poprepájané cez spravovací systém, aby fungovali ako jedna veľká batéria. Cieľom tohto projektu je vyvinúť stacionárne úložiská energie, ktorý by využil vrátené batérie z elektromobilov či plug-in

hybridov. Flotila dopravného podniku pozostáva z približne 560 autobusov, ktoré budú v blízkej budúcnosti konvertovať na elektrický pohon. Na konci roka 2020 plánujú zaradenie 17 vozidiel MAN Lion's City 12 E, ktorého batéria disponuje kapacitou 480 kWh. Spoločnosť MAN predpokladá, že batérie vydržia 6 rokov. Priemerná životnosť mestského autobusu je však 12 rokov, a preto sa batérie budú meniť za nové. Tie staré, ktoré stále budú mať pomerne vysokú kapacitu, môžu byť použité v ďalších stacionárnych úložiskách [35].

Použitím tohto úložiska energie sa snažia optimalizovať spotrebu elektriky vo vozovni a tmiť nápor odberu v čase nabíjania elektrických autobusov. Nápor na elektrickú sieť toto úložisko umožňuje znížiť o 600 kW a redukovať tak náklady na spotrebu. Úložisko sa nabíja v čase s nízkou spotrebou elektriny, zachytené dáta sa na ďalšiu optimalizáciu systému spravovania energie sa prenášajú do cloudového úložiska MAN, následne sa energia ukladá do použitých autobaterií a neskôr sa využíva na podporu nabíjania autobusov. Okrem tohto využitia majú za cieľ aj zistenie nových poznatkov ohľadom starnutia batérií, efektívnom spravovaní či životných cykloch [36].



Obrázok 10 Úložisko z použitých batérií MAN [36]

5.2.2 VOLVO BUSES

Volvo Buses v spolupráci so spoločnosťami Göteborg Energi, Riksbyggen a Johanneberg Science Park taktiež pracujú na tom, aby bol vyslúžilým batériám ponúknutý druhý život. V švédskom meste Gothenburg tieto batérie umiestnili na strechu bytového komplexu. Okrem batérií sa na streche nachádzajú aj solárne panely, z ktorých sa vyprodukovaná energia ukladá do spomínaných akumulátorov. Úložisko sa skladá zo 14 Li-ion batérií elektrických autobusov, ktoré dohromady tvoria úložisko s kapacitou približne 200 kWh. Toto úložisko umožňuje, aby sa väčšia časť solárnej energie využila v spomínanom bytovom komplexe. Slúži k tomu, aby zmiernovalo výkyvy energie spôsobené nadmernou spotrebou a k uskladneniu alebo predaju nadbytočnej solárnej energie. Batérie môžu byť taktiež nabité elektrickou energiou zo siete. Pomáhajú efektívne vlastného energetického systému

komplexu, ako aj mestskej rozvodnej sieti. Po tom, ako kapacita batérií klesne pod úroveň využiteľnosti ako úložiska solárnej energie, sú zrecyklované a z extrahovaných materiálov vyrobené nové akumulátory [37].

5.2.3 AUDI

Automobilka Audi predstavila kontajnerové batérie, ktoré pomáhajú vykrývať špičky na nabíjaciach staniciach, zvyšujú výkon nabíjačiek či môžu vytvoriť mobilné nabíjacie stanice. O technológiu sa postarala spoločnosť ABB v spolupráci s Ionity. Pomocou troch kontajnerov dosiahli nabíjací výkon 700 kW. Rozdelený bol medzi 2 nabíjacie stojany s výkonom 150 kW a 12 AC boxov s výkonom 11 kW [40].



Obrázok 11 Kontajnerové batérie Audi [43]

5.2.4 BLACK SWAN

Black Swan je elektrický čln pre 2-8 pasažierov napájaný batériami z elektromobilov značky Renault. Bol vytvorený francúzskou námornou spoločnosťou Seine Alliance v spolupráci s Renaultom a odborníkmi na elektrický pohon z Green-Vision. Čln je schopný 2-hodinovej plavby, batéria pozostáva zo štyroch akumulátorov, ktoré sú uložené pod sedadlami. Nabíjanie trvá 2-3 hodiny. Batéria spolu s elektromotormi váži 278 kg, čo je menej ako pôvodné motory s nádržou. Spoločnosť plánuje vymeniť všetky svoje člny za elektrické do roku 2024 [38].

5.2.5 THE REBORN LIGHT

The Reborn Light (znovuzrodené svetlo) je projekt založený automobilkou Nissan v spolupráci so spoločnosťou 4R Energy Corporation. Tento projekt vznikol za účelom pomôcť japonskému mestu Namie, ktoré bolo ešte v roku 2011 zasiahnuté tsunami. Nissan vybudoval sieť pouličných lúč, ktoré sa skladajú zo solárneho panela a batérie

pochádzajúcej z elektromobilu Nissan Leaf prvej generácie. Lampy tak môžu byť umiestnené takmer kdekoľvek [39].

5.2.6 RECYKLÁCIA BATÉRIÍ

Po tom, ako kapacita batérie klesne pod úroveň využiteľnosti pri jej druho-životnej aplikácii, existuje niekoľko metód recyklácie.

Pyrometalurgická regenerácia kovov využíva vysokoteplotné pece k redukcii oxidov kovov na zliatiny Co, Cu, Fe a Ni. Výhody tejto metódy sú v aplikovateľnosti na celé moduly bez potreby predchádzajúceho pasivačného kroku. Vďaka vysokej teplote sú batérie roztavené a výslednými produktami sú kovové zliatiny, troska a plyny. Plyny produkované pri teplotách nižších ako 150 °C obsahujú prchavé organické látky, ktoré sa však pri vyšších teplotách rozkladajú a horia. Kovová zliatina môže byť separovaná hydrometalurgickými procesmi na jednotlivé komponenty kovov a troska zvyčajne obsahuje kovy ako Al, Mn, Li, ktoré môžu byť zregenerované ďalším hydrometalurgickým spracovaním a následne alternatívne použité v iných odvetviach, napríklad v cementárskom priemysle. Napriek environmentálnym nevýhodám, vysokým energetickým nákladom a obmedzenému počtu regenerovaných materiálov táto metóda stále zostáva pomerne často využívaným procesom extrakcie kovov ako Co a Ni. Ďalšie existujúce metódy recyklácie sú napríklad fyzikálne oddelenie materiálov, rekultivácia hydrometalurgických kovov, priama recyklácia a biologická rekultivácia kovov [41].

6 ODPORUČENIE VHODNEJ NABÍJACEJ STANICE PRE ÚADI

Ústav automobilního a dopravného inženýrství plánuje kúpu elektromobilu značky Volkswagen e-Golf. V tejto kapitole je spracované odporúčenie nabíjacej stanice pre tento elektromobil.

Pri výbere vhodnej nabíjacej stanice je potrebné zohľadniť niekoľko kritérií, pre nás podstatné sú – výkon palubnej nabíjačky elektromobilu, výkon nabíjacej stanice, druh konektoru, cena a dostupnosť na českom trhu.

Palubná nabíjačka e-Golfu má maximálny výkon 7,2 kW a konektor Typ 2. Pri výbere vhodného wallboxu bol preto smerodajným faktorom výkon a zohľadňované boli wallboxy s výkonom 7,4 kW (1 fáza/ 32 A) a väčším (11 kW (3 fázy/ 16 A), 22 kW (3 fázy/ 32 A)).

Nabíjacia stanica značky EVmotion.eu je wallbox s optimálnou kombináciou ceny a kvality. Pri variante s maximálnym výkonom 7,4 kW má u predajcu autonabijeni.cz stanovenú cenu vo výške 13 720 Kč. Disponuje integrovaným káblom Typu 2, integrovaným prúdovým chráničom RCD E-AV (30 mA AC, 6 mA DC) pre okamžité odpojenie vozidla pri detekcii únikového prúdu (nie je potreba inštalácie prúdového chrániča do elektroinštalácie), integrovaným MID certifikovaným digitálnym elektromerom informujúcim o aktuálnom odoberanom výkone zo siete v kW a celkovej odobranej energii v kWh, druhým počítadlom kWh, ktoré sa dá nulovať a merať tak spotrebovanú energiu počas konkrétneho časového úseku. Prevádzková teplota sa pohybuje v rozmedzí -40 °C - +50 °C, jeho rozmery sú 350x130x110 mm a váha 4-6 kg. Stupeň krytia je IP45 box, IP44 zasunutý kábel, čo znamená, že môže byť umiestnený aj vonku. Obsahuje tiež vstup na ovládanie s HDO s trojpolohovým prepínačom: nabíjanie vypnuté, nabíjanie trvale zapnuté a nabíjanie zapnuté počas nočného prúdu.



Obrázok 12 Wallbox EVmotion.eu [42]

Vhodnou alternatívou je nabíjacia stanica od značky Ratio Electric. Vo verzii s maximálnym výkonom 7,4 kW má u rovnakého predajcu stanovenú cenu vo výške 16 290 Kč. Možnou výhodou oproti vyššie spomínaného wallboxu je absencia integrovaného káblu. Namiesto neho je vybavený zásuvkou Typ 2, vďaka čomu je kompatibilný so všetkými druhmi elektromobilov, na rozdiel od predošlého wallboxu, ktorým je možné nabíjať iba elektromobily s konektorom Typ 2. Tento wallbox odporúčam ako vhodnú investíciu do budúcnosti, ak by bolo potrebné nabíjať elektromobil s iným konektorom, prípadne je na zváženie siahnuť po verzii s vyšším maximálnym výkonom (11 kW alebo 22 kW). Ceny za rôzne verzie wallboxov sú uvedené v tabuľke 4.

Nevýhodou oproti predošlému wallboxu je nutnosť umiestnenia externého prúdového chrániča v elektroinštalácii podľa platnej aktuálnej legislatívy a normy. Naopak výhodou je LED indikácia stavu nabíjania a možnosť uzamykania zariadenia (za príplatok 2 000 Kč).



Obrázok 13 Wallbox Ratio Electric [44]

Ďalšou možnou alternatívou je stanica od značky Webasto, ktorá ponúka svoje wallboxy v dvoch verziách – 11 a 22 kW. Má integrovaný kábel Typ 2, no obsahuje iba zariadenie na detekciu zostatkového jednosmerného prúdu (DC 6 mA), takže je v elektroinštalácii nutné umiestniť prúdový chránič. Cena stanovená českým predajcom je pri 11 kW verzii 17 990 Kč, avšak u zahraničného predajcu sa momentálne pohybuje okolo 14 560 Kč vrátane DPH (pri 22 kW verzii je to približne 18 100 Kč). Je to opäť jedna z vhodných volieb ako investícia do budúcnosti, ak by sa vyskytla potreba vyššieho výkonu pri konektore Typ 2.



Obrázok 14 Wallbox Webasto [45]

Zaujímavou voľbou je taktiež nabíjacia stanica od spoločnosti Tesla. Je vybavená integrovaným káblom s konektorom Typ 2 s maximálnym výkonom až 22 kW. U českého predajcu má stanovenú cenu 18 990 Kč.



Obrázok 15 Wallbox Tesla [46]

Vyššia trieda wallboxov je vybavená možnosťou komunikácie cez Wifi či Ethernet (resp. 3G a 4G), čo umožňuje ovládanie v reálnom čase. Príkladom takejto stanice je wallbox od značky Elinta Charge. Podobne ako spomínaný wallbox od Ratio Electric, aj tento model je kompatibilný so všetkými elektromobilmi, keďže má v sebe zabudovanú zásuvku s konektorom Typ 2. Je vybavený požadovaným ističom, vďaka čomu nie je potrebný ďalší

zásah do elektroinštalácie. Vďaka webovej aplikácii je možný manažment stanice v online cloude – systém Elios (systém je v cene stanice po dobu 2 rokov, neskôr je za verziu s Wifi mesačný poplatok 149 Kč). Je dostupný vo variantoch s rôznym výkonom a príslušenstvom, vo verzii s výkonom 11 kW, Wifi/ Ethernet pripojením a autentizáciou RFID kartou má u českého predajcu stanovenú cenu 29 130 Kč.



Obrázok 16 Wallbox Elinta Charge [47]

Jednou z ďalších alternatív je inteligentný wallbox Pulsar Plus od firmy Wallbox s konektivitou Wifi a Bluetooth. Používateľské rozhranie je rozšírené o portál myWallbox Portal a aplikáciu Wallbox App, cez ktorú je možné wallbox ovládať. Jeho výhodou sú aj kompaktné rozmery a LED signalizácia. Nie je však dostupný na českom trhu a u zahraničných predajcov sa cena za verziu s výkonom 11 kW pohybuje okolo 21 000 Kč bez DPH a poštovného.



Obrázok 17 Wallbox Pulsar Plus [48]

Volkswagen tento rok predstavil svoj wallbox s výkonom 11 kW a niekoľkých variantoch. Základná verzia (iba nabíjanie) začína na zaujímavej cene 10 720 Kč. Vyššia verzia, ktorá ponúka pripojenie Wifi/ LAN a kontrolu cez aplikáciu je stanovená na 16 090 Kč a verzia rozšírená o integrovaný elektrický merač 22 780 Kč. Tento wallbox však zatiaľ nie je v predaji a prvé kusy budú dodané zákazníkom s rezerváciou niekedy v priebehu roka 2020.



Obrázok 18 Wallbox Volkswagen [49]

Tabuľka 4 Porovnanie cien vybraných wallboxov

	7,4 kWh / Kč	11 kWh / Kč	22 kWh / Kč
EVmotion.eu	13 720	14 950	15 490
Ratio Electric	16 290	16 080	17 810
Webasto	-	17 990*	20 990*
Tesla	-	-	18 990
Elinta Charge (Wifi/ Ethernet, RFID)	26 670	29 130	31 600
Pulsar Plus (Wifi, Bluetooth)	-	21 000**	22 670**

*zahraníčny predajca vrátane DPH 14 560, resp. 18 080 Kč

**zahraníčny predajca bez DPH a poštovného

ZÁVER

Elektromobilita a jej rozvoj je téma, ktorou sa rôzne spoločnosti zaoberajú už viac ako jeden a pol storočia. Napriek jej prvotnému úspechu, ktorý zaznamenala na začiatku 20. storočia a jej dominancii nad konkurenciou, postupom času zásluhou rýchleho vývoja a zdokonaľovania spaľovacích motorov boli elektrické vozidlá potlačené, až takmer úplne vymizli z trhu. Na opätovnej popularite začali naberať len v poslednom desaťročí.

Jedna z najdôležitejších otázok týkajúcich sa elektromobility je nabíjanie. V tejto práci som na základe rešerše predstavil základné druhy nabíjania. Okrem budovania verejnej nabíjacej infraštruktúry prinášajú množstvo benefitov aj nabíjacie stanice v domácnostiach či firmách. Nabíjanie doma či v práci je väčšinou najlacnejší a najpraktickejší variant nabíjania svojho elektromobilu. V práci sa venujem domácim nabíjaciim staniciam, tzv. wallboxom a ich prínosu pre majiteľa či dokonca rozvodnú sieť. Vďaka wallboxu môže majiteľ inteligentne a bezpečne nabíjať svoj elektromobil priamo vo svojej garáži.

Ďalšou témou, ktorou som sa zaoberal sú batériové úložiská. Po krátkom teoretickom úvode a základných charakteristikách akumulátorov som spomenul niektoré konkrétne využitia batérií elektromobilov počas ich životnosti. Zaujímavá je technológia Vehicle to Grid (V2G), vďaka ktorej elektromobil slúži ako mobilná nabíjacia stanica a môže tak napájať domácnosť či predávať elektrinu naspäť do siete a stabilizovať ju v čase výkyvov a nadmerných odberov energie. Je to perspektívna technológia, ktorá má do budúcnosti potenciál predefinovať fungovanie energetického priemyslu, rozvíjať technológie obnoviteľných zdrojov a prispievať aj takýmto spôsobom k čistejšiemu životnému prostrediu.

V súčasnosti už viacero automobilových a energetických spoločností pracuje na projektoch, ktoré majú za cieľ zúžitkovanie batérií aj po skončení ich primárnej úlohy v elektromobile. Tento trend sa nazýva druhý život batérií. Vyslúžilé batérie môžu slúžiť napríklad ako stacionárne úložiská energie vyrobenej solárnou či veternou elektrárnou alebo ako podporný zdroj pri nabíjaní elektromobilov, ktorý znižuje odber a spotrebu energie.

Poslednou časťou mojej práce bolo odporúčenie vhodnej nabíjacej stanice pre ÚADI. Nabíjaný ňou bude elektromobil značky Volkswagen e-Golf. Na základe rešerše dostupných nabíjacích staníc na českom trhu, požadovaného výkonu (7,2 kW) a ceny som odporučil niekoľko rôznych wallboxov s popisom výhod a nevýhod. Finančne najvýhodnejšia dostupná možnosť je wallbox značky EVmotion.eu.

Na základe rešerše a vypracovania tejto práce predpokladám nárast elektromobility v budúcnosti. Dôsledkom prudkého nárastu záujmu rôznych svetových spoločností o elektromobilitu dôjde k vývoju rozmanitých technológií, ktoré prispievajú k jej globálnemu rozmachu. Potenciálny rozvoj vidím napríklad v oblasti batérií, ktoré by v budúcnosti mohli poskytnúť omnoho väčší dojazd či rýchlejšie nabíjanie. Ďalšou oblasťou je technológia V2G, ktorá by pri množstve elektromobilov slúžiacich ako mobilné úložiská elektrickej energie mohla predefinovať fungovanie energetického priemyslu a znížiť znečisťovanie prostredia.



POUŽITÉ INFORMAČNÉ ZDROJE

- [1] LARMINIE, James, Lowry, John. *Electric Vehicle Technology Explained*. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons Ltd, 2003. ISBN 0-470-85163-5.
- [2] BERETTA, Joseph. *Automotive Electricity: Electric Drives*. London: ISTE Ltd, 2010. ISBN 978-1-84821-095-0.
- [3] BANSAL, Ramesh C. *Electric Vehicles*. In: EMADI, Ali. *Handbook of Automotive Power Electronics and Motor Drives*. Boca Raton: Taylor & Francis Inc, 2005. Part I, 42 s. ISBN 978-0824723613.
- [4] *Detroit Electric 1907 to 1939* [online]. [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <https://www.aneddoticamagazine.com/detroit-electric-1907-to-1939/>
- [5] VEJBOR, Jan. *Stručná historie elektromobilů* [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <http://www.elektromobily-os.cz/stru%C4%8Dn%C3%A1-historie-elektromobilu>
- [6] WAGENKNECHT, Martin. *Historie elektromobilů: 1. díl – úsvit elektromobilů* [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/1-era-elektromobilu-185>
- [7] *Proč elektrická octavie nedojede dál než 100 let staré elektromobily* [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/technet/technika/proc-elektricka-octavie-nedojede-dal-nez-100-let-stare-elektromobily.A120117_173730_tec_technika_mla
- [8] FOUSEK, Daniel. *Vědecké okénko: na cestě do historie elektromobility, díl 1. aneb jak to všechno začalo* [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/vedecke-okenko-na-ceste-do-historie-elektromobility-dil-1-aneb-jak-to-vsechno-zacalo>
- [9] *The Global Electric Vehicle Market in 2019: Statistics & Forecasts* [online]. [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <https://www.virta.global/global-electric-vehicle-market>
- [10] WAGENKNECHT, Martin. *Historie elektromobilů: 3. díl – pod 500km dojezd na silnice nelez* [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/historie-elektromobilu-3-dil-pod-500km-dojezd-na-silnice-nelez-412>
- [11] *Guide to EV charging* [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.zap-map.com/charge-points/>
- [12] *AC/DC nabíjení* [online]. [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/rady-a-tipy-zajimavosti-novinky-informace-evexpert/elektromobilita/ac-dc-nabijeni>
- [13] *EV Charging Current: What's the Difference Between AC and DC?* [online]. [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: https://wallbox.com/en_catalog/faqs-difference-ac-dc
- [14] LILLY, Chris. *EV connector types* [online]. [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://www.zap-map.com/charge-points/connectors-speeds/>

- [15] *Typy konektorů pro dobíjení elektromobilů – od pomalých po rychlonabíjecí* [online]. [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/alternativni-energie/typy-konektoru-pro-dobijeni-elektromobilu-od-pomalych-po-rychlonabijeci>
- [16] *Elektromobilita – osvětový materiál* [online]. [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista_mobilita_seminar/\\$FILE/SOPSPZ-Elektro_osvetovy_material-20171031.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista_mobilita_seminar/$FILE/SOPSPZ-Elektro_osvetovy_material-20171031.pdf)
- [17] PETRIK, Radoslav. *Budúcnosť nabíjania elektromobilov je doma, tvrdia odborníci. Má to jeden háčik.* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://auto.hnonline.sk/servis/2133688-buducnost-nabijania-elektromobilov-je-doma-tvrdia-odbornici-ma-to-jeden-hacik>
- [18] BŘEZINOVÁ, Jana. *Kolik stojí nabíjení elektromobilů?* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/kolik-stoji-nabijeni-elektromobilu>
- [19] KABÁT, Leoš., HUBINSKÝ, René. *Nabíjanie elektromobilu v domácnosti a firme* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.pcrevue.sk/a/Nabijanie-elektromobilu-v-domacnosti-a-firme>
- [20] *AC/DC nabíjení: Hlavní rozdíly* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.autonabijecka.cz/ac-dc-nabijeni/>
- [21] *Základy nabíjení* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.autonabijeni.cz/blog/zaklady-nabijeni/>
- [22] *Electric Vehicle Charging: Why You Need a Charger* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: https://wallbox.com/en_catalog/faqs-need-charger
- [23] *O nabíjení* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.autonabijecka.cz/domacnost/>
- [24] BALZHÄUSER, Sina. *The Benefits of Smart Charging for the Grid, Business and Consumer: Sustainability* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: https://wallbox.com/en_catalog/benefits-of-smart-charging
- [25] BALZHÄUSER, Sina. *Why Bidirectional Charging is The Next Big Thing for EV Owners: EV Charging Stations* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: https://wallbox.com/en_catalog/bidirectional-ev-charger
- [26] PORUBSKÝ, Števo. *Wallbox má prvú obojsmernú nabíjačku, elektromobil tak môže napájať domácnosť* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://techbox.dennikn.sk/wallbox-ma-prvu-obojsmernu-nabijacku-elektromobil-tak-moze-napajat-domacnost/>
- [27] KAŇUCH, Ján. *Nové trendy a smery vo vývoji akumulátorov pre elektromobily* [online]. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <http://www.posterus.sk/?p=18414>
- [28] BOWER, George. *Tesla Model 3 2170 Energy Density Compared to Bolt, Model S P100D* [online]. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://insideevs.com/news/342679/tesla-model-3-2170-energy-density-compared-to-bolt-model-s-p100d/>

- [29] *Vehicle-to-Grid: Everything you need to know* [online]. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g>
- [30] CHAU, K. T. *Electric Vehicle Machines and Drives: Design, analysis and application*. Chinchester, West Sussex, UK: John Wiley, 2015. ISBN 987-1-118-75252-4.
- [31] BATES, John, LEIBLING, David. *Spaced Out: Perspectives on parking policy* [online]. [cit. 2020-06-12]. Dostupné z: https://www.racfoundation.org/wp-content/uploads/2017/11/spaced_out-bates_leibling-jul12.pdf
- [32] *Vehicle to Grid: Your electric car as a power station* [online]. [cit. 2020-06-12]. Dostupné z: <https://www.ovoenergy.com/guides/electric-cars/vehicle-to-grid-technology.html>
- [33] SHELL, Cassidy. *EV Charging: Software and Grid Services* [online]. [cit. 2020-06-12]. Dostupné z: <https://www.cleantech.com/ev-charging-software-and-grid-services/>
- [34] BITTNER, Phillip. *Druhý život pro baterie z elektromobilů* [online]. [cit. 2020-06-12] Dostupné z: <https://www.volkswagen.cz/elektricke-vozy/vse-o-elektromobilite/druhy-zivot-pro-baterie-z-elektromobilu>
- [35] *Druhý život batérií: VHH a MAN testujú využitie použitých batérií v nabíjacích staniach pre elektrické autobusy* [online]. [cit. 2020-06-12]. Dostupné z: <https://www.truck.man.eu/sk/sk/svet-man/man-na-slovensku/tlac-a-media/Druhy-zivot-baterii-VHH-a-MAN-testuju-vyuzitie-pouzitych-baterii-v-nabijacich-staniciach-pre-elektricke-autobusy-324608.html>
- [36] *Druhý život použitých batérií* [online]. [cit. 2020-06-12]. Dostupné z: <https://www.manoriginal.sk/druhy-zivot-pouzitych-baterii/>
- [37] *Unique Research Project: Electric Bus Batteries Used to Store Solar Energy* [online]. [cit. 2020-06-12]. Dostupné z: <https://www.volvobuses.com/en/en/news/2018/dec/electric-bus-batteries-used-to-store-solar-energy.html>
- [38] KANE, Mark. *Renault EV Batteries Find 2nd Life In Electric Passenger Boat* [online]. [cit. 2020-06-12]. Dostupné z: <https://insideevs.com/news/381382/renault-ev-batteries-electric-passenger-boat/>
- [39] *The Reborn Life* [online]. [cit. 2020-06-12]. Dostupné z: <https://www.nissan.co.jp/THEREBORNLIGHT/EN/>
- [40] KLEMPAY, Milan. *Kontajnerové batérie sú vítanou pomocou pri nabíjaní elektromobilov* [online]. [cit. 2020-06-12]. Dostupné z: https://www.teslamagazin.sk/bateriove-kontajnery-nabijanie-recyklacia-elektromobilu/?fbclid=IwAR2MZSC311Z9nrGqAbXnUhVqcox4iZGeJEIxt1Yu_E8hIVQ_UuSYIIQXrOrQ
- [41] HARPER, G., Sommerville, R., Kendrick, E. *et al.* Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. *Nature* **575**, 75–86 (2019). [online]. [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1682-5>

- [42] [online]. [cit. 2020-06-20]. Dostupné z: <https://www.autonabijeni.cz/nabijeci-stanice/wallbox-s-hdo-integrovaný-kabel-typ-2--mennekes--az-22-kw/>
- [43] *Audi provides sustainable mobility and charging solutions at World Economic Forum in Davos* [online]. [cit. 2020-06-20]. Dostupné z: <https://www.audi-mediacyber.com/en/press-releases/audi-provides-sustainable-mobility-and-charging-solutions-at-world-economic-forum-in-davos-12485>
- [44] [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.ratio.nl/en/catalog/e-mobility/home-box-ev-wallbox/type-2-outlet/groups/g+c+a+view>
- [45] [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.nic-e.shop/en/produkt/webasto-pure/>
- [46] [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://smartchargeamerica.com/electric-car-chargers/home/tesla-wall-connector-generation-3/>
- [47] [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.elintacharge.com/en/charging-stations/homebox>
- [48] [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://wallbox.com/en_catalog/pulsar
- [49] [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://devicebase.net/en/volkswagen-id-charger-connect-wallbox>



ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

AC	striedavý prúd
Al	hliník
BEV	battery electric vehicle
Co	kobalt
Cu	meď
DC	jednosmerný prúd
Fe	železo
HDO	hromadné diaľkové ovládanie
Li	lítium
Li-ion	lítium-ión
Mn	mangán
Ni	nikel
PHEV	plug-in hybrid vehicle
ÚADI	ústav automobilního a dopravního inženýrství
V2G	vehicle to grid
V2H	vehicle to home
VHH	Verkehrsbetriebe Hamburg-Holstein