

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



## **Elektrické pohony osobních automobilů**

bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Viktor Novák

Autor práce: Daniel Němec

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Daniel Němec

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Elektrické pohony osobních automobilů**

Název anglicky

**Electric car drives**

---

### **Cíle práce**

Cílem práce je vypracovat ucelený přehled jednotlivých typů pohonu osobních automobilů, se zaměřením na pohony alternativní, hybridní a zejména elektrické. Provést technický rozbor jednotlivých prvků elektrického pohonu, elektromotorů a možností výroby a skladování elektrické energie. Perspektivy dalšího vývoje elektrických pohonů osobních automobilů.

### **Metodika**

Vypracovat rešerši obsahující ucelený přehled alternativních možností pohonu osobních automobilů. Provést detailnější technický rozbor elektrického pohonu automobilu. Diskutovat současné trendy a budoucí vývoj v této oblasti.

**Doporučený rozsah práce**

30-40

**Klíčová slova**

automobil, hybridní pohon, elektrický pohon

---

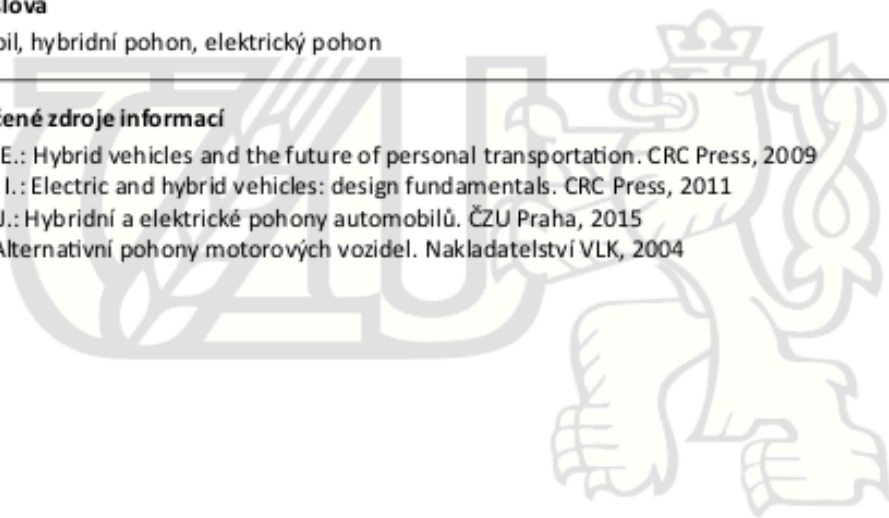
**Doporučené zdroje informací**

FUHS, A.E.: Hybrid vehicles and the future of personal transportation. CRC Press, 2009

HUSAIN, I.: Electric and hybrid vehicles: design fundamentals. CRC Press, 2011

KAMEŠ, J.: Hybridní a elektrické pohony automobilů. ČZU Praha, 2015

VLK, F.: Alternativní pohony motorových vozidel. Nakladatelství VLK, 2004



---

**Předběžný termín obhajoby**

2017/18 LS – TF

**Vedoucí práce**

Ing. Viktor Novák

**Garantující pracoviště**

Katedra elektrotechniky a automatizace

Elektronicky schváleno dne 17. 1. 2017

**prof. Ing. Jaromír Volf, DrSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 1. 2017

**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan

V Praze dne 24. 03. 2018

## **PROHLÁŠENÍ**

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Elektrické pohony osobních automobilů“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské 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 moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom že, na moji bakalářskou 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.“

V Praze dne 1.4.2018

Podpis .....

## **PODĚKOVÁNÍ**

Dovoluji si tímto způsobem poděkovat panu Ing. Viktoru Novákovi za jeho odborné vedení při vypracování bakalářské práce, cenné rady a odborný dohled. Dále pak společnosti Toyota za možnost se blíže seznámit s hybridními vozy, speciálně pak panu Petru Frühaufovi za technickou podporu.

**Abstrakt:** Hlavním cílem této bakalářské práce je popsat a blíže přiblížit základní rozdělení dnešních druhů pohonu osobních automobilů, se zaměřením na pohony alternativní, obzvláště pak na pohony elektrické. První kapitola „Historie vývoje elektrického pohonu“ se zaměřuje na historii vývoje elektrických a hybridních vozidel. Ve druhé kapitole „Alternativní pohony na plynné bázi“ jsou vypsány a následně rozebrány dnešní typy silničních alternativních pohonů na plyn. Následují kapitoly „Hybridní pohon“ a „Elektromobil“, jež pojednávají o základním fungování daných typů pohonu a snaží se přiblížit jejich výhody a nevýhody. Zároveň se snaží přiblížit problematiku budoucího vývoje automobilového průmyslu v této oblasti. Závěr bakalářské práce shrnuje vyhodnocení použitých alternativních druhů pohonu.

**Klíčová slova:** automobil; elektrický pohon; hybridní pohon; baterie

## **ELECTRIC CAR DRIVES**

**Summary:** The main objective of this bachelor thesis is to describe in greater detail elementary types of currently used division of car drives, focusing on alternative car drives, especially with impact onto electric car drive. The first chapter named „History of electric car drive“ is focused on an evolution of electric and hybrid cars during history. The second chapter called „Alternative gaseous car drives“ refers and subsequently describes modern types of alternative gas car drives. The following chapters „Hybrid car drive“ and „Electric car“ outline their basic functioning with a close look into the pros and cons. Simultaneously the thesis provides a look into the forthcoming problematics of the automotive-car industry in this specific area. The conclusion of this bachelor thesis summarizes the evaluations of commonly used alternative car drive types which are installed currently in modern carry.

**Key words:** car; electric drive; hybrid drive; battery

# Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>CÍL PRÁCE A METODIKA</b> .....	<b>3</b>
2.1	CÍL PRÁCE .....	3
2.2	METODIKA PRÁCE.....	3
<b>3</b>	<b>HISTORIE VÝVOJE ELEKTRICKÉHO POHONU</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>KONVENČNÍ POHONY</b> .....	<b>6</b>
4.1	BENZÍNOVÉ MOTORY .....	7
4.2	NAFTOVÉ MOTORY .....	7
<b>5</b>	<b>ALTERNATIVNÍ POHONY NA PLYNNÉ BÁZI</b> .....	<b>7</b>
5.1	CNG.....	8
5.2	BIOPLYN.....	9
5.3	LPG.....	10
5.4	VODÍK .....	11
<b>6</b>	<b>HYBRIDNÍ POHON</b> .....	<b>14</b>
6.1	PRINCIP FUNGOVÁNÍ HYBRIDNÍHO MOTORU .....	14
6.1.1	<i>Sériové zapojení</i> .....	14
6.1.2	<i>Paralelní zapojení</i> .....	15
6.1.3	<i>Sériově – paralelní zapojení</i> .....	15
6.2	PLUG-IN HYBRID .....	16
<b>7</b>	<b>ELEKTRICKÝ POHON</b> .....	<b>17</b>
7.1	ELEKTROMOTOR.....	18
7.1.1	<i>Synchronní motor s permanentními magnety</i> .....	18
7.1.2	<i>Asynchronní motor</i> .....	19
7.2	PŘEVODOVKA U ELEKTROMOBILU .....	22
7.3	DOJEZD.....	24
7.4	VÝKON .....	24
7.5	ZRYCHLENÍ.....	24
7.6	EMISE ELEKTROMOBILŮ.....	25
7.7	SPOTŘEBA ENERGIE ELEKTROMOTORŮ.....	25
<b>8</b>	<b>BATERIE</b> .....	<b>26</b>
8.1	KAPACITA BATERIE .....	26
8.2	TĚPLOTA BATERIE .....	26
8.3	DRUHY BATERÍ A JEJICH SLOŽENÍ .....	27
8.3.1	<i>Olověné s kyselinou sírovou (PbSO<sub>4</sub>)</i> .....	27
8.3.2	<i>Nikl – kadmiové (Ni-Cd)</i> .....	27
8.3.3	<i>Nikl – metal hydridové (Ni-MH)</i> .....	28
8.3.4	<i>Lithium – iontové (Li-Ion)</i> .....	28
8.4	DRUHY DOBÍJENÍ .....	29
8.4.1	<i>Dostupnost nabíjecích stanic v ČR</i> .....	29
8.4.2	<i>Dobíjení ze sítě</i> .....	30
8.4.1	<i>Rekuperace</i> .....	31
<b>9</b>	<b>POROVNÁNÍ VOZŮ NA VÝŠE UVEDENÁ PALIVA</b> .....	<b>33</b>
<b>10</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>37</b>
<b>11</b>	<b>POUŽITÉ ZDROJE</b> .....	<b>39</b>

## Seznam obrázků

Obr. 1 Tesla Roadster rok 2006	2
Obr. 2 Vzhled prvních elektromobilů	4
Obr. 3 Představení elektrického vozu BMW 1602E na LOH roku 1972	5
Obr. 4 Zpracování biomasy na bioplyn	9
Obr. 5 Schéma vodíkového palivového článku	12
Obr. 6 Princip fungování vodíkového pohonu	13
Obr. 7 Reakce vodíku	13
Obr. 8 Uspořádání hybridních pohonů	15
Obr. 9 Toyota Prius	16
Obr. 10 Uspořádání hnacího ústrojí pro elektromobily	17
Obr. 11 Porovnání konstrukce PMSM a asynchronního motoru	18
Obr. 12 Mapa účinnosti motoru pro motorový režim	19
Obr. 13 Třífázový střídač s IGBT tranzistory	21
Obr. 14 Motory uloženy za sebou pohánějící stejnou hřídel	22
Obr. 15 Motory spojené pevným převodem	23
Obr. 16 Síť dobíjecích stanic v ČR	29
Obr. 17 Konektor pro připojení ze sítě	30
Obr. 18 Vzhled nabíjecí stanice (supercharger) společnosti Tesla	30
Obr. 19 Síť supercharger nabíjecích stanic	31
Obr. 21 Rozložení elektrického pohonu v automobilu	32

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Porovnání základních parametrů standartních elektromobilů	24
Tabulka 2 Porovnání kapacity, výkonu, životnosti baterií	28
Tabulka 3 Porovnání hybridních vozů	33
Tabulka 4 Porovnání elektromobilů	34
Tabulka 5 Porovnání vozů na konvenční palivo	35



## Seznam použitých zkratk a jednotek

AdBlue	– Roztok močoviny AdBlue napomáhá dieselům redukovat oxidy dusíku
CNG	– (z anglického slova compressed natural gas) – stlačený zemní plyn
LPG	– (z anglického slova liquid petroleum gas) – zkapalněný ropný plyn
HV	– Hybridní vozidlo
EV	– Elektrické vozidlo

## Jednotky

Ah	– Ampérhodina, jednotka elektrického náboje
kWh	– $10^3$ Wh – jednotka energie
MWh	– $10^6$ Wh – jednotka energie
NO <sub>x</sub>	– Oxid dusíku
CO <sub>2</sub>	– Oxid uhličitý
Nm	– jednotka momentu síly = síla 1N působící na rameno s délkou 1m
bar	– jednotka tlaku = 100kPa = 0,1 MPa
CH <sub>4</sub>	– Metan (jednoduchý uhlovodík bez barvy a zápachu, hořlavý)
OPEC	– Organizace zemí vyvážejících ropu
AC	– (z anglického slova alternating current) – střídavý proud
DC	– (z anglického slova direct current) – stejnosměrný proud

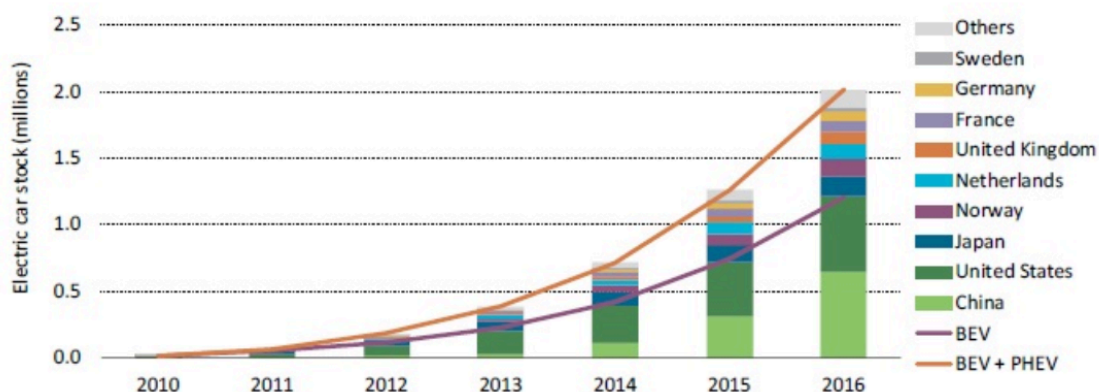
# 1 Úvod

Z důvodů snižujících se zásob ropy, s ohledem na problematiku znečišťování životního prostředí a prokazatelné globální oteplování je v současné době hlavním cílem automobilového průmyslu najít optimální alternativní způsoby pohonu automobilů. Proto je potenciál automobilů poháněných alternativními způsoby pohonu největší, jaký zde doposud byl. V dnešní době je ve světě vyrobeno přes 1,3 miliard automobilů na konvenční pohon. [23] Elektrických automobilů je oproti tomu vyrobeno jen okolo 3 milionů (Graf 1). Z toho je patrné, že se jedná o velmi atraktivní a rozrůstající segment. V současné době výrobci automobilů využívají několik druhů alternativních způsobů pohonu. Těmi hlavními jsou pohony plynové, vodíkové, hybridní a elektrické. [8]

Účinné řešení problémů uvedených výše může nabídnout hybridní pohon. Kombinací elektrického motoru s motorem spalovacím je dosaženo výrazného snížení produkce emisí. Hybridní pohon je jakýmsi mezikrokem od automobilů se spalovacím pohonem k elektromobilům. A právě elektromotory by mohly být ideálním řešením problému znečišťování životního prostředí a sílicího globálního oteplování z důvodu jejich bezemisního provozu. Nevýhodami, které brzdí popularizaci elektromobilů, jsou především vysoká pořizovací cena, relativně krátká dojezdová vzdálenost a v neposlední řadě dlouhá doba dobíjení. Je tedy patrné, že je nezbytné vyřešit ještě mnoho problémů, než se elektromobil stane ideálním řešením. Dále je tu problém ve způsobu výroby elektrické energie, kdy většina je produkována spalováním fosilních paliv. A právě proto, aby byl celý rozvoj elektromobilů přínosem musíme také vyřešit schopnost produkce elektrické energie jinými způsoby, hlavně šetrnými k životnímu prostředí, což znamená za použití obnovitelných zdrojů jako jsou například sluneční, větrné, vodní nebo geotermické. [2]

V dnešní době jsou předměty poměrně obsáhlé diskuze ohledně elektromobilů především jejich úroveň technické standardizace, rozsah daňových úlev na ně zaměřených a současně tvorba infrastruktury v městských zástavbách. Z tohoto důvodu největší výrobci automobilů jako jsou General Motors, Toyota, Volkswagen, či Mercedes ve velkém investují do rozvoje elektrických a hybridních typů pohonu osobních automobilů. Jejich cílem společně se ziskem je i dodržení stále přísnějších emisních norem. Snížení produkce emisí by mělo mít pozitivní vliv na globální oteplování a zlepšení životního prostředí.

Graf 1 Počet elektromobilů v globálním měřítku v roce 2016



Zdroj: <http://www.prumyslovaekologie.cz/Dokument/102365/pocet-elektromobilu-na-svete-se-v-prubehu-roku-temer-zdvojnasil.aspx>

Asi o největší popularitu elektrických automobilů se zasloužila značka Tesla, která pod vedením Elona Muska představila v roce 2006 svůj první elektromobil model Tesla Roadster (Obr. 1). Tento první elektromobil byl schopný ujet vzdálenost maximálně do 400 km na jedno nabití a současně s tím dokázal jet maximální rychlostí 200 km/h.

Obr. 1 Tesla Roadster rok 2006



Zdroj: [www.tesla.com](http://www.tesla.com)

Do roku 2018 již značka Tesla představila 3 nové modely: Model S, Model X a Model 3. Poměrně odvážným plánem značky Tesla pro rok 2019 se jeví snaha uvést na trh první čistě elektrický tahač pod označením Tesla Semi s dojezdem přes 800 km na jedno nabití.

## **2 Cíl práce a metodika**

V následující části budou probrány konkrétní cíle bakalářské práce, její metodika a stručný popis způsobu vypracování rešerše.

### **2.1 Cíl práce**

Cílem práce je vypracovat ucelený přehled jednotlivých typů pohonu osobních automobilů, se zaměřením na pohony alternativní, hybridní a zejména elektrické. Provést technický rozbor jednotlivých prvků elektrického pohonu, elektromotorů a možností výroby a skladování elektrické energie. Perspektivy dalšího vývoje elektrických pohonů osobních automobilů.

### **2.2 Metodika práce**

Vypracovat rešerši obsahující ucelený přehled alternativních možností pohonu osobních automobilů. Provést detailnější technický rozbor elektrického pohonu automobilu. Diskutovat současné trendy a budoucí vývoj v této oblasti.

### 3 Historie vývoje elektrického pohonu

První zmínka o zařízení s pohyblivým magnetem, podobné základnímu principu elektromagnetu v elektromotoru pochází z roku 1829, kde ho na Slovensku sestrojil pan Štefán Anián Jedlík. Vynález byl zaznamenán v maďarštině ještě za dob Rakouska – Uherska. Poté následovalo v roce 1847 odhalení prvního elektrického vozu pro dva pasažéry sestrojeného panem Mosesem Fannerem. V roce 1851 Charles Page předvedl elektrický automobil schopný dosáhnout rychlosti až 32,2 km/h s maximálním dojezdem 70 km. Elektromobil lákal na jednoduchou konstrukci a relativně tichý chod. Za zmínku stojí ta skutečnost, že první spalovací motor byl vynalezen až roku 1860 Belgičanem Jeanem Lenoirem. Spalovací motor vznikl tedy až o 13 let později. Tento spalovací motor byl dvoutaktní a byl poháněn svítiplynem. [25]

Obr. 2 Vzhled prvních elektromobilů



Zdroj: <http://www.businessinsider.com/electric-car-history-2017-2>

Na přelomu 19. a 20. století začal být elektromobil velice populární. Podle prvních průzkumů trhu v letech 1899 a 1900 tvořil prodej elektromobilů 28 % ze všech 4 192 automobilů vyráběných v USA. O přechod k motorům spalovacím, které byly poháněny benzínem, se zasloužil pan Henry Ford. Tento průmyslník se svými prvními verzemi továren s montážními pásy a zrychlenou výrobou začal produkovat levnější automobily se spalovacím motorem. Tím změnil pohled na dostupnost automobilů a dosáhl výrazné převahy benzínových

motorů. Do roku 1935 přestaly být elektrické automobily nadále populární a kompletně je vystřídaly zážehové a spalovací motory, které poté následně dominovaly automobilovému průmyslu po desítky let. [25]

V období mezi šedesátými a sedmdesátými lety 20. století se zájem o elektrické automobily pozvolně začal rozrůstat. Hlavní důvodem byly začínající problémy s čistotou ovzduší a první náznaky globálního oteplování. V roce 1973 OPEC vyhlásil embargo na pohonné hmoty, což vedlo k enormnímu nárůstu cen pohonných hmot. Tato situace ještě více posílila pozornost automobilového průmyslu na alternativní způsoby pohonu automobilů. V roce 1976 kongres Spojených států amerických schválil dotace na výzkum a vývoj v oblasti elektrických a hybridních vozidel. Nezahálely ani další světové automobilové velmoci a světoví výrobci automobilů. Tak např. značka BMW představila v roce 1972 na Letních olympijských hrách nový model 1602 E s čistě elektrickým pohonem. Limitovaný dojezd, malá rychlost a vzhled automobilů s alternativními pohony byly v tuto dobu hlavními příčinami jejich nízké popularity. [25]

*Obr. 3 Představení elektrického vozu BMW 1602E na LOH roku 1972*



*Zdroj: <http://www.businessinsider.com/electric-car-history-2017-2#the-other-was-elcar-corporation-6>*

V devadesátých letech 20. století přišla druhá vlna nucených emisních regulací, jejichž součástí byl zákon o ovzduší z roku 1990 a zákon o energetické politice z roku 1992. Nové zákony a nařízení donutily automobilové výrobce se znovu zaměřit na vývoj alternativních způsobů pohonu automobilů. [9]

## 4 Konvenční pohony

V dnešní době jsou celosvětově nejpoužívanější automobily na fosilní paliva. Lidé si mohou vybrat mezi naftovými motory a benzínovými motory, kdy každý z těchto dvou druhů paliva má své specifické vlastnosti. Záleží tak jen na kupujícím, který druh paliva preferuje. Do nedávné doby dominovaly evropským trhům naftové motory, které byly nejžádanější. Jejich podíl na evropském trhu přesahoval 50 % z prodaných vozidel. Hlavním důvodem byla především schopnost poměrně velké dojezdové vzdálenosti ve spojení s velmi příznivou cenou dieselových pohonných hmot na trhu. Současně pak tyto naftové motory vykazovaly relativně dobré ekologické parametry při spalování. [22]

Oblíbenost naftových motorů však v posledních letech zdatně klesá. Příčinou je především jejich spojení s kauzou Dieselgate zveřejněnou v září roku 2015 na základě šetření americké agentury pro životní prostředí. V kauze docházelo k tomu, že výrobci naftových aut záměrně manipulovali se softwarem, který ukazoval nižší hodnoty výfukových plynů a dočasně snižoval množství vznikajícího oxidu dusíku, aby jejich vozy splnily zákonný emisní limit. Na druhou stranu je však třeba uvést, že většina nepříznivých vlivů spojovaných s naftovými motory se týká především starších dieselových motorů, které ještě nepoužívají systém vstřikování močoviny AdBlue. Celý systém funguje na principu vstřikování této syntetické močoviny do výfuku, kde dochází k redukci  $\text{NO}_x$  za přítomnosti chemického katalyzátoru a dostatečné teploty na vodu a dusík. V posledních letech jsou pak dieselové motory vybavovány i dalšími prvky emisní ochrany, které výrazně redukuje emise výfukových plynů. [22]

Za zmínku stojí, že dnešní průměrný dieselový motor o objemu do 2.0 l vykazuje v průměru spotřebu 5-6 l na 100 km. Benzínový motor o stejném objemu pak vykazuje průměrnou spotřebu o 2-3 litry na 100 km vyšší než motor naftový. I přes využití všech moderních technologií snižujících emise výfukových plynů u vznětových motorů stále dochází k větší produkci oxidu dusíku než u zážehových motorů. Naproti tomu zážehové motory produkují více oxidu uhličitého. Optimální varianta u klasických pohonů tedy neexistuje. Záleží v podstatě jen na volbě kupujícího. Zda-li upřednostní vůz s vyšší produkcí oxidů dusíku, které mají okamžitý vliv na zdraví člověka, nebo zvolí automobil s vyšší produkcí oxidu uhličitého, který v dlouhodobém horizontu nepříznivě ovlivňuje klima planety. [22]

## 4.1 Benzínové motory

Tzv. zážehový motor, používající jako palivo benzín, byl vynalezen a sestrojen německým konstruktérem Nicolausem Augustem Ottem v roce 1876. Tyto zážehové motory pracují na principu vzniku směsi paliva a vzduchu ve válci a k jejich následnému zažehnutí jiskrou vyprodukovanou ze zapalovací svíčky. Ve válci se tvoří nižší kompresní tlak než u vznětového motoru. Kompresní poměr se pohybuje v rozmezí 9:1 až 12:1. Nejvyššího točivého momentu a tím i výkonu dosahuje až při vyšších otáčkách. Chod benzínového motoru je tichý a pravidelnější než u naftového motoru. Účinnost zážehového motoru, nebo-li schopnost transformace energie paliva na užitečnou práci, se pohybuje v rozmezí 20 – 30 %. [2]

## 4.2 Naftové motory

Tzv. vznětový motor je nazýván podle svého vynálezce Rudolfa Diesela jako Dieselův motor. Principem práce tohoto motoru je velké stlačení vzduchu nasátého do válce a následné vstříknutí paliva, po kterém následně dojde k samovznícení dané směsi. Kompresní poměr vznětového motoru se pohybuje v rozmezí 15:1 až 21:1. Vznětový motor nemá čerpací ztráty, to znamená, že motor saje sáním stále stejné množství vzduchu a jeho výkon se řídí množstvím vstříknuté nafty. Hlavní výhodou vznětových motorů je vysoký točivý moment již při nízkých otáčkách. Účinnost vznětového motoru, nebo-li schopnost transformace energie paliva na užitečnou práci, se pohybuje v rozmezí 30– 40 %. [2;28]

## 5 Alternativní pohony na plynné bázi

Základem těchto alternativních paliv na plynné bázi je zemní plyn, který sestává cca z 85 % metanu z 10 % dusíku a oxidu uhličitého a z 5 % vyšších uhlovodíků.

I alternativní paliva na plynné bázi mají své nedostatky. Základním nedostatkem je skutečnost, že při okolní teplotě a tlaku mají plynná paliva mnohem větší objem než paliva kapalná. Z toho logicky vyplývá, že plynem poháněný automobil může vyžadovat významně více paliva na ujetí stejné vzdálenosti než motor na paliva kapalná. Jelikož je výrobci automobilů kladen velký důraz na váhu a velikost automobilu, je zvětšení nádrže nežádoucí a nemožné. Plyn je proto upravován kompresí a zkapalněním, aby bylo možné tato paliva využít v automobilové dopravě. [27]



Pohonné plyny rozdělujeme na tyto základní druhy:

- Stlačený zemní plyn CNG
- Bioplyn, biopalivo
- Tekutý ropný plyn LPG
- Vodík

## 5.1 CNG

Historicky bylo CNG důležitým palivem v zemích s bohatými zásobami zemního plynu. Výrobci z těchto zemí pak hojně podporovali jeho využívání (např. Pákistán, Írán, Argentina, Brazílie). CNG se však postupně stal více populární i v zemích méně bohatých na zásoby zemního plynu. Značnou výhodou CNG je, že má velký potenciál redukovat množství vyprodukovaných emisí. Z tohoto důvodu se začíná hojně využívat především ve větších městech a aglomeracích jako palivo pro autobusovou dopravu a automobily taxislužeb. Většina čerpacích stanic na CNG má nízkotlaké přípojky od místních poskytovatelů. Tlak vstupního plynu v potrubí se pohybuje do 2 barů. V zásobníku čerpací stanice je plyn následně stlačen až na 200-250 barů a pod tímto tlakem je posléze čerpán do zásobníku automobilu. [10]

Výhody:

- Cenová atraktivita (cena CNG je poloviční v porovnání s benzínem a naftou)
- Nižší hlučnost automobilu a komfortnější jízda
- Velmi vysoká kvalita zemního plynu v ČR a vysoká kvalita palivových soustav
- V případě úniku plynu z nádrže dochází k jeho přirozenému odvětrávání

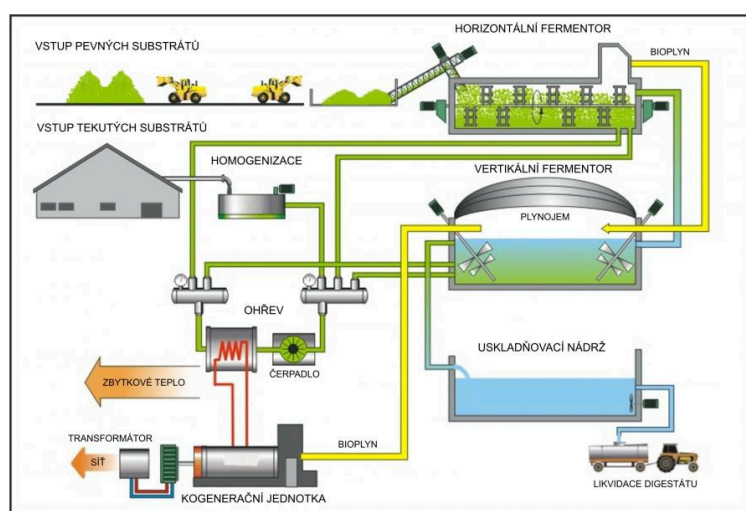
Nevýhody:

- Vyšší pořizovací cena automobilu, jelikož vozidlo má dvojitou palivovou soustavu benzín/ CNG
- Pro zaručení dojezdu srovnatelného s konvenčními pohony je nutná větší palivová nádrž, což má za příčinu zmenšení zavazadlového prostoru
- Stále nižší pokrytí čerpacími stanicemi oproti LPG
- Zákaz vjezdu do podzemních garáží či uzavřených parkovacích prostor
- Nutná pravidelná jednorozhodná revize z důvodu bezpečnosti

## 5.2 Bioplyn

Využitelnost bioplynu je srovnatelná se zemním plynem. Velkou předností bioplynu je získávání energie z hlediska neutrálního vzniku oxidu uhličitého. Jedná se o plyn produkovaný rozkladem organických částí různých materiálů, jako jsou například: rostlinný materiál, organický odpad z kanalizací, hnůj a komunální odpad (Obr.4). Hlavní složkou produkce bioplynu je metan ( $\text{CH}_4$ ) a oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ), který je produkován během anaerobní digesce, po anaerobní digestaci následuje systém odstraňování odpadní vody. [3]

Obr. 4 Zpracování biomasy na bioplyn



Zdroj: <http://biopaliva.webgarden.cz/rubriky/bioplyn>

Přestože, bioplyn nemůže zcela nahradit klasické fosilní zdroje, odhaduje se, že automobilů využívajících tento zdroj paliva může být v naší republice pokryto 15-20 % spotřeby všech paliv. [3]

Výhody:

- Vysoká energetická výtěžnost a nulové vedlejší produkty
- Široká škála plodin a bioodpadů vhodných pro výrobu

Nevýhody:

- Nutnost častějšího vyměňování motorových filtrů
- Omezené množství a lokální výroba

### 5.3 LPG

Celosvětově nejrozšířenější a nejpoužívanější alternativa k motorovému palivu. Tento plyn vzniká jako vedlejší produkt při těžbě ropy či zemního plynu, který tvoří přes 60 % celosvětové produkce. LPG je kapalná směs propanu a butanu, která je těžší než vzduch. K jejímu zkapalnění stačí relativně malý tlak, což je velkou výhodou tohoto plynu. [27]

Během získávání plynu je odděleno velké množství příměsí, které jsou následně samostatně prodány. Současně probíhá i zbavování plynu od nečistot jako jsou např. CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>S. Po dokončení zpracování je plyn ve zkapalněném skupenství potrubím dopravován do zásobníků paliva, odkud je následně distribuován. Kvůli podobným vlastnostem hoření může být tento druh paliva kombinován pouze se zážehovým (benzínovým) motorem. Přestavbu převážně volí soukromí majitelé aut, kteří v místních podmínkách za přestavbu benzínového motoru zaplatí kolem 25 000 korun. Návratnost této investice se vyplatí řidiči, který ročně urazí kolem 12 000 km. [27;29]

Výhody:

- Jednoduchá a levná přestavba, na rozdíl od ostatních plynných paliv má LPG podobné vlastnosti hoření jako benzín, proto není nutný zásah do motoru.
- Výrazně nižší cena za litr paliva oproti benzínu, z toho plyne úspornější provoz
- Nižší hlučnost a nižší produkce emisí
- Stejná doba tankování jako u konvenčních paliv

Nevýhody:

- Nedochozí k samovolnému odvětrávání plynu, na rozdíl od CNG
- Zákaz vjezdu těchto aut do podzemních garáží
- Zmenšení prostor ve voze z důvodu umístění nádrže, která se umísťuje přímo do zavazadlového prostoru, nebo na místo náhradního kola. Tento problém se eliminuje u aut s tovární instalací nádrže, kdy je karoserie za tímto účelem speciálně upravena.
- Pravidelná jednorocní revize tlakové nádoby z důvodu bezpečnosti

## 5.4 Vodík

Vodík je jednou z alternativ ke klasickým pohonům. Vodíkové auto je velice podobné elektromobilům, jelikož je poháněno také elektrickou energií. Tuto elektrickou energii je schopno si samo generovat na principu chemických reakcí vodíku v palivových článcích umístěných ve voze (Obr.6).

Vodíku se vyprodukuje celosvětově 50 milionů tun ročně. Vodík jako takový je velice těkavý plyn, který vyprchává z atmosféry. Jeho těžba je především spjata s těžbou zemního plynu (48 %), získává se i při těžbě ropného oleje (30 %), dále pak se vyskytuje i v ložiscích uhlí (18 %). Pouhá 4 % celosvětové produkce se získává z obnovitelných zdrojů. Základním klíčem k dosažení úspěchu s tímto typem pohonu je schopnost vodík skladovat. Vodík se uchovává mnoha způsoby. Zde jsou uvedeny tři nejpoužívanější. [10;27]

1 - Tekutý vodík – k získání tekutého vodíku je potřeba čistý vodík ochladit na  $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ , při normálním okolním tlaku.

2 - Stlačený vodík – nejvíce využívaná metoda skladování. Pro porovnání automobiloví výrobci Honda či Nissan používají ke stlačení tlak 350 barů. Značka Toyota preferuje tlak až 700 barů.

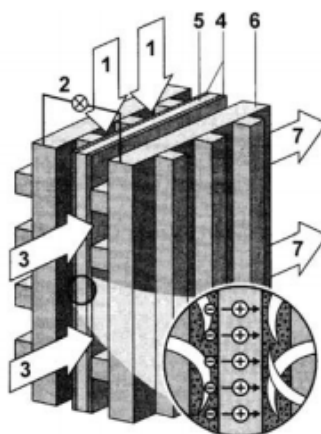
3 - Hybrid kovů – jde o nejbezpečnější metodu. Nevýhodou je váha zásobníku paliva, která ztěžuje transport. Dále pak je zapotřebí delšího časového úseku k natankování plynu.

Aby mohl být tento druh pohonu srovnatelný s konvenčními pohony, musí automobil opatřený tímto pohonem dosahovat srovnatelného dojezdu. Objemová hustota vodíku je však velmi nízká, a proto skladování dostatečného množství vodíku v tlakových nádobách zůstává i nadále výzvou pro výrobce z hlediska velikosti, hmotnosti, kinetiky, bezpečnosti a v neposlední řadě i nákladů. I přes to je efektivita vodíku cirká kolem 60 %, což je třikrát větší hodnota než u dnešních konvenčních motorů. Největší nevýhodou vodíkových aut je nízká infrastruktura čerpacích stanic. Pro upřesnění v celém Německu, které je jedním z průkopníků implementace vodíku do dopravy, je pouze 50 čerpacích stanic. V plánu však má vybudovat celkem 400 tankovacích míst do roku 2023. [27]

Jako příklad fungování automobilu na vodíkové palivo můžeme uvést Toyota Mirai (Obr.6). Automobil je poháněn palivovými články. Palivový článek je elektrochemické zařízení přeměňující přímo energii z chemické úpravy vodíku na energii elektrickou (Obr.5). [1;29]

*Obr. 5 Schéma palivového článku 1- vodík; 2- vnější obvod se zátěží;*

*3- kyslík; 4- katalyzátor; 5- elektrolyt; 6- elektroda; 7 – odpad (voda či vzduch)*



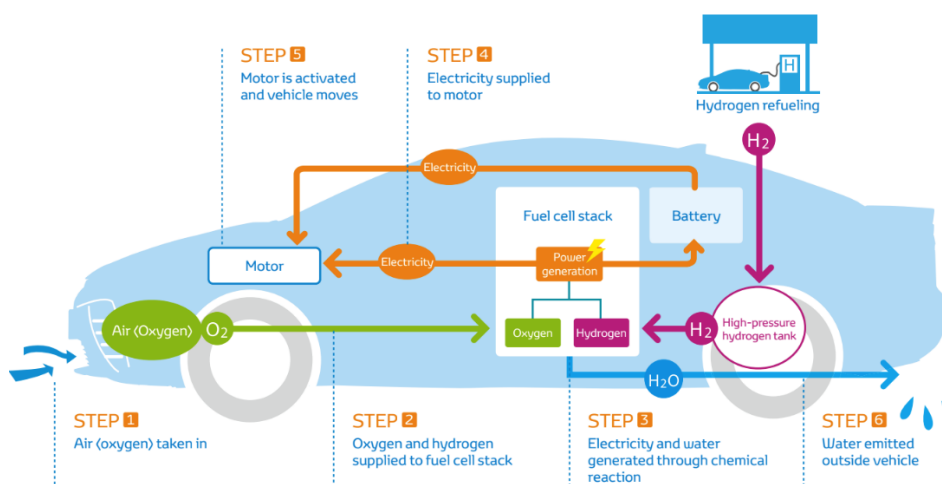
*Zdroj: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2004-04-212-224.pdf>*

Palivový systém motoru je opatřen elektronickým směšovací systémem, který určuje směšovací poměr vodíku a vzduchu. Palivové články rozdělené podle typu elektrolytu:

- Články alkalické – elektrolytem je KOH (hydroxid draselný)
- Články s tuhým polymerem – elektrolytem je tuhý organický polymer
- Články s kyselinou fosforečnou – elektrolytem je směs tvořená roztavenými uhličitany
- Články s tuhými oxidy – elektrolytem jsou oxidy vybraných kovů

Jednotlivé články se liší v probíhajících chemických reakcích na elektrodách, účinností daných přeměn a provozní teplotou. Optimalizace stavby celého systému palivového článku vede mimo jiné k tomu, že voda vznikající chemickou reakcí vodíku a kyslíku v palivových člancích pokrývá potřebné množství vody k vlhčení membrán palivových článků. Tyto přídatné vlhčící komponenty pro články znamenají další úspory prostoru a hmotnosti. [14]

Obr. 6 Princip fungování vodíkového pohonu



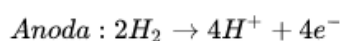
Zdroj: [www.toyota.cz](http://www.toyota.cz)

Výhody:

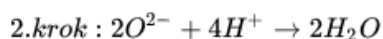
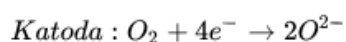
- Stejný dojezd jako konvenční motory
- Rychlost doplnění paliva (kolem 5 minut), oproti dobíjení elektromobilů (v řádu několik hodin)
- Nulové emise, jelikož jediným odpadem je voda (Obr. 6)

Obr. 7 Reakce vodíku

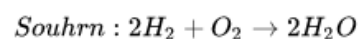
Chemické rovnice:



Oxidace / odevzdání elektronu



Redukce / přijetí elektronu



Redoxní reakce

Zdroj: [http://protiproud.wz.cz/\\_chemie/vodik.htm](http://protiproud.wz.cz/_chemie/vodik.htm)

Nevýhody:

- Uskladnění vodíku v autě – při dodržování nutných tlaků a izolování teplot, je nutné dodržet vysokou bezpečnost
- Výroba a cena palivových článků, které jsou vytvořeny z drahých kovů
- Extrémní citlivost na čistotu vodíku a vzduchu, nežádoucí částice mohou poškodit palivový článek. [11]

## 6 Hybridní pohon

Jednou z optimálních variant pohonu je motor hybridní, který využívá kombinaci elektrického pohonu i pohonu konvenčního. Díky této kombinaci je možné, aby převládaly výhody z obou druhů pohonů při rozdílných provozních situacích. Oproti čistě elektrickému motoru má hybridní automobil tu výhodu, že není omezená dojezdová vzdálenost a doba nabíjení je přijatelně dlouhá. Ve srovnání s konvenčními motory vykazuje hybridní motor nižší hodnoty emisí a nižší spotřebu. Velkou výhodou hybridního motoru je ta skutečnost, že při jízdě se spuštěným spalovacím pohonem, je baterie pohánějící elektromotor schopna se dobíjet. Druhý způsob dobíjení baterie je v okamžiku brždění automobilu, a to díky zpětné rekuperaci energie. Třetím způsobem dobíjení baterie je práce elektromotoru, který je schopen pracovat obousměrně. Jednak elektromotor pracuje jako motor, kdy převádí elektrickou energii baterie na energii mechanickou. Dále pak funguje také jako generátor, kdy je mechanická energie transformována zpět na energii elektrickou, ukládanou zpět v baterii. Toto jsou důvody, proč je hybridní pohon nejefektivnější ve městské zástavbě a velkých aglomeračních celcích. Nevýhodou hybridních vozidel je vyšší pořizovací cena a zvýšená hmotnost zásobníku energie oproti obvyklým palivovým nádržím. Jednotlivé motory ve vozidle jsou vůči sobě uspořádány v sériovém, paralelním nebo smíšeném zapojení. [11;12]

### 6.1 Princip fungování hybridního motoru

Hybridní systém pohonu kombinuje dva zdroje dodávání energie. Jedním je elektromotor poháněný akumulátorem a druhým je spalovací benzínový motor. Díky tomuto spojení není nutné elektrický motor připojovat nikdy do sítě. Spalovací motor a rekuperace dodávají dostatečnou energii k dobití akumulátoru, který pohání elektromotor. V systému vozu je neustále kontrolován tok energie pro dosažení maximálních výkonů a za tímto účelem jsou spalovací motor a elektromotor vzájemně zapojeny. [11;27]

#### 6.1.1 Sériové zapojení

Hybridní konfigurace sériového zapojení – (Obr. 8-a) výkon spalovacího motoru je kompletně převeden na elektrickou energii. Není zde žádné mechanické spojení mezi spalovacím motorem a poháněnou nápravou s koly vozidla. Jeho jediným účelem je pohon generátoru, který pohání elektromotor nebo dobíjí akumulátor. Velkou výhodou je, že můžeme daný spalovací motor naladit na co nejefektivnější rozmezí otáček a dosahovat tím jeho největší možné efektivnosti. Nevýhodou je vícenásobná přeměna energie, která celkovou účinnost snižuje. Maximální

dosažená účinnost celkového pohonného systému se pohybuje do 55 %, při pomalých jízdách po městě. Toto zapojení využívá například automobilka Opel u modelu Ampera. Baterie vydrží v závislosti na provozních podmínkách od 40 do 80 km. [20;29]

### 6.1.2 Paralelní zapojení

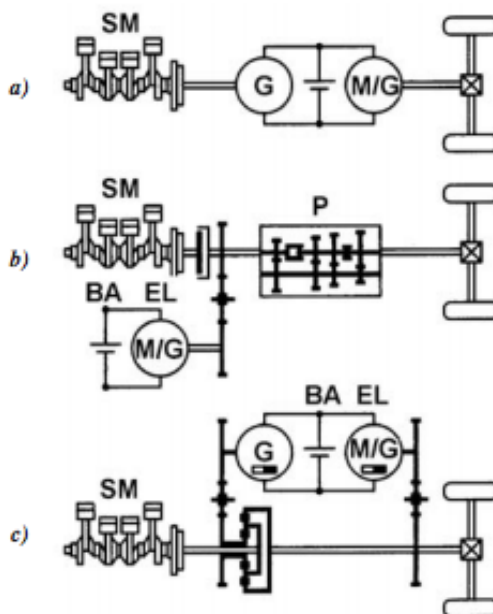
Hybridní konfigurace paralelního zapojení – (Obr. 8-b) spalovací motor je stejně tak jako elektrický připojen k pohonu. Energie obou pohonů je schopna pohánět vozidlo buď odděleně nebo kombinovanou formou. Benzinový motor je primární zdroj energie a elektromotor slouží k doplnění energie při zrychlení. Na rozdíl od sériového zapojení je účinnější při vyšších rychlostech. Toto zapojení využívá například automobilka Honda u modelu Insight nebo BMW u modelu Activehybrid. [15;29]

### 6.1.3 Sériově – paralelní zapojení

Hybridní konfigurace sériově – paralelního zapojení – (Obr. 8-c) výkon mechanického motoru může být převeden na elektrickou energii anebo na pohon vozidla. Tato konfigurace je spojením sériového i paralelního hybridního zapojení. Systém využívá energeticky efektivní elektromotor v době, kdy vozidlo pracuje v nižším rozsahu otáček. Při potřebě zvýšení rychlosti se zapojí i benzinový motor. Jedná se o energeticky nejefektivnější provoz při všech jízdních podmínkách. Toto zapojení využívá automobilka Toyota pod názvem Hybrid Synergy Drive ve voze Prius. [14;29]

Obr. 8 Uspořádání hybridních pohonů a) sériové zapojení; b) paralelní zapojení;

c) sériově-paralelní zapojení



Zdroj: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2004-04-212-224.pdf>



## 6.2 Plug-in Hybrid

Připojení z rozvodné sítě je dalším způsobem, jak nabíjet baterie v hybridního vozu stejně dobře jako použití dobíjení ze spalovacího motoru automobilu. Avšak energie dodávaná z rozvodné sítě je mnohem levnější, než nafta či benzín. Nabíjení ze sítě je tím ekonomicky výhodnější, čím je větší velikost kapacity baterie. Výhodou tohoto způsobu dobíjení a pohonu, je dodání více čisté energie do pohonu, což znamená menší emise a také nižší náklady na benzín či naftu. [1;3]

### Toyota Prius

V roce 1997 se do popředí dostala značka Toyota, která uvedla na trh první hybridní automobil pod obchodním označením Prius. (Obr. 9) Tento model pomohl zvýšit zájem o palivově úsporná vozidla a dal základ hybridním vozům. Po uvedení na světové trhy automobilka prodala přes 50 000 kusů tohoto modelu. Toyota Prius byl celosvětově první hybridní automobil vyráběný sériově. V současné době již Toyota vyrábí jeho 4. generaci, která přináší zdokonalený hybridní pohon. Automobil disponuje možností dobíjení z externího zdroje, přičemž doba do úplného nabití je pod 3 hodiny. I další parametry dnešní generace tohoto vozu jsou velmi zajímavé. Průměrná spotřeba paliva se snížila na 2,5 l na 100 km. Emise se snížily na 70 g/km, zvýšil se dojezd a maximální rychlost. Automobil má nyní na čistě elektrický pohon dojezdovou vzdálenost až 50 km a může se pohybovat cestovní rychlostí až 135 km/h. Další velkou inovací je solární panel na střeše vozidla. [26]

*Obr. 9 Toyota Prius*



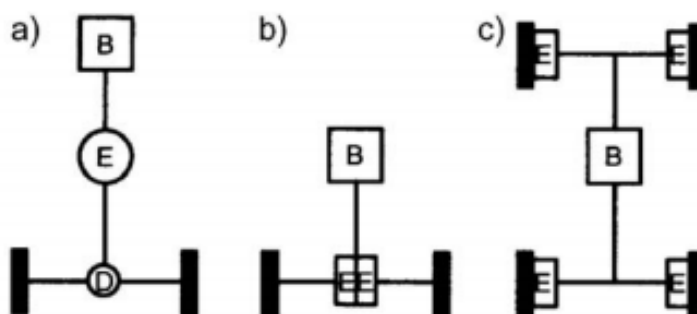
*Zdroj: www.toyota.cz*

## 7 Elektrický pohon

Elektromobily již od začátku svého vzniku silně konkurovaly vozidlům na konvenční pohony. Jejich velkými výhodami jsou tichý chod, snadné startování, jednoduchá konstrukce a nulové místní emise. Dalšími dvěma energetickými benefity, kterými elektromobily disponují, jsou lepší diverzifikace energie a vyšší energetická účinnost. Toto se finálně odráží ve významném přínosu pro životní prostředí spočívajícím v lepší kvalitě ovzduší díky nulovým emisím v místě provozu. Bohužel elektromobily mají i svá omezení. Těmi jsou především vysoké pořizovací náklady a malá dojezdová vzdálenost na jedno nabití. Tyto limity brání větší popularizaci elektromobilů. Konstrukce elektromobilů je variantní. První variantou konstrukce elektromobilů je možnost vycházet z konstrukcí standartních spalovacích vozidel, kde není nutné se zabírat vývojem podvozku. Jedinou konstrukční výzvou je tak optimalizace prostor pro umístění baterií. Druhou variantou konstrukčního vývoje je vývoj zcela nového vozidla. V tomto případě jde pochopitelně o nákladnější proces, při kterém jsou však plně optimalizovány a zohledněny potřeby a využití elektrického pohonu. Největší výhodou elektromobilu vůči všem ostatním druhům pohonu, je absence mnoha součástí a příslušenství vozidla, bez kterých se automobil s konvenčním pohonem neobejde. Jde například o palivovou nádrž, palivové čerpadlo, katalyzátor, řemeny, ventily, písty a válce, mechanické převodovky a mnohé další. Hnací ústrojí elektromobilu je tvořeno elektrickým motorem, převodovkou upravenou pro elektromobil, hnacími hřídeli a diferenciálem s rozvodovkou (Obr. 10). Nejčastěji se používá k pohonu elektromobilu jeden motor, který pohání buď přední nebo zadní nápravu. Alternativami jsou tandemové hnací systémy se dvěma elektromotory a pohony kol elektromotory o polovičních výkonech umístěných přímo na nich. [18;19]

Obr. 10 Uspořádání hnacího ústrojí pro elektromobily: a) přední nebo zadní pohon;

b) tandemový pohon; c) pohon v nábojích kol; B - baterie; E - elektromotor a usměrňovač + převodovka; D - diferenciál



Zdroj: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2004-04-212-224.pdf>.

## 7.1 Elektromotor

Elektrické motory používané v elektromobilech rozdělujeme na dva základní typy:

### 7.1.1 Synchronní motor s permanentními magnety

Prvním typem je motor synchronní s permanentními magnety PMSM (Permanent Magnet Synchronous Motor) pracující na střídavý proud, který se v elektromobilech vyskytuje nejčastěji (Obr.11 vlevo). Synchronní motor pracuje na principu otáček rotoru na stejné frekvenci, jako je frekvence magnetického pole generovaného statorovým vinutím. V případě PMSM toto magnetické pole není vytvářeno rotorovým vinutím, nýbrž permanentními magnety. Nejčastějšími materiály, ze kterých jsou permanentní magnety složeny jsou slitiny kovů (neodym-železo-bór, samarium-kobalt) s vysokou magnetizací. Vozidla využívající tento typ motoru jsou např. Renault Zoe a BLDC. [17;20]

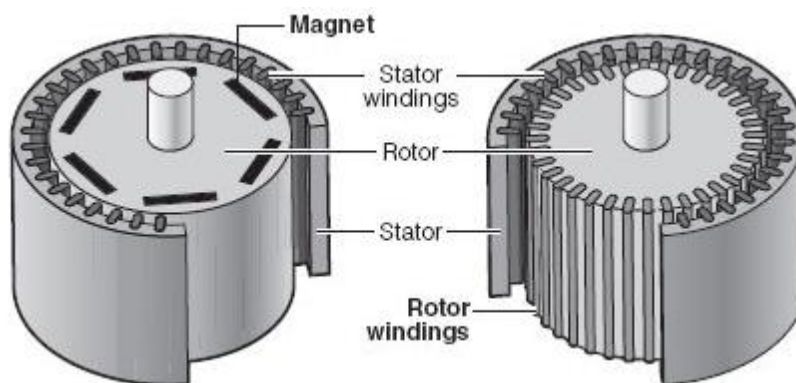
Výhody PMSH:

- Větší účinnost (až 96 %) v porovnání s asynchronním motorem
- Větší rozsah otáček a momentů (Obr. 12 vlevo)
- Menší rozměry

Nevýhody PMSM:

- Vyšší cena permanentních magnetů vyráběných ze vzácných kovů
- Demagnetizace magnetů při překročení teplotní hranice (záleží na typu magnetu)
- Menší odolnost než asynchronní motor

Obr. 11 Porovnání konstrukce PMSM (vlevo) a asynchronního motoru (vpravo).

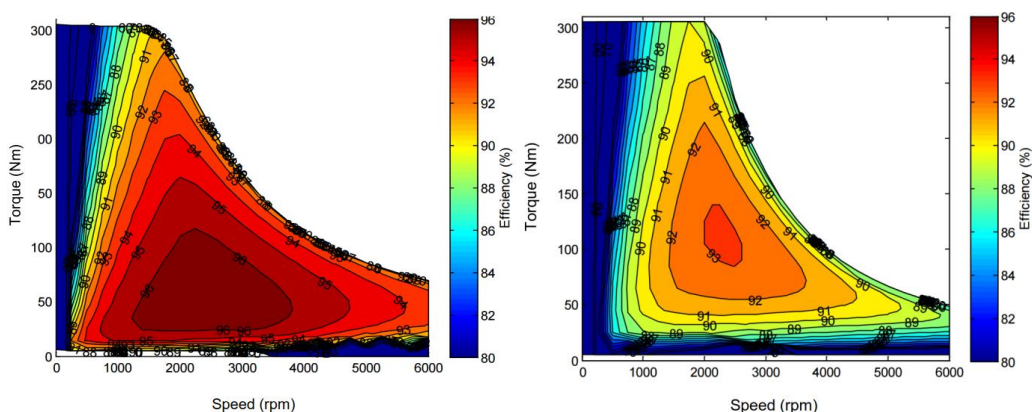


Zdroj: [http://motor.feld.cvut.cz/sites/default/files/predmety/B1M14EPT/EPT\\_uloha5\\_](http://motor.feld.cvut.cz/sites/default/files/predmety/B1M14EPT/EPT_uloha5_)

### 7.1.2 Asynchronní motor

Druhým typem pro pohon elektromobilů je motor asynchronní ASM (induction motor nebo také asynchronous motor) pracující na střídavý proud (Obr. 11 vpravo). Asynchronní motor má klecovou kotvu, která je vyrobena z mědi. Použitím tohoto kovu je dosaženo nižších ztrát v porovnání s hliníkem. V případě ASM pracuje motor na principu magnetické indukce, kdy jeho třífázové satorové vynutí vytváří otáčivé magnetické pole. Toto pole indukuje napětí v kotvě a tím vzniká rotorový proud. Motor je následně roztáčen vzájemnou interakcí točivého magnetického pole a naindukovaného magnetického pole rotoru. Podmínkou indukce napětí v rotoru je rozdílná frekvence. Tedy na nenulovém skluzu satorového a rotorového magnetického pole, který roste se zatížením. Rozsah otáček a momentů asynchronního motoru (Obr. 12 vpravo) je řízen prostřednictvím měniče. Vozidla používající tento typ motoru jsou např. Tesla Model S, Tesla Model X, Nissan Leaf, BMW i3. [14;17]

Obr. 12 Mapa účinnosti motoru pro motorový režim. Vpravo – asynchronní motor (AM) s měděnou klecovou kotvou. Vlevo – synchronní motor s permanentními magnety (PMSM).



Zdroj: [http://motor.feld.cvut.cz/sites/default/files/predmety/B1M14EPT/EPT\\_úloha5\\_](http://motor.feld.cvut.cz/sites/default/files/predmety/B1M14EPT/EPT_úloha5_)

### Metody řízení synchronního a asynchronního motoru

Jelikož oba jmenované typy elektromotorů pracují na střídavý proud, je třeba stejnosměrné napětí jim dodávané z akumulátorů změnit na napětí střídavé. K změně lze využít několik způsobů. Nejjednodušší metoda řízení je pomocí frekvenčního měniče bez zpětné vazby podle kritéria  $U/f = \text{konst.}$  Měnič zde generuje vstupní napětí se zadanou frekvencí, efektivní hodnota napětí je dána lineárním vztahem k frekvenci. Dalšími metodami, které se používají k řízení momentu asynchronního motoru, jsou metoda vektorového řízení, skalárního řízení a metoda přímého řízení. [17]

## **Metoda vektorového řízení (Field Oriented Control - FOC)**

Vektorové řízení se obvykle používá v případech, kdy jsou požadovány rychlé a přesné reakce momentu a otáček. Střídavý měnič s vektorovým řízením v podstatě ruší vazbu složek proudu motoru vytvářejících magnetizační tok a moment, aby je mohl řídit samostatně. Tohoto rušení vazby se dosáhne pomocí výpočtu charakteristik motoru za použití náhradního obvodu (matematický model) se signály zpětné vazby otáček nebo bez nich. Kromě toho může charakteristiky dále zlepšit signál zpětné vazby otáček (snímače). Nevýhodou je vyšší cena použitých snímačů. [17]

## **Metoda skalárního řízení momentu**

Skalární řízení je obecně používáno tam, kde se nevyžaduje rychlá reakce na povely týkající se momentu nebo otáček, a je zvláště užitečné v případech, kdy má být řada motorů napájena z jednoho měniče. K alternativám pro zlepšování rozběhových a pracovních charakteristik v oblasti nízkých otáček se používá zvýšení napětí (hodnota napětí se přidá k výstupnímu napětí měniče), úbytkem odporového napětí na statorovém vinutí nebo zlepšením dynamické kompenzace napětí. U tohoto typu řízení je třeba zajistit, aby zvýšení napětí nebylo tak vysoké, aby došlo k nasycení motoru. Nevýhody skalárního řízení jsou menší dynamika pohonu a zajištění optimálního chodu pohonu jen v ustáleném stavu.

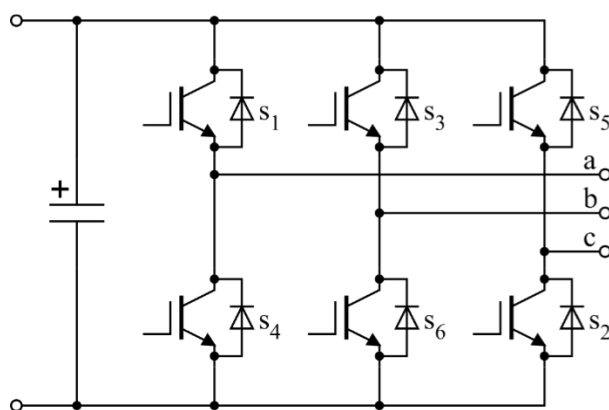
## **Metoda přímého řízení momentu (Direct Torque Control - DTC)**

Přímé řízení momentu motoru se obvykle používá v případech, kdy jsou požadovány rychlé reakce momentu a otáček. Měnič s přímým řízením toku a momentu motoru má hysterezní typ řízení (rovněž známý jako „klouzavý režim“), při kterém se nastavuje moment motoru pomocí výpočtu matematického modelu motoru, se signály zpětné vazby otáček nebo bez nich. Charakteristiky může zlepšit signál zpětné vazby otáček (snímače). [17]

## Trakční měnič

Základním účelem trakčního měniče je upravovat stejnosměrné napětí z baterie podle pokynů řídicího systému, který pomocí řídicího algoritmu vypočítá požadované napětí. Většinou je motor třífázový střídavý, proto silový obvod měniče odpovídá třífázovému střídači (Obr.13). Jako spínací součástky v oblasti výkonové elektroniky se nejvíce využívají bipolární tranzistory s izolovanou řídicí elektrodou IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor). Mezi výhody tranzistorů IGBT patří říditelnost pouze napět'ovými signály při možnosti dostatečného proudového i napět'ového zatížení, dále umožňují dosáhnout vysoké spínací frekvence. IGBT je využito převážně tam, kde se dosahuje vysokých výkonů (od jednotek W až po desítky MW). Celkový počet trakčních měničů odpovídá počtu motorů. [17]

Obr. 13 Třífázový střídač s IGBT tranzistory.



Zdroj: [http://motor.feld.cvut.cz/sites/default/files/predmety/B1M14EPT/EPT\\_úloha5\\_](http://motor.feld.cvut.cz/sites/default/files/predmety/B1M14EPT/EPT_úloha5_)

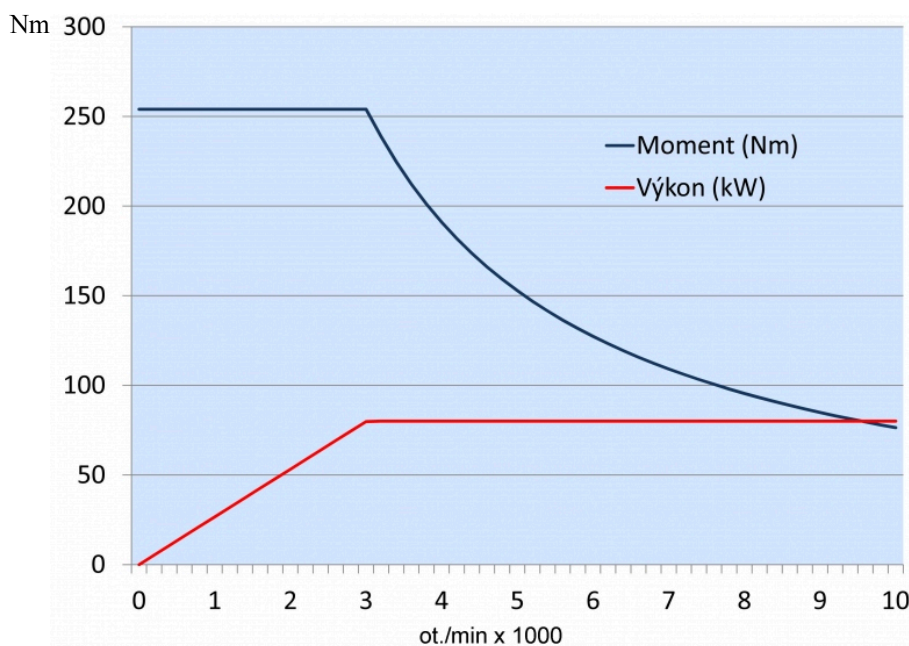
## Palubní DC-DC měnič

Funkcí palubního měniče je napájet palubní síť (12 V nebo 24 V) z trakční baterie. Palubní síť obsahuje řadu důležitých systémů, jako jsou posilovač řízení, posilovače brzd, řídicí systémy pohonu, světla či infotainment. Pro správné fungování těchto systémů je nutné dodávat relativně vysoké výkony vyšší než 500 W. Odebíraný výkon značně komplikuje jeho kolísání, proto je kladen velký důraz na vysokou účinnost měniče v širokém pásmu zatížení přes 95 %. Vysoké účinnosti je dosaženo tak, že palubní měnič pracuje na vysokých frekvencích (až stovky kHz). Aby mohl palubní měnič dosahovat takto vysokých frekvencí, je zhotoven z moderních polovodičových součástek založených na bázi křemíku. [17]

## 7.2 Převodovka u elektromobilu

V případě elektromobilů je výkon přenášen z motoru na kola podobným způsobem jako v případě vozidel se spalovacím motorem. Jediným rozdílem je, že převodovka má pevný převod. Převodovka s proměnlivým převodem není potřeba, jelikož elektrický motor dosahuje konstantního výkonu v celém rozsahu otáček (Graf 2) a není tak potřeba volit optimální oblast. [6;21]

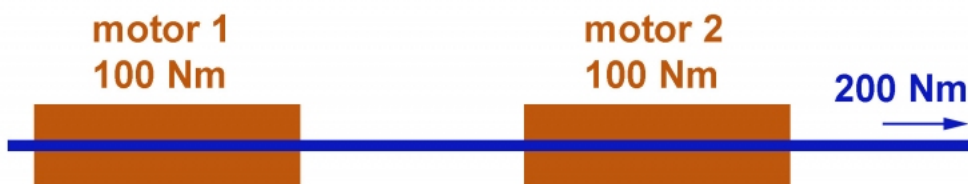
Graf 2 Závislost výkonu a momentu na otáčkách elektromotoru



Zdroj: <http://www.autoforum.cz/technika/>

U elektromotorů se můžeme setkat i s takovým technickým řešením, kdy elektromobil není poháněn pouze jedním elektromotorem, ale má více pohonných jednotek. Například u elektromotorů řazených sériově můžeme jejich celkový výkon snadno zjistit jako aritmetický součet hodnot výkonů hnacího řetězce. (Obr.14) [6;21]

Obr. 14 Motory uloženy za sebou pohánějící stejnou hřídel



Zdroj: <http://www.autoforum.cz/technika/>

U elektromotorů, kde jsou jednotlivé motory spojeny přes pevný převod, tento aritmetický součet výkonů však použít nelze. Zde je třeba uvažovat i s vlivem převodu a určení konkrétní hřídele, ke kterému se hodnota součtu momentů vztahuje. Například spojujeme-li dva elektromotory s momentem 100 Nm, které mají převod s poměrem  $z = 1:3$  a chceme zjistit jejich působení na hřídel druhého motoru, musíme vycházet ze vzorce vyjádřeného rovnicí (1):

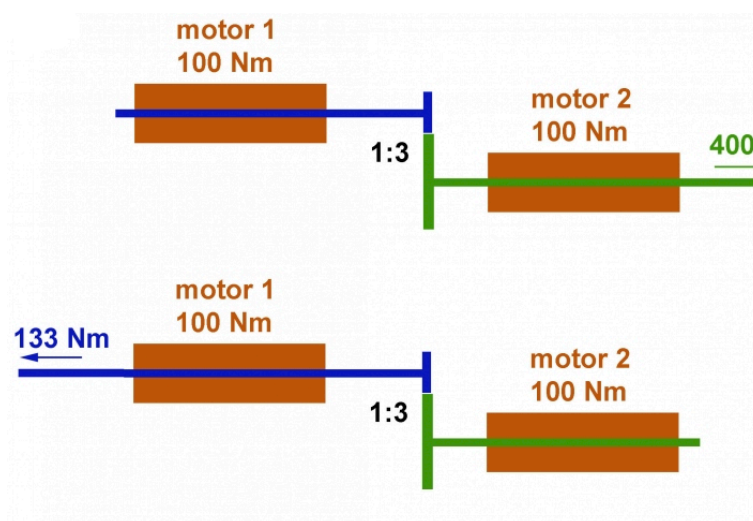
$$(M1 * z + M2 = YY \text{ Nm}) \text{ v našem případě } (100 * 3 + 100 = 400 \text{ Nm}) [14] \quad (1)$$

Opačně, chceme-li součtový moment měřit na hřídel prvního motoru, vyjádříme ho rovnicí (2):

$$(M1 + \frac{M2}{z} = YY \text{ Nm}) \text{ v našem případě } (100 + \frac{100}{3} = 133 \text{ Nm}) [14] \quad (2)$$

Je tedy vždy nutné výpočet směřovat na hřídel, ke které se součtová hodnota vztahuje (Obr. 15).

Obr. 15 Motory spojené pevným převodem



Zdroj: <http://www.autoforum.cz/technika>

Příkladem takového typu spojení je systém instalovaný v zavodním automobilu Regera značky Koenigsegg. [6]



### 7.3 Dojezd

Vzdálenost, kterou je elektromobil schopný dojet, je do značné míry limitován velikostí (kapacitou) baterie, kterou je vybaven. Dojezd může být rozšířen přidáním většího počtu baterií. Ve skutečnosti je však použití baterií limitováno omezenými skladovacími prostory při zachování rozměrů automobilu a jeho přijatelné hmotnosti. Porovnání dojezdu ve srovnatelné kategorii elektromobilů (Tabulka 1).

Tabulka 1 Porovnání základních parametrů standartních elektromobilů

Pořadí		Kapacita bat. [kWh]	Udávaný dojezd [km]	Dojezd při testu [km]	Spotřeba při testu [kWh/100 km]	Max. rychlost [km/h]
1.	Opel Ampera-e	60	520	273	22	150
2.	Renault Zoe	41	400	244	16,8	135
3.	Volkswagen e-Golf	35,8	300	208	17,2	150
4.	Hyundai Ioniq Electric	28	280	192	14,6	165
5.	Kia Soul	30	250	167	18	145
6.	Nissan e-NV200 Evalia	24	170	101	23,8	123
7.	Smart Fortwo	17,6	160	84	21	130
8.	Volkswagen e-Up	18,7	160	79	23,7	130

Zdroj: <http://www.auto.cz/test-dojezdu-elektromobilu-realne-podminky-111884>

### 7.4 Výkon

Požadavky na výkon jsou ovlivněny mnoha parametry. Jde především o výkonnost motoru, převodový poměr, účinnost převodového poměru, regeneraci energie, pojezdový odpor a další. Negativní vliv na baterii může mít i zvyšující se počet nabíjecích cyklů, při kterých dochází ke snížení její výkonové schopnosti. Momentová charakteristika elektromotoru má okamžitý náběh a poskytuje nejvyšší točivý moment již prakticky od nulových otáček (Graf.1) a to s efektivností motoru zpravidla kolem 70 %. Příkladem můžeme uvést elektrický motor u VW e-Golf, který dosahuje až 12 000 otáček za minutu (Tabulka 4). [14]

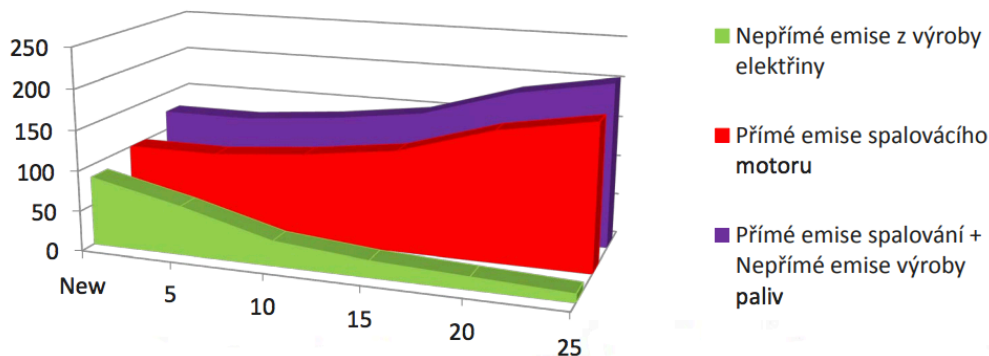
### 7.5 Zrychlení

Zrychlení, kterého je elektromobil schopný dosáhnout, závisí nepřímě úměrně na hmotnosti vozidla a také na počtu baterií, kterými je vybaven. Pokud je automobil vybaven malým počtem baterií, má to za následek neschopnost generovat dostatečnou sílu. Na druhou stranu disponuje-li automobil velkým počtem baterií, zvýší se tím neúměrně jeho hmotnost a dojde ke zhoršení akceleračních schopností. [19]

## 7.6 Emise elektromobilů

Přímé a nepřímé emise u elektromobilů v porovnání se spalovacími motory v čase klesají (Graf.3). Na tomto grafu jsou znázorněny průměrné produkce emisí v průběhu let používání vozidla.

Graf 3 Přímé a nepřímé emise konvenčních automobilů a elektromobilů v čase



Zdroj: [http://www.odbornecasopisy.cz/data-ftp-user/konference/2012/perspektivy\\_emobility/01-Marusinec\\_Konstrukce\\_elektromobilu.pdf](http://www.odbornecasopisy.cz/data-ftp-user/konference/2012/perspektivy_emobility/01-Marusinec_Konstrukce_elektromobilu.pdf)

## 7.7 Spotřeba energie elektromotorů

Průměrný elektromobil spotřebuje 20 kWh/100 km.

Průměrný roční nájezd se pohybuje do 20 000 km.

Výpočet průměrné spotřeby elektromobilu znázorněn v rovnici (3)

$$- (20\,000\text{ km} * 20\text{kWh}) / 100\text{ km} = 4\text{ MWh na 1 elektromobil ročně} \quad (3)$$

Celková produkce elektrické energie společnosti ČEZ v prvním pololetí roku 2017 byla 31,8 TWh, z toho plyne, že roční produkce vychází na 63,6 TWh. [4]

Pro znázornění uvažujme – kdyby byl v budoucnu nárůst elektromobilů v České republice kolem 1 miliónu kusů, byla by jejich roční spotřeba elektrické energie kolem 4 TWh. Z čehož plyne, že by spotřeba elektrické energie nutná k jejich pohonu představovala necelých 5 % z celkové produkce.

## 8 Baterie

Elektrická baterie je hlavním energetickým zdrojem elektrických vozidel. Jejími hlavními vlastnostmi jsou zajištění dodání elektrické energie, bezpečnost, efektivnost a ekonomičnost operací v elektrickém automobilu. Alessandro Volta postavil na základě experimentů Luigi Galvaniho v roce 1782 první elektrickou baterii. Následně na to v roce 1830 postavil Joseph Henry první primitivní stejnosměrný elektrický motor. V roce 1859 pak Gaston Plante vytvořil olověnou baterii s kyselinou sírovou jako elektrolytem, která byla schopna opakovaného nabíjení. [6]

### 8.1 Kapacita baterie

Dostupná kapacita baterie hraje velmi důležitou roli v odhadu dojezdové vzdálenosti elektrického vozidla. Velikost kapacity baterie je udávána v ampér hodinách (Ah), což je specifická hodnota založená na hodnotě míry vybíjení a na pracovní teplotě. Míra vybíjení je přitom velmi důležitou veličinou, protože dostupná kapacita baterie se mění s hodnotou vybíjení. Čím je rychlost vybíjení vyšší, tím je kapacita nižší. Dostupná kapacita baterií elektrického vozidla je výhradně závislá na baterii s nejnižší kapacitou v celém souboru. [6]

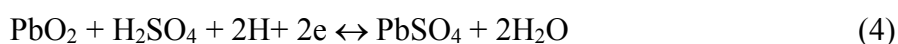
### 8.2 Teplota baterie

Teplota baterie výrazně ovlivňuje životnost baterie, ale také výkon elektrického vozidla. Teploty, při kterých je baterie schopna fungovat, se pohybuje v širokém rozmezí mezi - 40 °C až + 60 °C. Velký teplotní gradient ve svazku baterií má vliv na jejich nerovnoměrné vybíjení. Typické umístění baterie v polypropylenovém krytu má menší teplotní vodivost než baterie s kovovým krytem. Díky polypropylenovému krytu vzniká větší teplotní výkyv a baterie se chová více jako teplotní izolátor než jako vodič při nabíjení a vybíjení. Toto má za následek, že baterii trvá delší dobu, než se ochladí a naopak. [6]

## 8.3 Druhy baterií a jejich složení

### 8.3.1 Olověné s kyselinou sírovou (PbSO<sub>4</sub>)

Baterie pracující na základě olověné kyseliny jsou dodnes nejrozšířenější. Jsou v současné době instalovány téměř v každém typu vozidla vyráběného na konvenční palivo, kde slouží především jako spouštěč startéru. Jejich spolehlivost je osvědčená, představují levnou metodu uchování elektrické energie pro nastartování vozidla a poskytování krátkodobé energie při vypnutém motoru. Nejsou konstruovány pro hluboké vybití, při kterém může dojít k poškození baterie. Nejproblémovějším faktorem pro tento typ baterií je kombinace častého startování a krátké jízdy. Při častém souběhu těchto faktorů nemá baterie šanci se dostatečně dobít. Platí proto doporučení baterie pravidelně dobíjet nebo na jedno nastartování ujet vzdálenost delší než 50 km, při ujetí této vzdálenosti dojde ke zpětnému dobití baterie pomocí alternátoru. Vybíjení olověné baterie s kyselinou jako elektrolytem je znázorněno v rovnici (4) [7]



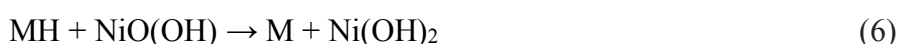
### 8.3.2 Nikl – kadmiové (Ni-Cd)

Jde o jeden z prvních rozšířených druhů baterií se schopností rychlonabíjení. Velkou výhodou těchto baterií je, že je lze skladovat i ve vybitém stavu. Náklady na jejich výrobu nejsou cenově tolik náročné, jak u nikl – metalových baterií. Mohou tak být vyráběny v poměrně velkém množství. Mají dlouhou životnost a dobrou odolnost vůči nízkým teplotám (v extrémních situacích až do -85 °C). Nevýhodami jsou pak nízké stavy hustoty energie a skutečnost, že u nich dochází k samovybíjení. Neopomenutelný je i environmentální aspekt plynoucí z toxicity použitého prvku kadmia. Vybíjení nikl – kadmiové baterie je znázorněno v rovnici (5) [7]



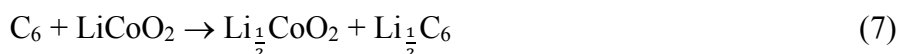
### 8.3.3 Nikl – metal hydridové (Ni-MH)

Tento typ baterie byl prvně představen v hybridních vozech v roce 2001, a to konkrétně ve voze Toyota Prius. V dnešní době je to druhý nejčastější zdroj energie, který se velice dobře osvědčil pro systémy hybridních vozidel. NiMH akumulátor má oproti starším NiCd akumulátorům až 2,5× větší kapacitu. Dokáže dodávat relativně vysoké proudy. Má dlouhou životnost, malé pořizovací náklady a možnost rychlonabíjení bez většího poškození. Vybíjení nikl-metal hydridové baterie je znázorněno v rovnici (6) [7]



### 8.3.4 Lithium – iontové (Li-Ion)

V současnosti jde o nejpoužívanější typ baterií využívaných v hybridních vozech. Baterie založená na bázi lithia jsou stále předmětem dalšího vývoje a zdokonalování. Jejich velkou výhodou je schopnost pojmout velké množství energie a dále pak dlouhá životnost, relativně nízké samovybíjení (2x nižší než u baterií na bázi niklu). Tyto baterie nemají paměťový efekt a mají vysoké nominální napětí 3,6 V. I ony však s postupujícím časem a přibývajícimi nabíjecími cykly ztrácí svoji kapacitu. Za jejich nevýhody lze považovat poměrně vysokou pořizovací cenu, která je dána především drahou těžbou lithia, poměrně vysokými výrobními náklady (až o 40 % dražší než Ni baterie) a společně s tím náklady na dopravu. Vybíjení lithium – iontové baterie je znázorněno v rovnici (7) [7]



Tabulka 2 Porovnání kapacity, výkonu, životnosti baterií

	Měrná energie		Měrný výkon	Životnost
	[Wh/kg]	[Wh/l]	[W/kg]	[-]
<b>Li-Ion</b>	90 - 130	140 - 200	250 - 450	800 - 1200
<b>Ni-MH</b>	60 - 70	130 - 170	150 - 300	600 - 1200
<b>Ni-Cd</b>	40 - 60	80 - 110	150 - 300	600 - 1200

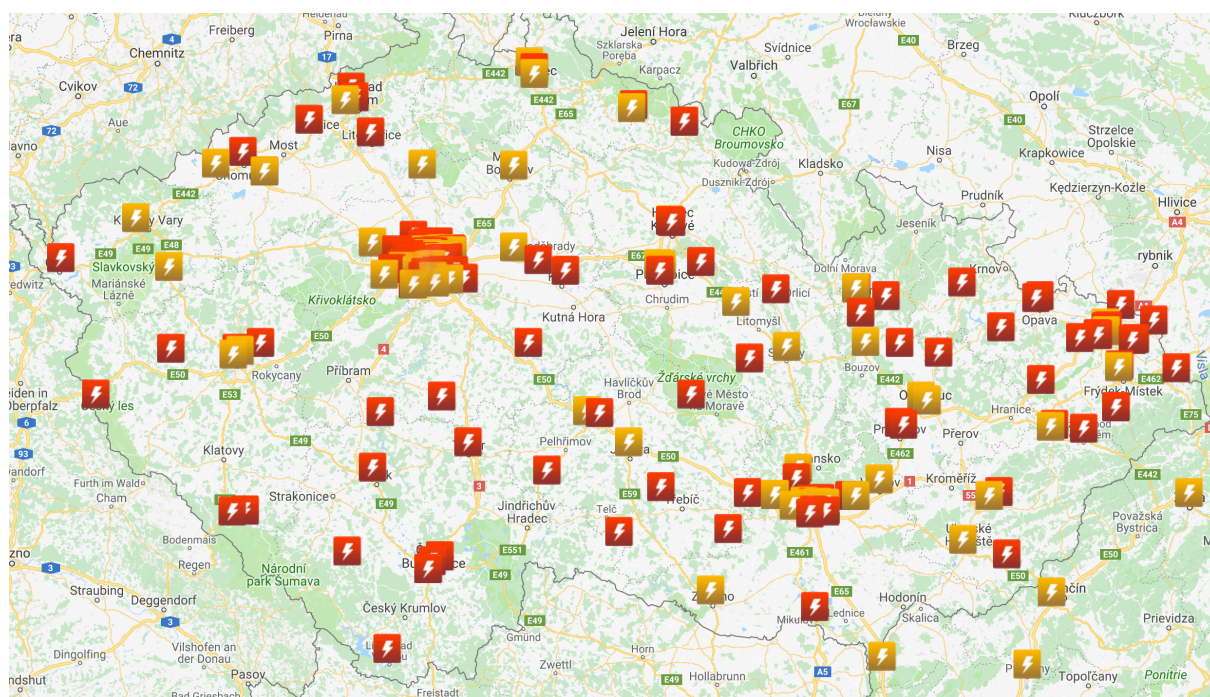
Zdroj: <http://elektromobil.vseznamu.cz>

## 8.4 Druhy dobíjení

### 8.4.1 Dostupnost nabíjecích stanic v ČR

Nabíjecí infrastruktura v České republice je v současnosti stále nedostatečná. Momentálně lze natankovat elektromobil u 248 nabíjecích stanic (Obr. 16). Nejvíce rychlo-dobíjecích stanic je ve velkých krajských městech. Největší problém nastává u malých elektromobilů s dojezdy 130 km (léto) a 100 km (zima) pro tato vozidla je potřeba vybudovat infrastrukturu rychlých nabíjecích stanic v rozmezí 60 až 80 km od sebe. [5]

Obr. 16 Síť dobíjecích stanic v ČR



Zdroj: <http://www.hybrid.cz/mapa-stanic/?t=ele>

Dostupnost dobíjecích stanic se bude i nadále rozrůstat. Výstavbu většího počtu dobíjecích stanic komplikuje především nejednotná metodika stavebních úřadů. Realizace je náročná také z pohledu financování výstavby, provozu stanic a zajištění poměrně významného příkonu. [5]

### 8.4.2 Dobíjení ze sítě

Elektromobily mají více možností dobítí elektrobaterie. Jednou z nich je dobítí z domácí rozvodné sítě, kdy doba nabíjení činí 6 až 8 hodin. [24]

*Obr. 17 Konektor pro připojení ze sítě*



*Zdroj: <http://www.toyota-global.com>*

Rychlejší možností dobíjení baterie je připojení automobilu do takzvaných Superchargerů. Supercharger je zařízení od výrobce Tesla Motors (Obr.18), které disponuje nabíjecím výkonem až 120 kW a je schopno dobít akumulátory v elektromobilu za pouhých 30 minut. [9]

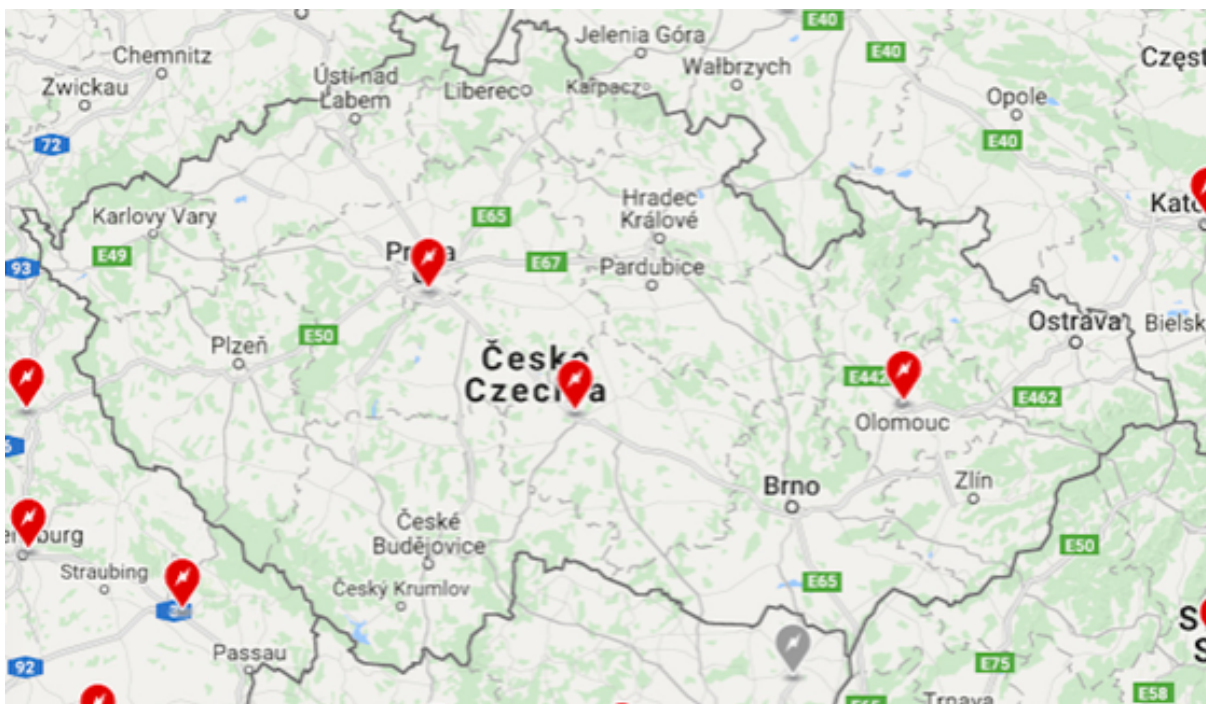
*Obr. 18 Vzhled nabíjecí stanice (supercharger) společnosti Tesla*



*Zdroj: <https://www.tesla.com>*

I přes veškerou snahu zmíněného výrobce však nevýhodou i nadále zůstává nízká dostupnost těchto nabíjecích stanic. V celé Evropě jich můžeme nalézt pouze 1 130 a v České republice jen 3 (Obr.19). [24]

Obr. 19 Síť supercharger nabíjecích stanic



Zdroj: <https://fdrive.cz/clanky/v-cechach-mame-treti-supercharger-kde-ho-najdete-1738>

#### 8.4.1 Rekuperace

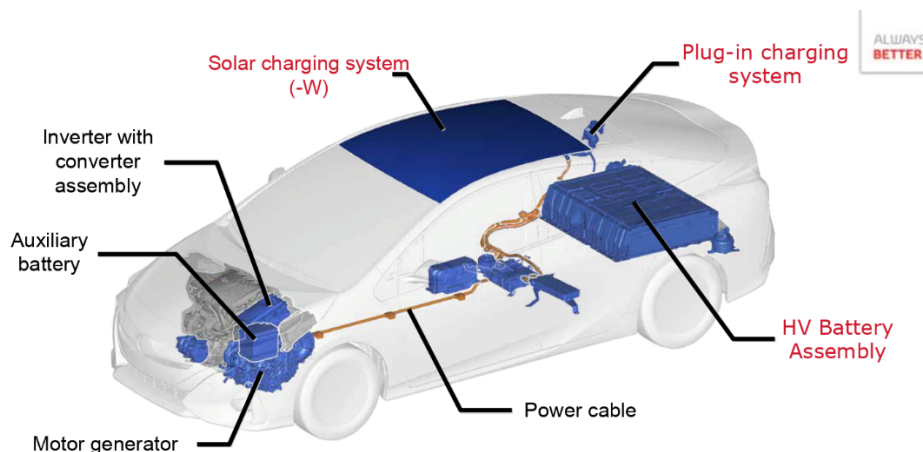
Rekuperace je proces, kdy dochází k dobíjení akumulátoru za opětovného využití kinetické energie. V okamžiku, kdy vůz disponuje velkou kinetickou či setrvačnou energií, která není v danou chvíli k užitku a která se běžně v konvenčních vozech ztrácí jako teplo do okolí, je díky elektromotoru zpětně přeměněna na energii elektrickou. Tím se v podstatě elektromotor přeměňuje na generátor. Nově vygenerovanou energii odvádí zpět do akumulátoru. Zároveň dochází k brždění vozu vlivem regeneračního odporu elektrických motorů. Ve voze je sofistikovaný systém, který koordinuje tento regenerační odpor při brždění i z hydraulických brzd. Kinetická energie vzniklá jako třecí teplo je optimálně shromažďována a uschována k pozdějšímu využití při běžném jízdním režimu. Tomuto způsobu dobíjení baterie nejvíce prospívá městský provoz, kdy dochází k častému zrychlení vozu a následnému brždění. Jako zajímavost lze uvést fakt, že například Toyota Prius tímto způsobem ušetří jeden litr paliva na 100 km městského provozu. [7]



## Speciální druhy nabíjení

Za alternativní a v budoucnu nepochybně slibný druh nabíjení akumulátorů lze označit solární dobíjení. Jako příklad lze uvést vůz Toyota Prius, který je vybaven solárním panelem umístěným na střeše vozidla. Solární panel dodává energii do baterií a tím prodlužuje dojezdovou vzdálenost vozu až o 5 km. [26]

Obr. 20 Rozložení elektrického pohonu v automobilu; znázornění solárního panelu





Zdroj: [www.toyota.cz](http://www.toyota.cz)

Na Obr. 20 je znázorněno rozložení elektrického pohonu v automobilu. Elektromotor, pomocná baterie a ústrojí s měničem napětí v přední části vozu je spojeno napájecím kabelem k hlavní baterii v zadní části vozu, která je dále připojena k nabíjecímu ústrojí tvořenému Plug-in systémem a solární panelem.

## 9 Porovnání vozů na výše uvedená paliva

### Kategorie hybridních vozů:



Tabulka 3 Porovnání hybridních vozů

	VW Golf GTE	Toyota Prius Plug-in
		
<b>Motor:</b> kW	150	122
Zdvihový objem: l/cm <sup>3</sup>	1,4	1,8
Max. výkon	110 / 5 000 – 6 000	98 / 5 200
Max. točivý moment: Nm (1/min)	250 / 1 500 – 3 500	142 / 3600
Převodovka	6 st. DSG	e-CVT
Nejvyšší rychlost	222	162
Zrychlení: 0 - 100 km/s	7,6	11,1
Spotřeba kWh/100 km	12 – 11,4	-
Kombinovaná CO <sub>2</sub> g/km	1,8 – 1,6	1
Hmotnost	40 – 36	23
<b>Nabíjení:</b>	2 040	1 550
AC 2,3 kW 100% h	3:45	3:20
AC 3,6 kW 100 % h	2:15	2
Objem zavazadlového prostoru: l	272 – 1 162	359
Objem nádrže: l	ca 40	ca 43
Cena Kč	1 009 900	990 900

Zdroj: [www.toyota.cz](http://www.toyota.cz); [www.volkswagen.cz](http://www.volkswagen.cz); Ilustrativní foto

## Kategorie elektromotorů:



Tabulka 4 Porovnání elektromobilů

	VW e-Golf	Tesla Model S
		
<b>Motor:</b>		
Dojezd km	300	565
Max. výkon	100	386
Max. točivý moment: Nm (1/min)	290	498
Převodovka	1.St automatizovaná	automatizovaná
Nejvyšší rychlost	150	250
Zrychlení: 0 -100 km/s	9,6	4,4
Kombinovaná	-	-
CO <sub>2</sub> g/km	-	-
Hmotnost	1.615	2 108
<b>Nabíjení:</b>		
Baterie kWh	35,8	90
AC 2,3 kW 100 % h	17	8
DC 80 % min	45	70
Objem zavazadlového prostoru: l	341-1 231	894
Cena Kč	959 000	3 250 000

Zdroj: [www.volkswagen.cz](http://www.volkswagen.cz); [www.tesla.com](http://www.tesla.com); Ilustrativní foto

## Kategorie konvenčních vozů:

Tabulka 5 Porovnání vozů na konvenční palivo

	VW Golf GTI	VW Golf GTD
		
<b>Motor:</b>	(4 válcový zážehový) 169 kW	(4 válcový vznětový) 135 kW
Zdvihový objem: l/cm <sup>3</sup>	2,0	2,0
Max. výkon	169 / 4 700 – 6 200	135 / 3 500 – 4 000
Max. točivý moment: Nm(1/min)	350 / 1 500 – 4 600	380 / 1 750 – 3 250
Převodovka	6 st. DSG	7 st. DSG
Nejvyšší rychlost	250	231
Zrychlení: 0-100 km/s	6,4	7,5
Spotřeba 1/100 km	7,8	5,5
Kombinovaná	6,4	4,7
CO <sub>2</sub> g/km	148	125
Hmotnost	1 850	1 890
Objem zavazadlového prostoru: l	380 – 1 270	380 – 1 270
Objem nádrže: l	ca 50	ca 50
Cena Kč	699 900	700 900

Zdroj: [www.volkswagen.cz](http://www.volkswagen.cz); Ilustrativní foto

Z tabulek je zřejmé, že v oblasti hybridních vozů je trh velice vyrovnaný. Porovnávaná Toyota Prius Plug-in tak i Volkswagen e-Gol jsou velmi vyrovnaní z pohledu motorizace, spotřeby či zavazadlového prostoru. E-Golf má vyšší maximální rychlost a větší zrychlení. Prius má na druhou stranu nižší spotřebu, delší dojezd a nižší produkci škodlivých emisí. Oba vozy mají přibližně stejné doby nabití i podobnou cenu.

U aut s elektrickým pohonem je jasná dominance značky Tesla, která konkurenci převyšuje ve všech ohledech. Pro zákazníka jedinou nevýhodou může být cena pořízení vozu. Ke srovnání byli uvedeni i dva zástupci vrcholných typů automobilů na benzínový a naftový pohon (Tabulka 4). Oba vozy ve srovnání s hybridními automobily dosahují podobných hodnot v oblasti zrychlení i maximální rychlosti. Výrazně se liší v nižší pořizovací ceně jak v porovnání s hybridními automobily, tak vůči elektromobilům.

## 10 Závěr

Cílem této práce bylo seznámení se základním rozdělením a principy fungování pohonů na alternativní paliva. Jelikož konvenční spalovací motory potřebují ke svému pohonu fosilní paliva a zároveň při jejich spalování značně znečišťují ovzduší, je potřeba hledat nové způsoby, jak pohánět motory a tím výrazně posílit snahu o čistší ovzduší a zmírnění globálního oteplování. Proto krok směrem k elektromobilům by mohl být tou správnou cestou. Velkou výhodou elektromobilů je skutečnost, že jejich provozem nedochází k lokálnímu znečišťování ovzduší v místě provozu. Jejich dopad na životní prostředí je závislý na způsobu výroby energie. Nelze se tedy zaměřit jen na zdokonalování automobilů jako takových, ale i na způsob jejich napájení.

V první části práce jsou popsány a porovnány alternativní pohony na plynné bázi. Většina pohonných plynů jako je zemní plyn, CNG, LPG jsou druhotné produkty při těžbě ropy, a proto jsou stejně jako ostatní fosilní paliva neobnovitelná. Oproti tomu vodík je teoreticky čistý pohon, se srovnatelným dojezdem a rychlostí tankování jako u konvenčních automobilů. Zefektivněním jeho těžby a vyřešením optimálních podmínek skladování by se z vodíku mohlo stát palivo budoucnosti. To i s ohledem na to, že k vytvoření energie v palivovém článku zjednodušeně nepotřebuje nic víc než čistý vodík, vzduch a výsledným produktem je energie s vodou.

Druhá část se blíže zaměřuje na hybridní pohony. Hybridní pohony jsou jakýmsi mezikrokem mezi spalovacími motory a elektromobily. Schopnost kombinování více druhů pohonu sice není trvalým řešením, ale jedná se o poměrně efektivní snahu redukovat závislost na fosilních palivech.

Energie k pohonu elektromobilu, kterou jsme vypočítali v podkapitole „spotřeba elektrické energie“, názorně ukazuje, že elektromobily nepředstavují žádnou větší zátěž pro nynější výrobce elektrické energie. Pokud bychom byli schopni nahradit elektrárny na fosilní paliva, energií z obnovitelných zdrojů, dalo by se říci, že bychom docílili čistého zdroje pohonu pro přepravu. Na druhou stranu nutno podotknout, že takto poháněná vozidla sice lokálně neprodukuje prakticky žádné škodlivé emise, v globálním měřítku ale záleží na tom, jakým způsobem jsou automobily vyráběny, a jakým způsobem jsou vyráběny nebo těženy materiály pro výrobu. Nabízí se tedy otázka, zda v celosvětovém měřítku nejsou dopady na životní prostředí horší v případě masového zavádění elektromobilů, než zvýšením účinnosti spalovacích motorů. [16]

Toto téma jsem si vybral proto, že mě zajímá problematika hybridních vozů a elektromobilů. Zvláště jsem čerpal inspiraci v knihách o Elonu Muskovi a jeho firmě Tesla Motors. Fascinoval mě jeho příběh a schopnost, se kterou dokázal prosadit novou myšlenkou na trhu automobilů. Líbí se mi vize čistého způsobu pohonu, možnost čerpání paliva z obnovitelných zdrojů a současně s tím i zbavení závislosti na fosilních palivech. Dále oceňuji viditelný pokrok v nových technologiích, které jdou velmi progresivně kupředu. V neposlední řadě je pro mě samozřejmě velmi motivující možnost otestovat si osobně tyto „auta budoucnosti“ v provozu. Osobně jsem měl zatím možnost vyzkoušet si hybridní technologii ve vozech Toyota. Tato zkušenost prohloubila můj zájem o tento segment osobních automobilů. Díky mému působení u zn. Toyota, přístupu k informacím i bližším specifikacím vozů této značky, bylo vypracování této bakalářské práce snažším a ještě více prohloubilo můj zájem o danou problematiku.

### **Prespektiva dalšího vývoje:**

V elektromobilech je potenciál, který se bude s postupem let ještě rozrůstat. Automobilky se předhánějí v lepších a efektivnějších verzích jejich vozů. Poslední nové vize pro nadcházející roky představily na 88. Ženevském autosalonu 2018.

Značka Škoda zde předvedla svůj nový koncept Vision X, který bude kombinovat CNG pohon s hybridním systémem. Značka Volvo přislíbila od roku 2019 vyrábět a prodávat pouze elektrické a hybridní automobily. Tesla, jak již bylo zmíněno v úvodu, chce začít vyrábět tahač Tesla Semi s dojezdem přes 800 km, kdy k jeho nabití na 80 % by měla být využita solární nabíjecí stanice Tesla Megacharger s odhadovaným časem nabití do 30 minut.

## 11 Použité zdroje

- [1] **AUTO.IDNES.CZ** [online]. [10.07.2017] [Citace: 02.03.2018]. URL: <[http://www.auto.idnes.cz/toyotamiraivodik0ag/automoto.aspx?c=A170710\\_180415\\_automoto\\_fdv](http://www.auto.idnes.cz/toyotamiraivodik0ag/automoto.aspx?c=A170710_180415_automoto_fdv)>
- [2] **AUTOWEB.CZ** - Magazín o autech [online] [Citace: 02.03.2018]. URL: <<https://www.autoweb.cz/proc-jsou-naftove-motory-uspornejsi-nez-benzinove/>>
- [3] **BIOPLYNOVÉ STANICE** Použití bioplynu jako biopaliva v dopravě. [online]. Copyright © 2008 [Citace: 02.03.2018]. URL: <<http://www.bioplynovestanice.cz/technologie-bps/pouziti-bioplynu-v-doprave/>>
- [4] **ČEZ, SKUPINA**. Čísla a statistiky. [Online] Copyright 2018 ČEZ, a. s., 2018. [Citace: 10.1.2018]. URL: <<https://www.cez.cz/cs/pro-media/cisla-a-statistiky/skupina-cez.html>>
- [5] **DOBÍJECÍ STANICE PRO ELEKTROMOBILY**, Vybráno z IT [online]. Copyright © 1998 [Citace: 27.03.2018]. URL: <<https://cdr.cz/clanek/cr-ma-248-dobijecich-stanic-pro-elektromobily-chystaji-se-dalsi>>
- [6] **DUSIL, T.** Auto.cz. [Online] 18. 8 2017. [Citace: 20.2.2018]. URL: <<http://www.auto.cz/elektromobily-proc-se-obejdou-bez-vicestupnove-prevodovky-109262>>
- [7] **ELEKTROMOBILY INFORMACE**. [Online] 2010. [Citace: 10.1.2018] URL: <<http://elektromobil.vseznamu.cz/baterie-v-elektromobilech/nicd-akumulatory>>
- [8] **F24/ČTK**. Forum24. [Online] 4. 1 2018. [Citace: 23. 2 2018]. URL: <<http://forum24.cz/lifestyle/2018/01/04/kolik-je-na-svete-aut-pres-miliardu>>



- [9] **FDRIVE.CZ.** Elektromobily, autonomní řízení a doprava budoucnosti[online].  
Copyright © 2018 24net s.r.o. Všechna práva vyhrazena. [Citace: 29.03.2018]. URL:  
<<https://fdrive.cz/clanky/v-cechach-mame-treti-supercharger-kde-ho-najdete-1738>>
- [10] **FOLKSON, R.** Alternative fuels and advanced vehicle technologies for improved environmental performance: towards zero carbon transportation. Amsterdam: Woodhead Publishing, an imprint of Elsevier, 2014. Woodhead Publishing in energy, no. 57. ISBN 0857095226
- [11] **FUHS, A.E.** Hybrid vehicles and the future of personal transportation. CRC Press, 2009.
- [12] **HUSAIN, I.** Electric and hybrid vehicles: design fundamentals. CRC Press, 2011.
- [13] **INFORMAČNÍ MATERIÁL, E-GOLF** | Oficiální web Volkswagen Česká republika | [online].[Citace: 13.02.2018]. URL: <<https://www.volkswagen.cz/e-golf/informacni-material>>
- [14] **JURGEN, R.** Electric and hybrid-electric vehicles. Warrendale, PA: SAE International, 2011. PT (Series) (Warrendale, Pa.). ISBN 0768057175
- [15] **KAMEŠ, J.** Hybridní a elektrické pohony automobilů. Praha; ČZU, 2015.
- [16] **KLÖCKNER, M.** Post: Hauszeitschrift der Klöckner-Möller-Elektrizitäts. Bonn: Klöckner-Möller-Elektrizitäts, [19--]-.
- [17] **KOŠÍK, M; SKAROLEK, P.** Trakční vlastnosti elektromobilu [online]. 16.11.2017 [Citace:6.3.2016].URL:<[http://motor.feld.cvut.cz/sites/default/files/predmety/B1M14\\_EPT/EPT\\_úloha5\\_2017\\_18\\_elektromobil.pdf](http://motor.feld.cvut.cz/sites/default/files/predmety/B1M14_EPT/EPT_úloha5_2017_18_elektromobil.pdf)>
- [18] **LEITMAN, S.; BRANT, B.** Build your own electric vehicle II. -, 1994.

- [19] **MARUŠINEC, J.** ASEP.cz. [Online] 2012.[Citace: 23. 2 2018]. URL:  
<[http://www.odbornecasopisy.cz/data-ftp-user/konference/2012/prespektivy\\_emobility/01-Marusinec\\_Konstrukce\\_elektromobilu.pdf](http://www.odbornecasopisy.cz/data-ftp-user/konference/2012/prespektivy_emobility/01-Marusinec_Konstrukce_elektromobilu.pdf)>
- [20] **MORKUS, J.** Hybridní pohony - přednášky. [Citace: 10.1.2018] Praha; ČVUT, 2015.
- [21] **NOVÝ, I.** Autoforum.cz. [Online] 15. 5 2016. [Citace: 10.1.2018]. URL:  
<<http://www.autoforum.cz/technika/vykon-vs-tocivy-moment-konecne-srozumitelne-tak-o-co-jde-predevsim/?4>>
- [22] **PROKOPEC, P.** Autoforum.cz. [Online] 22. 5 2017. [Citace: 25. 2 2018.].  
URL: <<http://www.autoforum.cz/zivot-ridice/diesel-nebo-benzin-projdete-si-vyhody-a-nevyhody-obojiho-v-10-bodech/>>
- [23] **PRŮMYSLOVÁ EKOLOGIE.** [Online] 10. 6 2017. [Citace: 15.3.2018]. URL:  
<<http://www.prumyslovaekologie.cz/Dokument/102365/pocet-elektromobilu-na-svete-se-v-prubehu-roku-temer-zdvojnasil.aspx>>
- [24] **TESLA MOTORS.** [Online] 2018. [Citace: 3. 15 2018.]. URL:  
<<https://www.tesla.com>>
- [25] **THOMPSON, C.** The fascinating evolution of the electric car. Bussines insider.  
[Online] 15. 2 2017. [Citace: 12. 3. 2018]. URL:  
<<http://www.businessinsider.com/electric-car-history-2017-2>>
- [26] **TOYOTA.** [Online] 2018. [Citace: 15. 3. 2018]. URL:  
<<http://www.toyota-global.com>>
- [27] **VLK, F.** Alternativní pohony motorových vozidel. Brno; Nakladatelství VLK, 2004.
- [28] **VLK, F.** Automobilová technická příručka. Brno; Vlastním nákladem, 2003.
- [29] **VLK, F.** Soudní inženýrství. [Online] 2004. [Citace: 23. 2 2018]. URL:  
<<http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2004-04-212-224.pdf>>