

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Analýza provozních parametrů elektrovozidla

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Jan Babka

Praha 2019

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jan Babka

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

**Analýza provozních parametrů elektrovozidla**

Název anglicky

**Analysis of the electric vehicle operating parameters**

---

### **Cíle práce**

Cílem práce je vytvořit ucelený přehled vozidel využívající elektrickou energii jako hlavní a jediný zdroj energie. Dále provést analýzu jejich provozních parametrů v reálném provozu.

### **Metodika**

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce – návrh postupů získávání dat, volba vhodných provozních parametrů elektrovozidla
4. Současný stav sledované problematiky
5. Praktická část práce
6. Výsledky a diskuze
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů
9. Přílohy

**Doporučený rozsah práce**

50-60 stran A4

**Klíčová slova**

elektrovozidlo, rekuperace, akumulátor, dojezd, výkon

---

**Doporučené zdroje informací**

Gianfranco, Pistoia, Electric and hybrid vehicles, Elsevier, 2010, ISBN 9780444535658

Iqbal, Husain, Electric and hybrid vehicle, CRC Press, 2010, ISBN 9781439811757

Vlk, František, Koncepce motorových vozidel, Brno : F. Vlk, 2000, ISBN 80-238-5276-0

---

**Předběžný termín obhajoby**

2018/19 LS – TF

**Vedoucí práce**

Ing. Martin Kotek, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra vozidel a pozemní dopravy

---

Elektronicky schváleno dne 26. 1. 2018

**doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2018

**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan

V Praze dne 08. 03. 2019

---

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Analýza provozních parametrů elektrovozidla vypracoval samostatně pod vedením Ing. Martina Kotka, Ph.D. a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příloženém seznamu literatury.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

V Praze, dne

.....

.....

Jan Babka

## Poděkování

Chtěl bych touto cestou velice poděkovat vedoucímu mé diplomové práce, panu Ing. Martinu Kotkovi, Ph.D. a panu Ing. Martinu Pechoutovi, Ph.D. za vstřícnost, cenné rady a připomínky, které mi velmi pomohly při zpracování této práce. Dále bych rád poděkoval společnosti E-carsrent za možnost zapůjčení vozu a Volkswagen Auto Jarov za cenné informace.

V Praze, dne

.....

.....

Jan Babka

## **Abstrakt:**

Diplomová práce se zabývá elektromobilitou a rozděluje se do dvou částí. První část práce je zaměřená na časovou posloupnost elektrovozidel neboli EV, tj. od počátku po budoucí směr těchto automobilů. Jsou zde popsáni dva významní automobiloví výrobci EV. Jednotlivé kapitoly obsahují informace týkající se nejen automobilů jako takových, ale i například informace o elektrické energii, principu a funkci elektromotorů, jednotlivých výhodách a bezpečnosti EV, popisu dobíjecích stanic či problematice baterií. V další části diplomové práce bylo podrobena EV testu v reálném provozu na vybraných úsecích dopravních komunikací. Získané provozní parametry byly analyzovány v různých dopravních podmínkách jak pro město, mimo město, tak i dálnici. Jednou z hlavních sledovaných veličin byly vyprodukované emise, které EV nepřímo vyprodukovalo do ovzduší. Porovnávání zde bylo s vozem se zážehovým motorem pomocí tabulkových hodnot. Hlavní otázkou bylo, zda mají EV celkově menší vliv na životní prostředí než dnešní konvenční vozy.

## **Klíčová slova:**

elektrovozidlo, elektromotor, akumulátor, rekuperace, dojezd, výkon, emise

### **Analysis of the electric vehicle operating parameters**

## **Summary:**

The diploma thesis deals with electromobility and it has got two parts. The first part is focused on the time sequence of electric vehicle or EV from the beginning to the future. The thesis describes two major EV manufacturers. The chapters contain information about not only cars, but also information about electric power, principle of electric motors, individual benefits and EV safety, charging stations or batteries. In the second part of the diploma thesis an EV test was done in real traffic on specific sections of public roads. The obtained parameters were analysed in different traffic conditions for city, off-city and highway. One of the main monitored parameters were generated emissions produced by the EV indirectly into the atmosphere. The comparison was done with the spark ignition car. The main question was whether the EV has a lesser environmental impact than today's conventional cars.

## **Key words:**

electric vehicle, electric motor, battery, recuperation, range, power, emissions

## Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	1
<b>2 Cíl práce</b> .....	2
<b>3 Metodika práce</b> .....	3
3.1 Postup měření .....	3
3.2 Testované EV .....	4
3.3 Plánovaná trasa .....	9
3.4 Podmínky měření .....	11
3.5 Měřicí přístroje .....	11
3.5.1 VCDS VAG-COM .....	11
3.5.2 GPS Garmin 18x .....	12
<b>4 Elektromobilita</b> .....	13
4.1 Historie EV .....	14
4.1.1 Nikola Tesla .....	14
4.1.2 Počátky motorových vozidel .....	14
4.1.3 Ranné začátky EV .....	14
4.1.4 Rozkvět EV .....	15
4.1.5 Zlomový bod .....	16
4.1.6 Znovuzrození EV .....	17
4.2 Elektrická energie .....	18
4.2.1 Pohled distributorů na elektromobilitu .....	19
4.2.1.1 ČEZ, a.s. ....	19
4.2.1.2 E.ON Energie a.s. ....	19
4.3 Analýza současného stavu .....	20
4.3.1 Současní automobiloví výrobci .....	20
4.3.1.1 Tesla Inc. ....	20
4.3.1.2 Volkswagen Group .....	22
4.3.2 Přístup veřejně známých společností k elektromobilitě .....	24
4.3.2.1 Siemens AG .....	24
4.3.2.2 MONETA Money Bank .....	24
4.3.3 Výhody pro elektromobilitu .....	25
4.4 Elektrovozidlo (EV) .....	26
4.4.1 Elektrický motor .....	27

4.4.1.1	Schopnost rekuperace .....	27
4.4.2	Rozdělení elektrických motorů.....	27
4.4.2.1	DC elektromotor .....	28
4.4.2.2	AC elektromotor .....	29
4.4.3	Controller.....	32
4.4.4	Akumulátor.....	32
4.4.4.1	Li-Ion baterie .....	33
4.4.4.2	Životnost baterií.....	35
4.4.4.3	Vliv na životní prostředí a recyklace baterií.....	35
4.4.5	Bezpečnost EV .....	37
4.5	Budoucnost IAD .....	38
4.6	Dobíjecí stanice .....	39
4.6.1	Domácí nabíjení.....	39
4.6.2	Veřejné nabíjení.....	39
4.6.3	Konektory nabíjení .....	40
<b>5</b>	<b>Praktická část .....</b>	<b>41</b>
5.1	Měření v městském provozu.....	44
5.2	Měření v mimoměstském provozu .....	45
5.3	Měření v dálničním provozu.....	47
5.4	Spotřeba elektrické energie .....	49
5.5	Vedlejší měření.....	50
5.5.1	Rychlost dobíjení.....	50
5.5.2	Velikost odbíraného proudu spotřebičů.....	51
5.5.3	Měření akcelerace.....	51
5.6	Emise EV .....	52
5.6.1	Výroba automobilů .....	52
5.6.2	Provoz automobilů.....	53
5.6.3	Likvidace automobilů .....	55
5.6.4	Celkové emise CO <sub>2</sub> .....	55
<b>6</b>	<b>Výsledky a diskuze .....</b>	<b>57</b>
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>59</b>
<b>8</b>	<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>61</b>
<b>9</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>69</b>



## 1 Úvod

Elektrovozidla neboli ve zkratce EV jsou v současnosti čím dál tím více diskutovaným tématem nejen v Evropě, ale po celém světě. Jako důvod pro tento fakt je teorie skleníkového efektu spojená s výfukovými plyny, která tvrdí, že „*planeta Země se na základě lidstvem vypouštěných emisí neustále otepluje*“. Pro zastavení nebo alespoň zpomalení tohoto jevu se celosvětově usiluje o snížení vyprodukovaných emisí. Tento záměr se tedy nevyhnul ani dopravním prostředkům. Výrobci automobilů jsou donuceni neustále snižovat emise svých spalovacích motorů až na úplné minimum, což hraničí s fyzikálními možnostmi. A proto se hledá alternativa, která by postupně nahradila vozy s naftovými a benzínovými motory. Současně mezi optimální řešení patří právě vozy s elektromotorem. Dokáží však EV v této souvislosti opravdu snížit celkové emise?

Již od minulého století je oblíbeným trendem stěhování z venkova do velkých měst, též nazývané jako urbanizace. Mimo jiné se takto do měst dostává čím dál tím více automobilů se zejména spalovacím motorem, což vede ke zhoršenému životnímu prostředí v dané lokalitě. Obrovskou výhodou v tomto směru mají právě EV, které mají nulové přímé emise. Jinými slovy, ve městech by se rapidně snížilo množství jedovatých plynů a částic. Problém však nastává při koupi vozu. Většina potencionálních zákazníků se totiž nezajímá o produkci emisí nového automobilu, ale hlavně o pořizovací cenu, dojezd, jízdní vlastnosti a například i bezpečnost.

Neustálé zvyšování cen pohonných hmot a stále složitější emisní systémy v moderních automobilech se spalovacím motorem spolu s přísnějšími normami dávají EV vyšší šance na úspěch. Nehledě na situaci, že se fosilní paliva při dnešní spotřebě do několika let vypotřebují. Výhod, kterých EV v porovnání se spalovacími vozy disponují, je široká škála, mezi ty nejzajímavější patří nulové přímé emise, možnost rekuperace a okamžité využití maximálního točivého momentu.

Bohužel jak už tomu bývá, jsou tu i jisté nevýhody jako maximální možný dojezd, který se zpravidla pohybuje jen okolo 250 km na jedno dobítí. Dále záleží na druhu modelu od různé značky, nicméně pořizovací cena těchto EV bývá vysoká. Navíc v České republice finanční podpora ke koupi EV pro fyzické osoby ze strany státu není a zatím se ani neplánuje. V okolních státech především západní Evropy je situace jiná.

Automobily používáme běžně každý den a závislost na nich je v současné moderní době enormní. Je tedy velkou otázkou do budoucna, zda nastane revoluce a automobily se spalovacími motory nahradí ty elektrické nebo pouze evoluce a nastane nadvláda hybridů používající jak spalovací tak elektrický motor dohromady. Můžeme jen hádat, nicméně změna se blíží. Nasvědčuje tomu i záměr Škody Auto a.s., kde na studentských Škoda days v říjnu 2018 v Mladé Boleslavi bylo uvedeno, že do roku 2025 začne společnost nabízet 5 hybridních a 5 čistě elektrických modelů.

## **2 Cíl práce**

Hlavním cílem teoretické části je vytvoření uceleného přehledu vozidel s elektrickým pohonem a důkladné popsání jejich technologií a celkové problematiky. Cílem praktické části je provedení reálného experimentu s vybraným elektromobilem a následné analyzování jeho provozních parametrů. Dále porovnání získaných výsledků s klasickým konvenčním automobilem se zážehovým motorem.

### **3 Metodika práce**

V této části diplomové práce je popsán návrh postupů získávání dat a volba vhodných provozních parametrů EV pro daný experiment. Celkově zde jsou popsány všechny podstatné faktory a podmínky testování. Následující informace se týkají praktické části diplomové práce.

K analýze provozních parametrů bude využit osobní automobil VW e-Golf zapůjčený společností E-carsrent. Experiment je inspirován na základě testovacího standartu RDE neboli Real Driving Emissions testu. Měřený vůz tak bude podroben testu ve městě, mimo město a na dálnici, přičemž trasa bude absolvována ve všední den mezi ranní a odpolední špičkou. Vůz bude během měření osazen měřicími přístroji, které budou zapojeny do notebooku s operačním systémem Windows. Daný notebook slouží jako hlavní komunikační jednotka a tvoří nezbytný článek během měření. Měřicím programem je VAG-COM, díky kterému budou zaznamenávány klíčové jízdní parametry s podstatnou funkcí ukládání naměřených hodnot do paměti. Princip funkce diagnostického programu spočívá na základě komunikace s řídicí jednotkou automobilu. Dalším měřicím článkem je GPS značky Garmin, která se stará o záznam aktuální polohy automobilu s cílem zaznamenat celkovou absolvovanou trasu. Zaznamenávány budou i hodnoty z palubního počítače vozu a to vždy na konci určitého úseku.

Ve vedlejším experimentu bude měřena rychlost dobíjení od téměř vybité baterie do plného nabití. Další měření bude brát v úvahu odběr elektrické energie jednotlivých palubních spotřebičů a také bude změřena akcelerace z místa a pružné zrychlení.

#### **3.1 Postup měření**

Postup měření lze shrnout ve stručnosti do několika bodů a to:

##### **1. Před jízdou**

- Stanovení plánu trasy – město, mimo město, dálnice
- Plné dobití akumulátoru testovaného EV pomocí 50 kW DC nabíjení
- Osazení EV měřicími přístroji – GPS a VAG-COM
- Stanovení sledovaných parametrů přes OBD
  - rychlost vozu, napětí a proud akumulátoru, otáčky elektromotoru, aktuální stav nabití akumulátoru, poloha akceleračního pedálu
- Ověření a kontrola stavu přístrojů
- Kontrola samotného EV a vynulování jízdních parametrů v Maxi DOTu

## 2. Během jízdy

- Po konci každého úseku záznam dat z Maxi DOTu
- Sledování a kontrola jízdních parametrů
- Celá jízda v režimu Normal se zařazenou „B“ rekuperací
- Zápis případných kongescí

## 3. Po jízdě

- Kontrola a záloha naměřených dat
- Finální odečet hodnot z palubního počítače
- Měření odběru proudu jednotlivých spotřebičů
- Dodatečné měření akcelerace
- Měření rychlosti dobití téměř vybitého akumulátoru do plného nabití

### 3.2 Testované EV

Jak již bylo naznačeno, testovaným vozem bude VW e-Golf vyrobený v únoru 2018. Jedná se tedy o druhou generaci e-Golfu s udávaným maximálním dojezdem 300 km podle jízdního cyklu NEDC. Vůz je na experiment vybrán především na základě informace, že se jedná o současně nejprodávanější EV na území ČR, a že zároveň obhájí první místo v kategorii ekologického auta roku 2018 v ČR. Tento elektrický hatchback sdílí totožný design s klasickým Golfem sedmé generace. Odlišnými prvky jsou jen aerodynamické doplňky ve formě zadního křídla a charakteristická hliníková kola s důrazem na minimální odpor vzduchu. Avšak nejtypičtějším znakem je LED denní svícení ve tvaru písmena C integrované do předního nárazníku. Ani vnitřní prostor se oproti konvenčnímu modelu nikterak nezměnil. Jen málo kolemjdoucích si tedy všimne, že se jedná o EV. V tomto směru tkví krása nového e-Golfu. (1)

První generace modelu uvedená roku 2014 obsahovala akumulátor o kapacitě 24,4 kWh s dojezdem 190 km. Druhá a zároveň testovaná verze byla představena v roce 2017 a její kapacita Li-Ion akumulátoru narostla na 35,8 kWh s dojezdem až 300 km. Nová baterie má větší kapacitu vzhledem k větší hustotě energie a lepšímu využití objemu buněk baterie, zástavbová plocha baterie však zůstala totožná s předchozím modelem. Uvedené dojezdy jsou měřeny podle starší metodiky New European Driving Cycle neboli NEDC. Dle nového, reálnějšího jízdního cyklu Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedures neboli WLTP novější generace e-Golfu místo 300 km dojezdu udává 231 km. Oproti předešlému modelu je zde i citelně výkonnější elektromotor, který se z 85 kW a 270 Nm dostal na hodnotu 100 kW s 290 Nm. (2)

Technické parametry testovaného vozu jsou znázorněny v následující tabulce.

**Tabulka 1 – Technické vlastnosti testovaného EV**

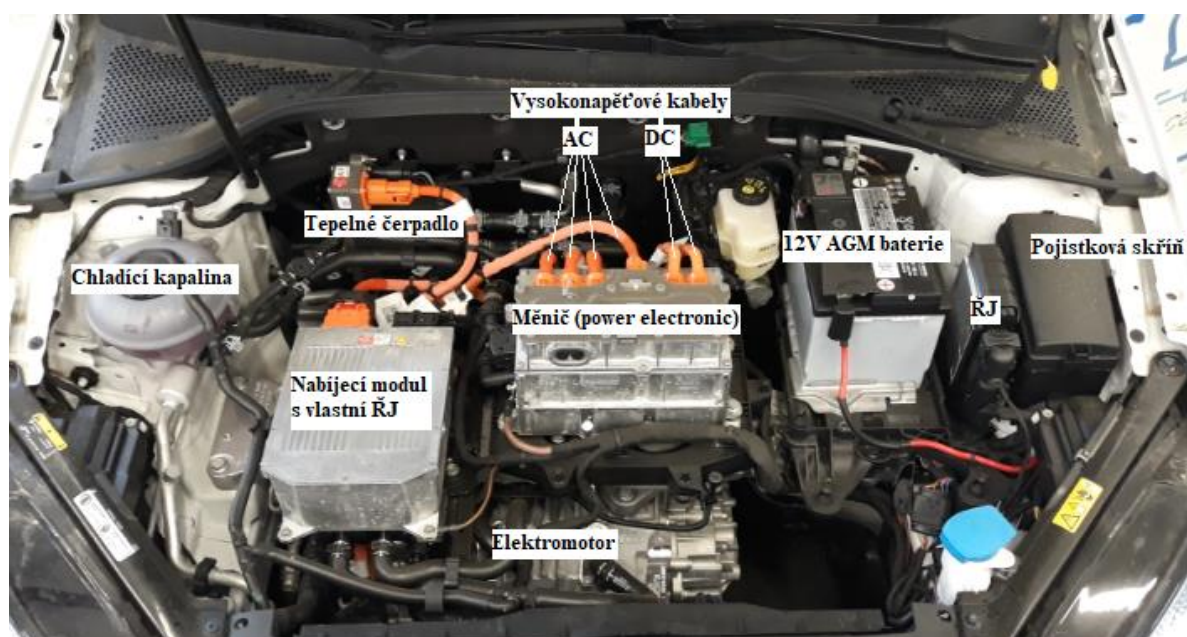
<b>Motor, Převodovka</b>	Typ	AC synchronní motor s permanentními magnety
	Max. výkon	100 kW (136 hp) při 3000-12000 ot/min
	Max. toč. moment	290 Nm při 0-3000 ot/min
	Převodovka	Jednorychlostní převodovka
<b>Akumulátor</b>	Typ	Li-Ion Panasonic
	Váha	318 kg
	Kapacita	35,8 kWh
	Počet buněk/modulů	264/27
	Jmenovité napětí	323 V
	Nabíjení AC 2,3 kW	17:00 h
	Nabíjení AC 3,6 kW	10:50 h
	Nabíjení AC 7,2 kW	5:20 h
Nabíjení DC do 80%	00:45 h	
<b>Hmotnost</b>	Provozní	1615 kg
	Největší povolená	2020 kg
	Max. náklad	408-480 kg
	Max. přední/zadní náprava	1020/1050 kg
	Max. zatížení střechy	75 kg
<b>Jízdní výkony</b>	Max. rychlost	150 km/h
	Zrychlení z 0-80/0-100	6,9/9,6 s
	Pružné zrychlení	7,5 s
<b>Spotřeba paliva NEDC/WLTP</b>	Průměrná	12,7/16,1 kWh/100 km
	Přímé emise	0 g/km
<b>Dojezd</b>	Maximálně NEDC	300 km
	Maximálně WLTP	231 km
<b>Odpor vzduchu</b>	Cd	0,281

Zdroj: (3)

Motorové ústrojí tvoří tři fázový synchronní motor s permanentními magnety napájený střídavým proudem. Jeho bližší popis lze najít v teoretické části diplomové práce. Převodové ústrojí tvoří pouze jeden rychlostní stupeň, z tohoto důvodu je maximální rychlost omezena na 150 km/h. Díky maximálnímu točivému momentu, který je dostupný od nulových otáček, je možné zrychlit z 0-100 km/h pod hranicí 10 sekund. K EV lze připlatit tzv. e-Sound systém, který při rychlostech do 35 km/h vydává umělý zvuk motoru, aby byl vůz bezpečně slyšitelný pro okolní účastníky provozu. Základní cena bez dotací činí 993 900 Kč, přičemž hlavní vliv na takto vysokou cenu má Li-Ion akumulátor. (4)

Na obrázku 1 je možné vidět motorové ústrojí testovaného vozu. Samotný elektromotor s jednostupňovou převodovkou a otevřeným diferenciálem je umístěný co možná nejnižže kvůli nízkému těžišti. Tepelné čerpadlo je součástí příplatkové výbavy a jeho funkcí je dodávat teplo převážně z vnějšího okolí vozu do kabiny, tím lze pozitivně prodloužit dojezd EV. Nabíjecí modul se stará o řízení dobíjení vozu a dokáže komunikovat s dobíjecí stanicí při nabíjení. Naproti tomu modul power electronics má na starosti přeměnu a řízení toku energie z baterie do motoru či v případě rekuperace naopak. Ostatní prvky jsou identické s konvenčním vozem.

**Obrázek 1 – Motorový prostor e-Golf**



Zdroj: (3)

I přes zhruba 300 kg váhy navíc oproti konvenčnímu Golfu, kterou vytvářejí baterie, se testovaný vůz chlubí výbornými jízdními vlastnostmi. Baterie typu Li-Ion je rozdělena z bezpečnostních důvodů do několika modulů a její umístění mezi nápravami vytváří velice nízké těžiště vozu. Chlazení či vyhřívání je zprostředkováno díky chladicí kapalině. Udržování určité teploty baterie je důležité, lze tím totiž pozitivně ovlivnit celkový dojezd EV.

Obsluha e-Golfu je velmi jednoduchá a identická jako s automatickou převodovkou v automobilu se spalovacím motorem. Pro jízdu se volí „D“ jako drive, režim parkování je „P“, zpětný chod je „R“ jako reverse a „N“ představuje neutrální polohu. Proti klasické automatické převodovce je tu i poloha „B“, která představuje automatickou rekuperaci. Po sundání nohy z akcelarátoru tedy začne vůz okamžitě rekuperovat pomocí motoru a tudíž brzdit. Síla brzdění je silnější jak u třetího stupně rekuperace. Vůz totiž nabízí ještě možnosti +/-, díky které si řidič

muže navíc nastavit jednu ze tří intenzit rekuperace. V případě našeho testu je zvolena poloha automatické rekuperace „B“. Tento režim představuje nespornou výhodu, neboť dobíjí zpět elektrickou energii, která by se jinak ztratila ve formě tepla skrze účinek brzd vozu. Rekuperace má také pozitivní vliv na brzdovou soustavu, neboť je méně opotřebována. Je podstatné zmínit, že pokud se brzdy nepoužívají, mohou zkorodovat a ztratit tak svůj předepsaný brzdový účinek. Vůz umí rekuperovat i v poloze „D“, kdy rekuperace nastává v momentě stlačení brzdového pedálu. Na obrázku číslo 2 lze vidět otáčkoměr elektromotoru a hlavičku řadicí páky se zmíněnými polohami.

Obrázek 2 – Otáčkoměr a řadicí páka e-Golfu



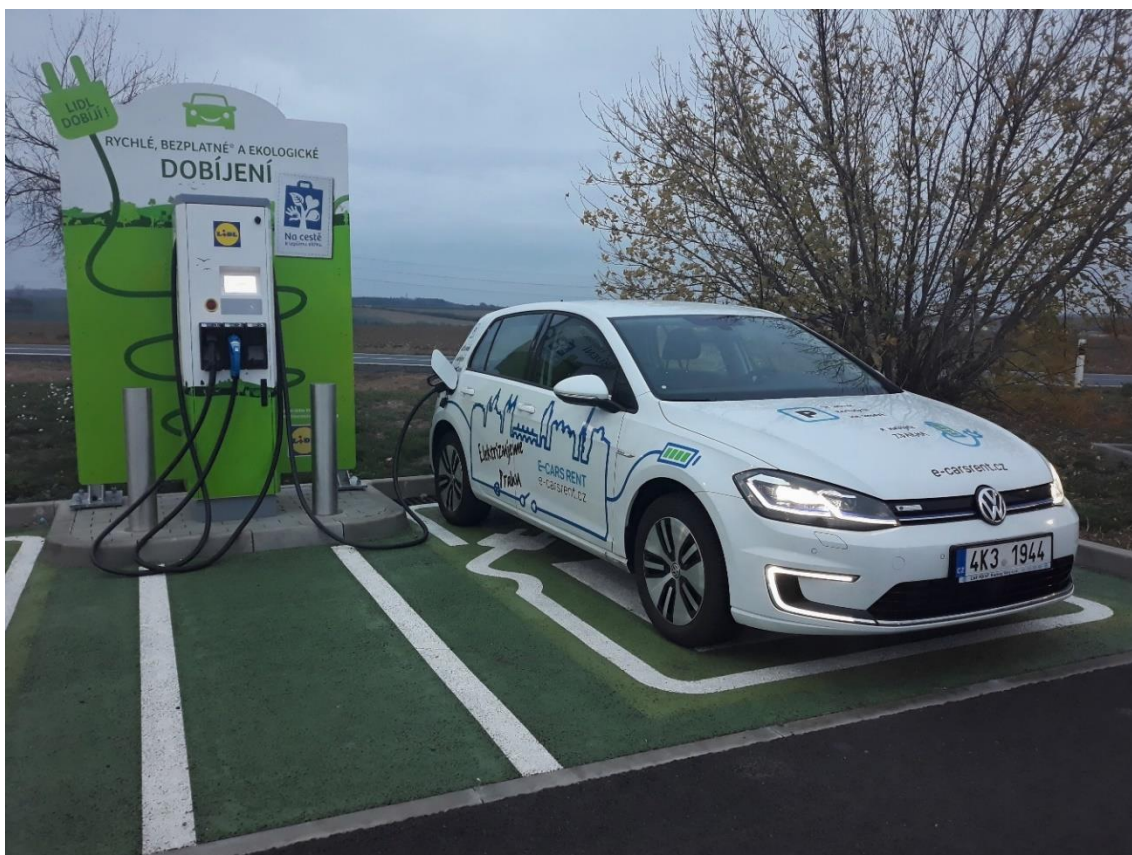
Zdroj: (5)

Na posledním obrázku je nalevo od řadicí páky znázorněn volič jízdního režimu. V testovaném voze jsou k dispozici celkem tři jízdní režimy, díky nimž je možné nastavit různé jízdní charakteristiky vozu. Základním a vždy výchozí volbou je režim „Normal“, jehož funkce nemá žádné omezení. Vůz tak může využít plný výkon elektrického pohonu. Druhá volba nese označení „Eco“, která slouží k šetrnější jízdě. Maximální rychlost je rázem omezena na 115 km/h a automatická klimatizace pracuje v omezeném režimu. Třetí volbou je „Eco+“, jehož hlavní funkcí je co nejvíce prodloužit dojezd vozu, tím že se omezí spotřeba energie na minimum. Maximální rychlost je rázem 90 km/h a funkce topení a chlazení jsou vypnuty. Reakce akcelérátoru jsou pomalejší. Na obrázku číslo 2 je možné spatřit dojezd hlásící až 308 km. Tento stav však platí pouze při plném nabití a zapnutém režimu „Eco+“. Při volbě režimu „Normal“ poklesne ihned celkový dojezd na hodnotu kolem 250 km. Nutno podotknout, že funkce klimatizace a pohodlí cestujících ve voze ovlivňuje aktivní bezpečnost vozidla. (5)

Dané EV je vybaveno klasickým konektorem pro nabíjení, které hojně využívají i ostatní evropské automobilky. Konkrétně se jedná o zásuvku CCS Combo typ 2 pro rychlé a zásuvku Mennekes pro pomalé dobíjení. Bližší informace o konektorech lze najít v teoretické části práce. K vozu se standardně dodávají dva nabíjecí kabely, které je možno vidět v příloze. První kabel je určený pro domácí jednofázové zásuvky 230 V a 16 A. Druhý slouží k připojení k dobíjecí stanici s konektorem Mennekes určený na třífázové nabíjení s 400 V a 16 A. K vozu jsou dále zapůjčeny čipy, díky kterým je možné zrealizovat platbu u dobíjecích stanic. V současné době lze zakoupit čip s měsíčním tarifem 500 Kč na neomezené dobíjení od společnosti ČEZ. S rostoucí poptávkou však očekávat zdražení. (5)

S e-Golfem je možné se spojit pomocí mobilní aplikace Car-Net a kontrolovat tak stav nabití baterie, GPS polohu vozu či ovládat nezávislé topení. Díky navigačnímu systému, který je v sériové výbavě, lze dostávat tipy, kdy využívat rekuperační režimy. VW e-Golf je velice povedený EV, který ukazuje, že elektromobilita může být konkurenceschopná, ne-li lepší, jak dnešní automobily se spalovacím motorem. V příloze lze nalézt podrobné schéma tohoto vozu.

**Obrázek 3 – Testovaný VW e-Golf**



Zdroj: vlastní



### 3.3 Plánovaná trasa

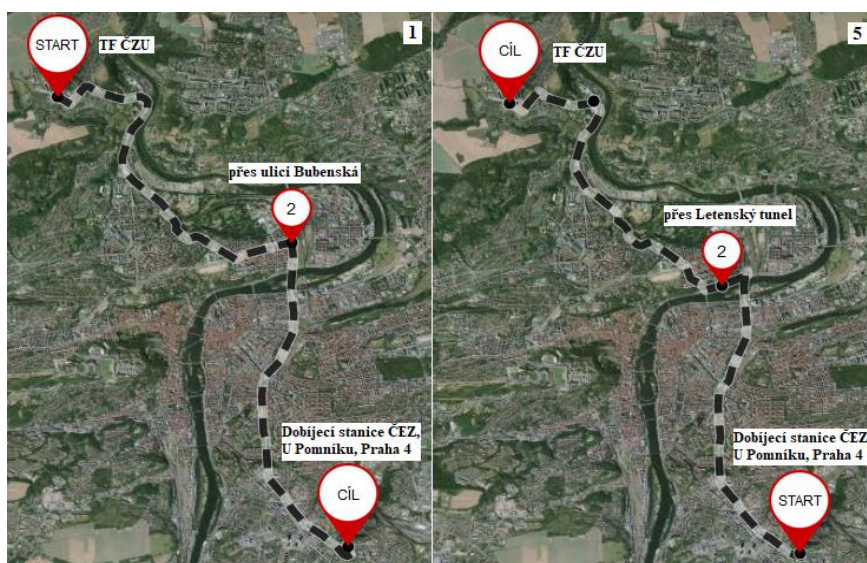
Plánovaná trasa je vybrána na základě získání reálných dat ze všech možných druhů dopravních provozů. Celkem bude provedeno pět jednotlivých měření v určitých úsecích, s cílem získat potřebná data provozních parametrů příslušného EV. Posloupnost jednotlivých úseků jde následovně:

1. městský provoz
2. kombinace městského a mimoměstského provozu
3. dálniční provoz
4. kombinace městského a mimoměstského provozu
5. městský provoz

Plánovaná trasa měří celkem 128,5 km, přičemž nejdelší úsek je dálniční. Jízda probíhá za normálních podmínek a bez větších komplikací. Ve čtvrtém měření zaznamenáváme větší kongesci na ulici Vídeňská. V posledním pátém měření je trasa vedena přes Letenský tunel, neboť v úseku u metra Vltavská je v jednom směru most uzavřený.

Městský úsek vede od Technické Fakulty ČZU nejkratší cestou přes Hlávkův most dále po silnici 5. května až k hlavní budově společnosti ČEZ na Praze 4. Identická trasa, až na zmíněnou objížďku, je absolvována i ve druhém městském a celkově pátém měření, avšak v opačném směru. Trasy městských úseků měří v prvním měření 14,93 km a v pátém měření 14,75 km viz obrázek číslo 4.

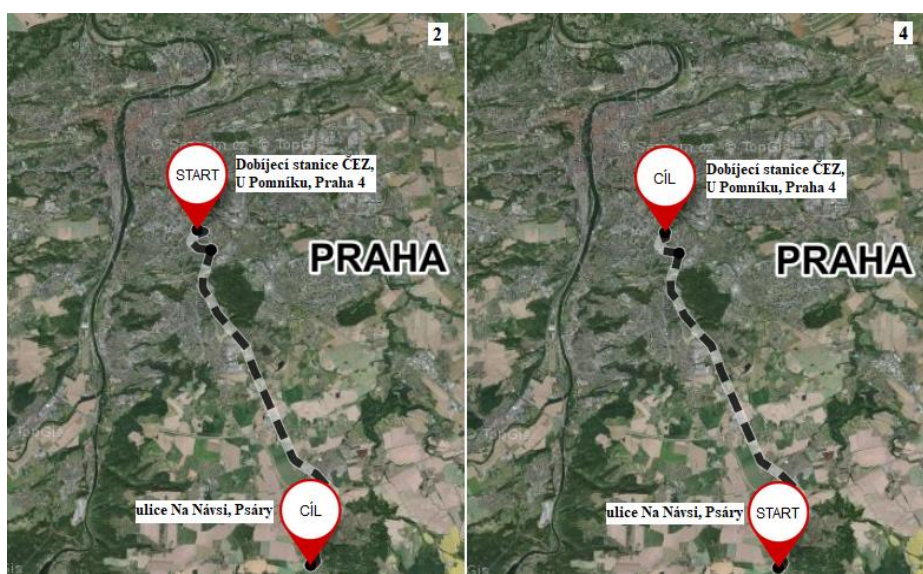
Obrázek 4 – Městské měření



Zdroj: vlastní

Kombinace městského a mimoměstského měření navazuje na konečný bod městského měření na Praze 4 a pokračuje do obce Psáry. Trasa je v obou případech měření totožná a v obou měřeních je zaznamenána větší hustota provozu. Měřená trasa vede přes body Budějovická, Krč, Vestec, Jesenice u Prahy až do centra Psár. Projetý úsek, který je vidět na následujícím obrázku číslo 5, měří ve druhém měření 16,25 km a ve čtvrtém 15,89 km.

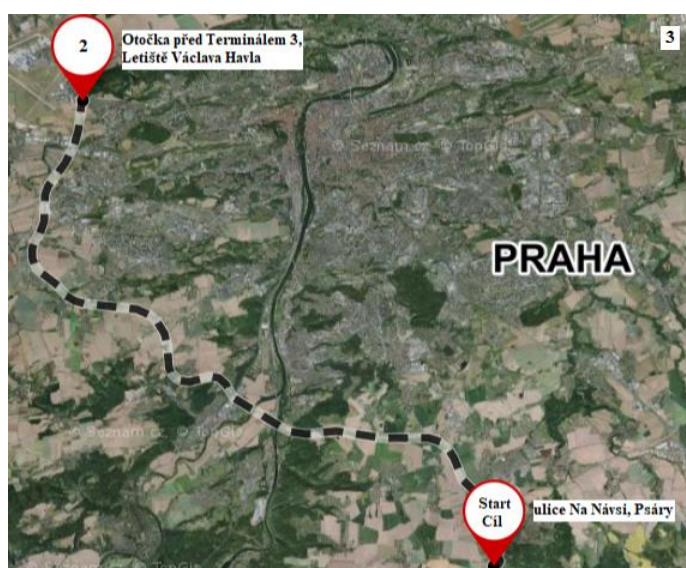
Obrázek 5 – Městské a mimoměstské měření



Zdroj: vlastní

Na dálničním úseku dlouhém 66,65 km je po celou dobu velmi plynulý provoz. Průměrná rychlost je 84 km/h, přičemž kromě tunelů nejsou žádná rychlostní omezení.

Obrázek 6 – Dálniční měření



Zdroj: vlastní

### 3.4 Podmínky měření

Měření v provozu probíhá ve čtvrtek 25.10.2018 mezi ranní a odpolední dopravní špičkou. Venkovní teplota je 12,5 °C s mírným západním větrem do 35 km/h. Vozovka je po celou dobu trasy suchá. Během celého měření jsou dodržovány rychlostní limity a celková bezpečnost provozu.

Vůz je po celou dobu nastaven v režimu „Normal“ se zařazenou „B“ rekuperací. Topení je nastaveno na 22 °C a klimatizace s vyhříváním sedadel jsou vypnuté. Všechna postranní okna jsou zatáhnutá a vnější osvětlení je v automatickém režimu. Vůz má obuty zimní pneumatiky značky Barum Polaris 3 o rozměrech 205/55 R 16. Všechny pneumatiky jsou nahuštěné na 2,5 baru. Samotný vůz má v době testu najeto pouhých 600 km. Na palubě vozidla jsou dvě osoby.

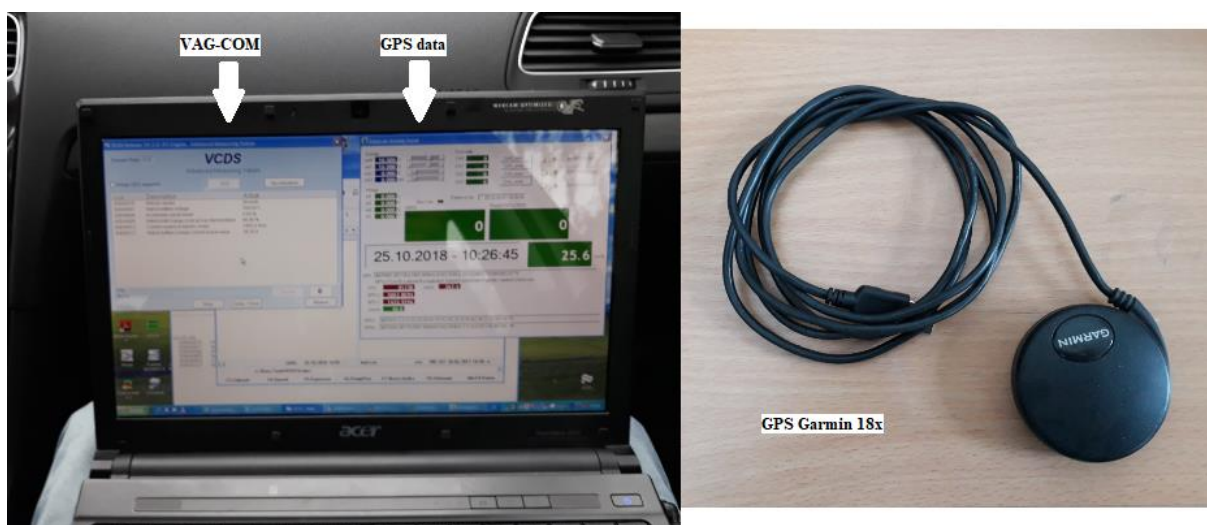
### 3.5 Měřicí přístroje

Za měřicí přístroj je zde považován diagnostický systém VCDS VAG-COM a GPS přijímač. Nezbytným článkem pro správnou funkci těchto přístrojů je notebook Acer s operačním systémem Windows XP. Veškeré tyto náležitosti jsou zapůjčené Katedrou vozidel a pozemní dopravy.

#### 3.5.1 VCDS VAG-COM

Jedná se o diagnostický program určený pro vozidla koncernu VW (Volkswagen, Seat, Audi, Škoda). Autorem programu je firma Ross-Tech, která se také stará o její vývoj. Rozvíjení programu je důležité, díky neustálému přísunu nových technologií a nových modelů automobilů. VAG-COM je počítačový program, který společně s dodávaným kabelem HEX-CAN dokáže komunikovat s ŘJ daného vozu. Program obsahuje všechny potřebné funkce charakteristické pro autodiagnostiku od čtení paměti závad po osciloskopické zobrazení. Hlavní funkcí pro náš test je automatické ukládání hodnot neboli logování. Díky této funkci je možno zaznamenávat hodnoty jako aktuální rychlost vozu, proud a napětí baterie, otáčky motoru, polohu akceleračního stavu nabití akumulátoru. Na obrázku číslo 7 je možné vidět program VAG-COM při logování dat za jízdy společně s nahráváním GPS dat. (6)

Obrázek 7 – VAG-COM a GPS Garmin 18x



Zdroj: vlastní

### 3.5.2 GPS Garmin 18x

Jedná se o jednoduchou GPS s magnetem k ideálnímu ukotvení na střeše vozu. Tato automobilová navigace je velice výkonný a vysocecitlivý přijímač se záznamem zeměpisných souřadnic každou sekundu. Napájení je uskutečněno skrze USB konektor a její tělo je plně vodotěsné. Primárně je určena k lokalizaci a záznamu hodnot, k tomu však potřebuje jako zdroj počítač jakéhokoliv druhu s USB konektorem. Je nutné počítat s faktem, že v podzemí neboli v tunelech ztrácí signál. GPS lze zahlédnout na obrázku číslo 7. (7)

## **4 Elektromobilita**

Není jednoduché prosadit novou technologii, pokud ta stávající převládá desítky let. Onou novou resp. obnovenou technologií jsou právě vozy poháněné elektrickou energií, které nenápadně vplouvají na současný trh a začínají být jistou hrozbou pro vozy se spalovacími motory.

Výhodou pro EV jsou neustále zpřísňující se nároky od Evropské unie ohledně přímých emisí vypouštěných z výfukových plynů konvenčních automobilů, které do roku 2030 mají podle Evropské komise klesnout o 35 %. Dalším aspektem může být také nedávno zveřejněná aféra zvaná Dieselgate. EV tedy mají velkou šanci stát se konkurenci schopnými a zaujmout určitou část na trhu. Jejich vlastnosti jsou ideální pro městský provoz, což si uvědomuje i řada evropských automobilek, jako například VW, BMW či Renault, kteří plánují elektrifikovat značnou část svých modelů. (7)

EV se vyznačují tichou plynulou jízdou s možností získání okamžitého maximálního točivého momentu. Zdroj elektrické energie se ukrývá v bateriích, které nejčastěji bývají umístěné ve středu vozu pod podlahou či sedačkami interiéru. Důvodem tohoto umístění je především zachování optimálního těžiště a bezpečné jízdy automobilu. Srdcem automobilu je elektromotor, který může být na různých místech s různými rozměry. Elektrický motor slouží k pohybu vozu, tak že využívá elektrickou energii přímo z akumulátoru. Jeho funkce může být i ve formě generátoru, kdy samotný motor díky tzv. rekuperaci dobíjí elektrickou energii zpět do akumulátoru. Tento děj nastává, když například automobil jede z kopce a rekuperuje, neboli brzdí díky motoru. Vozidlo navíc nepotřebuje převodovou skříň, neboť si vystačí pouze s jedním převodovým stupněm. Aby vše řádně pracovalo, je zapotřebí „controller“, což je druh počítače, který řídí elektrický pohon vozidla. EV se tedy skládají z mnohem méně součástí a tím pádem jsou spolehlivější než automobily, které dnes vidáme každý den na silnicích. (8)

K EV neodmyslitelně patří dobíjecí stanice a budoucnost vývoje těchto vozů závisí především na jejich rozšířené infrastruktuře. V současné době se v ČR vyskytuje jen několik stovek veřejných stanic, každým dnem však přibývají nové. Nejvíce dobíjecích stanic je zatím v Nizozemsku, co se EU týče. K rozvoji stanic v ČR přispívá stát resp. ministerstvo dopravy ve formě dotací na uhlíkovou stopu od EU, přičemž možnost využití dotací v roce 2018 vyhrála Pražská energetika a.s.. PRE tudíž musí do roku 2021 vybudovat síť rychlodobíjecích stanic v daných lokacích. Pokud uspěje, bude jí náležet dotace v hodnotě 78 milionů korun. (9), (10)

## 4.1 Historie EV

### 4.1.1 Nikola Tesla

Díky tomuto člověku se dnes můžeme například dívat na televizi a zároveň jí na dálku ovládat nebo komunikovat s ostatními přes mobilní telefony. Nikola Tesla byl vynálezce, vizionář, svérázný vědec a především elektroinženýr, jehož mnoho patentů ovlivnilo do nemalé míry náš společenský život. (11)

Na rozdíl od Thomase A. Edisona celý svůj život upřednostňoval střídavý proud. Roku 1888 zjistil, že pokud dvěma cívkami umístěnými do pravého úhlu protéká střídavý proud, vzniká magnetické pole, které má potenciál rotovat. Díky tomuto objevu Tesla přišel na jeden z jeho nejvýznamnějších vynálezů, kterému patří označení elektromotor, konkrétně asynchronní motor. (12)

### 4.1.2 Počátky motorových vozidel

Lidé se po celá staletí snažili vyvinout samohybné silniční vozidlo a byl to světově proslulý malíř a vynálezce Leonardo da Vinci, který v 15. století navrhl primitivní verzi automobilu, nicméně muselo se čekat až do konce 19. století, kdy věk automobilů skutečně začal. V tomto století zároveň začal i divoký konkurenční boj mezi vozy elektrickými, parními a se spalovacím motorem. (13)

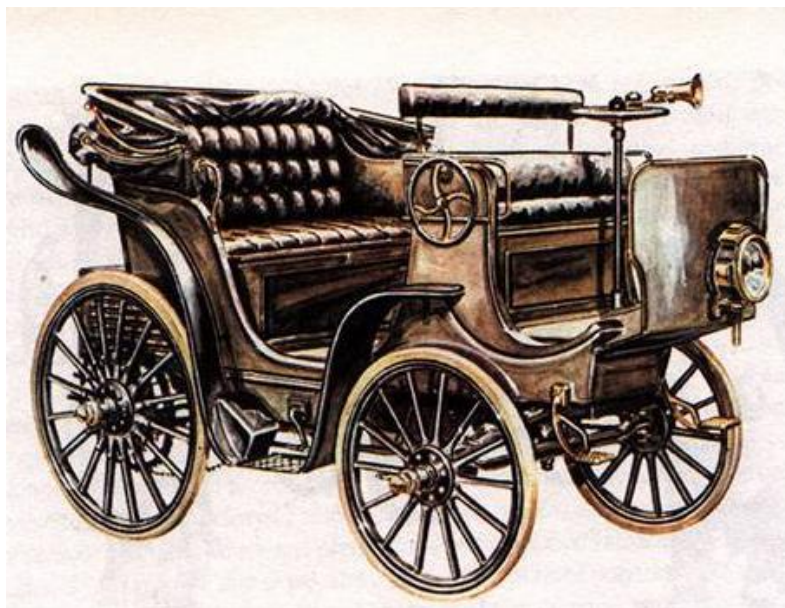
Úplně prvním považovaným motorovým vozidlem pro individuální dopravu bylo parní vozidlo z roku 1801, vynalezené panem Richardem Trevithickem. Avšak jako první motorový vůz nebyl považován za úspěšný. Parní vozy se vyznačovaly velkým hlukem, náročným startem a velmi malým výkonem. (14)

### 4.1.3 Ranné začátky EV

Vše začalo před více než 150 lety, tedy o několik let dříve než u vozů se spalovacím motorem. Hlavním průlomem pro EV byl rok 1834, kdy Thomas Davenport údajně postavil první stejnosměrný elektromotor, který použil do svého malého vozu postaveného na kolejích. Tento prototyp měl baterie, které neměly možnost dobítí. Roku 1865 ovšem Gaston Planté vyvinul první nabíjecí olověný akumulátor, který posunul vizi elektromobility o krok kupředu. (14), (15)

Historická data ohledně prvního elektrického automobilu nejsou zcela podložena, nicméně jako první EV je považován vůz britského vynálezce Roberta Andersona. Dalším významným milníkem je rok 1890, kdy se objevilo úspěšné elektrické auto pana Williama Morrise z Iowy s maximální rychlostí 22 km/h. Pět let poté český vynálezce František Křížík dokončil svůj první elektromobil, který je možný vidět na obrázku číslo 8. Elektromobil disponoval výkonem 3,6 kW, který byl posílán na zadní nápravu přes planetové soukolí. (15)

**Obrázek 8 – Elektromobil Františka Křížíka**



Zdroj: (15)

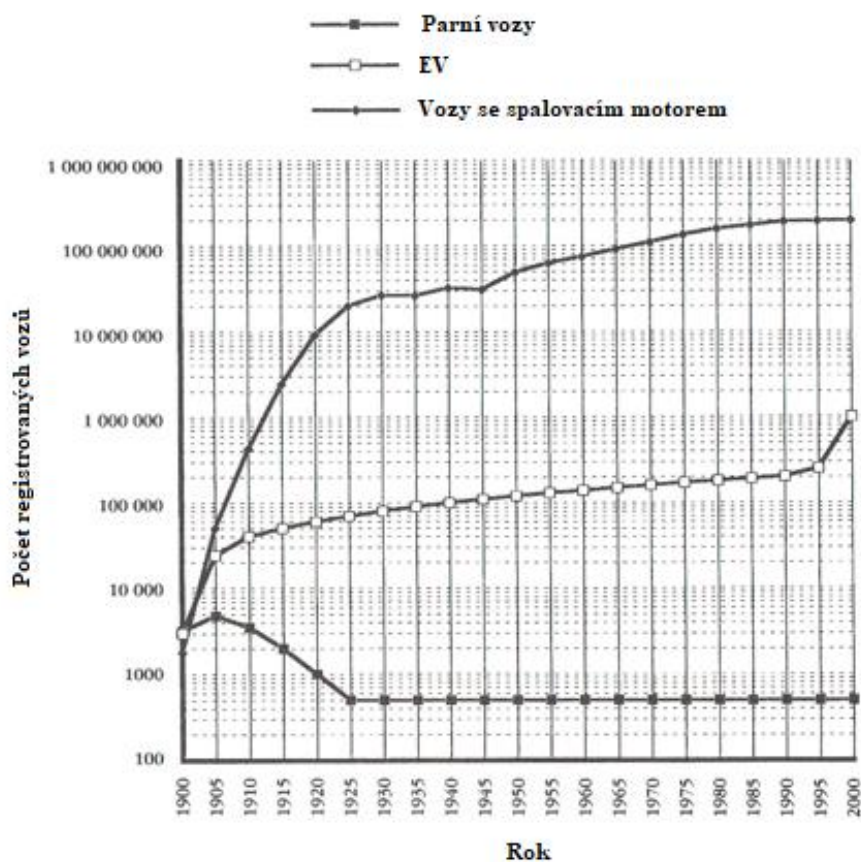
#### 4.1.4 Rozkvět EV

Roku 1897 bylo vyvinuto rekuperační brzdění a zároveň ten samý rok 15 elektrických taxi, též zvaných jako „electric cab“, začalo obsluhovat hlavní město Velké Británie. Celkem 4200 prodaných automobilů v USA za rok 1900 tvořilo 38 % EV a pouze 22 % byly automobily se spalovacím motorem. Zbytek tvořily parou poháněné vozy. Na přelomu století vzniklo i několik rekordů. První elektromobil, co na jedno nabití ujel celých 290 km, či první automobil, co zdolal rychlostní hranici 110 km/h, byl elektromobil. EV měly v tomto období opravdu velice dobře našlápnuto stát se úspěšnými. (14)

#### 4.1.5 Zlomový bod

EV měly vysokou pořizovací cenu a staly se oblíbenými jen mezi bohatší společností, což byla menšina. Dalším mínusem byl maximální dojezd tehdy prodávaných EV a fakt, že minimum menších měst v té době nemělo přístup k elektrické energii. Vše se navíc změnilo s příchodem automobilu s čtyřválcovým zážehovým motorem od Henryho Forda roku 1909. Vůz nesl označení Model T a svou zejména pořizovací cenou se stal revolučním. Další fatální zprávou pro elektrická auta bylo uvedení elektrického startéru panem Charlesem Ketteringem roku 1911. Novodobé startování nahradilo klasické pomocí kliky, které nebylo vhodné například pro dámy, neboť bylo potřeba vyvinout velkou potřebnou sílu pro start motoru. Vozy se spalovacím motorem nabíraly na popularitě a EV padaly do ústraní, viz graf na obrázku číslo 9. Nakonec roku 1930 se vozy jako Model T či Model A staly dominantní technologií na trhu a díky těmto vozům, průkopníkům dnes naprostá většina aut jezdí na benzín či naftu. (14), (16)

Obrázek 9 – Růst tří typů automobilů v USA od roku 1900 do 2000



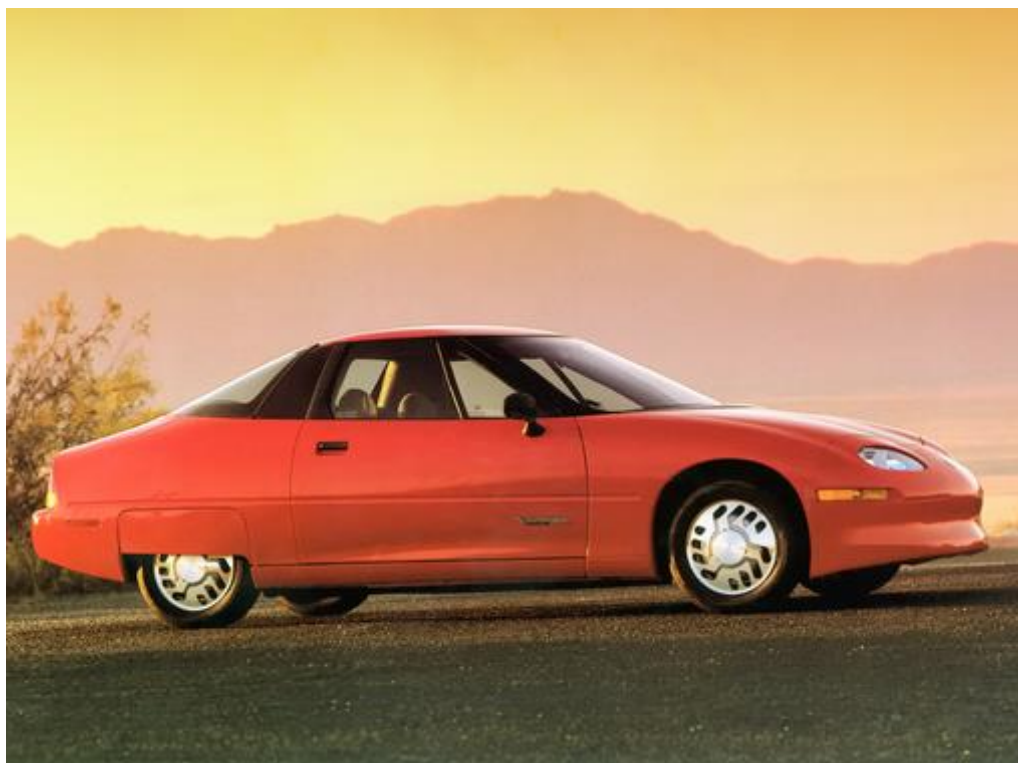
Zdroj: (8)



#### 4.1.6 Znovuzrození EV

V 90. letech 20. století ve většině velkých měst plných tisíců automobilů začaly ve velkém množství panovat smogové situace, které mají negativní vliv především na lidské zdraví a mohou způsobovat alergie či jiná i vážnější onemocnění. Společnost GM reagovala na danou situaci a po dlouhých letech vlády spalovacích motorů uvedla na trh nadčasový elektrický vůz EV1 s koeficientem odporu vzduchu pouhých  $C_d = 0,19$ . Jeho výkon činil 102 kW a kapacita nikl-metal hybridové baterie byla 16,5 kWh. Později roku 1999 byla představena modernější verze, která měla kapacitu baterií 26,4 kWh a dojezd činil až neuvěřitelných 250 km. Automobil GM EV1 je možné spatřit na obrázku číslo 10. (17), (18)

**Obrázek 10 – GM EV1**



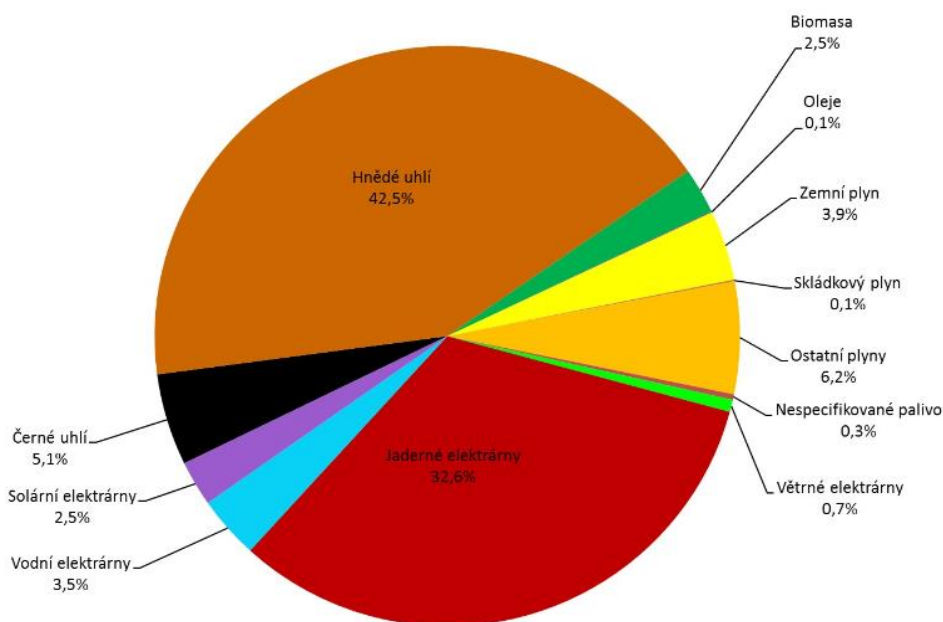
Zdroj: (19)

Nicméně roku 2003 byly všechny automobily EV1 stáhnuty z trhu a postupně sešrotovány. Důvodem byl především vliv ropných společností, které zkrátka nedovolily tomuto nadčasovému vozu prosadit elektrickou energii a uchytit se na trhu. (17)

## 4.2 Elektrická energie

Život bez elektrické energie si dnes nedokážeme představit a jsme na ní velice závislí. Elektrická energie neboli elektřina je druh energie, která se skládá z elektrostatického pole a magnetického pole. Společně tvoří elektromagnetické pole. Z elektrické energie můžeme získávat několik veličin. Hlavními je hodnota napětí  $U$  [V] a protékající proud  $I$  [A]. Elektřina se vyrábí v elektrárnách díky přeměně energie vázané v určitém zdroji (vítr, voda, jaderné palivo, uhlí atd.). Princip funguje na základě vytvoření tepelné či mechanické energie, díky které je poháněn generátor, který následně vytváří elektrickou energii. Další možností a současným trendem je získávání elektrické energie ze solárních panelů zásluhou fotovoltaického jevu. Co se EV týká, je důležité zmínit získávání a možnost uchování elektrické energie z galvanických článků neboli akumulátorů. Na výšečovém grafu je možné vidět rozdělení výroby elektřiny podle jednotlivých zdrojů za rok 2017 na území ČR. (20), (21)

Obrázek 11 – Výroba elektřiny podle typu paliva



Zdroj: (20)

Mezi přední soudobé dodavatele v ČR patří Pražská energetika a.s., ČEZ a.s. a E.ON Energie a.s. přičemž průměrná cena za 1 kWh elektřiny činí 4,10 Kč<sup>1</sup>. (22)

<sup>1</sup> cena uvedená za leden 2019

## 4.2.1 Pohled distributorů na elektromobilitu

### 4.2.1.1 ČEZ, a.s.

Podle slov manažera útvaru /e/mobilita Tomáše Chmelíka elektromobilita bude tvořit stále významnější podíl na trhu, nicméně přímo revoluce elektromobility se v ČR neočekává. Může za to především určitá skepse či menší kupní síla obyvatel i omezenost podpory čisté mobility. Cílem společnosti je soustředit se převážně na výstavbu rychlodobíjecích stanic nacházejících se na strategicky důležitých místech tj. města a hlavní silniční tahy. Důležitá je také orientace na běžné dobíjení v místech, kde lidé tráví více času tj. obchodní domy, supermarkety, pracoviště. Pro výběr lokalit dobíjecích stanic je klíčová dostupnost elektrického příkonu. Společnost zatím nikterak nekoordinuje strategii návaznosti se zahraničními partnery. Nicméně klade se důraz na to, aby uživatel měl bez problémů možnost dobíjení od ostatních provozovatelů v EU. Cílem společnosti ČEZ v nejbližší budoucnosti je mít 500 rychlodobíjecích a 400 běžných dobíjecích stanic. (23)

### 4.2.1.2 E.ON Energie a.s.

Společnost E.ON podle vedoucího oddělení Mobility Services pana Miroslava Fialky současně podporuje rozvoj čisté mobility, jak díky zemnímu plynu, tak zejména díky elektřině. Společnost se pyšní svou moderní dobíjecí stanicí blízko města Humpolec, kde za 250 dní ve funkci zprostředkovala více jak 100 MWh elektřiny pro různé druhy EV. Hlavním cílem společnosti je vybudovat rychlodobíjecí stanice v dopravně významných lokalitách a celkově tak vytvořit pátevní síť stanic v ČR. Společnost dále přiznává, že plánování a výstavba dobíjecích stanic je dlouhodobou záležitostí a vyžaduje vysoké investice. V současné době se navíc jedná o ztrátové investice, které se společnost snaží pokrývat různými dotacemi od EU. Společnost je zapojena do projektu Fast-E, díky němuž bude vystavěno několik dobíjecích stanic v blízkosti hraničních přechodů s cílem propojenosti s okolními evropskými zeměmi. (23)

## 4.3 Analýza současného stavu

Doba, ve které žijeme, je urychlená a plná nejasné budoucnosti co se automobilového průmyslu týče. Jedno je jisté, individuální automobilovou dopravu čekají nelehké časy. Evropská unie neustále tlačí na výrobce automobilů, aby vyráběli zejména elektrické automobily a všeobecně snižovali celkové výrobní a provozní vyprodukované emise. Změna v podobě EV má být přitom co nejrychlejší. Obměnit vozový autopark na území téměř celé EU ve zlomku pár let je ale nemožné, jedná se totiž o miliony kusů automobilů. EV mají navíc v dnešních dnech vysokou pořizovací cenou, zejména kvůli svým akumulátorům. Záměry EU mohou vést k protestům a demonstracím jako například v Paříži protest tzv. žlutých vest. Tento protest je veden hlavně kvůli zdražování pohonných hmot, s myšlenkou brzké obměny konvenčního automobilu za EV či jinou alternativu. Nicméně je dokázané, že ve 21. století změna technologií pohonu vozidel přijde. Těžba ropy je omezena, neboť se jedná o vyčerpateľný zdroj energie a je důležité se postupně připravovat na změnu. Onou změnou může být přechod na elektromobilitu. Jak se k současné situaci staví automobiloví výrobci? (24)

### 4.3.1 Současní automobiloví výrobci

#### 4.3.1.1 Tesla Inc.

Jedná se o automobilovou společnost založenou M. Eberhardem a M. Tarpenningem roku 2003 na území Kalifornie, USA. Společnost se zaměřením převážně na automobily řídí v současné době známý miliardář, vizionář a vynálezce Elon Musk. Jak z názvu firmy vyplývá, automobilka vyrábí vozy výhradně s pohonem na elektrickou energii. (25)

Cílem Tesly Inc. je ukázat, jak EV mohou být lepší než vozy se spalovacími motory, a jak je ve finále porazit. Současně nabízené modely nesou označení S, X a 3. Model S je celkově teprve druhým vyráběným modelem značky a patří do kategorie luxusních vozů. Zcela prvním automobilem byl sportovně orientovaný typ Roadster, který vycházel z vozu Lotus Elise. Navrhování tohoto vozu nebylo jednoduché, byl zde převážně problém s možným samovznícením pohonného ústrojí. Tesla však problémy vyřešila a Roadster se ve finále stal prvním sériově vyráběným elektromobilem, který překonal nájezd 320 km na jedno nabití. Jeden z vozů byl dokonce vypuštěn do vesmíru pro reklamní účely firmy. Zpátky k Modelu S, o kterém lze konstatovat, že právě on proslavil danou společnost nejvíce. Vrcholná verze P100D se pyšní zrychlením z 0-100 km/h za 2,5 sekundy a možným dojezdem až 613 km. Model S do poloviny roku 2018 bylo možné koupit s celoživotním dobíjením zcela zdarma.

Dalším nabízeným typem je Model X, který názorně ukazuje, že i „SUV“ může mít elektrický pohon. Pohon 4x4 zajišťují dva elektromotory umístěné jednotlivě na přední a zadní nápravě. Novinkou je Tesla Model 3, automobil, který má konkurovat samotnému BMW 3 a do Evropy dorazil již v únoru 2019. Základní cena vozu by měla začínat na zhruba 790 000 Kč bez DPH, s dotacemi a různými výhodami lze koupit Model 3 za v přepočtu 550 000 Kč<sup>2</sup>, což dělá tento vůz velice konkurenceschopným. Novinkou je také použití reluktančního elektromotoru v Modelu 3. (25), (26), (27), (28)

Společnost Tesla plánuje na rok 2020 dva nové modely. Prvním bude Model Y, který bude dobývat trh jako v poslední době oblíbený crossover. Druhým vozem, který je možný vidět na obrázku číslo 12, bude zcela nový model Roadster, který se má stát prvním sériově vyráběným automobilem, které dokáže zrychlit z 0-100 km/h pod hranici dvou sekund. Maximální rychlost Roadsteru by se přitom měla vyšplhat až k 400 km/h s neuvěřitelným dojezdem 1000 km. Baterie by podle dostupných informací měla mít kapacitu 200 kWh a jejím úkolem bude dodávat elektrickou energii pro celkem tři elektromotory umístěné na nápravách vozu. (29), (30)

**Obrázek 12 – Tesla Roadster 2020**



Zdroj: (31)

Chloubou společnosti jsou i dobíjecí stanice označované jako Superchargery, které mohou dosahovat výkonu nabíjení až 120 kW. V současné době jsou 3 místa v ČR, kde lze dobíjet ze Superchargerů – Vestec u Prahy, Olomouc a Humpolec. Tesla si také sama vyrábí lithium-iontové baterie pro své automobily v první ze svých současně tří gigatováren.

---

<sup>2</sup> uvedená dotovaná cena je bez DPH a platí pouze na území USA

Gigatovárna 1 má být zcela dostavěna v roce 2020 a svými rozměry by se měla stát největší továrnou světa. Pro Teslu byl rok 2018 nejúspěšnějším v historii značky. V létě roku 2019 má být v ČR zřízen první autoservis pro vozy Tesla. Do této doby se nejbližší servis pro majitele vozů Tesla nacházel v rakouské Vídni. (32), (33)

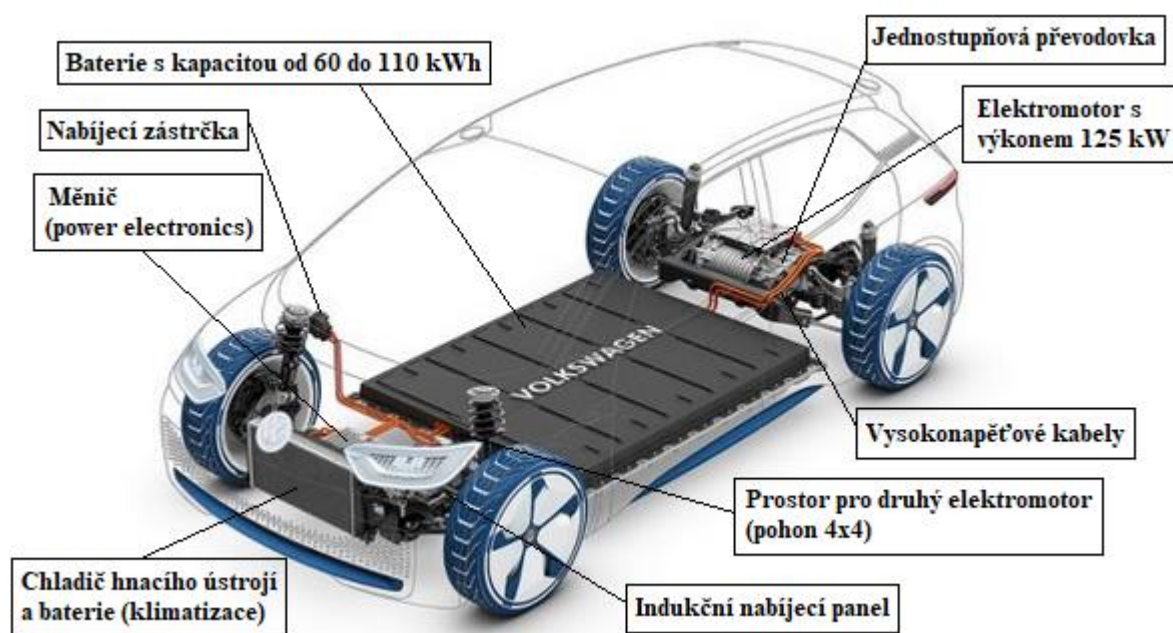
#### 4.3.1.2 Volkswagen Group

Volkswagen Group je momentálně největší automobilkou na světě. Společnost byla založena roku 1937 a její sídlo se nachází v německém Wolfsburgu. Dnešní německý koncern vlastní dohromady 12 jednotlivých značek, jak klasické automobilové, tak i nákladní a užitkové. (34)

Volkswagen se již několik let věnuje elektromobilitě a to převážně kvůli konkurenčnímu boji, hrozbě nových emisních limitů a aféře Dieselgate z roku 2015. Značka VW v současné době nabízí dva elektrické modely. Prvním je VW e-UP!. Jedná se o vůz kategorie mini s dojezdem až 160 km na jedno nabití a výkonem elektromotoru až 60 kW s točivým momentem 210 Nm. Vůz je se svými parametry ideálním společníkem do města a hojně je využíván například společností DámeJídlo. Druhým a současně nejprodávanějším EV v České republice je VW e-Golf. Prodáno bylo celkem 260 vozů. Novější druhá generace se chlubí dojezdem téměř 300 km. Tato verze byla podrobena testu a je popsána v praktické části práce. Vozy e-Golf v současné době nejvíce využívají společnosti formou operativních leasingů pro své pracovníky. Firmy mají nárok podle předepsaných podmínek na dotace od státu ke koupi EV. (2), (35)

Nejbližší budoucnost pro německý koncern má jasné cíle, které naznačují neustávající tlak v invazi elektromobility do celého světa. Hlavní šéf společnosti Herbert Diess uvedl že: „Do roku 2023 chceme do nových technologií investovat 44 miliard €. Hlavním tématem budoucnosti pro nás zůstává elektromobilita“. Zásadním cílem automobilky je především prosadit přijatelnou cenu EV, která se bude blížit cenové kategorii dnešních dieselových vozidel s úmyslem masově rozšířit elektromobilitu mezi běžné skupiny lidí. Receptem na tento plán má být nová platforma MEB neboli „Modularen ElektrifizierungBaukasten“, která byla navržena jakožto systém umožňující stavbu automobilů různých kategorií a velikostí. Nová modulární platforma je výhradně určena pro EV s bateriovým pohonem a lze jí spatřit na obrázku číslo 13 ve schématu vozu I.D. Neo. (36), (37), (38), (39)

Obrázek 13 – VW I.D. Neo



Zdroj: (40), (41)

MEB vychází z platformy MQB, kterou využívá i e-Golf. Starší platforma byla stavěna s ohledem na spalovací motory a pro EV byla z důvodu omezeného místa pro baterie označena jako nevhodná. Baterie musí být izolovány a musí být umožněno jejich ochlazování či ohřívání na základě vnějších podmínek, což vyžaduje více prostoru. Jedním z nových řešení u elektrických VW je způsob chlazení baterií. Chladicí kapalina není vedena uvnitř baterie, jako tomu bývá u vozů značky Tesla, ale je vedena pouze spodní částí baterie. Toto řešení má přinést větší spolehlivost a snížení ceny už tak drahých baterií. VW má také v plánu vystavět svou vlastní továrnu, ve které bude ve velkém vyrábět baterie pro své vozy. Dalším cílem je snížit dobu nabíjení, konkrétně se hovoří o nabití 80% baterie za 30 minut. Doba nabíjení vychází z celkové kapacity samotné baterie, tedy čím větší kapacita, tím delší nabíjení a déle strávený čas u dobíjecích stanic. (36), (37), (38), (39)

Jak již bylo uvedeno, trh s EV se ve Wolfsburgu nebere na lehkou váhu, a proto bylo uvedeno hned několik konceptů, které v sériové podobě budou brázdit i naše silnice. Koncern VW konkrétně představil své budoucí EV pod označením I.D.. Tato studie představuje dohromady pět produkčních EV, které by se měli objevit v příštích čtyřech letech na trhu. Jedná se o vozy Neo, Crozz, Vizzion, Buzz a spekulované malé SUV. Rodinu I.D. je možno vidět na obrázku číslo 14. Rokem 2025 společnost plánuje stavět a prodávat 3 milióny EV každý rok. (41), (42)

Obrázek 14 – Studie I.D.



Zdroj: (43)

#### 4.3.2 Přístup veřejně známých společností k elektromobilitě

Přístup společností k elektromobilitě je různorodý, někteří na ní nedají dopustit, jiný ji odsuzují. Zde je příklad dvou společností, které vidí v elektromobilitě jistou budoucnost, zejména pro svou firemní mobilitu. Nutno však podotknout, že se na tomto chování podílí velkou měrou EU.

##### 4.3.2.1 Siemens AG

Společnost v současné době poskytuje celkem 740 firemních automobilů na území ČR, z toho je 10 plně elektrických a 2 plug-in hybridy. Trend počtu firemních automobilů neustále narůstá a firma se zavázala, že v roce 2020 klesnou její emisní hodnoty CO<sub>2</sub> o 50% a v roce 2030 dokonce o 100%. Aby se splnily tyto cíle, vydala se německá společnost cestou elektromobility. Zatím není zřejmé, zda EV zcela nahradí její firemní flotilu, nicméně je jisté, že EV budou tvořit její značnou část. V příštích několika letech se počítá s nákupem několika desítek vozů VW Neo. Je však důležité, aby EV získávaly elektrickou energii z obnovitelných zdrojů, jinak je snaha zbytečná. Společnost například postupně instaluje solární panely na střechy svých sídel, za účelem získání „čisté“ elektřiny. (44)

##### 4.3.2.2 MONETA Money Bank

Jedná se o první společnost v ČR, která prohlásila naprostou invazi EV do její společnosti. Firma se rozhodla kompletně obměnit svůj vozový park s konvenčními automobily těmi elektrickými. V první fázi objednala celkem 150 elektrických e-Golfů, přičemž koncem



roku 2019 by jich mělo čítat přes 200 kusů. Společnost také intenzivně jedná se svými partnery ohledně blízkosti dobíjecích stanic v okolí jejich celkem 230 poboček. Jako důvod pro tuto razantní změnu se jeví opět snaha o snížení celkových emisí a zlepšení životního prostředí. (45)

#### 4.3.3 Výhody pro elektromobilitu

Elektromobilita představuje jakousi novou éru individuální automobilové dopravy, a jak už to v životě bývá, začátky nejsou pro nikoho jednoduché. Proto, aby se EV staly víc populárními a uchytily se na již nabitém automobilovém trhu, je potřeba zajistit jim jisté výhody, na které uslyší především potencionální zákazníci. V ČR patříme s elektromobilitou k zemím, které o ní nejeví příliš velký zájem. I přes tento fakt, zde ale existuje několik zajímavých výhod.

- Dotace od státu ke koupi EV (pro právnické osoby)
- Speciální registrační značka (EL\*\*\*\*\*)
- Parkování na všech modrých i fialových zónách zdarma
- Zdarma poplatek za zápis do registru vozidel
- Jízda po vyhrazených jízdnicích
- Dálnice zcela zdarma

Ve státech západní Evropy jako je Norsko, Nizozemsko či Německo je dnes zcela normální uplatnit dotaci neboli zlevněnou částku na elektromobil pro každého člověka. V Německu lze dostat příspěvek od státu v hodnotě až 104 000 Kč<sup>3</sup>. V ČR jsou dotace pro fyzické osoby velkou neznámou. Pokud se však jedná o podnikatele, je situace opačná. Pro rok 2019 je připraveno 200 miliónů Kč ve formě dotací na koupi EV pro právnické osoby, ovšem za určitých podmínek. (46)

Speciální registrační značky mají být k dispozici od jara 2019. Možnost parkování v městských zónách je možná po zaplacení poplatku 100 Kč na Magistrátu hlavní města Prahy. Registr vozidel pro EV je zdarma, pro ostatní automobily je poplatek 800 Kč. Možnost jízdy po vyhrazených pruzích či bezplatná jízda po dálnicích je zatím ve fázi jednání. (47), (48)

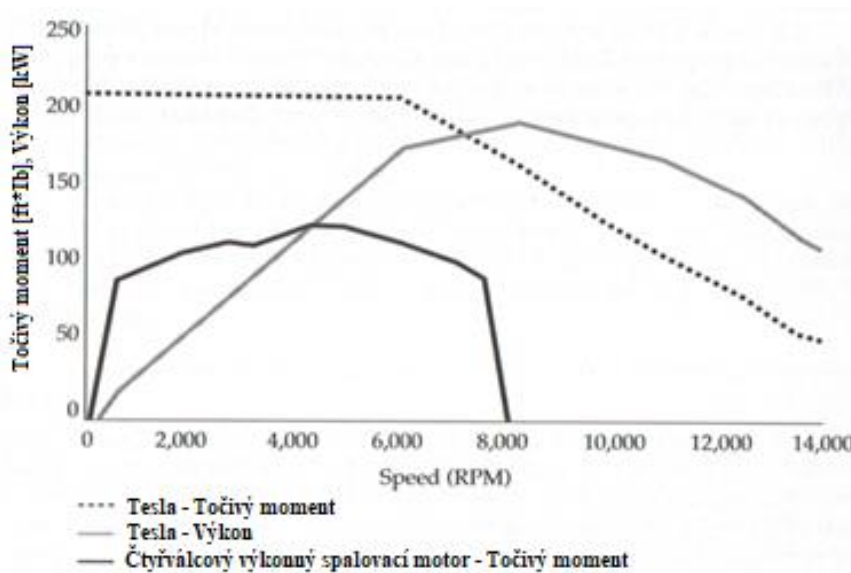
---

<sup>3</sup> maximální částka určená pro luxusní EV, jako je například Tesla Model S

## 4.4 Elektrovozidlo (EV)

Rčení „v jednoduchosti je krása“ dokonale vystihuje pohonné ústrojí EV. Srovnáme-li EV s konvenčními automobily, zjistíme, že nám odpadá spousta dnes neodmyslitelných prvků. Řadí se mezi ně například vícestupňová převodovka<sup>4</sup>, spojka, nádrž na pohonné hmoty, AdBlue, EGR ventil, turbodmychadlo či kompresor, svody, katalyzátor, DPF, výfuk s tlumiči a v neposlední řadě odpadá také častá výměna motorového oleje. Absence těchto součástí znamená vyšší spolehlivost a nižší servisní náklady v prospěch EV. U klasických konvenčních automobilů je spotřeba pohonných hmot uvedena ve spotřebovaných litrech na 100 km. EV vyhodnocuje spotřebu elektrické energie v kilowatthodinách neboli kWh/100 km. Spalovací motory dosahují účinnosti přibližně okolo 30-40 %, přičemž vznětové motory mají vyšší účinnost než zážehové. Elektromotor na druhé straně může dosahovat celkové účinnosti až 95 %. EV se chlubí zpravidla lehkou celkovou váhou elektromotoru, který oproti obyčejnému spalovacímu motoru ušetří i přes 100 kg. Váhový deficit nicméně odstraňuje obvykle těžký akumulátor. Na obrázku číslo 15 je pro zajímavost možné vidět vnější otáčkovou charakteristiku EV ve srovnání s vozem se spalovacím motorem. Sledovanými parametry jsou točivý moment a výkon Tesly Roadster v porovnání s výkonným čtyřválcovým vozem. (49), (50), (51)

Obrázek 15 – EV versus konvenční automobil



Zdroj: (8)

<sup>4</sup> EV díky širokému spektru využitelných otáček nejčastěji využívá jednostupňovou převodovku, existují však i výjimky s vícestupňovými převodovkami (např. 3 – 4 rychlostní stupně). S více převodovými rychlostmi lze zvýšit dojezd EV až o 20 %, neboť přináší vyšší efektivitu jak ve městě, tak na dálnici.

Uvnitř EV se nachází elektromotor, který může být se stejnosměrným či střídavým napájením. Aby elektromotor vykonával požadovanou práci, je zapotřebí zdroj elektrické energie resp. akumulátor. Z něho se bere elektrická energie a ta se zásluhou funkce motoru přeměňuje na mechanickou energii. Mezi elektromotorem a akumulátorem se nachází mozek EV neboli controller, jehož funkcí je řízení či ovládání výkonu příslušného EV. Celý proces je řízen na základě polohy akcelérátoru neboli potenciometru. (8), (50), (52)

#### 4.4.1 Elektrický motor

Nejprve je nutno podotknout, že mezi hlavní přednosti elektromotoru patří nulové emise při chodu motoru. Elektromotor přitom nabízí vysoký výkon, minimální údržbu a přijatelnou nákupní cenu. Existují dvě slova, která jsou typicky charakteristická pro elektrický motor – výkon a hospodárnost. Princip elektromotoru vyplývá z přitahování a odpuzování magnetů díky magnetickému poli, které vzniká průchodem elektrického proudu. Vzniklý jev se nazývá elektromagnetická indukce. Elektromotor je velice efektivní, neboť jeho účinnost přesahuje 90 %. Jeho funkcí je přeměňovat elektrickou energii na mechanickou či naopak. Záleží, jakou práci po něm vyžadujeme. V případě přeměny mechanické energie na elektrickou je elektromotor nazýván tzv. generátorem. Tento děj nastává i u EV a je velice užitečný, neboť zpětně vrací elektrickou energii do akumulátoru. Zde je tato funkce označována jako rekuperace. (8), (53)

##### 4.4.1.1 Schopnost rekuperace

Rekuperace přináší jednu ze zásadních výhod, které moderní EV přinášejí. Jak již bylo zmíněno, jedná se o zpětné dobíjení akumulátoru díky kinetické energii, která by se za normálních okolností přeměnila v odpadní teplo v brzdách vozu. Rekuperace se projevuje brzděním vozu díky odporu motoru. Onu deceleraci má na starosti elektronický počítač vozu, který dá příkaz motoru, aby pracoval jako generátor. Funkce se projeví tak, že otáčky rotoru budou vyšší než otáčky otáčivého magnetického pole. Vygenerovaná elektrická energie je následně poslána zpět do akumulátoru k dalšímu využití. Tato schopnost přispívá také k delší životnosti brzdové soustavy. (54)

#### 4.4.2 Rozdělení elektrických motorů

Elektrický motor je v současnosti hojně využíván a najdeme ho v různých velikostech, tvarech a typech všude kolem nás. Využití může být například v tramvajích, startérech, elektrických kolech, vrtačkách či jako pohon stěračů u automobilu. V naprosté většině se

používá konstrukční řešení, které dělí elektromotor na rotor a stator. Rotor je rotující část ve středu statoru, která je tvořena soustavou elektrických vodičů otáčejících se kolem magnetického jádra. Stator je pevná, nepohyblivá část elektromotoru, která je obvykle tvořena buď permanentním magnetem nebo elektromagnetem. Zatímco permanentní magnet je obdoba klasického magnetu se severním a jižním pólem, elektromagnet se skládá z jádra a cívek resp. vinutí, díky kterým se vytvoří dočasné magnetické pole zásluhou procházejícího elektrického proudu. Jeho jádro se skládá z několika izolovaných tenkých feromagnetických kruhů, které zamezují vzniku jakýchkoli nežádoucích ztrát. Dalšími podstatnými částmi elektromotoru je kryt, valivá ložiska, vodiče a chlazení. (53), (55)

Existuje široká škála jednotlivých druhů elektrických motorů. Z hlediska omezeného rozsahu práce zde budou zmíněny jen ty nejzákladnější a zároveň pro EV ty nejpodstatnější druhy elektromotorů. Elektromotory se rozdělují podle typu využívaného napájení:

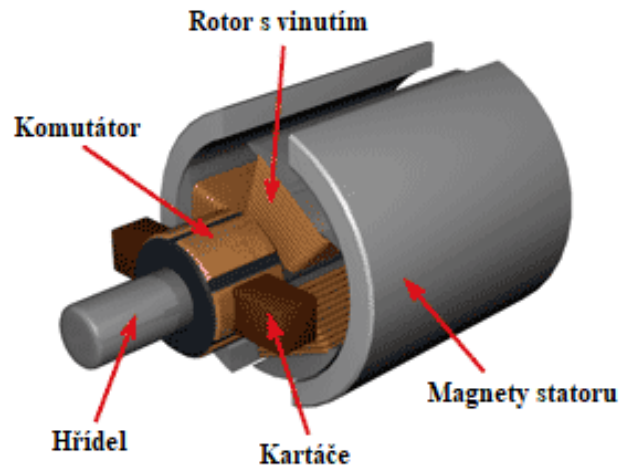
- stejnosměrné (DC)
- střídavé (AC)

Oba druhy motorů se využívají ke stejnému účelu, jsou však odlišně konstruovány. Stejnosměrné elektromotory poskytují nejlepší počáteční točivý moment, naproti tomu střídavé elektromotory jsou nejvíce efektivní při jízdě. Použití obou těchto druhů dohromady je technicky možné. (8), (56)

#### 4.4.2.1 DC elektromotor

Elektromotory se stejnosměrným napájením mají obvykle konstrukci obsahující komutátor a kartáče, což zvyšuje požadavky na údržbu samotného motoru. Komutátor přepíná polaritu rotoru, tak aby byla zajištěna potřebná setrvačnost motoru. Jedná se tedy o neustálé přepínání směru procházejícího proudu a orientace magnetického pole v rotoru. Komutátor je dnes možné nahradit chytrou elektronikou. Rychlost stejnosměrného elektromotoru je jednoduše řízena změnou proudu vinutí kotvy neboli rotoru. Podle literatury Build your own electric vehicle je typ bezkartáčového elektromotoru s permanentními magnety tím nejlepším DC elektromotorem na trhu pro EV. Nicméně dnes se kvůli svým výhodám jako je celková efektivnost, reverzace a regenerativní brždění v EV nejvíce využívají AC elektromotory. Na obrázku číslo 16 je pro představu znázorněn stejnosměrný elektromotor s permanentními magnety. (8), (55), (56)

Obrázek 16 – DC elektromotor s permanentními magnety



Zdroj: (57)

#### 4.4.2.2 AC elektromotor

Elektromotory se střídavým napájením jsou nejvíce využívanými elektromotory v průmyslu. Střídavé indukční motory nevyžadují žádné kartáče ani komutátory, což zvyšuje jejich životnost. U EV musejí obsahovat měnič neboli střídač (inverter), neboť napětí v akumulátorech je stejnosměrné a musí být transformováno do motoru. Oproti DC motorům jsou levnější a vyžadují minimální údržbu. Rychlost se u AC elektromotorů řídí změnou frekvence střídavého napájení. Pro pohon EV jsou více než vhodné. Motory se rozdělují na dva typy:

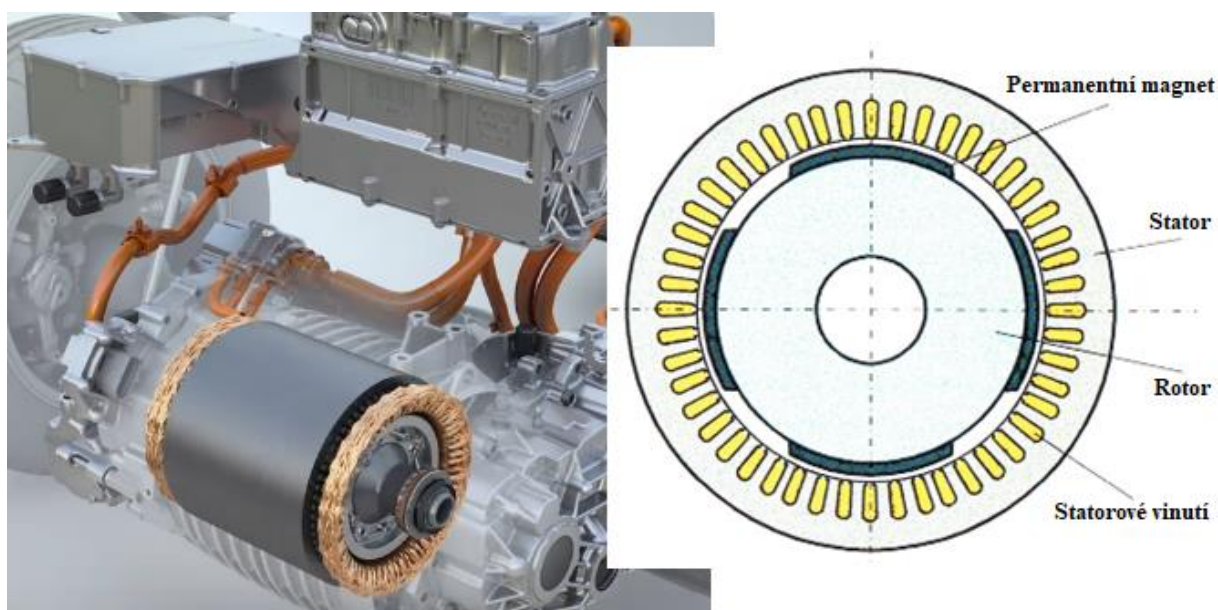
- Synchronní motor
- Indukční (asynchronní) motor

Konstrukce obou druhů se skládají ze statoru a rotoru. Rozdíl mezi synchronním a asynchronním motorem je v rozdílné rychlosti otáčení rotoru a magnetického pole vzniklého ve volném prostoru mezi rotorem a státorem. Pokud jsou rychlosti rotoru a rotujícího magnetického pole stejné, jedná se o synchronní motor. Je-li rychlost rotoru menší než otáčky magnetického pole, označujeme motor jako asynchronní. Onen rozdíl je tedy v tzv. skluzu, který se pohybuje v hodnotách okolo 4-11 %. Kdyby byl skluz větší, motor by se zastavil. (56), (58), (59), (60)

## Synchronní motor

Synchronní motor může být s permanentními magnety nebo elektromagnety, přičemž rotor mívá dva a více pólů vhodných pro nízkootáčkové motory. Synchronní AC motor s permanentními magnety využívá VW e-Golf a e-UP!. Synchronní motor s permanentními magnety neboli PMSM se chlubí velkou účinností a umožňuje jednoduché provedení chlazení, které je u e-Golfu zprostředkováno chladicí kapalinou na bázi glykolu. S použitím magnetů ze vzácných zemin se zvyšuje hustota toku ve vzduchové mezeře a tím se zvyšuje výkon motoru. Tento motor nabízí nízkou setrvačnost rotoru a tím rychlou odezvu, ztráty rotoru jsou velmi nízké a je také velice tichý s minimálními vibracemi. Stator je mechanicky upevněný a připojený k externím obvodům. Ve většině případů má stator třífázové vinutí zapojené do hvězdy. Stator se rozděluje na dvě části a to na magneticky nevodivou železnou část a měděné vinutí. Oproti tomu rotor je mechanicky volný a je součástí hřídele s ložisky. Rotor se také skládá ze dvou částí a to z magneticky vodivého železa a permanentních magnetů, které produkují magnetický tok. Motor je vybaven snímačem polohy rotoru pro zpětnou vazbu k řídicí jednotce. Na obrázku číslo 17 je vyobrazeno schéma řezu PMSM. (61), (62)

Obrázek 17 – Řez PMSM

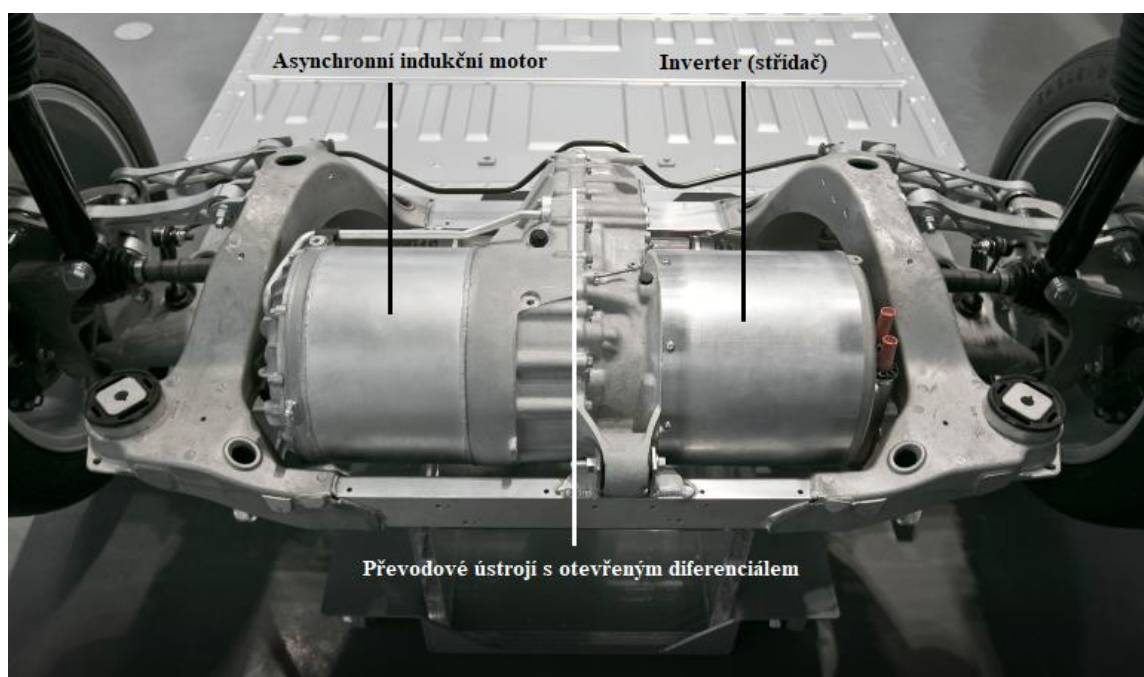


Zdroj: (2), (62)

### Asynchronní indukční motor

Asynchronní indukční motor neboli AM je velice využívaným elektromotorem jak v průmyslu, tak u EV. Automobilkou, která využívá tyto motory je značka Tesla. Příkladem je Model S a X. AM se chlubí svou jednoduchostí a robustní strukturou. Existuje několik typů indukčních motorů, všechny však pracují na stejném principu. Elektromotor u vozů Tesla se skládá z rotoru a statoru. Jak už tomu u elektromotorů bývá, stator je pevně integrován do motorové části, přesněji řečeno v prostoru na nápravě vozu. Stator se skládá z tenkých železných plechů, ve kterých jsou vedeny tři fáze vinutí. Rotor je také vyroben z tenkých kovových plechů, které jsou umístěny mezi souborem vodivých tyčí, jenž jsou na svých koncích vodivě propojeny, lépe řečeno zkratovány. Střídavý proud vytváří ve třífázovém vinutí rotující magnetické pole. Toto čtyřpólové magnetické pole indukuje ve vodivých tyčích elektrický proud a tím dochází k pohybu rotoru. Rychlost otáčení rotoru závisí na frekvenci střídavého napájení. Změnou frekvence lze snadno a spolehlivě změnit rychlost vozidla. Motor pracuje efektivně v jakémkoli rozsahu otáček, přičemž rychlost rotoru se pohybuje od 0 do 18 000 ot/min. Chlazení je u Modelu S zprostředkováno pomocí chladicí kapaliny, která obtéká středem rotoru přes povrch statoru a převodové ústrojí. Chlazený je také elektronický modul tzv. inverter neboli střídač. Pohonnou jednotku Tesly Model S je možné vidět na obrázku číslo 18. (54), (60)

**Obrázek 18 – Pohonná jednotka Model S**



Zdroj: (63)

#### 4.4.3 Controller

Jedná se o počítač neboli mozek EV, který se stará o efektivní a bezpečné řízení jednotlivých komponentů v EV. Controller jinými slovy kontroluje a řídí výkon EV. Existuje široká škála controllerů jak pro DC, tak pro AC motory. U modelů značky Tesla byl využit tzv. Power Electronic Module neboli PEM, který obsahuje střídač a nabíjecí systém. Hlavním úkolem elektronického modulu je převádět stejnosměrný proud z baterie na střídavý proud do motoru. Děj je prováděn díky 72 izolovaným bipolárním tranzistorům.<sup>5</sup> Dalšími funkcemi systému je řízení otáček motoru, změna úrovně napětí či řízení rekuperačního brzdění a mnoho dalších. (8), (64)

#### 4.4.4 Akumulátor

Jako obyčejné vozidlo se spalovacím motorem potřebuje palivovou nádrž, EV potřebuje svůj zdroj elektrické energie. Akumulátory jsou dnes téměř ve všech elektronických přenosných zařízeních, jako je mobilní telefon, notebook či tablet. A právě díky těmto mobilním zařízením se neustále vyvíjí, zlepšují, zdokonalují a v neposlední řadě díky poptávce i zlevňují. Nicméně pro EV stále platí, že akumulátory tvoří téměř 1/3 z celkové ceny vozu a cena vždy hraje velkou roli. Kapacita baterií se udává v kilowatthodinách. Všeobecně platí, čím vyšší kapacita baterií, tím delší možný dojezd, ale i větší zástavbová plocha, hmotnost a delší nabíjení do plna.

Je pravdou, že EV používají dvě baterie. První je úplně stejná, jakou bychom našli u konvenčních automobilů. Jedná se o 12 V olověné autobaterie, dnes nejčastěji typu AGM. Tyto baterie slouží k pohonu příslušenství či spotřebičů automobilů. Druhou baterií v dnešních moderních EV bývá nejčastěji typ Li-Ion. Tyto typy baterií slouží jako zdroj energie pro elektromotor. Ukrywají se nejčastěji mezi nápravami vozu resp. pod sedadly interiéru. Současně existuje několik druhů akumulátorů, viz tabulka číslo 2.

---

<sup>5</sup> v případě modelu Tesla Roadster z roku 2008



**Tabulka 2 – Druhy akumulátorů**

Akumulátor	Měrná kapacita energie (Wh/kg)	Přibližný počet nabíjecích cyklů	Samovybíjení (%/měsíc)	Výhody	Nevýhody
Olověný (Pb)	10	1 000	20	Velmi levné	Dlouhé nabíjení, vysoká váha, rychle ztrácí kapacitu i při částečném vybití
Nikl-kadmiový (NiCd)	50	1 000	25	Levné, široký teplotní interval užití	Jedovaté pro životní prostředí, paměťový efekt
Nikl-metal hydridový (NiMH)	70	500–1 000	15–20	Levné, vyšší měrná kapacita, nejedovaté	Citlivé na vysoké teploty - samovybíjení, při nízkých teplotách ztrácí energii
Lithium-iontový (Li-Ion)	150–180	1 000	5–10	Rychlé nabití, bez paměťového efektu, netrpí samovybíjením	Drahé, citlivé na přehřátí a přebití, při úplném vybití ztrácí kapacitu
Lithium-polymerový (Li-Pol)	až 200	1 000–2 000	5	Velmi lehké, vysoké napětí, netrpí samovybíjením, tvarovatelné	Vysoká pořizovací cena, citlivé na přehřátí a přebití

Zdroj: (65)

Pokud je nutné vytknout nějakou slabinu EV, jsou to právě baterie. Jejich vlastnosti nejsou nikterak úchvatné. Ohledně vývoje baterií se neustále zabývají společnosti po celém světě, je však známo, že technologický pokrok s bateriemi bývá pouze okolo 5 % každý rok. Nejvyšším cílem pro vlastnosti akumulátorů by bylo dosáhnout stejného množství energie na kilogram, jako mají dnešní fosilní paliva. Dnes má však běžný akumulátor zhruba pouhou 1/15 energie na kg, jako má konkurenční benzín. V současnosti se nicméně nejvíce klade důraz na snížení pořizovací ceny baterií a případné zvyšování jejich kapacit. (62), (65)

#### 4.4.4.1 *Li-Ion baterie*

Lithiové akumulátory jsou dnes nejpoužívanějším a dalo by se říci i nejlepším druhem baterií na současném trhu. Důvodem je možnost opětovného nabíjení a vybíjení, vysoké napětí, dlouhá životnost a dobrá bezpečnost. Název Li-Ion je kvůli iontům  $\text{Li}^+$ , které při vybíjení putují ze záporné elektrody na kladnou a při nabíjení naopak. Záporná elektroda se skládá z grafitu obohaceného lithiem a polyolefinem. Kladná elektroda má širokou možnost složení jako například  $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiNiO}_2$  či  $\text{LiV}_2\text{O}_5$ . Jako elektrolyt se nejčastěji používá  $\text{LiPF}_6$  rozpuštěný v nepolárním rozpouštědle. (66)

Obrázek 19 – Li-Ion baterie Tesla 18650



Zdroj: (67)

Na obrázku číslo 19 je vyfocena Li-Ion baterie Tesly Model S s kapacitou 85 kWh. Celý akumulátor se skládá ze 7 104 článků baterií po 16 skupinách. Jelikož baterie má optimální teplotu okolo 15–20 °C, jsou jednotlivé články chlazeny či zahřívány kapalinou na bázi glykolu. Kapacita jednoho článku by podle výrobce měla být 3600 mAh s možným krátkodobým odběrem až 30 A. Všechny články by na základě řídicího obvodu měly být přibližně stejně zatěžovány. Lze tak prodloužit celkovou životnost baterie. Dnes se již vyrábějí nové bateriové články s označením 2170 od společnosti Panasonic. Tyto články se podle slov Elona Muska chlubí „nejvyšší energetickou hustotou na světě při zachování nejnižší ceny“. Úplnou novinkou je druh baterií založený na dvousložkovém elektrolytu, který se zaměřuje především na výkon a životnost. Jedná se zatím o patent, který je ve stádiu testování, nicméně je zde náznak dalšího vývoje akumulátorů. (67), (68), (69)

#### Revoluční řešení společnosti Toshiba

Společnost Toshiba patří mezi přední výrobce Li-Ion baterií. V roce 2017 oznámila nový druh technologie v oblasti lithiových baterií, která poskytuje vysokou hustotu energie, možnost super rychlého dobíjení a menší náchylnost na degradaci baterie. Novinkou je typ baterie SCiB™, která nabízí trojnásobnou rychlost nabití oproti současným generacím baterií. Údajně lze nabít 320 km dojezdu za pouhých 6 minut. Důvodem má být nový materiál anody, který zdvojnásobuje kapacitu pro ukládání lithia v grafitových anodách. Konkrétně se jedná o tzv. titanový oxid niobu. Po několika zkouškách je jisté, že si baterie zachovává dlouhou

životnost, nízkoteplotní provoz a vynikající bezpečnost. Společnost se snaží, aby první výrobky byly k dispozici již v roce 2019. (70)

#### 4.4.4.2 Životnost baterií

Životnost baterií má dva základní parametry. „Calendar life“, který určuje stáří v uplynulém čase a „cycle life“, který určuje počet cyklů nabití a vybití baterie za život baterie. Podle poznatků z praxe se jeví, že v prvních 50 000 km může kapacita baterie klesnout až o 6 %. S dalšími kilometry se situace uklidňuje a kapacita klesá nepatrně, řádově do 1 % každých 50 000 km. Existuje případ, kdy majitel Modelu S najel 320 000 km a degradace akumulátoru byla na 10 %. Životnost akumulátoru lze prodloužit. Dále jsou rady pro delší život baterií. Pro akumulátor je „zdravější“ pomalé střídavé nabíjení než stejnosměrné rychlodobíjení. Majitel by neměl nabíjet akumulátor do plných 100 %, vhodnější je pouze do 90 %. Akumulátory jsou velice závislé na teplotě, proto jim nevyhovují teploty pod bodem mrazu či naopak vedra s teplotami atakujícími 40 °C. Životnost baterií je individuální a závisí, v jakém prostředí ji provozujeme. Obecně však lze konstatovat, že životnost jedné baterie bude za jakýchkoli podmínek alespoň 8 let nebo 200 000 km. Uvedené informace platí výhradně pro lithiové baterie. (71), (72), (73)

#### 4.4.4.3 Vliv na životní prostředí a recyklace baterií

Nejenže baterie tvoří podstatnou část celkové ceny EV, ale jedná se o prvek, díky kterému si spousta lidí pokládá otázku, zda jsou EV ve skutečnosti tak „čisté“, jak se prezentují. Kritickými body životního cyklu baterií je těžba či výroba a finální recyklace.

Vše začíná při těžbě materiálů potřebných k výrobě baterie. Jako hlavní dvě složky u nejpoužívanějších Li-Ion baterií jsou lithium a grafit. V obou případech je nutné vynaložit určitou energii k jejich těžbě. Při těžbě grafitu navíc nastává problém, neboť dochází k uvolňování stříbrného grafitového prachu a ten má negativní vliv na lidské zdraví. Pro životní prostředí v okolí také není vhodné využívání kyseliny chlorovodíkové, která se při těžbě využívá. Například v Číně byla kvůli těmto dvěma podnětům ukončena těžba grafitu. Pro představu Tesla Model S může obsahovat až 50 kg grafitu. (74)

Samotná výroba akumulátorů může být ekologická, pokud je daná továrna zásobována elektrickou energií z obnovitelných zdrojů, jako má být Gigafactory. Výroba se ovšem dělí do několika částí od samotné výroby materiálu po výrobu a pasování do finálního celku. Spousta postupů znamená spousta výrobců a uhlíková stopa se tak může markantně lišit s ohledem na

široce využívaná fosilní paliva. Podle Švédského institutu životního prostředí, které se zabývalo výrobou Li-Ion baterií, je na každou vyrobenou kilowatthodinu baterie spotřebováno 150 až 200 kg oxidu uhličitého. Studie dále podrobila testu baterii Nissanu Leaf s 30 kWh a baterii Tesly Model S se 100 kWh. Zjistilo se, že menší 30 kWh baterie spotřebovala na výrobu 5,3 t CO<sub>2</sub> a větší 100 kWh neuvěřitelných 17,5 t CO<sub>2</sub>. Výpočet vychází z faktu, že elektřina v továrně na baterie je dodávána z více jak poloviny zdrojů fosilních paliv. Je tedy opět velmi důležité vyrábět více elektřiny z obnovitelných zdrojů. I přes takto vysokou emisní hodnotu se Nissan Leaf začne emisně vyplácet po zhruba 3 letech provozu v porovnání s vozem se spalovacím motorem. Nicméně v tomto případě Tesly s vysokokapacitní baterií vychází, že se po emisní stránce začne vyplácet až po 8,2 letech v porovnání s konvenčním automobilem. Při koupi EV je důležité zamyslet se, zda vysokokapacitní baterii skutečně potřebujeme. (75)

Akumulátory mají omezený život, a jelikož patří mezi nebezpečný odpad, je důležité myslet na jejich recyklaci. Myšlenkou je znovuzískání již použitého materiálu a jeho dalšího využití. S ohledem na trvale udržitelný rozvoj území zde existují směrnice, které určují, jak se chovat ke starým, použitým bateriím. Hlavními výhodami recyklace jsou:

- Úspora materiálů využívaných v bateriích a úspora energie
- Snížení CO<sub>2</sub> a nebezpečných látek

Recyklace Li-Ion baterií je v současné době nízká. Důvod je zřejmý, doba elektromobility teprve začíná a jen málo baterií dosáhlo recyklační fáze. Je nutné se však připravit, že zhruba za 20 let bude poptávka po recyklaci baterií z automobilového průmyslu enormní. Již dnes existuje několik podniků, které se zabývají recyklací Li-Ion baterií. Jednou z nich je Li-Cycle<sup>TM</sup>, která tvrdí, že dokáže zpětně získat naprostou většinu materiálů jako je lithium, kobalt a měď z již vysloužilých baterií. Akumulátory lze recyklovat, nicméně nejedná se o jednoduchý proces. Nejprve je nutné postarat se o materiály obalu, tj. hliník, plasty a elektroniku. Poté se lze soustředit na bateriové články. Ty možno recyklovat dvěma způsoby a to pyrometalurgicky nebo hydrometalurgicky.<sup>6</sup> Doufejme, že recyklace do budoucna nebude jen pouhá honba za účelem zisku, ale primárně za šetrností k životnímu prostředí a znovu využití daného materiálu. (76), (77)

Pokud baterie ještě nedosáhla konce své životnosti, může být využita pro jinou méně náročnou práci. Pro baterie to znamená tzv. second life. Baterie je pořád funkční, ale její

---

<sup>6</sup> Pyrometalurgicky – přeměna materiálu za vysokých teplot, hojně využívána

Hydrometalurgicky – za nízkých teplot s využitím vodního roztoku, využití zatím jen v prototypním měřítku

maximální kapacita například dosahuje jen 80 %. Místo akumulátoru v automobilu ji lze přesunout a udělat z ní například úschovnu elektrické energie. Společnost Audi takto dala dohromady staré baterie a využívá je jako pojízdné dobíjecí stanice. Starší baterie mohou napájet také například domácnost. Druhotného využití je široká škála. (78)

#### 4.4.5 Bezpečnost EV

Přechod na elektrický pohon s sebou nese jistá konstrukční úskalí. Jednoznačnou výhodou je malá zástavbová plocha elektromotoru a jeho celková jednoduchost, hmotnost. Tyto parametry se však odrážejí na vlastnostech karoserie z důvodu bezpečnosti, odpadá totiž jedna velká deformační zóna, tj. spalovací motor. Trendem EV je navíc mít elektromotor uložený na zadní nápravě převážně kvůli lepšímu požitku z jízdy. Na tuhost a pevnost karoserie budou dále vysoké požadavky zejména při velké hmotnosti vespuďu vozu, kterou vytvářejí baterie. Takto nízko položená baterie nicméně téměř vylučuje možnost převrácení vozu přes střechu, ale také tvoří jakousi deformační zónu při bočním nárazu. (36)

EV jsou při zejména pomalé jízdě maximálně tiché. To může zejména ve městech představovat jistá nebezpečí pro okolní účastníky provozu. Výrobci proto přicházejí s různými umělými zvuky jízdy automobilu. Co se údržby a servisu EV týče, je důležité proškolit pracovníky na práci s vysokonapěťovým systémem. Práce s ním může být nebezpečná. Vysokonapěťové kabely jsou z bezpečnostního důvodu označeny oranžovou barvou. (79)

Jednoznačnou výhodou pro bezpečnost EV je absence hořlavých látek, jako je benzín a nafta. Na druhou stranu EV mají Li-Ion baterie, které jak známo mají tendenci vznítit se nebo přímo explodovat. Aby byly EV při nejmenším stejně bezpečné jako konvenční automobily, bylo nutné implementovat určitá bezpečnostní řešení. Proto v moderních EV při detekování kolize či narušení prostoru baterie, elektronika kompletně odpojí baterii. Pokud se tak nestane, je důležité, aby příslušná proškolená jednotka hasičů odpojila baterii od daných spotřebičů. Z bezpečnostního hlediska je nezbytné rozdělení baterií do několika skupin s ocelovými pouzdry pro minimální šanci požáru rozšířit se po celé baterii. Stejně podstatné je i chlazení baterií, totiž čím větší teplota baterie je, tím vyšší riziko exploze nastává. Citlivým článkem při nehodě je tedy akumulátor a je důležité umístit ho co možná nejdále od deformačních zón. Podle slov pracovníka společnosti Volvo Thomase Broberga jsou automobily poháněné elektrinou bezpečnější než auta se spalovacími motory. Nezbyvá nám nic jiného než mu věřit. Každopádně bezpečnost nelze brát na lehkou váhu. (80)

## 4.5 Budoucnost IAD

Individuální automobilovou dopravu bude čekat budoucnost plná změn. Nasvědčují tomu záměry EU s cílem zlepšit životní prostředí na našem území. Těmito kroky se však jasně nahrává automobilům s alternativními pohony, neboť konvenční automobily z fyzikálních důvodů nebudou moci držet krok s předepsanými emisními limity při stanovených nových jízdních cyklech. Budoucnost mobility tedy nahrává automobilům s jiným zdrojem energie než je benzín a nafta. Zda se prosadí pohon na CNG, bionaftu, vodík či elektrickou energii je velkou otázkou. Dnes nicméně mají nejlépe nakročeno vozy s elektrickým pohonem a tento fakt si uvědomují i automobiloví výrobci.

Budoucnost bude elektrická, autonomní a sdílená. Přesně tak tomu nasvědčují dnešní záměry. Elektromobilita není jen technologií úspor energie, ale také inovací v oblasti technologie. S vývojem oblasti obnovitelných zdrojů energie pro nabíjení EV dává elektromobilita čím dál tím větší smysl. Díky nulovým přímým emisím jsou EV ideálními společníky do měst. Současné záměry automobilových výrobců snižovat pořizovací ceny EV navíc vedou k jejich potencionální zvýšené popularitě. Budoucí automobil tedy s největší pravděpodobností bude mít elektrický pohon, aerodynamické chassi s minimálním odporem vzduchu, maximum bezpečnostních prvků a možnost plně autonomní jízdy s online připojením. (23)

Automobilky investují miliardy do nově se rozvíjejícího se odvětví a jejich plány a záměry naznačují velkou změnu v automobilovém průmyslu. Budují se neustále nové projekty ohledně nových nabíjecích stanic či nových řešení jako indukčního nabíjení z vozovky, trolejového, bezdrátového nabíjení nebo nabíjení pomocí rychlonabíjecích pantografů. Vývoj nezaostává ani v oblasti akumulátorů včetně nanotechnologií. (23)

V souvislosti s elektromobilitou je důležité využívat obnovitelné zdroje energie, jinak tím celková myšlenka elektromobility nemá smysl. Německo jde tímto směrem a chystá se vyrábět elektrickou energii převážně z obnovitelných zdrojů. Do roku 2022 má odstavit všechny jaderné elektrárny a do roku 2030 všechny uhelné. Prvotní plán se mu daří plnit již dnes, neboť v roce 2018 Německo poprvé vyrobilo více elektřiny z obnovitelných zdrojů než z uhlí. Přesným plánem je roku 2030 vyrábět 65 % elektřiny z obnovitelných zdrojů. (81), (82)

## 4.6 Dobíjecí stanice

Dobíjecí stanice a jejich celková infrastruktura je pro EV velmi klíčová, neboť bez husté sítě dobíjecích stanic nemá smysl elektromobilitu dále rozvíjet. V ČR podle webové stránky EVMapa.cz vyskytuje dohromady 387 veřejných dobíjecích stanic určených pro EV, přičemž jejich počet neustále roste, zejména díky dotacím a programům jako je například CEF.<sup>7</sup> Hustota sítě je důležitá, protože EV mají zpravidla menší maximální možný dojezd než vozy se spalovacím motorem. Samotné nabíjení navíc zabírá poměrně dost času (od třiceti minut až po několik hodin), je tedy vhodné umisťovat stanice v blízkosti občanských vybaveností. Rozdělení dobíjecích stanic lze určit na domácí a veřejné. (83), (84)

### 4.6.1 Domácí nabíjení

K domácímu nabíjení jsou určeny tzv. wallboxy, které lze zakoupit od prodejce automobilu či dodavatele energie. Jejich výkon se pohybuje od 3,7 kW až po 22 kW s jednou nebo třemi fázemi a průměrnou cenou 25 000 Kč. Pro dobití EV samozřejmě stačí nabíjet z obyčejné domovské zásuvky na 230 V a 10 A, nicméně čas nabíjení se podstatně prodlouží. Instalaci je důležité ponechat profesionálním elektrikářům z důvodu bezpečnosti. Dále je nutné zjistit, zda daný wallbox utáhne domácí jistič, neboť obyčejné dobíjecí stanice mají odběr 16 nebo 32 A. Výhodou domácích wallboxů je nabíjení v nočních hodinách, takže EV může být každé ráno plně nabit. EU požaduje, aby každá nová či modernizovaná budova s více jak deseti parkovacími místy měla přípravu pro nabíječky u každého místa. (85)

### 4.6.2 Veřejné nabíjení

Veřejné dobíjení je většinou zpoplatněno a ve vlastnictví cizích společností. Rozdělení je zde na AC či DC neboli pomalé a rychlé dobíjení. AC nabíjení nejčastěji bývá o výkonu 22 kW, ale nejsou výjimkou ani 43 kW. Konektor k AC nabíjení je Mennekes. Pro DC nabíjení je v ČR standardní výkon 50 kW, přičemž dnes nejsou výjimkou ani 350 kW. Typy DC využívají integrovaný kabel s neodnímatelným konektorem CHAdeMO nebo CCS, který je možné použít i na AC nabíjení. Nabíjení bývá zpřístupněno nejčastěji pomocí předplaceného tarifu s čipem, viz příloha. Dalšími možnostmi je platba přes kreditní kartu nebo online přes QR kód. (86)






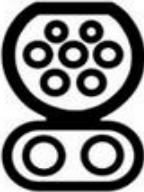
---

<sup>7</sup> CEF – je nástroj či program v překladu Connecting Europe Facility, který je zaměřen na poskytování finanční pomoci EU na transevropské sítě.  
Počet dobíjecích stanic v ČR stanoven k datu 25.2.2019.

### 4.6.3 Konektory nabíjení

Veřejné stanice nejčastěji mají na výběr tři různé druhy dobíjení s odlišnými konektory. Standardním konektorem je Mennekes (Typ 2), který je využívám výhradně pro AC nabíjení. Doplnujícími je CHAdeMO konektor určený pro vozy Nissan Leaf, Kia Soul, Peugeot Ion, Citroen C-Zero a další. Konektor CHAdeMO je společně se třetím konektorem CCS (Combo 2) určený k DC nabíjení. CCS konektory jsou určeny pro evropské EV jako je například VW či BMW a na rozdíl od CHAdeMO konektoru může poskytnout vyšší výkon nabíjení jak 120 kW. Výjimkou není CCS nabíjecí stanice s výkonem až 350 kW. Tento výkon poskytuje síť stanic s názvem Ionity, které jsou výsledkem společné práce automobilek VW, Daimler, Ford a BMW. Jednotlivé druhy nejznámějších konektorů nabíjecích stanic lze vidět na obrázku číslo 20. (86), (87), (88)

Obrázek 20 – Typy konektorů

Střídavý proud AC	Stejnoseměrný proud DC	Kombinovaný (CCS)
Typ 1 Yazaki (Japonsko/USA) 	CHAdeMO (Japonsko/USA) 	Typ 1 CCS (Japonsko/USA) 
Typ 2 Mennekes (Evropa) 	Tesla Supercharger (Japonsko/USA) 	Typ 2 CCS (Evropa) 

Zdroj: (89)

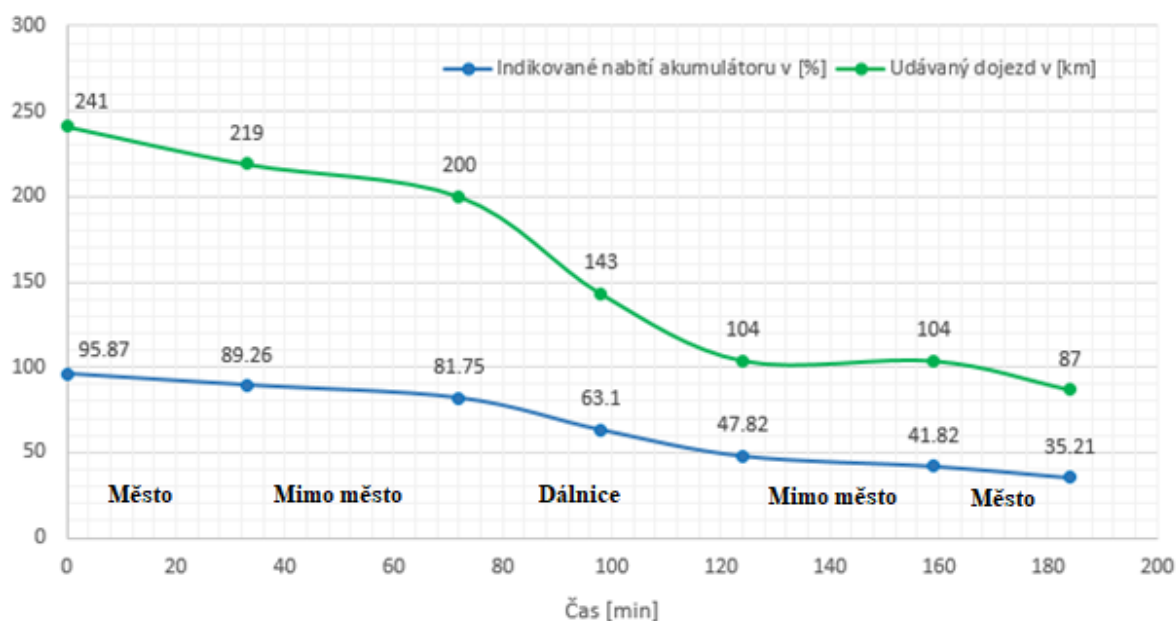


## 5 Praktická část

Tato kapitola obsahuje informace o naměřených hodnotách získaných na základě provedeného reálného testu. Naměřené hodnoty resp. provozní parametry jsou analyzovány pro všechny části měření. Vedlejší měření, které obsahuje data zejména o rychlosti dobíjení, je zde také analyzováno. Nicméně hlavní otázkou zůstává, zda je EV přívětivější k životnímu prostředí než konvenční vůz.

Samotné hlavní měření provozních parametrů započalo v dopoledních hodinách dne 25.10.2018. Vůz měl na začátku testu nabitý akumulátor na 95,9 % své kapacity a palubní počítač hlásil celkový dojezd 241 km. Po absolvování celého experimentu byla hodnota nabití akumulátoru na 35,2 %, přičemž vůz hlásil dojezd 87 km. Celková projetá trasa měřila 128,5 km s celkovou dobou jízdy tři hodiny a čtyři minuty včetně občasných přestávek. Mezi jednotlivými úseky byla průměrná rychlost vozu přibližně 47 km/h a průměrná spotřeba 15,49 kWh/100 km. Při této spotřebě elektrické energie by vůz ujel na plné nabití maximálně 214 km, přičemž se vycházelo z využitelné kapacity akumulátoru, kterou testovaný vůz má přibližně 33 kWh. Ačkoli venkovní teplota v průběhu testu byla okolo 12 °C, vůz byl před testem zaparkován ve vyhřáté garáži. Můžeme tedy konstatovat, že baterie během jízdy měla optimální teplotu a žádný pokles její kapacity nebyl zaznamenán.

Obrázek 21 – Závislost ukazatele celkového dojezdu a postupného vybíjení akumulátoru



Zdroj: vlastní

Na obrázku číslo 21 je možné všimnout si vyobrazených křivek predikovaného dojezdu z palubního počítače vozu a změn indikovaného nabití akumulátoru během celého testu. Největší pokles obou hodnot je možné vidět mezi 72 a 124 min, kdy vůz jel po dálničním úseku s průměrnou spotřebou 16.95 kWh a průměrnou rychlostí okolo 84 km/h. Zajímavým úsekem byl mimoměstský test ve druhém směru, kde palubní počítač ukazoval totožnou hodnotu dojezdu jak na začátku, tak na konci úseku. Důvodem byla častá rekuperace s klesající nadmořskou výškou o necelých 70 metrů.

Ve městě byla očekávaná hustější doprava, zejména v prvním úseku měření. V úseku mimo město byly zaznamenány střídavé kongesce v obou směrech, jejichž vliv se podepsal na provozních parametrech. Na druhé straně dálniční provoz byl bez jakýchkoli komplikací. V souvislosti se stáním v kongescích má EV nespornou výhodu, neboť při zastavení nespotřebovává elektromotor žádný proud, protože otáčky rotoru jsou na nule.

Klíčovou hodnotou, která se při analýze provozních parametrů EV vypočítává, je výkon energie z akumulátoru. U automobilů s pohonem na elektrickou energii se aktuálního výkonu můžeme dopočítat jednoduchým vzorcem. Stačí vynásobit hodnotu toku proudu v [A] s příslušným napětím ve [V]. Výkon dále lze rozdělit na výkon odebraný, který odebral motor akumulátoru a výkon dodaný, který motor vrátil zpět do zdroje na základě rekuperace. Finálním výsledkem je celkový výkon. Při testování, kdy byl vyzkoušen režim plného výkonu přes tzv. Kickdown, byla naměřena maximální hodnota odebraného výkonu 101,4 kW. Na druhé straně hodnota největšího dodávaného výkonu byla naměřena 44,38 kW při razantním brzdění před odbočkou z Pražského okruhu na Psáry, konkrétně v úseku z rychlosti 95 na 89 km/h. Vzorec k výpočtu elektrického výkonu platí pouze v případě stejnosměrného napájení.

$$P = I \cdot U [kW] \quad (1)$$

Celkové napětí elektrické energie mělo v systému průměrnou hodnotu okolo 335 V během absolvovaného testu. Na počátku testu byla hodnota s téměř plně nabitou baterií 357 V a na konci testu klesla na hodnotu 318 V se 35 % nabití kapacity baterie. Lze říci, že s klesajícím nabitím baterie klesá také výkon vozu, viz kontrolka maximálního použitelného výkonu na obrázku číslo 2. EV má v případě téměř vybité baterie omezený výkon a výrobce z hlediska bezpečnosti nedoporučuje, aby nabití baterie kleslo pod 10 %.

Dodávaný proud do motoru byl společně s napětím sledovanou veličinou přes diagnostický program během celé jízdy. Z toku proudu snadno poznáme, kdy vůz rekuperoval resp. vracel energii zpět do akumulátoru. Hodnota proudu se v tomto případě při rekuperaci promítne v kladných číslech, zatímco odebraný proud z baterie v minusových.

Abychom získali spotřebu elektrické energie v kWh, je zapotřebí znát výkon za jednotku času, která stačí převést na hodiny. Spotřeba elektrické energie je v testu měřena jak za danou projetou trasu, tak přepočítaná na průměr na 100 km. Průměrná spotřeba podle tabulkových hodnot je 16,1 kWh.

$$\text{Průměrná spotřeba} = \frac{\text{Celková spotřeba energie}}{\text{Celková ujetá vzdálenost}} \cdot 100 \text{ [kWh/100 km]} \quad (2)$$

Dalším zjišťovaným provozním parametrem je odhad dojezdové vzdálenosti v určitém úseku při daných provozních parametrech. Hodnoty, které se berou v úvahu, jsou celková využitelná kapacita baterie [kWh], celková ujetá vzdálenost daného úseku [km] a celková spotřeba energie daného úseku [kWh].

$$\text{Odhad dojezdu} = \frac{\text{Celkový využitelná kapacita baterie}}{\text{Celková spotřeba energie}} \cdot \text{ujetá vzdálenost [km]} \quad (3)$$

Vedle hodnot jako je rychlost, průměrná spotřeba či ujetá vzdálenost lze vypočítat i podíl rekuperace v čase. Tato veličina nám procentuálně řekne, kolik času vůz za daný úsek rekuperoval. Nutno podotknout, že vůz měl po celou dobu jízdy zapnutý rekuperační režim. Data, kdy měl vůz nulovou rychlost, nejsou do výpočtu zahrnuta.

$$\text{Podíl času rekuperace} = \frac{\text{Celkový čas rekuperace}}{\text{Celková doba jízdy}} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (4)$$

Výpočet o kolik se zvýšil celkový dojezd pomocí rekuperace za celé měření možno vyjádřit díky celkovému dodávanému výkonu a celkovému odebíranému výkonu v kWh. Jedná se o rozdíl těchto dvou hodnot. Výsledek je opět brán pouze pro čas, kdy byl vůz v pohybu.

$$\text{Zvýšení dojezdu s rekuperací} = \frac{\text{Celkový dodaný výkon}}{|\text{Celkový odebraný výkon}|} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (5)$$

Na rozdíl od ostatních vypočítaných hodnot, které jsou zobrazeny v jednotlivých tabulkách z daných měřených úseků, je hodnota zvýšení dojezdu díky rekuperaci brána za celé měření a napsána tak zde. Díky funkci rekuperace vůz dokázal za celé měření prodloužit dojezd o 26,2 %, což znamená prodloužení dojezdu o 33,7 km.

## 5.1 Měření v městském provozu

Při měření v městském provozu byla zvolena trasa vedoucí od ČZU směrem k hlavnímu sídlu společnosti ČEZ na Praze 4. V prvním měření byla zaznamenána hustá doprava, zejména v ulici Wilsonova u hlavního nádraží. Vůz měl celkem okolo osmnácti úplných zastavení za celé měření. Ve druhém úseku a zároveň opačném směru byla situace odlišná díky menšímu provozu. S vozem kupříkladu bylo zastaveno jen čtyřikrát během tohoto úseku. Naměřená data z obou městských měření lze vidět v tabulce číslo 3.

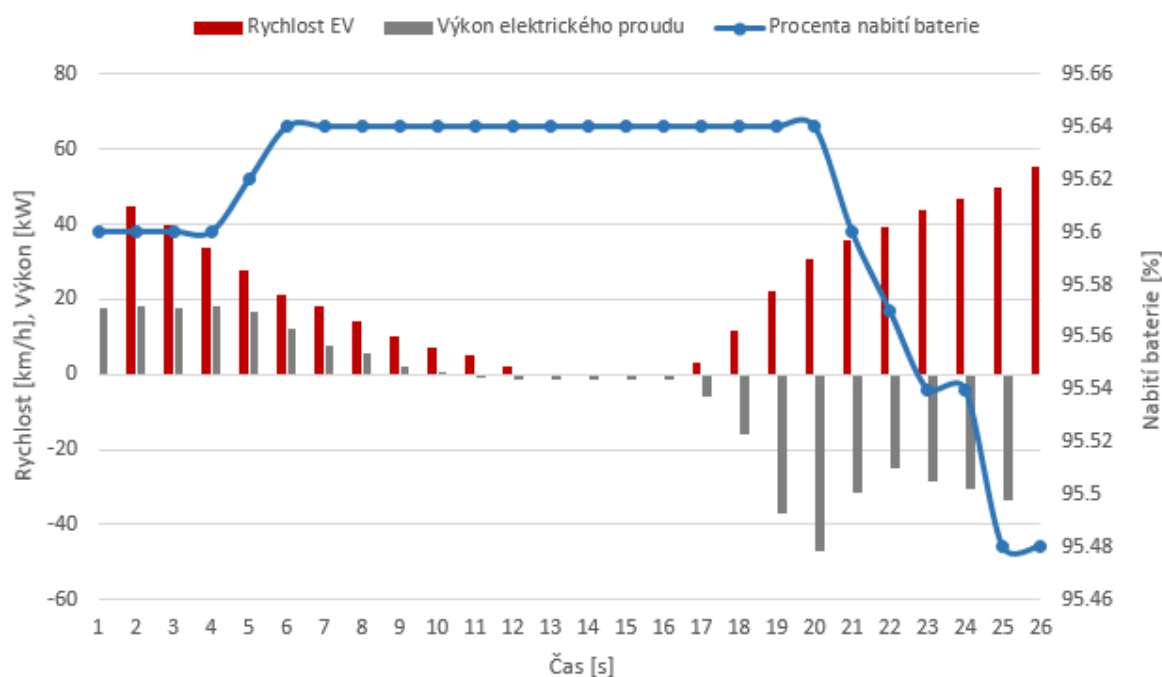
Tabulka 3 – Naměřená data z městského úseku

Městský úsek	Jednotky	Směr	
		ČZU - ČEZ (1)	ČEZ - ČZU (5)
Doba jízdy	[min]	32.66	24.82
Průměrná rychlost	[km/h]	27.43	35.66
Průměrná spotřeba energie	[kWh/100 km]	16.04	14.27
Celková spotřebovaná energie	[kWh]	2.39	2.11
Délka trasy	[km]	14.93	14.75
Výškový profil - stoupání/klesání	[m]	190/212	226/204
Odhad dojezdu na plné nabití	[km]	205.72	231.11
Podíl času rekuperace	[%]	24.52	32.43
Průměrný výkon odebraný	[kW]	-6.09	-7.14
Průměrný výkon dodaný	[kW]	1.69	2.05
Celkový průměrný výkon	[kW]	-4.39	-5.09

Zdroj: vlastní

Z naměřených hodnot je zcela viditelný rozdíl s hustým provozem v prvním měření a plynulým provozem ve druhém. První měření se vyznačuje vyšší spotřebou elektrické energie, ačkoliv v daném úseku převládalo klesání nadmořské výšky. Z důvodu nižší průměrné rychlosti vozu byl i celkový výkon elektrické energie od akumulátoru na nižší hodnotě než ve druhé jízdě. Ukazatel průměrné spotřeby elektrické energie na palubním počítači vozu se lišil od vypočítané hodnoty v tabulce v řádu zhruba o 0,75 kWh/100 km, neboť jeho hodnota je velice pružná a mění se při sebemenší změně jízdního stylu. Nutno podotknout, že spotřeba elektrické energie ve druhém měření by byla výrazně nižší (podle palubního počítače okolo 10 kWh/100 km), kdyby nebyl vyzkoušen krátkodobý režim plného výkonu v kopci směrem na Suchdol. Vyobrazený graf provozních parametrů v režimu plného výkonu je možné vidět v příloze. Na následujícím obrázku je zobrazený vybraný úsek z městského měření, který znázorňuje klasickou situaci zpomalení a zrychlení vozu.

Obrázek 22 – Vybraný úsek z městského provozu



Zdroj: vlastní

Zobrazený půl minutový úsek se odehrával na vodorovné vozovce v ulici Podbabská. Na grafu je možné vidět zpomalení a zrychlení vozu v obou případech z a na rychlost 50 km/h. Vůz do dvanácté sekundy zpomaloval a zároveň i dodával elektrickou energii zpět do baterie díky rekuperaci. Podle křivky nabití baterie je možné konstatovat, že při brzdění vůz pomocí rekuperace nabil baterii o 0,04 %. Při stání v rozmezí dvanácté až šestnácté sekundy lze spatřit odběr elektrického výkonu od spotřebičů ve vozu. Od sedmnácté sekundy se vůz rozjíždí a spotřebovává elektrickou energii ze svého zdroje. Dané brzdění a rozjezd bylo plynulé v rámci klidné jízdy.

## 5.2 Měření v mimoměstském provozu

Při měření v mimoměstském provozu byla zvolena trasa vedoucí od hlavního sídla společnosti ČEZ na Praze 4 do samotného centra obce Psáry. Jelikož trasa vedla většinu času na silnicích s rychlostním omezením 50 a 70 km/h, berme tento úsek spíše jako kombinaci městského a mimoměstského provozu. Trasa byla projeta taktéž v obou dvou směrech s relativně hustým provozem. Tato situace se výrazně promítla jak na spotřebě, tak na průměrné rychlosti obou úseků. Od Budějovické do Vestce u Prahy byl navíc vyšší výskyt světelných signalizačních zařízení. Na tabulce číslo 4 je možné zpozorovat provozní parametry obou mimoměstských měření.

Tabulka 4 – Naměřená data z mimoměstského úseku

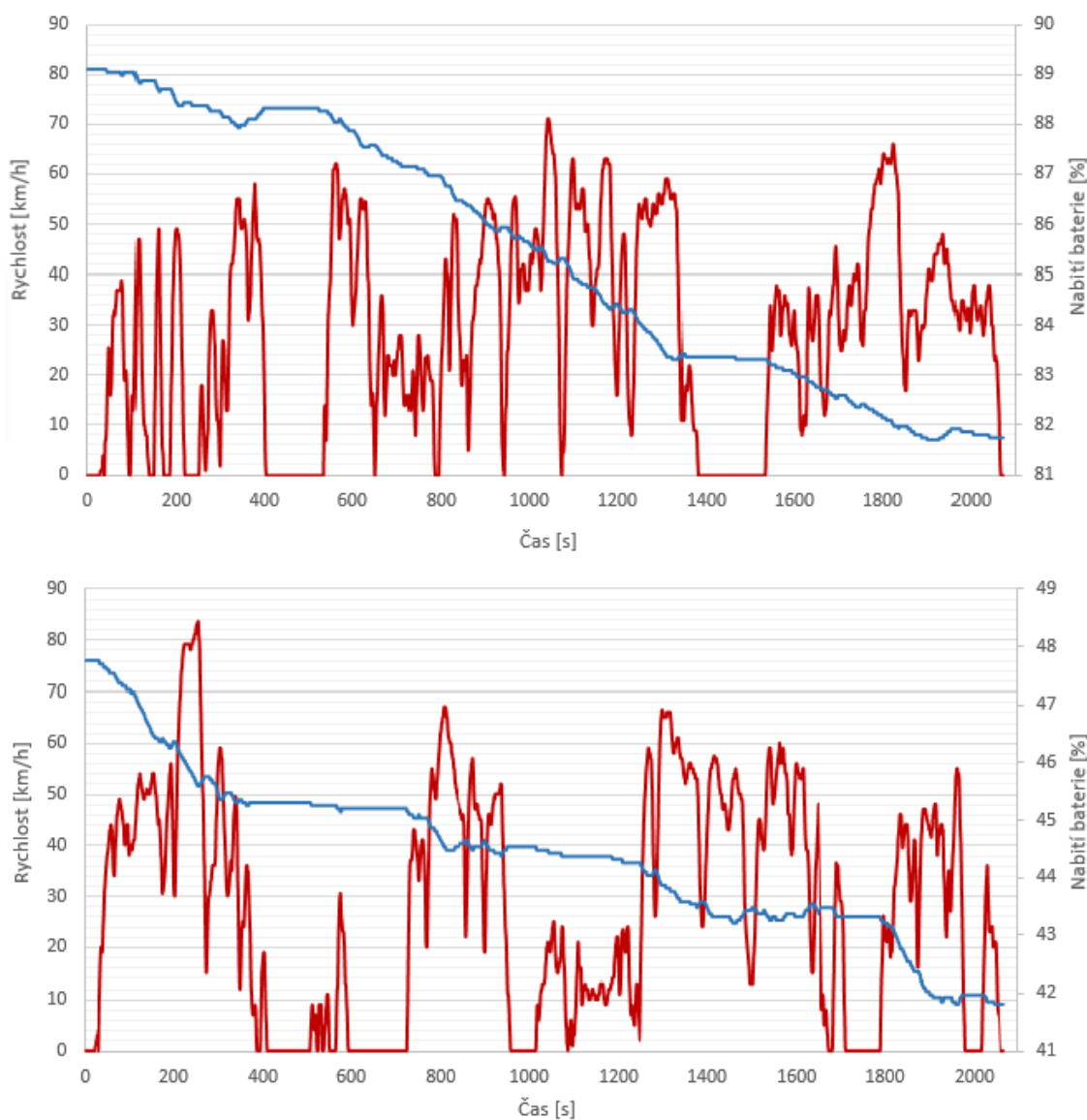
Mimoměstský úsek	Jednotky	Směr	
		ČEZ - Psáry (2)	Psáry - ČEZ (4)
Doba jízdy	[min]	38.19	34.48
Průměrná rychlost	[km/h]	25.53	27.65
Průměrná spotřeba energie	[kWh/100 km]	16.43	11.87
Celková spotřebovaná energie	[kWh]	2.67	1.88
Délka trasy	[km]	16.25	15.89
Výškový profil - stoupání/klesání	[m]	189/126	126/189
Odhad dojezdu na plné nabití	[km]	200.85	277.95
Podíl času rekuperace	[%]	26.22	32.06
Průměrný výkon odebraný	[kW]	-6.03	-5.01
Průměrný výkon dodaný	[kW]	1.49	1.72
Celkový průměrný výkon	[kW]	-4.54	-3.28

Zdroj: vlastní

Z naměřených hodnot je zřejmé, že ve druhém mimoměstském směru byla spotřeba o přibližně 4,5 kWh nižší než v prvním mimoměstském úseku. Důvod je prostý, jízda ve druhém směru tedy ze Psár zpět do Prahy klesá téměř celou cestu až k nádraží Kačerov. V tomto tkví výhody EV, neboť díky rekuperaci mohou s klesající nadmořskou výškou jet maximálně efektivně. Pokud porovnáme odhad dojezdu, ve druhém směru by vůz ujel o přibližně 70 km na jedno nabití více než v prvním měření, které protikladně vedlo do kopce. Průměrná spotřebovaná energie byla v tomto druhém měření vůbec nejnižší ze všech měření.

Na následujícím obrázku 23 jsou znázorněny dva grafy. První resp. horní graf vykresluje aktuální vývoj rychlosti testovaného EV za dobu celého měření prvního mimoměstského úseku. Druhý resp. spodní graf představuje druhé měření v mimoměstském provozu a vykresluje totožné parametry jako první graf. Je tedy možné porovnat jednotlivá měření. Jak je možné vidět na horním grafu, začátek trasy v okolí stanice Kačerov si vyžadoval časté zastavování. Všeobecně první polovina grafu byla ovlivněna hustou dopravou se světelnými signalizačními zařízeními. Od přibližně osmnácté minuty byla doprava plynulejší, neboť byl vůz čím dál tím více od hlavního města s velkou hustotou dopravy. V opačném směru tedy ve spodním grafu byla situace podobná. Zde začaly kongesce již v obci Jesenice a střídavě pokračovaly až k cílovému bodu. Díky častému klesání s režimem rekuperace a faktu, že při stání vůz odebíral minimum elektrické energie, bylo možné dosáhnout velice nízké průměrné spotřeby elektřiny. Modrá křivka vykresluje postupný průběh vybíjení baterie za jednotlivá měření a červená aktuální rychlost EV.

Obrázek 23 – Graf v závislosti na rychlosti a čase obou mimoměstských úseků



Zdroj: vlastní

### 5.3 Měření v dálničním provozu

Měření na dálničním úseku probíhalo na Pražském okruhu. Začátek startoval na nájezdu u Jesenice a končil na 28 km sjezdem na Terminál 3, Letiště Václava Havla. Do výpočtu byl započítán i krátký úsek z obce Psáry, neboť tato obec sloužila jako výchozí a koncový bod našich měření. Za celou dobu měření na dálnici nebyly zaznamenány žádné kongesce. Jediné rychlostní omezení tvořil Komořanský a Lochkovský tunel s rychlostním omezením 80 km/h a spojující Radotínský most s rychlostním omezením 100 km/h. Měření bylo uskutečněno i v opačném směru. Rychlost vozu byla kolísavá v rozmezí 90 až 130 km/h s cílem napodobit co nejreálnější dálniční podmínky. V následující tabulce lze vidět naměřené hodnoty z dálnice D0.

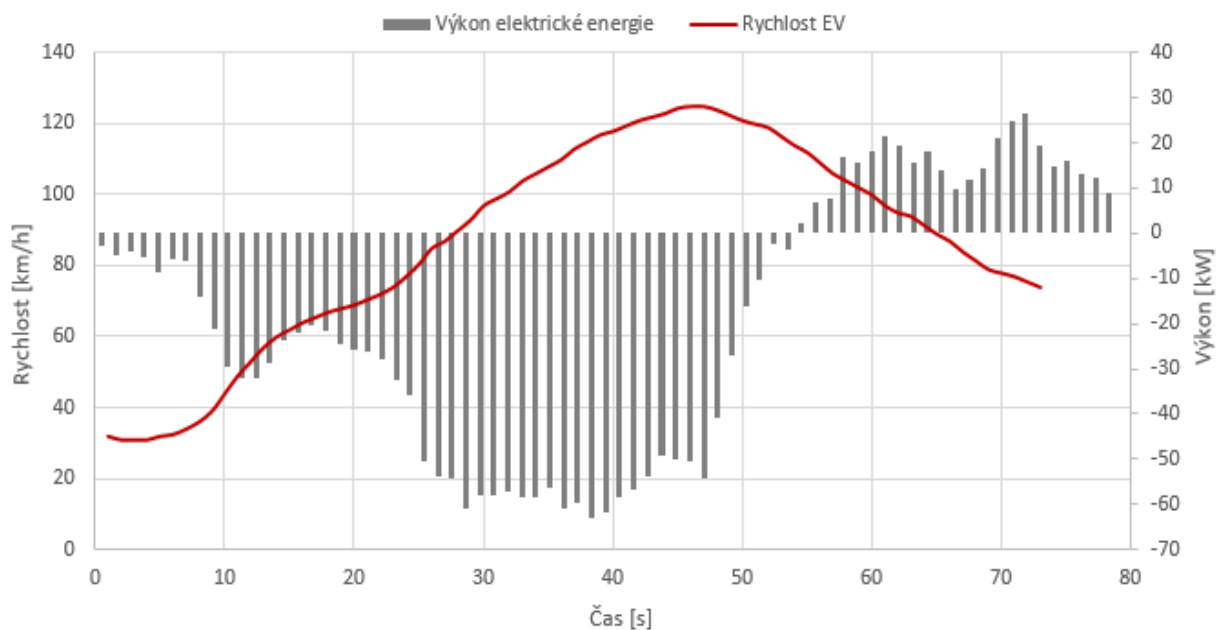
Tabulka 5 – Naměřená data z dálničního úseku

Dálniční úsek	Jednotky	Směr	
		Psáry - Letiště (3)	Letiště - Psáry (3)
Doba jízdy	[min]	24.50	22.96
Průměrná rychlost	[km/h]	81.71	86.96
Průměrná spotřeba energie	[kWh/100 km]	18.97	14.92
Celková spotřebovaná energie	[kWh]	6.33	4.97
Délka trasy	[km]	33.36	33.28
Výškový profil - stoupání/klesání	[m]	410/372	380/418
Odhad dojezdu na plné nabití	[km]	173.93	221.17
Podíl času rekuperace	[%]	16.97	23.67
Průměrný výkon odebraný	[kW]	-17.24	-15.62
Průměrný výkon dodaný	[kW]	1.77	2.65
Celkový průměrný výkon	[kW]	-15.50	-12.98

Zdroj: vlastní

V tomto měření nebyla rozhodující hustota okolní dopravy, neboť doprava v době měření v obou směrech byla plynulá. Rozhodujícími faktory zde především byla měnící se nadmořská výška a převládající západní vítr, který podle předpovědi mohl dosahovat až 35 km/h. Naměřené hodnoty tabulky číslo 5 z prvního měření lze odůvodnit tím, že vůz většinu času stoupal s nadmořskou výškou a většinu času byl ovlivněn vanoucím větrem. Průměrná spotřeba zde byla naměřena vůbec nejvyšší a to necelých 19 kWh/100 km.

Obrázek 24 – Graf v závislosti na rychlosti a čase obou mimoměstských úseků



Zdroj: vlastní

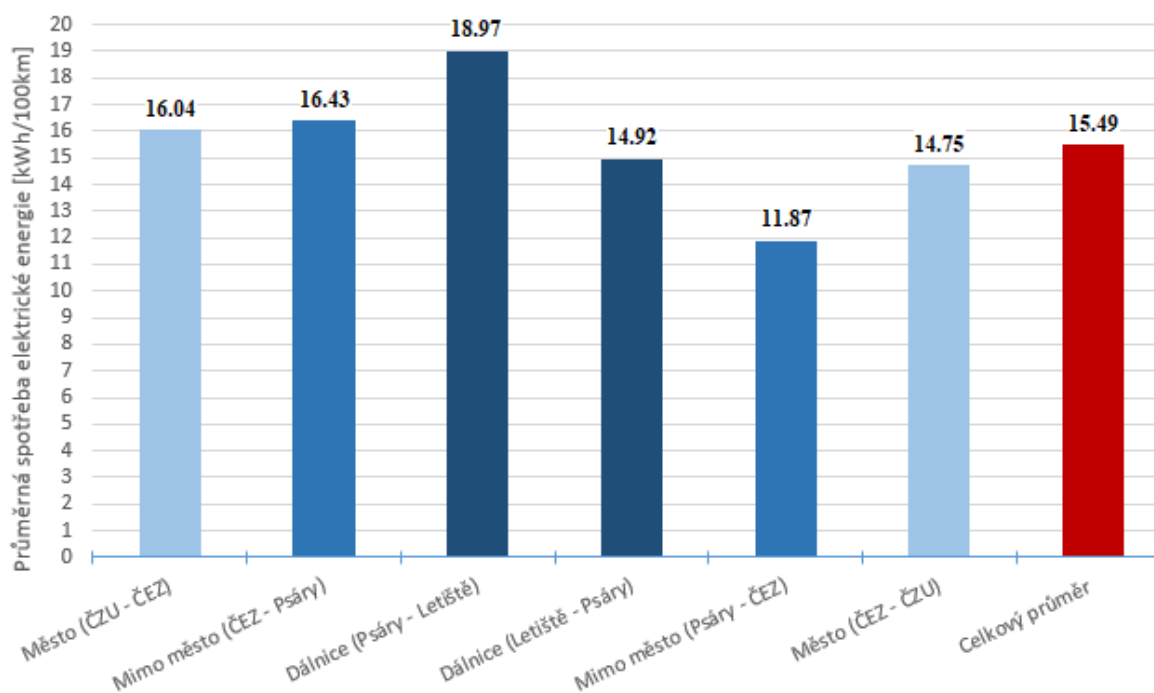


Na obrázku číslo 24 je možné vidět zrychlování při nájezdu na dálnici v závislosti na odebíraném výkonu elektrické energie a následné zpomalování s dodávaným výkonem elektrické energie. Co se akcelerace týče, vůz od 80 km/h zrychloval do 125 km/h téměř lineárně. Odebíraný výkon přitom byl přibližně konstantní s 55 kW dodávané elektrické energie do motoru, což odpovídalo 53 % stlačení akcelérátoru. Při deceleraci v časových úsecích od padesáté páté do šedesáté druhé a od šedesáté deváté do sedmdesáté druhé sekundy je vidět, že řidič využil brzd automobilu ke snížení rychlosti, což vyvolalo nárůst dodávaného výkonu elektrické energie zpět do baterií. Dodávaný výkon elektrické energie se pohyboval přitom okolo 15 kW. Při konstantní jízdě na tempomat při rychlosti 125 km/h vůz v průměru využíval výkon přibližně 30 kW od baterie.

## 5.4 Spotřeba elektrické energie

Na obrázku číslo 25 je možné vidět přehled průměrné spotřeby elektrické energie z jednotlivých měření společně s celkovým průměrem za celý experiment, který je viditelný v červeném sloupci grafu. Nejvyšší hodnota byla naměřena na dálničním úseku ve směru na letiště a nejnižší v úseku od obce Psáry směrem na Prahu 4. Dosažená průměrná spotřeba elektrické energie byla dokonce nižší, než udává výrobce pomocí metodiky WLTP.

Obrázek 25 – Graf průměrné spotřeby elektrické energie



Zdroj: vlastní

## 5.5 Vedlejší měření

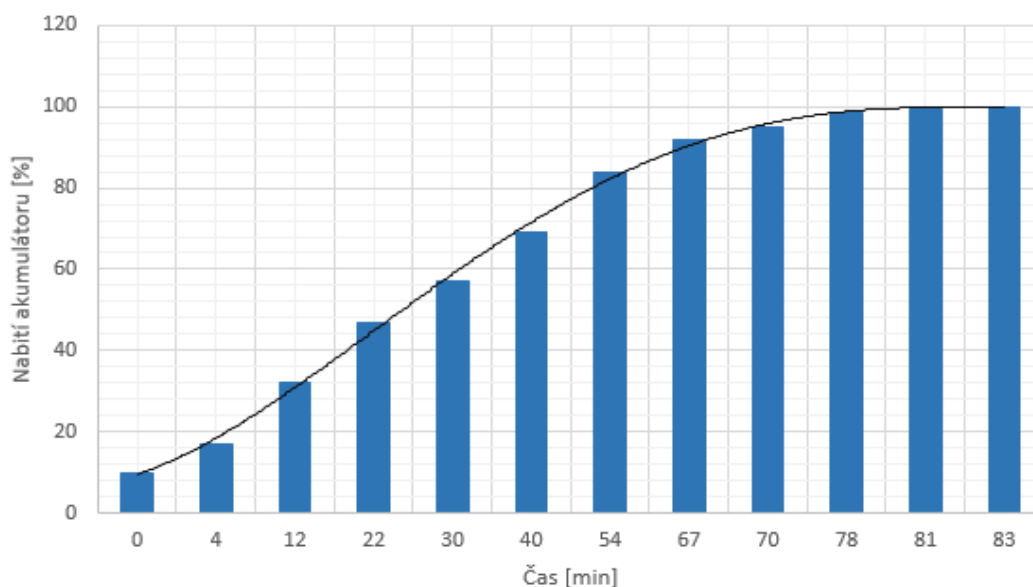
V rámci vedlejšího měření byla měřena rychlost dobítí téměř vybité baterie do plna, neboť čas neboli rychlost dobíjení u EV je hodně diskutovaným tématem. Vedle dobíjení zde budou vypsány zjištěné hodnoty odběru elektrické energie jednotlivými spotřebiči na palubě vozu. Vůz byl také vystaven zkoušce zrychlení a následující výsledky jsou pozoruhodné.

### 5.5.1 Rychlost dobíjení

Test rychlosti dobíjení byl proveden na nabíjecí stanici zprostředkovanou společností Lidl, kterou je možno vidět na obrázku číslo 3. Daná stanice byla od firmy ABB a nabízela bezplatné dobíjení jakéhokoliv EV, protože její součástí byly všechny v EU využívané konektory. Pro dobítí e-Golfu byl využit konektor CCS neboli Combo 2, který je možný vidět na obrázku číslo 20, se stejnosměrným proudem o výkonu 50 kW. Po celou dobu nabíjení byl e-Golf jediným EV, který byl nabíjen, a tak žádné ovlivnění dodávaného proudu nebylo zpozorováno.

Jak je možné vidět na obrázku číslo 26, vůz byl nabíjen z 10 % na 100 % bez přerušení. Naměřená data byla postupně zaznamenána. Díky polynomické křivce je možné zpozorovat ze začátku pomalejší nabíjení, to je způsobeno nedostatečně zahřátou baterií. Poté od dvanácté do padesáté minuty bylo nabíjení téměř lineární. Po dosažení 80 % nabití se rychlost zpomalovala, tentokrát kvůli ochraně baterie před nadměrným zahřátím. Celé nabíjení trvalo 83 min.

Obrázek 26 – Graf rychlosti dobíjení pomocí CCS 50 kW DC



Zdroj: vlastní

Většina výrobců EV doporučuje nabíjet jen do 80 %, neboť poté se nabíjení rapidně zpomalí. Tato informace však platí v případě stejnosměrného rychlodobíjení. V případě střídavého neboli pomalého nabíjení by křivka měla být po celou dobu téměř lineární bez výraznějších výkyvů. Nabíjení je tak ale několikanásobně pomalejší. Kupříkladu po skončení hlavního testu měl vůz z 35 % nabitý akumulátor a po zapojení do klasické domácí zásuvky na 230 V, palubní počítač vozu predikoval 11 hodin dobíjení do plného nabití.

### 5.5.2 Velikost odbíraného proudu spotřebičů

Sledování odběru proudu jednotlivých spotřebičů bylo zprostředkováno díky diagnostice VAG-COM. Naměřené hodnoty v tabulce číslo 6 jsou jakýmsi průměrem naměřených hodnot, neboť při sledování se hodnoty skokově měnily. Z výsledků je však zřejmé, že klimatizace odebírá ze všech palubních systémů nejvíce. Při zapnutí tak nejvíce dokáže negativně ovlivnit celkový dojezd vozu o deset a více kilometrů.

**Tabulka 6 – Odběr proudu spotřebičů**

Spotřebiče	Odběr proudu [A]
Ventilátor topení	0.25
Stahování postraniho okna	0.5
Vyhřívání sedačky	0.75
Vyhřívání čelního okna	8.00
Klimatizace A/C	11.00

Zdroj: vlastní

### 5.5.3 Měření akcelerace

Měření zrychlování na plný výkon bylo testováno na bezpečném rovném úseku bez výskytu jakýchkoliv okolních účastníků dopravy. Při měření byla baterie nabita na 96 %, vozidlo bylo nastaveno do režimu „Normal“, vozovka byla suchá a klimatizace vypnutá. Naměřené časy jsou rychlejší, než udává výrobce. Na palubě vozu byl v době měření řidič a jeden spolujezdec. Data slouží pouze pro představu dynamiky nového motoru.

**Tabulka 7 – Zrychlení 0-100 km/h a 80-120 km/h**

	0-100 km/h	80-120 km/h
Tabulková hodnota [s]	9.6	7.5
Naměřená hodnota [s]	9.34	7.11

Zdroj: vlastní

## 5.6 Emise EV

V této kapitole je hlavním tématem zjistit, zda jsou EV přívětivější pro životní prostředí než konvenční vozy se zážehovým motorem, protože právě to jeden ze zásadních důvodů jejich návratu na automobilový trh. V poslední době se objevuje hodně článků a diskuzí, že EV nejsou tak ekologická, jak se na první pohled zdá, a právě proto je zde tato část práce věnována emisím. Je důležité zdůraznit, že vozy neprodukují emise pouze při jejich provozování ale i při jejich výrobě a případné likvidaci, přičemž celý cyklus se nejčastěji označuje jako LCA neboli Life Cycle Assessment. Výrobu a likvidaci v rámci vyprodukovaných emisí spousta lidí neberou v úvahu, ačkoliv hrají v celkovém životním cyklu automobilu a vlivu na životní prostředí podstatnou roli. Emisních složek celkově vyprodukovaných vozidly do ovzduší je široká škála, nicméně tato práce bude zaměřená pouze na nejvýznamnější skleníkový plyn, kterým je oxid uhličitý neboli CO<sub>2</sub>.

### 5.6.1 Výroba automobilů

Do vyprodukovaných emisí při výrobě automobilu spadá mnoho činitelů. V obecných případech mluvíme o těžbě a zpracování potřebných surovin, dopravě a samotné montáži. Každý z těchto postupů tvoří nezbytnou složku při výrobě nového automobilu. K výrobě je zapotřebí určitá energie, která se často jako vedlejší efekt mění v emise a negativně tak ovlivňuje životní prostředí či naše zdraví.

Na internetu lze najít spoustu informací kolik CO<sub>2</sub> je vytvořeno při výrobě osobního automobilu. Většina hodnot se pohybuje v rozmezí tří až přibližně dvaceti tun oxidu uhličitého v případě luxusních limuzín. Oficiálně podle VW obyčejný model Golf s benzínovým motorem vyprodukuje cca 5,5 t CO<sub>2</sub>. EV a tedy i testovaný e-Golf jsou známé tím, že jejich výroba zatěžuje více životní prostředí a mají tedy jako zbrusu nová auta větší uhlíkovou stopu než nové konvenční vozy. Důvodem je především přítomnost akumulátoru. Pokud odečteme hodnotu od VW, zjistíme, že na výrobu e-Golfu je zapotřebí cca 9,5 t CO<sub>2</sub>. Jestliže však vezmeme v úvahu méně přijatelnou švédskou studii popsanou v teoretické části práce, vyjde nám výsledek 6,3 t oxidu uhličitého jen v případě výroby 35,8 kWh baterie. Pokud dále budeme uvažovat, že k výrobě automobilu jako takového bez baterie je zapotřebí 5,5 t CO<sub>2</sub>, celkový výsledek bude 11,8 t oxidu uhličitého. Toto tvrzení je však pouhý dohad a záleží na reálných podmínkách při výrobě, nicméně nikdy není nic tak „zeleného“, jak se na první pohled zdá, a tak se bere v potaz i tato méně příznivá možnost, viz tabulka číslo 8. (90), (91), (92)

**Tabulka 8 – Vyprodukované emise CO<sub>2</sub> při výrobě automobilů**

Typ vozu	Emise CO <sub>2</sub> vyprodukované při výrobě		
	Automobil [t]	Akumulátor [t]	Celkem [t]
VW Golf TSI	5.5		5.5
VW e-Golf		4	9.5
		6.3	11.8

Zdroj: vlastní

### 5.6.2 Provoz automobilů

EV mají nulové přímé emise na rozdíl od konvenčních vozů se spalovacími motory, kde naprostá většina emisí uniká do ovzduší právě při jejich provozu. Neznamená to však, že EV neprodukují emise vztažené k jejich provozu. Jejich provozní emise jsou totiž vztažené k emisím, které byly vyprodukované při výrobě určité jednotky elektrické energie pro danou dobíjecí stanici. Tyto emise se označují jako nepřímé emise a může se stát, že i nepřímé emise mohou být vyšší než ty přímé od benzínového vozu. To znamená, že EV jsou pouze tak šetrné k životnímu prostředí, jako je jejich spotřebovaná elektrická energie.

Pro výpočet kolik emisí CO<sub>2</sub> vyprodukoval VW e-Golf během celého našeho testu bude brána suma celkové spotřebované elektrické energie 20,35 kWh, která bude závislá na energetickém mixu ČR, viz kapitola 4.2. Vůz byl sice nabíjen převážně u dobíjecí stanice Lidl, která tvrdí, že její elektrická energie pochází pouze z obnovitelných zdrojů. Zde však budeme brát celkový energetický mix ČR, který nutno podotknout je pro každou zemi jiný. V tabulce číslo 9 lze vidět kolik CO<sub>2</sub> je v ČR vyprodukováno při výrobě 1 kWh elektrické energie.

**Tabulka 9 – Vyprodukované CO<sub>2</sub> v ČR výrobou 1 kWh elektrické energie**

Čas [h]	Odečítaná data ze dne 12.3.2019					Průměr
	0:00	6:00	12:00	18:00	23:59	
Odečtené hodnoty [gCO <sub>2</sub> /kWh]	480	477	450	421	451	455.8

Zdroj: (92)

Hodnoty ČR z tabulky číslo 9 jsou vyšší než v porovnání s ostatními zeměmi EU, může za to především dominance uhelných elektráren. Velice však záleží na přírodních podmínkách a možnostech dané země. Například v Norsku je naprostá většina elektřiny původem z vodních elektráren, což nahrává elektromobilitě. Následující vzorec slouží k výpočtu vyprodukovaných emisí oxidu uhličitého testovaného e-Golfu.

$$\text{Nepřímé emise EV} = \text{Celková spotřebovaná energie} \cdot \text{Prům. emise CO}_2/\text{kWh} \text{ [kg]} \quad (6)$$

Po vynásobení průměrné hodnoty emisí CO<sub>2</sub> v ČR na výrobu jedné kilowatthodiny s celkovou spotřebovanou elektrickou energií vychází 9,28 kg CO<sub>2</sub>. Tuto hodnotu auto vyprodukovalo nepřímo do ovzduší během našeho testu dlouhého 128,5 km. V přepočtu tedy vychází 72,2 g CO<sub>2</sub> na jeden ujetý kilometr pro e-Golf. Pokud bychom vzali parametry nového VW Golfu 1.5 TSI s 96 kW, zjistíme, že jeho kombinované emise oxidu uhličitého podle měření WLTP jsou okolo 138,5 g CO<sub>2</sub> na ujetý kilometr. Následující tabulka ukazuje kombinované emise CO<sub>2</sub> na ujetý kilometr obou typů vozidel. Hodnoty ohledně ztrát při vedení a nabíjení elektrické energie či emise při rafinaci a dopravě pohonných hmot jsou zde zanedbány. Pro představu jsou však ztráty v elektrickém vedení okolo 5 % a ztráty při nabíjení EV 5 až 15 %. Do úvahy lze dále připočítat i tzv. samovybíjení baterie, které je závislé především na okolních teplotách. Testovaný vůz nicméně nebyl testován v extrémních podmínkách, takže tato hodnota je také zanedbána. (93), (94)

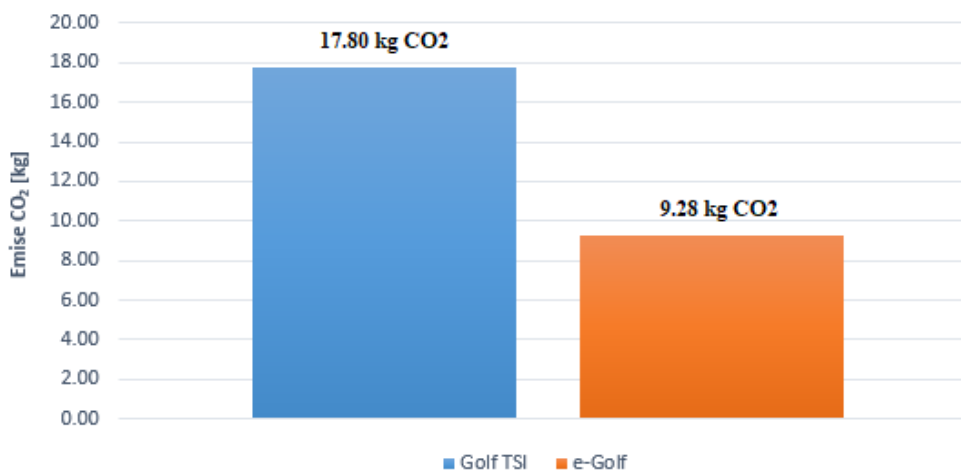
**Tabulka 10 – Emise CO<sub>2</sub> na ujetý kilometr**

	VW e-Golf [gCO <sub>2</sub> /km]	VW Golf TSI [gCO <sub>2</sub> /km]
<b>Vypočtené nepřímé emise</b>	72.2	
<b>Tabulkové přímé emise</b>		135 - 142

Zdroj: (93)

Množství emisí oxidu uhličitého, které bylo nepřímo vyprodukováno do ovzduší během našeho testu, je možné vidět na následujícím obrázku číslo 27 společně s přepočítanými daty benzínového Golfu. Graf ukazuje přesné množství CO<sub>2</sub>, které by bylo vyprodukováno za celou trasu dlouhou 128.5 km oběma auty.

**Obrázek 27 – Porovnání přímých a nepřímých emisí benzínového a elektrického vozu**



Zdroj: vlastní

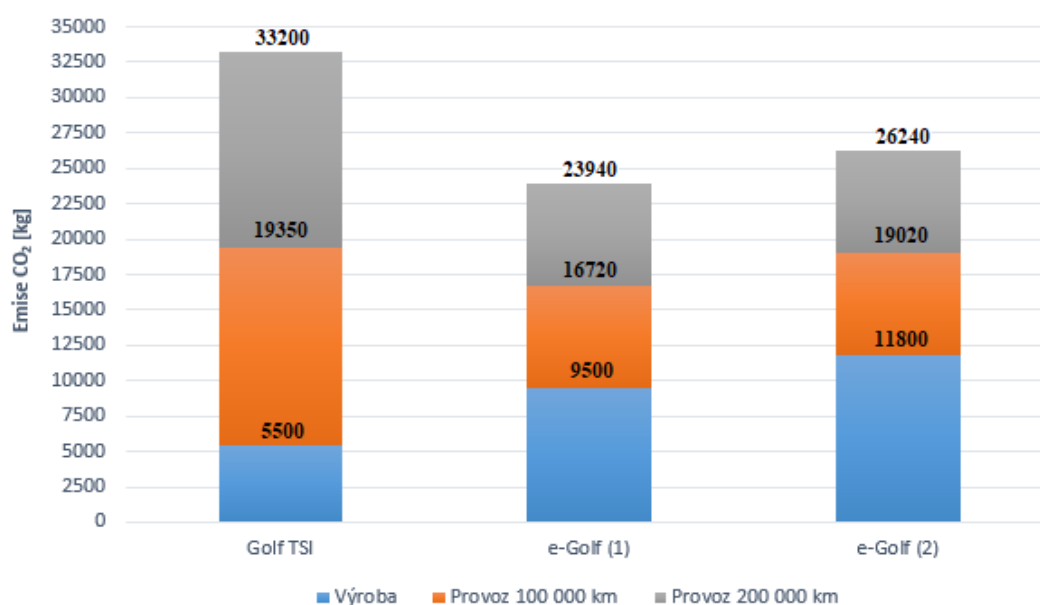
### 5.6.3 Likvidace automobilů

Emise oxidu uhličitého se při likvidaci mohou zanedbat, neboť v porovnání s výrobou a provozem jsou minimální a podle grafu LCA VW Golf TSI tvoří zhruba pouhé 2 % zatížení emisemi CO<sub>2</sub>. To však platí pro klasické konvenční vozy. U EV lze předpokládat s vyšší emisní zátěží, zejména kvůli recyklaci akumulátoru viz kapitola 4.4.4.3. Jelikož EV jsou jakousi novinkou na trhu, nutno si počkat na reálné parametry při jejich likvidaci. (90)

### 5.6.4 Celkové emise CO<sub>2</sub>

Na obrázku číslo 28 jsou zobrazené sloupcové grafy celkových emisí CO<sub>2</sub> Golfu TSI, e-Golfu dle dat VW (1) a e-Golfu dle švédské studie (2). Jak je z grafu patrné, VW e-Golf v ČR skutečně produkuje méně emisí CO<sub>2</sub>, než konvenční Golf TSI a to i v méně přijatelné druhé variantě podle švédské studie. Díky specifické výrobě akumulátorů mají zbrusu nové EV klidně více jak dvojnásobnou uhlíkovou stopu než nové automobily se spalovacím motorem. Konvenční vozy však produkují nejvyšší podíl emisí při provozu, a tak hravě své elektrické konkurenty dostihnou. Konkrétně v první variantě by se e-Golf začal po emisní stránce vyplácet proti emisím Golfu TSI po ujetí 60 332 km. Ve druhé méně příznivé variantě by se e-Golf začal emisně vyplácet po nájezdu až 95 023 km, v příloze lze vidět graf se vzorci těchto výpočtů. Při nájezdu 200 000 km jsou poté rozdíly více než patrné. Lze však očekávat, že by benzínový vůz dopadl ještě hůře, kdyby byly započítány emise při rafinaci benzínu. Nicméně na druhé straně visí otazník pod emisemi při recyklaci akumulátoru.

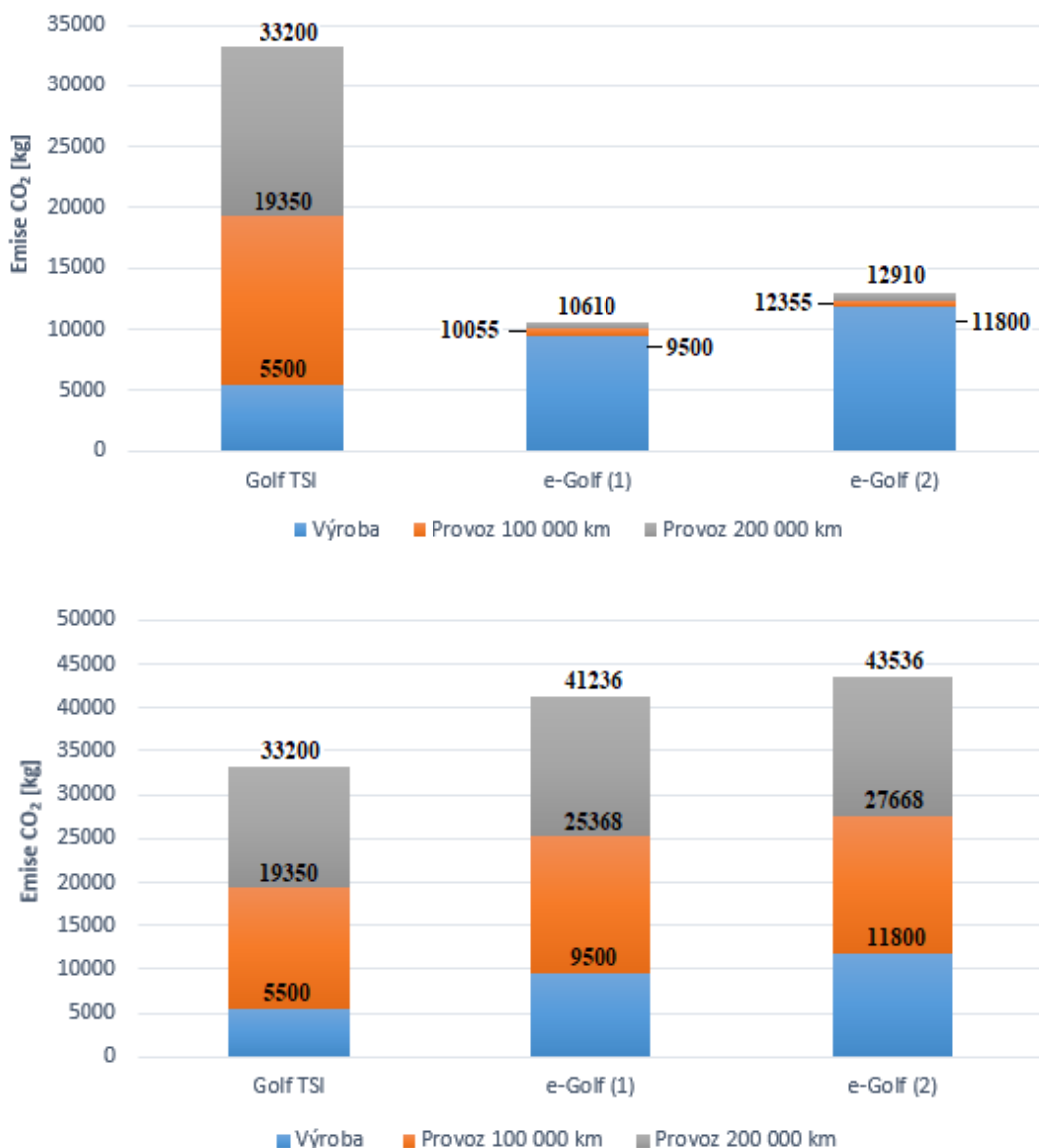
**Obrázek 28 – Celkové porovnání vyprodukovaných emisí CO<sub>2</sub> (pro ČR)**



Zdroj: vlastní

Nepřímé emise se u EV mohou diametrálně lišit, závisí totiž především, jakým způsobem byla elektrická energie vyrobena. Negativní vliv na emise CO<sub>2</sub> mají především uhelné elektrárny, naproti tomu nejvíce přívětivé k životnímu prostředí jsou větrné či vodní elektrárny. Na následujícím obrázku lze vidět, jak se emise EV projeví ve dvou zemích, které mají naprosto odlišný energetický mix. Obrázek obsahuje dva sloupcové grafy s identickými sledovanými parametry jako na obrázku číslo 28. Na horním grafu lze vidět, jak by situace s emisemi EV vypadala na území Norska a na dolním grafu je zobrazena situace z Estonska. Zatímco v Norsku vychází produkce emisí EV na jeden kilometr 5,55 g CO<sub>2</sub>, v Estonsku je hodnota až 158,68 g CO<sub>2</sub>, za což může především až 90 % dominance uhelných elektráren. (93)

Obrázek 29 – Vyprodukované emise CO<sub>2</sub> Norsko vs. Estonsko



Zdroj: vlastní



## 6 Výsledky a diskuze

Z výsledků hlavního měření provozních parametrů EV je zřejmé, že na výsledných hodnotách se nejvíce podepsal vliv vnějších podmínek a to jak meteorologických, tak dopravních. Jako velice užitečná vlastnost EV se projevila rekuperace, která nám během celého testu přidala celkem 33,7 km dojezdu. Průměrná spotřeba elektrické energie na konci celého měření činila 15,49 kWh, což bylo o 0,61 kWh nižší hodnota, než udává výrobce. Důvodem mohla být po celou dobu vypnutá klimatizace a poklidná jízda.

Ve vedlejších měření bylo hlavním úkolem změřit rychlost dobíjení akumulátoru. Celkové nabití z 10 % na 100 % trvalo celkem osmdesát tři minut, přičemž 80 % bylo dosaženo za padesát minut, což i vzhledem k faktu počátečního 10 % nabití baterie je delší doba než udává výrobce. Důvodem mohl být nižší dobíjecí výkon dané stanice či ztráty při samotném nabíjení. Na obrázku číslo 25 lze vidět počáteční a koncové zpomalené nabíjení. Může za to vyrovnávání optimální teploty nabíjení baterie. Zpočátku je potřeba zahřátí a ke konci naopak snížení teploty akumulátoru při rychlodobíjení. Dále u experimentu velikosti odběru proudu od palubních spotřebičů bylo usouzeno, že klimatizace může snížit samotný dojezd automobilu o deset a více kilometrů. Posledním z vedlejšího měření byla měřena reálná akcelerace a zde byly naměřeny časy rychlejší, než udává výrobce. Důvodem mohla být plně nabitá baterie s téměř maximálním napětím okolo 360 V.

Hlavním cílem bylo odpovědět na otázku, zda jsou EV šetrnější k životnímu prostředí než konvenční vozy se spalovacím motorem. Odpověď je ano, pokud se vůz provozuje na území Norska, Švédska, Rakouska či Francie. V těchto zemích je totiž v průměru vyprodukováno zhruba jen 50 g CO<sub>2</sub> při výrobě jedné kilowatthodiny elektrické energie. Na druhé straně jsou státy typu Estonsko či Polsko, kde naprosto převažuje výroba elektrické energie pomocí uhelných elektráren. V těchto zemích se provozování EV z hlediska emisí oxidu uhličitého nevyplácí a je výhodnější dále provozovat konvenční vůz. Co se České republiky týče, EV resp. testovaný e-Golf se zde začíná emisně vyplácet v lepším případě až po ujetých 60 332 km a více. Může za to především dominance uhelných elektráren, jejichž zastoupení však není tak vysoké jako například v Estonsku. Z těchto informací plyne, že pokud budeme chtít stále více elektrifikovat automobilovou dopravu a zároveň zlepšovat životní prostředí, bude nutné využívat více obnovitelných zdrojů pro výrobu elektrické energie. Nesmíme zapomenout na to, že podmínky pro obnovitelné zdroje nejsou ve všech zemích stejné, a že obnovitelné zdroje svou výkonností jsou velmi závislé na ročním období či střídání dne a noci.

V rámci diskuze této diplomové práce bylo položeno pět otázek panu Petru Bučekovi, který v současné chvíli zastává pozici šéfredaktora portálu AutemBezpečně.cz.

1. Myslíte si, zda elektromobily mohou v budoucnu zcela nahradit automobily se spalovacími motory?

*Nevím, jestli zcela, ale významnou měrou mohou. Existují typy využívání aut, které se pro elektrické pohony jednoznačně hodí. Dokládá to například úspěch elektrických poštovních vozů StreetScooter v Německu. Pro města jsou elektrická auta skvělým řešením. Jezdí bez lokálních emisí a jsou tiché.*

2. Myslíte, že jsou elektromobily šetrnější k životnímu prostředí?

*Každá země má poskládaný svůj energetický mix jinak a podle složení zdrojů energie lze určit, jak jsou elektroauta pro přírodu té které země zatěžující záležitostí. Dá se však říct, že se vyrábí stále více „čisté“ energie, a pak jsou i elektroauta stále zelenější. Například ve Švýcarsku nebo Rakousku se vyrobí značné množství elektrické energie v alpských vodních elektrárnách. Kde se však vyrábí především z uhlí, není elektroauto nakonec příliš ekologické. I když je v místě jeho provozu „čisté“. A jak ekologicky hodnotit jaderné elektrárny, když skladujeme na stovky tisíc let vyhořelé palivo? To je strašně těžké posoudit. A pak je tu také geopolitický pohled – ropa jako palivo pro auta se stala velkým politickým tématem. Elektřina tímto úhlem pohledu vypadá příznivěji, protože si ji země vyrábějí samy.*

3. Jaký je Váš názor na bezpečnost elektromobilů? - jak pro posádku uvnitř, tak například chodce + případné hasiče při nehodě.

*Bezpečnostní nároky na elektroauta jsou stejné jako u vozů se spalovacími motory. Kdyby pro posádku představovaly větší nebezpečí, na silnice by nemohly. Pro hasiče nástup nové technologie znamená to, že se jí musejí přizpůsobit. Svým vybavením a patrně i metodikou hašení.*

4. Myslíte si, že bude dobíjení elektromobilů v budoucnu stejně výhodné jako je dnes?

*V dnešních cenách za dobíjení auta chybí spotřební daň, která významnou měrou promlouvá do ceny benzínu a nafty. Otázkou je, jak bude stát podporovat v budoucnu elektroauta, a jak je daňově zatíží. Zatím však čisté pohony spíše získávají různé podpory v podobě příspěvků států při koupi nebo bezplatného parkování. Důvodem je také jejich vyšší pořizovací cena, která však postupně klesá.*

5. Jaký jiný alternativní pohon byste preferoval před tím elektrickým?

*Elektrický pohon mi v současné době připadá jako nejlepší řešení pro brzkou budoucnost. Kdo se elektroautem svezde, je většinou nadšený. A týká se to i do té doby zarytých milovníků čoudících aut.*

## 7 Závěr

EV dnes dokazují, že mohou být plně konkurence schopnými vozy klasickým konvenčním automobilům. Po jízdě v moderním EV nabývá člověk pocitu, že řídil automobil budoucnosti. Obklopující ticho při jízdě s možností využití maximálního točivého momentu od nulové rychlosti s naprosto plynulou akcelerací jsou vlastnosti, kterými se chlubí téměř každé soudobé EV na trhu. Nespornou výhodou a zároveň hlavním důvodem jejich návratu jsou nulové přímé emise, díky kterým jsou velice vhodným dopravním prostředkem především do velkých měst. Testovaný VW e-Golf navíc svými jízdními a provozními parametry dokázal, že elektromobilita může dávat v jistých ohledech velký smysl.

Pohonné ústrojí EV lze označit za jednoduché a zároveň spolehlivé, neboť oproti vozům se spalovacím motorem obsahuje daleko méně funkčních komponentů. Srdcem EV bývá nejčastěji elektromotor se střídavým napájením doplňovaný jednostupňovou převodovkou. Jako logický článek je zde tzv. controller neboli mozek automobilu, který se stará o veškeré řízení a optimální chod zejména mezi motorem a akumulátorem. Zdrojem elektrické energie bývá nejčastěji lithium-iontová baterie, která se chlubí relativně nízkou hmotností a na poměry i vysokou hustotou energie. Baterie v současné době však stále patří mezi slabší a cenově dražší články celého pilíře. Tuto informaci si uvědomují vědci z celého světa, a tak baterie jsou dnes hojně testovány a vyvíjeny s cílem dosažení co největší energetické hustoty při co možná nejnížší hmotnosti.

EV přinášejí širokou škálu výhod, mezi které patří zejména možnost rekuperace. Tato schopnost umožňuje dobíjet elektrickou energii během jízdy zpět do akumulátoru a výrazně tak prodloužit dojezd automobilu. Zároveň má pozitivní vliv na brzdovou soustavu vozu, neboť při rekuperaci motor vytváří odpor, který brzdí automobil a samotné brzdy tak nemusí být tolik zatěžovány. Mezi další významné výhody patří minimální nároky na údržbu či servis, jednoduchá obsluha a v současnosti levné dobíjení nebo možnosti dobítí zcela zdarma. Velice užitečné je také možnost domácího dobíjení pomocí wallboxů, kdy vůz přes celou noc čerpá elektrickou energii a každé ráno je plně nabitý.

Mezi nevýhody patří zpravidla vyšší pořizovací cena EV, která je způsobená především přítomností akumulátoru. Čím větší kapacitu daný akumulátor má, tím má zpravidla vyšší hmotnost s nutností delší doby nabíjení do plna. Velikost kapacity baterie je navíc přímo úměrná zatížení emisí oxidu uhličitého při její výrobě. S bateriemi se všeobecně pojí řada negativních vlastností, mezi které patří nejen zmíněná vyšší hmotnost, ale i nedostatečná

kapacita, nízká energetická hustota, samovybití, přehřívání či otázka ohledně jejich recyklace. Dalším mínusem EV je maximální možný dojezd, který bývá v průměru až třikrát nižší, než je u konvenčních vozidel. Neustálým vývojem baterií lze očekávat postupné prodlužování dojezdů EV a s tím spojené zrychlování dobíjení, které dnes v optimálním případě trvá zhruba jednu hodinu a více. Zapomenout nesmíme ani na těžbu vzácných kovů potřebných pro výrobu akumulátorů, se kterými se mohou pojít určité problémy při jejich těžbě.

Záměrem elektromobility je především snížení škodlivých emisí, které produkují vozy se spalovacími motory. Toto snížení však nemusí být tak pravdivé, jak by se mohlo zdát. S ohledem na praktickou část práce je totiž veliký rozdíl, pokud se automobil s elektrickým pohonem provozuje na území Norska, kde naprostá většina elektrická energie je vyrobena vodními elektrárnami nebo v opačném případě na území Estonska s naprostou převahou uhelných elektráren. Je tedy důležité dbát i na původ elektrické energie. EV je totiž tak „čisté“, jako je elektřina, která ho pohání.

EV díky svým určitým hendikepům s největší pravděpodobností dnešní konvenční vozy zcela nenahradí, zejména pokud se hovoří o obměně řádově okolo deseti let, ale očekává se, že EV budou tvořit významný podíl automobilové dopravy. Na našem území navíc panuje určitá skepse ohledně EV a není se čemu divit, neboť patříme s elektromobilitou mezi méně rozvinuté evropské země. Na našem území se v současnosti vyskytuje pouhých 387 veřejných dobíjecích stanic a výstavba nových stanic je finančně a časově náročná. Dobíjecí stanice představují vysokou investici, u které není jistá doba návratnosti. Bariérou pro české občany kromě pořizovací ceny EV je také představa dobíjení vozů v obytných zónách nebo na sídlištích. Nicméně podle záměrů EU doba elektromobility jednoznačně přichází a je nezbytné se na ní připravovat. Automobilový průmysl tak čekají nelehké časy.

## 8 Seznam použitých zdrojů

1. Hybrid.cz. [Online] <http://www.hybrid.cz/ekologicke-auto-roku-2018-je-v-cesku-volkswagen-e-golf>.
2. Volskwagen.cz. [Online] <https://www.volkswagen.cz/>.
3. Hlavička, Roman. *Auto Jarov*. Praha, Únor 2019.
4. Uživatelská příručka VW e-Golf. 2018.
5. VCDS.cz. [Online] <http://www.vcde.cz/>.
6. Garmin.cz. [Online] Březen 2019. <https://www.garmin.cz/garmin-gps-18x-usb/394>.
7. Elektřina.cz. [Online] Listopad 2018. <https://www.elektrina.cz/snizeni-emisi-pomuze-elektromobilum>.
8. Seth Leitman, Bob Brant. *Build your own electric vehicle (second edition)*. 2009. ISBN 978-0-07-154373-6.
9. Ministerstvo dopravy ČR. [Online] Prosinec 2018. <https://www.mdcz.cz/Media/Media-atiskove-zpravy/Ministerstvo-dopravy-poskytne-na-podporu-infrastru>.
10. Idnes.cz. [Online] Prosinec 2018. [https://www.idnes.cz/ekonomika/doprava/elektrina-auta-dobijeci-stance-vystavba-elektromobil-doprava.A181026\\_181846\\_eko-doprava\\_mato](https://www.idnes.cz/ekonomika/doprava/elektrina-auta-dobijeci-stance-vystavba-elektromobil-doprava.A181026_181846_eko-doprava_mato).
11. Elektřina.cz. [Online] 2018 Prosinec . <https://www.elektrina.cz/nikola-tesla-zivotopis-vynalezy-objevy-pana-blesku>.
12. Converter.cz. [Online] <http://www.converter.cz/fyzici/tesla.htm>.
13. Howstuffworks.com. [Online] Prosinec 2018. <https://auto.howstuffworks.com/fuel-efficiency/hybrid-technology/history-of-electric-cars1.htm>.
14. Serra, João Vitor Fernandes. *Electric vehicles: technology, policy and commercial development*. 2012. ISBN 978-1-84971-415-0.
15. Fdrive.cz. [Online] Prosinec 2018. <https://fdrive.cz/clanky/1-era-elektromobilu-185>.
16. Energy.gov. [Online] Prosinec 2018. <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car>.
17. Fdrive.cz. [Online] Prosinec 2018. <https://fdrive.cz/clanky/elektromobily-ktere-neznate-gm-ev1-488>.
18. *Who killed the electric car*. 2006.
19. Unusual-cars.com. [Online] Prosinec 2018. <http://unusual-cars.com/model-of-the-car-gm-ev1-1996/>.
20. Vítejtenazemi.cz. [Online] Leden 2019. [http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/?p=vyroba\\_elektricke\\_energie&site=energie](http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/?p=vyroba_elektricke_energie&site=energie).
21. Vítejtenazemi.cz. [Online] Leden 2019. [http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=elektricka\\_energie&site=energie](http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=elektricka_energie&site=energie).

22. Elektrina.cz. [Online] Leden 2019. <https://www.elektrina.cz/srovnani-cen-elektriny>.
23. AutoExpert. 2017. Červen 06.
24. Reflex.cz. [Online] 2019 Leden. <https://www.reflex.cz/clanek/komentare/91797/proc-se-francouzi-zblaznili-co-spojuje-protesty-s-francouzskou-revoluci-a-proc-zrovna-zluta-vesta.html>.
25. Vance, Ashlee. *Elon Musk, Tesla, SpaceX a hledání fantastické budoucnosti*. 2015. ISBN 978-80-87270-73-8.
26. Hybrid.cz. [Online] Únor 2019. <http://www.hybrid.cz/tesla-model-s-p100d-dojezd-613-km-zrychleni-25-sekundy>.
27. Elektrina.cz. [Online] Únor 2019. <https://www.elektrina.cz/tesla-roadster-auto>.
28. Fdrive.cz. [Online] Únor 2019. <https://fdrive.cz/clanky/tesla-model-3-umi-byt-extremne-levna-na-kolik-vyjde-v-zakladni-verzi-1219>.
29. Tesla.com. [Online] Únor 2019. <https://www.tesla.com/roadster>.
30. Inverse.com. [Online] Únor 2019. <https://www.inverse.com/article/50802-tesla-model-y-price-release-date-and-autopilot-details-for-electric-suv>.
31. Wikipedia.org. [Online] Únor 2019. [https://cs.wikipedia.org/wiki/Tesla\\_Roadster\\_\(2020\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Tesla_Roadster_(2020)).
32. E-salon, Dominik Hasala. *Tesla*. 2018.
33. Teslamagazin.sk. [Online] Únor 2019. <https://www.teslamagazin.sk/gigafactory/>.
34. Novinky.cz. [Online] Únor 2019. <https://www.novinky.cz/auto/439022-pred-80-lety-vznikl-volkswagen.html>.
35. Hybrid.cz. [Online] Únor 2019. <http://www.hybrid.cz/volkswagen-zkusi-v-cesku-nabizet-nabijeci-inastrukturu-pod-znackou-moon-elektromobil-id-i-novy-golf-pristi-rok>.
36. Autolexicon.net. [Online] Únor 2019. <http://www.autolexicon.net/cs/articles/meb-modularen-elektrifizierungsbaukasten/>.
37. AutoTip. 2018. 21.
38. AutoTip. 2018. 25.
39. Autogefühl. [Online] Únor 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=eRFzmdEQ3sM>.
40. Greencarcongress.com. [Online] Únor 2019. <https://www.greencarcongress.com/2018/09/20180917-volkswagen.html>.
41. AutoTip. 2018. 10.
42. Volkswagenag.com. [Online] Únor 2019. <https://www.volkswagenag.com/en/group/e-mobility.html>.
43. Volkswagen-newroom.com. [Online] Únor 2019. <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/images/detail/the-volkswagen-id-family-18059>.
44. Hykyš, Ivo. Praha, Prosinec 2018.

45. Moneta.cz. [Online] Únor 2019. <https://www.moneta.cz/servis-pro-media/tiskove-zpravy/detail/moneta-money-bank-se-jako-prvni-firma-v-cr-rozhodla-zcela-prejit-na-elektromobily>.
46. Ecofuture.cz. [Online] Únor 2019. <https://www.ecofuture.cz/clanek/novinky-v-elektromobilite-dle-nejvetsiho-americkeho-autosalonu-podivejte-se-na-to-nejzajimavejsi>.
47. Irozhlas.cz. [Online] Únor 2019. [https://www.irozhlas.cz/zivotni-styl/auto/stat-dotace-eu-fondy-unie-elektromobily-nakup-podnikatele\\_1812150816\\_lac](https://www.irozhlas.cz/zivotni-styl/auto/stat-dotace-eu-fondy-unie-elektromobily-nakup-podnikatele_1812150816_lac).
48. Penize.cz. [Online] Únor 2019. <https://www.penize.cz/nakupy/326427-akcni-plan-stat-chce-podporit-elektromobily>.
49. Hybrid.cz. [Online] Únor 2019. <http://www.hybrid.cz/vicerychlostni-prevodovky-pro-elektromobily-uz-brzy>.
50. Ehsani Mehrdad, Gao Yimin, Longo Stefano, Ebrahimi Kambiz. *Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles*. 2018. ISBN 978-1-4987-6177-2.
51. Remek Branko Ing., CSc. Praha, 2017.
52. Howstuffworks.com. [Online] Únor 2019. <https://auto.howstuffworks.com/electric-car2.htm>.
53. Vítejtenazemi.cz. [Online] Únor 2019. <http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=elektromotory&site=doprava>.
54. Learn Engineering. [Online] Únor 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=3SAxXUIre28&t=212s>.
55. Otevřená věda. [Online] Únor 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=r7vzux719y8>.
56. Usattmotor.com. [Online] Únor 2019. , <http://cz.usattmotor.com/news/what-is-the-difference-between-an-ac-motor-and-6216389.html>.
57. Electrical4u.com. [Online] Únor 2019. <https://www.electrical4u.com/permanent-magnet-dc-motor-or-pmdc-motor/>.
58. AC Motors. [Online] Únor 2019. <https://slideplayer.com/slide/10319264/>.
59. Rozdíl mezi synchronní motor a asynchronní motor. [Online] Únor 2019. <http://cz.tw-motor.net/info/the-difference-between-synchronous-motor-and-a-31019788.html>.
60. Princip - asynchronní motor. [Online] Únor 2019. <http://www.pohonnatechnika.cz/skola/motory/asynchronni-motor/princip-asynch-motoru>.
61. Princip - synchronní motor. [Online] Únor 2019. <http://www.pohonnatechnika.cz/skola/motory/synchronni-motor>.
62. Emadi, Ali. *Advanced electric drive vehicles*. 2015. ISBN 978-1-4665-9769-3.
63. Pohonné ústrojí Tesla Model S. [Online] Únor 2019. <http://www.luxurynews.cz/tesla-pracuje-na-motoru-jenz-ujede-1000000-mil/>.
64. Tesla Roadster. [Online] Únor 2019. <https://auto.howstuffworks.com/tesla-roadster.htm>.

65. Vitejtenazemi.cz. [Online] Únor 2019.  
[http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=elektricke\\_pohony&site=doprava](http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=elektricke_pohony&site=doprava).
66. Li-ion baterie: principy, provoz, rady. [Online] Únor 2019. <https://www.cnews.cz/li-ion-baterie-principy-provoz-rady-1-cast/>.
67. Jak to, že Tesla dosáhne výkonu 310 kW. [Online] Únor 2019.  
<https://elektrickevozy.cz/clanky/jak-to-ze-tesla-dosahne-vykonu-310-kw-z-tuzkove-baterie>.
68. Baterie dostanou v létě zabrat. Jak o ně pečovat? [Online] Únor 2019.  
<https://samsungmagazine.eu/2017/06/08/baterie-dostanou-v-lete-zabrat-jak-o-ne-pecovat/>.
69. Hybrid.cz. [Online] Únor 2019. , <http://www.hybrid.cz/tesla-rozjela-v-gigatovarne-vyrobu-clanku-2170>.
70. Toshiba Develops Next-Generation Lithium-ion Battery with New Anode Material. [Online] Únor 2019. [https://www.toshiba.co.jp/about/press/2017\\_10/pr0301.htm](https://www.toshiba.co.jp/about/press/2017_10/pr0301.htm).
71. Degradace baterií, Model S. [Online] Březen 2019. <http://www.hybrid.cz/degradace-baterii-v-elektromobilu-tesla-model-s>.
72. Jak co nejvíce prodloužit životnost Li-ion baterií? Expert Tesly radí, jak na to. [Online] Březen 2019. <http://www.autoforum.cz/zajimavosti/jak-co-nejvice-prodlouzit-zivotnost-li-ion-baterii-expert-tesly-radi-jak-na-to/>.
73. Hyundai.cz. Příručka Hynduai Ioniq. 2018.
74. Elektromobily vážně nejsou tak čisté, problémy přírodě působí i výroba baterií. [Online] Březen 2019. <http://www.autoforum.cz/zajimavosti/elektromobily-vazne-nejsou-tak-ciste-problemy-prirode-pusobi-i-vyroba-baterii/>.
75. New Study: Large CO2 Emissions From Batteries Of Electric Cars. [Online] Březen 2019.  
<https://www.thegwpf.com/new-study-large-co2-emissions-from-batteries-of-electric-cars/>.
76. Recycling Technology. [Online] Březen 2019. <https://www.li-cycle.com/recycling-technology.html>.
77. Recyklace li-ion baterií. [Online] Březen 2019. <https://oenergetice.cz/akumulace-energie/recyklace-lithium-ion-baterii-uvod/>.
78. Audi elektrifikuje Světové ekonomické fórum v Davosu. [Online] Březen 2019.  
<http://www.hybrid.cz/audi-elektrifikuje-svetove-ekonomicke-forum-v-davosu>.
79. Elektromobily a bezpečnost. [Online] Březen 2019.  
[https://www.technickydenik.cz/rubriky/archiv/elektromobily-a-bezpecnost\\_18096.html](https://www.technickydenik.cz/rubriky/archiv/elektromobily-a-bezpecnost_18096.html).
80. Are electric cars safe in accidents? [Online] Březen 2019.  
<https://auto.howstuffworks.com/are-electric-cars-safe-in-accidents.htm>.
81. Německo loni poprvé vyrobilo víc elektřiny z obnovitelných zdrojů než z uhlí. [Online] Únor 2019. <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/obnovitelne-zdroje-predstihly-v-nemecku-uhli-ve-vyrobe-elekt/r~92e5b08e105c11e998daac1f6b220ee8/?redirected=1551032866>.



82. Německo má víc obnovitelných zdrojů energie než klasických, ty ale přesto vyrábějí více elektriny. [Online] Březen 2019. <http://www.hybrid.cz/nemecko-ma-vic-obnovitelnych-zdroju-energie-nez-klasicky-ty-ale-presto-vyrabeji-vice-elektriny>.
83. EVmapa.cz. [Online] Březen 2019. <https://www.evmapa.cz/>.
84. NÁSTROJ PRO PROPOJENÍ EVROPY - CEF. [Online] Březen 2019. <https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Evropska-unie/Programy/Program-CEF>.
85. AutoTip. 2019. Leden 01.
86. Základy nabíjení. [Online] Březen 2019. <https://www.autonabijeni.cz/blog/zaklady-nabijeni/>.
87. Chademo.com. [Online] Březen 2019. <https://www.chademo.com/products/evs/>.
88. Hybrid.cz. [Online] Březen 2019. <http://www.hybrid.cz/shell-nainstaluje-u-80-svych-cerpacich-stanic-nabijeci-stanice-ionity>.
89. Vše o nabíjení elektromobilu. [Online] Březen 2019. <https://www.alza.cz/vse-o-nabijeni-elektromobilu>.
90. ContentsThe Life Cycle Assessment of the Golf. [Online] Březen 2019. [https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779580640224/L7\\_2\\_101129\\_VW\\_HB\\_Golf\\_GB.pdf](https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779580640224/L7_2_101129_VW_HB_Golf_GB.pdf).
91. The e-Golf, Environmental Commendation. [Online] Březen 2019. [https://www.a-pointduurzaamheid.nl/files/4914/2348/7329/e\\_golf\\_Env\\_Comm.pdf](https://www.a-pointduurzaamheid.nl/files/4914/2348/7329/e_golf_Env_Comm.pdf).
92. Are Electric Cars Worse For The Environment? Myth Busted. [Online] Březen 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=6RhtiPefVzM>.
93. Electricitymap. [Online] Březen 2019. <https://www.electricitymap.org/?page=country&solar=false&remote=true&wind=false&countryCode=CZ>.
94. Technické parametry VW Golf. [Online] Březen 2019. <https://www.vw.sk/media/.../golf-gti-r-gtd2018sk.pdf>.
95. Emise CO2 u elektromobilů. [Online] Březen 2019. <https://www.svetmobilne.cz/emise-co2-u-elektromobilu-tesla-horsi-nez-bmw/4645-2>.

## **Seznam obrázků**

Obrázek 1 – Motorový prostor e-Golf .....	6
Obrázek 2 – Otáčkoměr a řadicí páka e-Golfu .....	7
Obrázek 3 – Testovaný VW e-Golf .....	8
Obrázek 4 – Městské měření .....	9
Obrázek 5 – Městské a mimoměstské měření .....	10
Obrázek 6 – Dálniční měření .....	10

Obrázek 7 – VAG-COM a GPS Garmin 18x .....	12
Obrázek 8 – Elektromobil Františka Křížíka.....	15
Obrázek 9 – Růst tří typů automobilů v USA od roku 1900 do 2000 .....	16
Obrázek 10 – GM EV1 .....	17
Obrázek 11 – Výroba elektřiny podle typu paliva.....	18
Obrázek 12 – Tesla Roadster 2020.....	21
Obrázek 13 – VW I.D. Neo .....	23
Obrázek 14 – Studie I.D .....	24
Obrázek 15 – EV versus konvenční automobil .....	26
Obrázek 16 – DC elektromotor s permanentními magnety .....	29
Obrázek 17 – Řez PMSM.....	30
Obrázek 18 – Pohonná jednotka Model S .....	31
Obrázek 19 – Li-Ion baterie Tesla 18650.....	34
Obrázek 20 – Typy konektorů.....	40
Obrázek 21 – Závislost ukazatele celkového dojezdu a postupného vybíjení akumulátoru ....	41
Obrázek 22 – Vybraný úsek z městského provozu.....	45
Obrázek 23 – Graf v závislosti na rychlosti a čase obou mimoměstských úseků .....	47
Obrázek 24 – Graf v závislosti na rychlosti a čase obou mimoměstských úseků .....	48
Obrázek 25 – Graf průměrné spotřeby elektrické energie.....	49
Obrázek 26 – Graf rychlosti dobíjení pomocí CCS 50 kW DC .....	50
Obrázek 27 – Porovnání přímých a nepřímých emisí benzinového a elektrického vozu.....	54
Obrázek 28 – Celkové porovnání vyprodukovaných emisí CO <sub>2</sub> (pro ČR) .....	55
Obrázek 29 – Vyprodukované emise CO <sub>2</sub> Norsko vs. Estonsko.....	56
Obrázek 30 – Schéma VW e-Golf.....	69
Obrázek 31 – Nabíjecí kabely standardně dodávané a čipy k nabíjení .....	69
Obrázek 32 – Režim plného výkonu (Kickdown) .....	70
Obrázek 33 – Emise CO <sub>2</sub> e-Golfu vs. Golfu TSI .....	70

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 – Technické vlastnosti testovaného EV .....	5
Tabulka 2 – Druhy akumulátorů.....	33
Tabulka 3 – Naměřená data z městského úseku .....	44
Tabulka 4 – Naměřená data z mimoměstského úseku.....	46
Tabulka 5 – Naměřená data z dálničního úseku .....	48

Tabulka 6 – Odběr proudu spotřebičů .....	51
Tabulka 7 – Zrychlení 0-100 km/h a 80-120 km/h.....	51
Tabulka 8 – Vyprodukované emise CO <sub>2</sub> při výrobě automobilů .....	53
Tabulka 9 – Vyprodukované CO <sub>2</sub> v ČR výrobou 1 kWh elektrické energie .....	53
Tabulka 10 – Emise CO <sub>2</sub> na ujetý kilometr .....	54

## **Seznam zkratk**

SUV – Sport Utility Vehicle

EU – Evropská unie

VW – Volkswagen

BMW – Bayerische Motoren Werke

C<sub>d</sub> – součinitel aerodynamického odporu vzduchu

GM – General Motors

GPS – Global Positioning System

AGM – Absorbent Glass Mat

LED – Light Emitting Diode

ŘJ – řídicí jednotka

USA – United States of America

D0 – Pražský okruh

DPH – daň z přidané hodnoty

IAD – individuální automobilová doprava

AG – Aktiengesellschaft

a.s. – Akciová společnost

Inc. – Incorporated

DC – Direct Current

AC – Alternating Current

A/C – Air Condition

DPF – Diesel Particulate Filter

CNG – Compressed Natural Gas

NEDC – New European Driving Cycle

WLTP – Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicle Test Procedure

RDE – Real Driving Emissions

OBD – On Board Diagnostics

CEF – Connecting Europe Facility

P100D – Performance, 100 kWh battery, Dual motor

TSI – Twincharged Stratified Injection

LCA – Life Cycle Assessment

W - watt

A - ampér

V - volt

mAh - miliampérodina

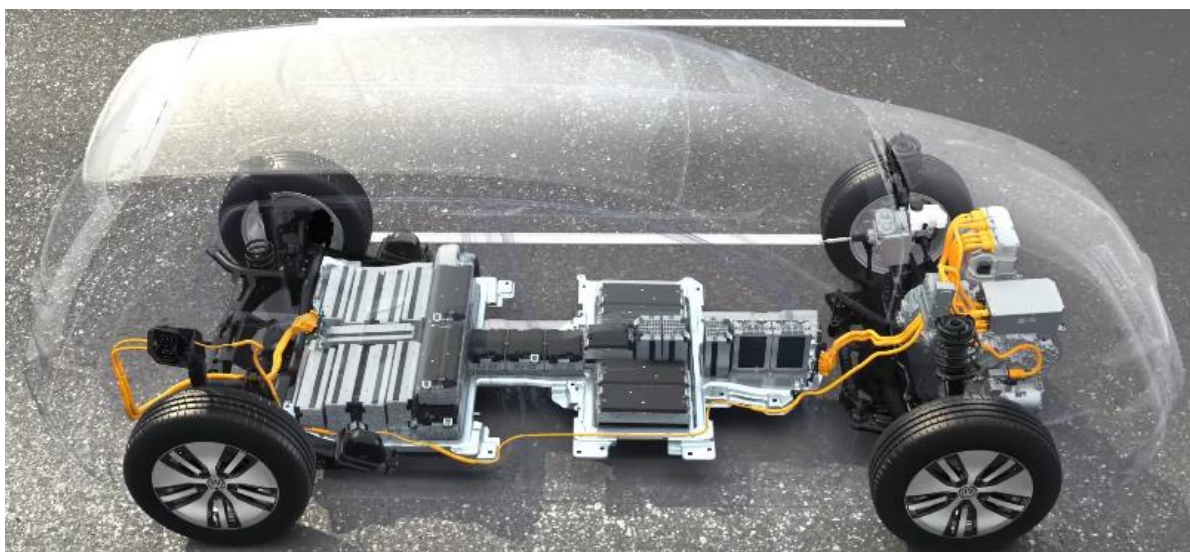
Ft\*Ib – foot-pounds = 1,356 Nm

Nm - newtonmetr

t - tuna

## 9 Přílohy

Obrázek 30 – Schéma VW e-Golf



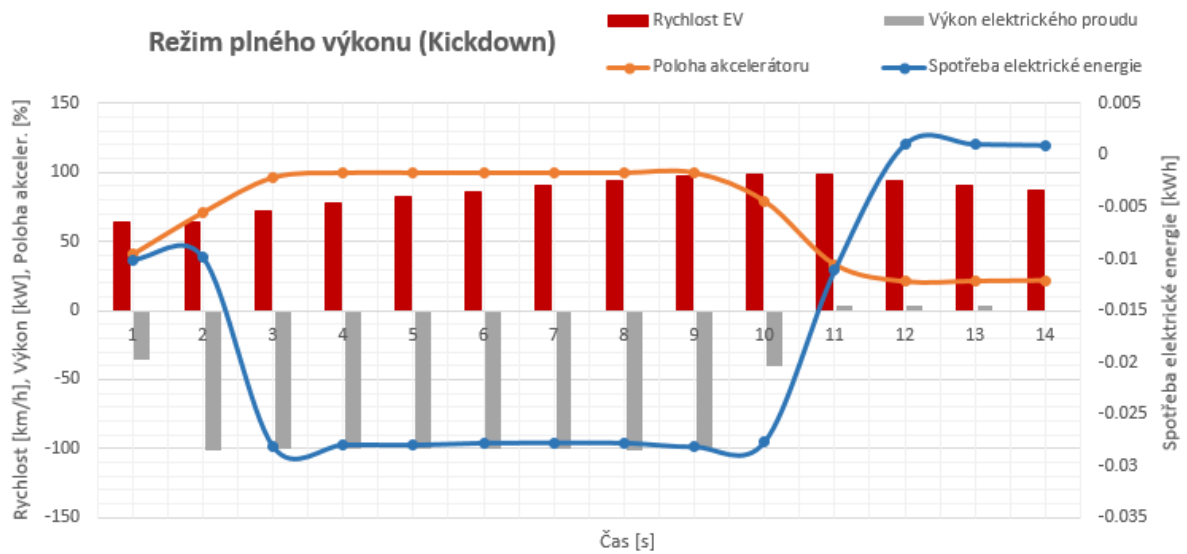
Zdroj: (2)

Obrázek 31 – Nabíjecí kabely standardně dodávané a čipy k nabíjení



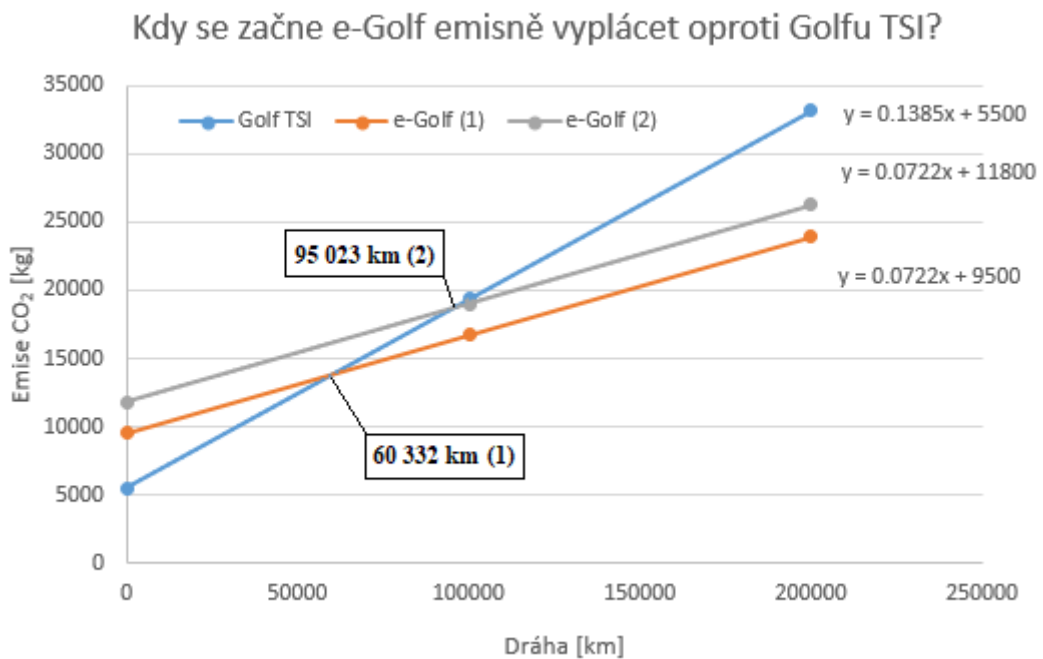
Zdroj: vlastní

Obrázek 32 – Režim plného výkonu (Kickdown)



Zdroj: vlastní

Obrázek 33 – Emise CO<sub>2</sub> e-Golfu vs. Golfu TSI



Zdroj: vlastní

