



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

## ALTERNATIVNÍ POHONY AUTOMOBILŮ

ALTERNATIVE POWERTRAINS OF VEHICLES

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Filip

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.

BRNO 2016

# Zadání bakalářské práce

|                   |                                              |
|-------------------|----------------------------------------------|
| Ústav:            | Ústav automobilního a dopravního inženýrství |
| Student:          | <b>Vojtěch Filip</b>                         |
| Studijní program: | Strojírenství                                |
| Studijní obor:    | Základy strojního inženýrství                |
| Vedoucí práce:    | <b>prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.</b>       |
| Akademický rok:   | 2015/16                                      |

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

## Alternativní pohony automobilů

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Analyzovat možností aplikace alternativních pohonů automobilů.

### Cíle bakalářské práce:

Provést analýzu možností aplikace alternativních pohonů vozidel.

Porovnat základní parametry alternativních pohonů se současnými zážehovými a vznětovými motory, zdůraznit přednosti a nevýhody.

Provést odhad vývoje alternativních pohonů pro následující období.

### Seznam literatury:

REIMPELL, Jornsens.: The Automotive Chassiss. 2nd edition. Oxford: Butterworth - Heinemann, 2001. 444 s. ISBN 0 7506 5054 0.

MILLIKEN, William a MILLIKEN, Douglas.: Race Car Vehicle Dynamics. 1st edition. Warrendale: SAE, 1995. 857 s. ISBN 1-56091-526-9.

HUCHO, Wolf-Heinrich.: Aerodynamics of road Vehicles. 4 ed. Warrendale: Society of Automotive Engineers, 1998, 918 s. ISBN 0-7680-0029-7.

HANEY, P.: The Racing & High-Performance Tire. 1st edition. Warrendale: TV Motor-sports and SAE, 2003. 286 s. ISBN 0-9646414-2-9.

MORELLO, L., ROSTI ROSSINI, L., PIA, G., TONOLI, A.: The Automotive Body. Springer Verlag, 2011. ISBN 978-94-007-0512-8.

GILLESPIE, T. D.: Fundamentals of Vehicle Dynamics. Warrendale: Society of Automotive Engineers, 1992. ISBN 1-56091-199-9.

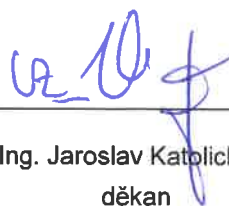
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 23. 11. 2015



---

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.  
ředitel ústavu



---

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



## ABSTRAKT

Náplní této bakalářské práce je analýza aktuálně používaných alternativních pohonů automobilů, jejich srovnání se současnými zážehovými a vznětovými spalovacími motory. Seznámení s technickým řešením jednotlivých pohonů a jejich kategorizace do několika základních skupin, podle charakteristických klíčových rysů. Dále obsahuje bližší seznámení s nejdůležitějšími komponenty automobilů, vyžívajících tyto alternativní pohony a současně jejich přednostmi ale také nedostatky, které nyní brzdí rozšíření těchto pohonů, z hlediska ekonomického i technického.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Alternativní pohon, akumulátor, elektromotor, emise, hybridní pohon, hybridizace, palivový článek, rekuperace energie, spalovací motor

## ABSTRACT

The aim of this thesis is the analysis of most common alternative drive systems currently used in cars, their comparison with the current gasoline and diesel engines. Familiarization with the technical solutions of drives, their categorization into several groups according to the specific key features. It also deals the most important components of an alternative fuels automobiles, respecting their strengths and also weaknesses that currently hinder expansion of these propulsions, economically as well as technically.

## KEYWORDS

Alternative drive, battery, electric motor, emissions, hybrid drive, hybridization, fuel cell, energy recovery, combustion engine



## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FILIP, V. *Alternativní pohony automobilů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 41 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc..



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením prof. Ing. Václava Píštěka, DrSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25. května 2016

.....

Vojtěch Filip



## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu práce prof. Ing. Václavovi Píštěkovi, DrSc. za cenné rady a připomínky při zpracování jednotlivých témat.

## OBSAH

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| Úvod.....                                        | 9  |
| 1 Přehled alternativních paliv .....             | 10 |
| 2 Spalovací motory .....                         | 11 |
| 2.1 Downsizing.....                              | 11 |
| 2.2 Zážehové spalovací motory.....               | 12 |
| 2.3 Vznětové spalovací motory.....               | 13 |
| 2.4 Škodlivé emise.....                          | 14 |
| 2.5 Metodika měření spotřeby paliva, emisí ..... | 15 |
| 3 Alternativní paliva pro spalovací motory ..... | 17 |
| 3.1 CNG .....                                    | 17 |
| 3.2 LNG .....                                    | 18 |
| 3.3 LPG.....                                     | 19 |
| 3.4 Biopaliva .....                              | 19 |
| 3.5 Vodík.....                                   | 21 |
| 4 Úschova energie.....                           | 22 |
| 4.1 Akumulátory.....                             | 22 |
| 4.2 Palivové články.....                         | 25 |
| 4.3 Rekuperace energie.....                      | 26 |
| 5 Hybridní pohony .....                          | 28 |
| 5.1 Sériové uspořádání.....                      | 28 |
| 5.2 Paralelní uspořádání.....                    | 29 |
| 5.3 Stupně hybridizace.....                      | 32 |
| 6 Elektromobily .....                            | 33 |
| Závěr .....                                      | 37 |
| Seznam použitých zkratk a symbolů .....          | 41 |

## ÚVOD

Rok 1908 se dá považovat za velice významný milník ve světě automobilů. Na předměstí Detroitu americká automobilka Ford začala vyrábět model T, **Obr. 1**. Tento automobil byl významný hned z několika hledisek, která jsou důležitá i pro dnešní automobily. Byl totiž prvním cenově dostupným automobilem. Podepsal se na tom fakt, že bylo použito jednoduchých a levných, ale funkčních konstrukčních řešení, především však použití montážní linky pro výrobu namísto dosavadní ruční montáže. Model T byl vybaven čtyřválcovým zážehovým motorem o objemu 2.9 l, který poskytoval výkon 20 koní. Jeho spotřeba činila bezmála 20 litrů na 100 km.



*Obr. 1 Model T, Henry Ford [7]*

Vývoj šel velice rychle kupředu, objevovaly se stále dokonalejší automobily. Vznikly však i problémy, se kterými se potýkáme dodnes. Ekonomika provozu a stále důležitější ekologie. Problém začal být v nedostatku ropy. Vědci odhadují, že současné zásoby ropy na naší planetě by měly být vyčerpány v horizontu přibližně čtyřiceti let. Není však jednoduché získat přesnější odhad, protože naleziště jsou vlastnictvím firem, kterým by skutečné výsledky z ekonomického hlediska neprospěly. Faktem jsou omezené zásoby, proto konstruktéři musejí hledat východiska jak zefektivnit proces spalování a tak snížit spotřebu paliv vyráběných právě z ropy. Současným trendem je odklon od klasických spalovacích motorů a jejich nahrazení alternativními pohony. Tedy systémy, které využívají obnovitelné zdroje energie, především elektrické, pro pohon automobilů. S touto koncepcí souvisí nutnost rozvoje současných i rozvoj nových technologií potřebných v moderním elektrickém automobilu. Abychom zamezili opakování problému s nedostatkem ropy, je důležité, aby elektrická energie byla vyráběna z velké části z obnovitelných zdrojů energie. Jedním z největších problémů dnešních elektromobilů je omezený dojezd na jedno nabití akumulátorů, tedy úschova energie, což znevýhodňuje jejich postavení vůči konvenčním motorům. Hlavním problémem pro uživatele však stále zůstává vysoká pořizovací cena zapříčiněná nákladnou výrobou složitých částí automobilů, i náklady, které firmy musejí investovat do infrastruktury spojené s provozem.

Klasifikoval jsem několik hlavních problémů týkajících se elektromobilů, ale i technologie s nimi spojené. V Bakalářské práci se pokusím na tyto a další otázky odpovědět a současně provést analýzu současných elektromobilů z pohledu technického, částečně i ekonomického. Jakým směrem se tedy budoucí automobily s alternativními pohony budou ubírat?

## 1 PŘEHLED ALTERNATIVNÍCH PALIV

Než se začneme zabírat pohonnými jednotkami současných automobilů, měli bychom si nejprve ukázat stručný přehled aktuálně používaných technologií na trhu. Prvním krokem při boji s nedostatkem ropy, je logicky ponechání běžného spalovacího motoru a jeho částečnou úpravou nebo přestavbou na jiný typ paliva.

- Stlačený zemní plyn (CNG)
- Zkapalněný zemní plyn (LNG)
- Biopaliva – bionafta, bioplyn nebo bioetanol
- Vodík
- Propan butan (LPG)

Uvedená paliva mají své výhody i nevýhody a také ne všechny lze považovat za alternativní paliva, protože jejich výroba je úzce svázána se získáváním ropy (LPG). [2]

Dalším krokem úpravy běžných spalovacích motorů je vytvoření tzv. hybridního pohonu. To v praxi znamená zkombinování několika různých zdrojů energie.

- Spalovací motor
- Elektromotor
- Akumulátor
- Palivový článek
- Setrvačník

Podle jednotlivých kombinací se dělí na různé typy hybridního pohonu. Z hlediska emisí škodlivých plynů je nejvhodnější pohonnou jednotkou automobilu elektromotor. Právě tato skupina tvoří u automobilek hlavní vývojový proud v současné době ale i v blízké budoucnosti. [1]

## 2 SPALOVACÍ MOTORY

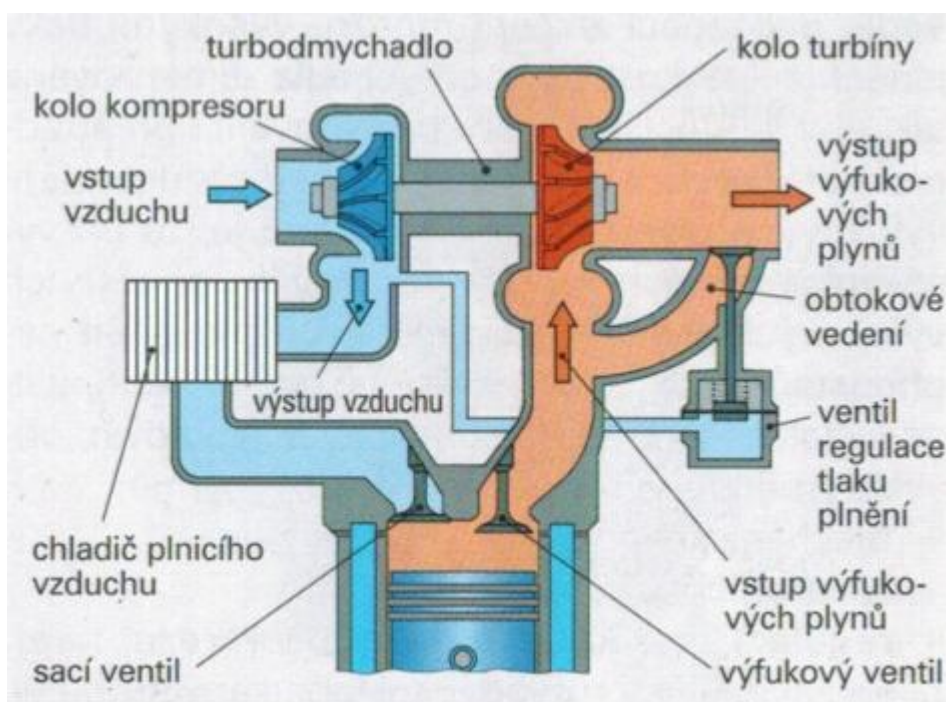
Automobily s alternativními palivy nebo hybridními ústrojími jsou v dnešní době stále rozšířenější a na silnicích se jich pohybuje značné množství. Důvodem je vysoká ekologická zátěž životního prostředí díky škodlivým látkám vznikajícím spalováním i získáváním paliv. Konstrukteři proto hledají nová řešení pohonů, i způsoby jak zefektivnit současné pohonné jednotky.

### 2.1 DOWNSIZING

Hlavní myšlenkou je tzv. downsizing. Tedy nahrazení velkoobjemového motoru menším, avšak při zachování stejného jízdního komfortu. Menší motor je mnohem efektivnější díky snížení třecích sil, setrvačných sil i samotné hmotnosti automobilu, což vede ke snížení spotřeby paliva i emisí. Pro zachování dynamických vlastností se používá přímé vstřikování paliva a přeplňování, nejčastěji turbodmychadlem. V praxi to znamená, že například první generace Volkswagenu Golf GTI vyráběná od roku 1975 měla motor o objemu 1.8L s výkonem 115 k. Současné sedmé generaci pro dosažení obdobného výkonu stačí moderní přeplňovaný motor TSI o objemu 1.2L (110 k).

#### TURBODMYCHADLA

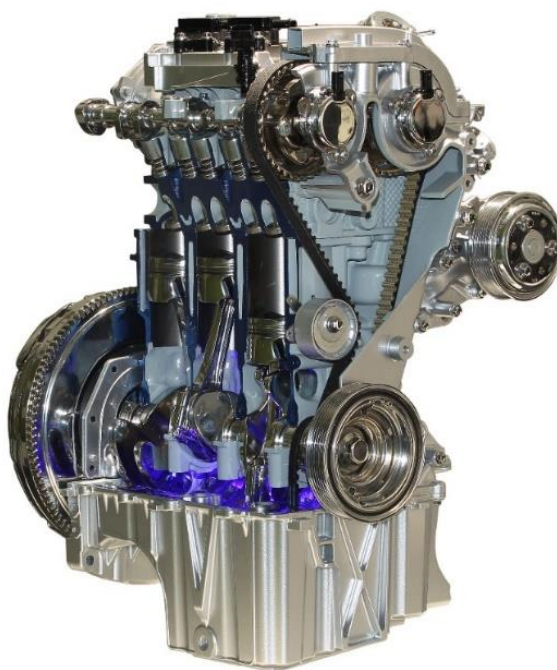
Dmychadlo dodává do spalovacího prostoru zvýšené množství vzduchu, což umožňuje spálit větší množství paliva za stejnou dobu. Výsledkem je větší výkon i točivý moment. Turbodmychadlo také nesnižuje celkovou účinnost motoru, díky výfukovým plynům, které roztáčí turbínu a ta následně pohání dmychadlo a tak nespotřebovává práci získanou na klikovém hřídeli, viz **Obr. 2**. Zvýšení plicních tlaků znamená zvýšení i těch maximálních, to vede k větším nárokům na odolnost jednotlivých komponentů motoru. Narůstá i teplota směsi před zažehnutím, tím vzniká nebezpečí detonačního spalování, tzv. klepání nebo samovznícení paliva. [6]



Obr. 2 Schéma motoru s turbodmychadlem [6]

## 2.2 ZÁŽEHOVÉ SPALOVACÍ MOTORY

V kategorii maloobjemových automobilů určených do městského provozu nebo jízdu po okresních silnicích se v posledních letech odehrála malá revoluce. Atmosférické motory jsou nahrazovány malými přeplňovanými jednotkami s objemem 0,8 až 1,2 l. Většina významných evropských automobilek tak má ve svém portfoliu úsporný i výkonný motor. Představitelem moderního „downsizovaného“ motoru je například 1.0 EcoBoost od automobilky Ford, **Obr. 3**. Tento motor je držitelem prestižního ocenění Mezinárodního motoru roku a to již třikrát za sebou. Charakteristikou jsou kompaktní rozměry, půdorys velikosti A4, vysoký výkon a velká efektivita. Pro dosažení těchto parametrů bylo využito několik klíčových systémů. Motor je vybaven přímým vstřikováním paliva i turbodmychadlem. Odvod tepla z oblasti válců, pomocí chladicí lázně kolem každého válce, pro snížení tření. Tím bylo docíleno menší spotřeby paliva i produkováných emisí. Tření mezi rozvodovým řemenem a ozubením je redukováno olejovou lázní, ve které se řemen brodí. Proměnné časování sacích i výfukových ventilů (Ti-VCT), pro dosažení ideálního výkonu v širokém spektru otáček. [8]



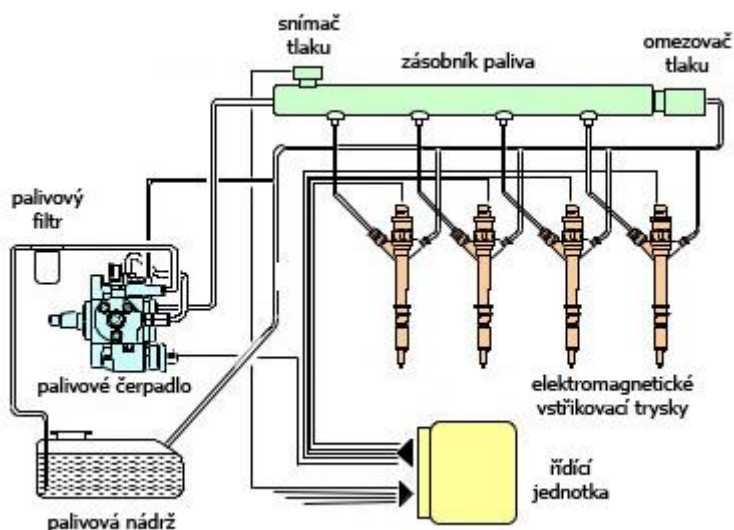
*Obr. 3 Ford 1.0 EcoBoost [8]*

### PARAMETRY

- |                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| ➤ Výkon:                       | 100 k, 125 k |
| ➤ Točivý moment:               | 170 Nm       |
| ➤ Emise CO <sub>2</sub> :      | 105 g/km     |
| ➤ Kombinovaná spotřeba paliva: | 4,6 l/100km  |

## 2.3 VZNĚTOVÉ SPALOVACÍ MOTORY

U vznětových motorů se podobná modernizace objevila již na konci 90-tých let, kdy se i běžné nesportovní modely začaly masivně vybavovat turbodmychadlem. Nejvýznamnějším inovátorem v této oblasti byl koncern Volkswagen. Ten přišel s dnes již legendárním označením TDI, turbodmychadlem přeplňovaným motorem. Vstříkovací systém čerpadlo-tryska, kde čerpadlo pod vysokým tlakem až 200 MPa předá palivo trysce, která se pod tlakem uvolní a dojde ke vstřiku paliva. Tento systém začal postupně vytlačovat modernější s označením Common rail. Ten pracuje s vysokotlakým zásobníkem, z kterého je palivo přes řídicí jednotku přesně vstříkováno do válce, **Obr. 4**. Charakteristikou je jemnější rozprášení paliva ve vzduchu a tím zlepšení hoření směsi. Výsledkem je nižší spotřeba paliva, snížení produkovaných emisí i kultivovanější chod se slabšími vibracemi.



Obr. 4 Schéma vstřikování Common rail [9]

Snižování objemu motoru se týká i vznětových jednotek, současné automobily nejčastěji využívají motory o objemu od 1.2 do 1.6 l. Automobilka Honda představila v roce 2011 novou řadu technologií pod názvem Earth Dream Technologii, která spojuje šetrnost k životnímu prostředí společně s jízdními vlastnostmi cílenými na radost z jízdy. Motory o objemu 1.6 l s označením i-DTEC, **Obr. 5**, mají velice nízkou hmotnost blízkou zážehovým jednotkám. Podobně jako u nich konstruktéři pracovali především na snížení mechanického tření, za pomoci povrchové úpravy i přepracování třecích ploch částí motoru. Honda vyvinula i speciální nízko viskózní olej do motoru, ten si zachovává nízkou viskozitu i při nízké teplotě oleje. Chladicí systém využívá minimální objem chladicí kapaliny, což umožnilo použití menšího čerpadla a následné úspory energie. Přeplňování za pomoci turbodmychadla společně se vstřikováním Common rail o tlaku až 180 MPa. [10]

### PARAMETRY

- Výkon: 120 k
- Točivý moment: 300 Nm
- Emise CO<sub>2</sub>: 94 -98 g/km
- Kombinovaná spotřeba paliva: 3.6 – 3.7 l/100km



Obr. 5 Honda i-DTEC [11]

## 2.4 ŠKODLIVÉ EMISE

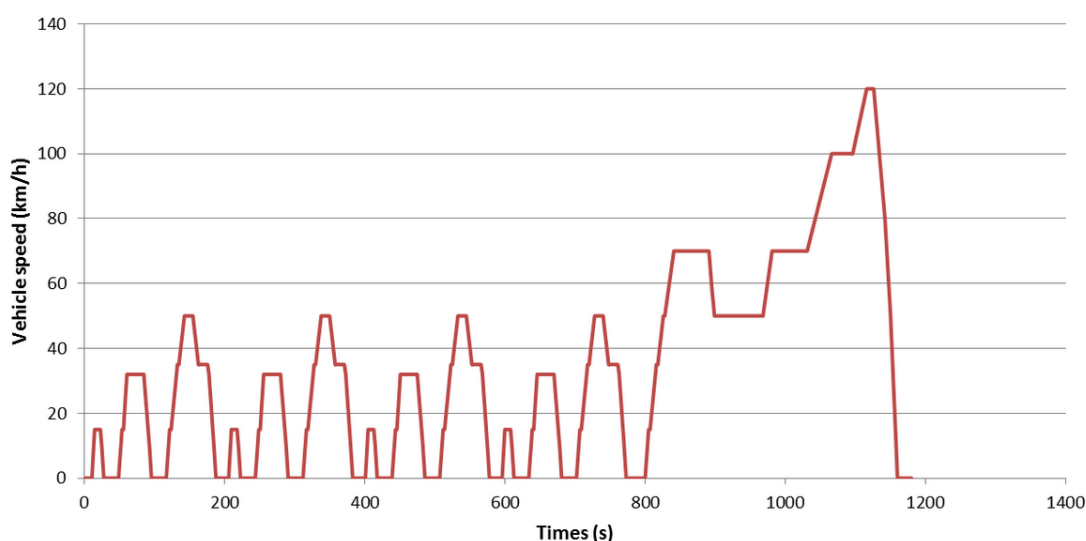
Do ovzduší se uvolňují škodlivé látky vznikající jak při samotném spalování paliva ve válci motoru, nebo vstupují přímo s palivem jako příměsi. Tímto problémem se zabývají i evropské emisní normy, tzv. EURO normy, viz **Tab. 1**. Ty sledují a měří škodliviny jako oxid uhelnatý (CO), oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>), nespálené uhlovodíky (HC), oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) a pevné částice (PM). V roce 1993 začala platit norma EURO 1, zážehový motor musel být vybaven třicestným řízeným katalyzátorem s tzv. lambda sondou, která ve spolupráci s řídicí jednotkou ovlivňuje množství míšeného vzduchu a paliva. Od 1. 1. 2015 vstoupila v platnost norma EURO 6 týkající se nově prodaných automobilů, především se vznětovým motorem. Jejímž cílem je snížení emisí NO<sub>x</sub> na hodnotu blízkou zážehovým motorům. [1], [3]

Tab. 1 Vývoj emisních limitů [4], [5]

| Norma<br>(EURO) | Platnost<br>(od) | CO<br>(g/km)              |      | HC<br>(g/km) |   | No <sub>x</sub><br>(g/km) |      | HC + No <sub>x</sub><br>(g/km) |      | PM<br>(g/km) |       |
|-----------------|------------------|---------------------------|------|--------------|---|---------------------------|------|--------------------------------|------|--------------|-------|
|                 |                  | zážehový / vznětový motor |      |              |   |                           |      |                                |      |              |       |
| 1               | 1992             | 2,72                      | 2,72 | -            | - | -                         | -    | 0,97                           | 0,97 | -            | 0,14  |
| 2               | 1996             | 2,20                      | 1,00 | -            | - | -                         | -    | 0,50                           | 0,70 | -            | 0,08  |
| 3               | 2000             | 2,30                      | 0,64 | 0,20         | - | 0,15                      | 0,50 | -                              | 0,56 | -            | 0,05  |
| 4               | 2005             | 1,00                      | 0,50 | 0,10         | - | 0,08                      | 0,25 | -                              | 0,30 | -            | 0,03  |
| 5               | 2009             | 1,00                      | 0,50 | 0,10         | - | 0,06                      | 0,18 | -                              | 0,23 | 0,005        | 0,005 |
| 6               | 2014             | 1,00                      | 0,50 | 0,10         | - | 0,06                      | 0,08 | -                              | 0,17 | 0,005        | 0,005 |

## 2.5 METODIKA MĚŘENÍ SPOTŘEBY PALIVA, EMISÍ

Od 15. 12. 1999 je v platnosti jednotná norma NEDC (New European Driving Cycle), která zavádí standardy pro měření spotřeby paliva a emisí škodlivých látek. Test se provádí ve válcových zkušebnách a skládá se ze dvou částí. První simuluje městský provoz, druhá jízdu mimo město. Testovací řidič se drží přesného itineráře, kde jsou napsané jednotlivé intervaly mezi řazením, akcelerací nebo stáním. Doba testu 1180 s, automobil ujede dráhu 11 023 m a maximální zrychlení je  $1.042 \text{ m/s}^2$ . Výhoda NEDC je možnost provádět test kdekoli aniž by výsledky byly ovlivněny počasím nebo lidským faktorem. V reálném světě ovšem automobily vykazují výrazně vyšší spotřebu mnohdy i o 30 %. Důvodem je nastavení itineráře, který neodpovídá reálnému provozu. 27 % z celého testu auto simuluje stání a běží na volnoběh. Pokud je automobil vybaven systémem start/stop tak po celou dobu je motor vypnutý a výsledek testu je tím ovlivněn mnohem více než úspora v reálném provozu.



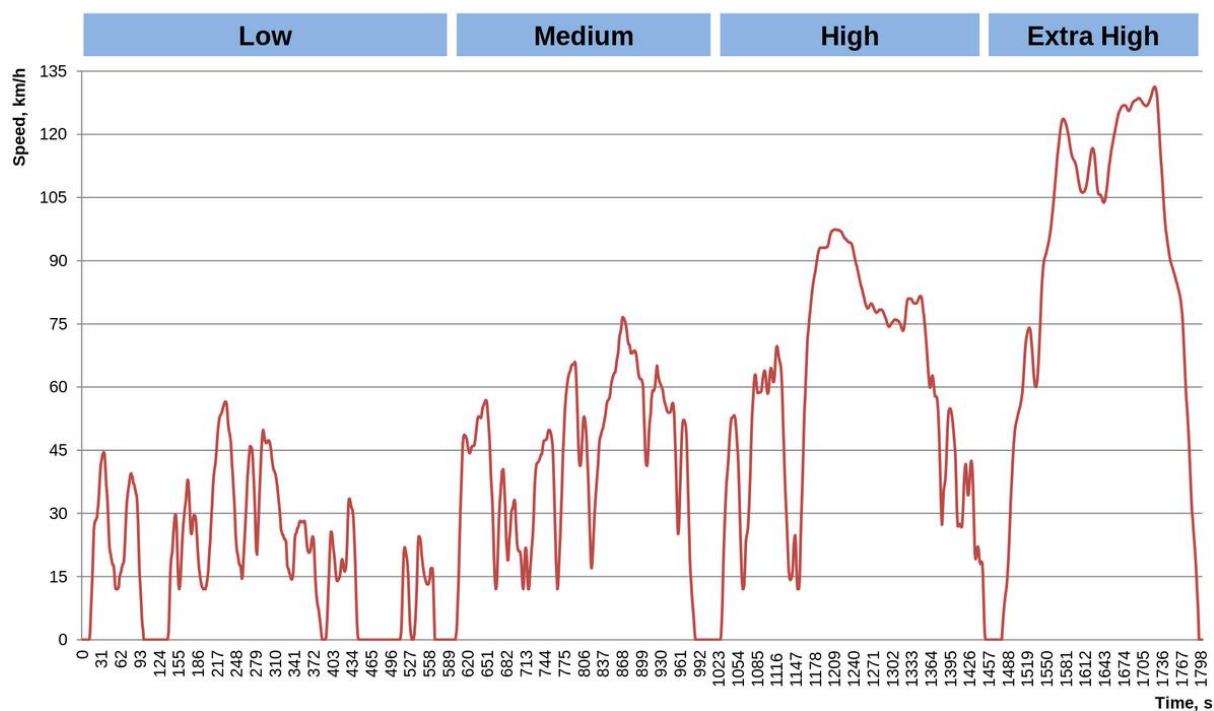
Obr. 6 Průběh testu NEDC [13]

Pro dosažení přesnějších výsledků by bylo zapotřebí automobily nechat jezdit po reálné dráze při skutečných povětrnostních podmínkách. To je v praxi obtížně dosažitelné. Proto se pracuje na zdokonalení současné metody. Od roku 2017 začne platit nová norma WLTC (Worldwide harmonized Light vehicle Test). Skládá se ze 4 částí a je sestaven na základě dat z provozu automobilu z celého světa. Maximální zrychlení je  $1.58 \text{ m/s}^2$ . Test se dále dělí do 4 tříd, ty se liší v závislosti poměru výkon/hmotnost. [13]

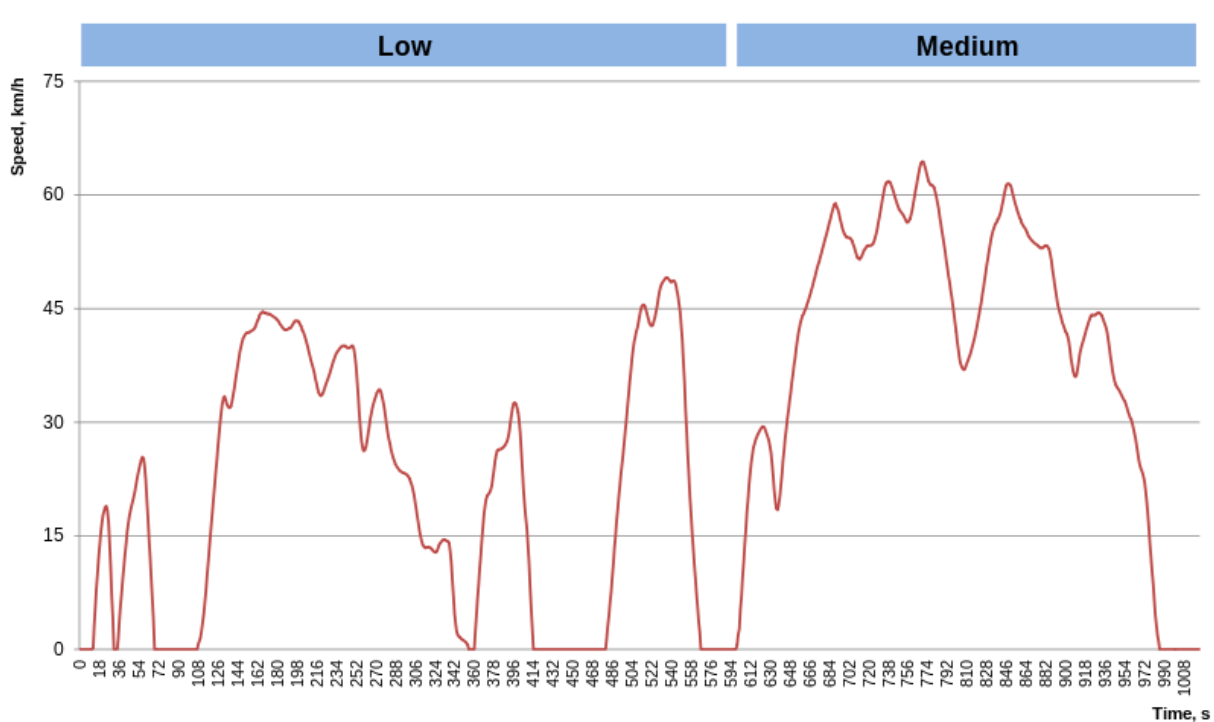
Tab. 2 Srovnání NEDC a WLTC [13]

| Jízdní režim             | NEDC | WLTC třída 3b <sup>1</sup> |
|--------------------------|------|----------------------------|
| Volnoběh [%]             | 27   | 13                         |
| Ustálená rychlost [%]    | 38   | 4                          |
| Zrychlení [%]            | 20   | 44                         |
| Zpomalení [%]            | 14   | 40                         |
| Průměrná rychlost [km/h] | 34   | 46                         |
| Počet částí              | 2    | 4                          |

<sup>1</sup> Třída 3b s poměrem výkon/hmotnost větší než  $34 \text{ W/kg}$ , maximální rychlostí vyšší než  $120 \text{ km/h}$



Obr. 7 Průběh testu WLTC třída 3 [13]

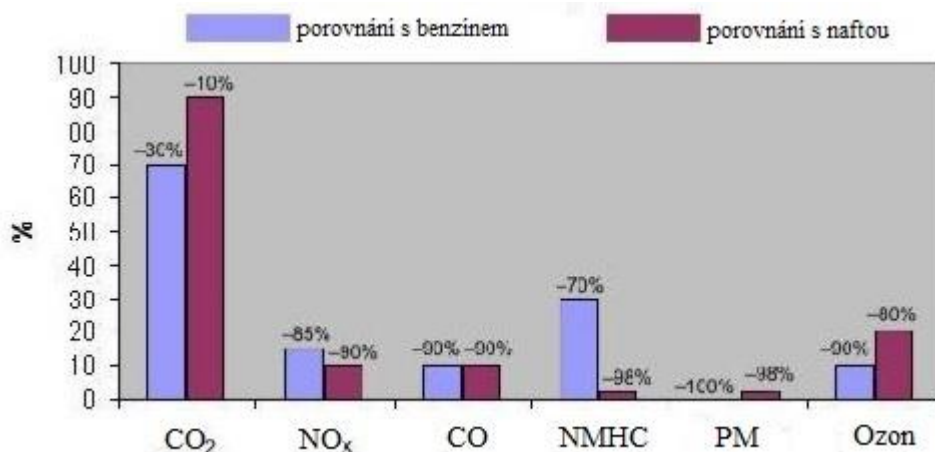


Obr. 8 Průběh testu WLTC třída 1 [13]

### 3 ALTERNATIVNÍ PALIVA PRO SPALOVACÍ MOTORY

#### 3.1 CNG

Stlačený zemní plyn (Compressed Natural Gas) se skládá až z 98 % z metanu ( $\text{CH}_4$ ). Z velice příznivého poměru uhlík/vodík vyplývá jeho nízká produkce škodlivých emisí zvláště pak v případě PM, **Obr. 9**. Výhodou CNG je vysoké oktanové číslo, 128. To umožňuje použití vyššího kompresního poměru, čímž se zvýší účinnost motoru a zároveň zvyšuje odolnost proti klepání. Menší množství škodlivin prodlužuje životnost motoru, který se méně zanáší.



Obr. 9 Snížení produkovaných emisí [2]

Hlavní nevýhodou zemního plynu je omezenější množství čerpacích stanic (v ČR 102), ty se nacházejí především ve větších městech a uživatelé tak musí svoji trasu více plánovat. Další nevýhody jako snížení výkonu v řádu jednotek procent, nižší objem zavazadlového prostoru, horší jízdní vlastnosti se však týkají pouze vozidel dodatečně přestavěných na CNG. U sériově vyráběných vozidel tyto neduhy odpadají a výkon může být dokonce vyšší v závislosti na jaký typ paliva, benzin/CNG, je motor více přizpůsoben, pokud umožňuje použití obou paliv. Z hlediska bezpečnosti se ukazuje zemní plyn jako spolehlivý, je totiž lehčí než vzduch, lze ho tedy odvětrat a jeho teplota vznícení je  $537^\circ\text{C}$  (benzin  $267^\circ\text{C}$ ). Tlakové nádrže se vyrábí z tlustostěnných hliníkových, ocelových nebo kompozitních materiálů a prochází řadou zkoušek odolnosti proti nárazu, požáru a tlaku. Z bezpečností však souvisí nutnost pravidelné kontroly tlakové nádoby v závislosti na výrobci (Škoda Auto 4 roky). [1], [2], [12]

#### ŠKODA OCTAVIA G-TEC

Je vybavena tzv. Bi-Fuel motorem 1.4 TSI s kombinovanou nádrží na benzin (50 l) a CNG (15 kg), **Obr. 10**. Tím dosahuje velkého akčního rádiusu až 1370 km. Splňuje emisní limity Euro 6. Přechod spalování mezi palivy je plně automatický, preferovaný typ paliva je ovšem CNG. Startování probíhá na benzin, během několika sekund dochází k přepnutí na plyn.[12]

- Výkon: 110 k
- Točivý moment: 200 Nm
- Emise  $\text{CO}_2$ : 94 g/km
- Kombinovaná spotřeba paliva: 3.4 kg/100km, 5.4 m<sup>3</sup>/100km
- Cena: 481 900 Kč



Obr. 10 Uspořádání palivových nádrží G-TEC [12]

### EKONOMIKA PROVOZU

CNG je nejvýhodnější pohonná hmota v současné době. Díky legislativní fixaci spotřební daně do roku 2020 a úplnému osvobození od dálniční daně pro vozidla do 12 tun. Vývoj spotřební daně:

- od 1. 1. 2015 do 31. 12. 2017 sazba 68,40 Kč/MWh spalného tepla tj. cca 0,72 Kč/m<sup>3</sup>
- od 1. 1. 2018 do 31. 12. 2019 sazba 136,80 Kč/MWh spalného tepla tj. cca 1,44 Kč/m<sup>3</sup>
- od 1. 1. 2020 sazba 264,80 Kč/MWh spalného tepla tj. cca 2,80 Kč/m<sup>3</sup>
- spotřební daň na benzin 12.84 Kč/l, nafta 10.95 Kč/l.

Při současné ceně na čerpací stanici 17.78 Kč/m<sup>3</sup> vychází náklady na ujetí jednoho kilometru s motorem G-TEC 0.96 Kč. Ve srovnání benzinovým 1.4 TSI 1.53 Kč a naftovým 1.6 TDI 1.06 Kč.<sup>2</sup> [2], [12]

### 3.2 LNG

Zkapalněný zemní plyn (**L**iquefied **N**atural **G**as) má obdobné vlastnosti jako CNG, rozdílná je výrobní technologie. Zkapalnění se provádí při atmosférickém tlaku, plyn je ochlazen na teplotu -162 °C, kdy je jeho hustota 0.4-0.42 kg/m<sup>3</sup>. V tomto stavu je jeho objem až 600krát menší než v plynném stavu. Z toho pramení mnoho výhod oproti CNG.

- 👍 Větší dojezd na jednu nádrž
- 👍 Menší palivová nádrž, snížení hmotnosti automobilu a větší zavazadlový prostor
- 👍 Větší energetická hustota paliva, 1.5/1.7 l LNG energeticky odpovídá 1 l benzínu/nafty

Z výrobní technologie ovšem plynou jasné nevýhody, které brání výraznějšímu rozšíření. Automobilů na LNG jezdí přibližně několik tisíc, převážně v USA. [1], [2]

- 👎 Uchovávání za velmi nízkých teplot
- 👎 Při delší odstávce vozidla dochází k odpařování paliva

<sup>2</sup> Výpočet provozních nákladů je založen na průměrných cenách paliv čerpacích stanic v Brně v dubnu 2016.

### 3.3 LPG

Směs zkapalněných uhlovodíkových plynů (**Liquefied Petroleum Gas**) propanu ( $C_3H_8$ ) a butanu ( $C_4H_{10}$ ). LPG vzniká jako vedlejší produkt těžby zemního plynu, ropy nebo při jejím zpracování. Snadné zkapalnění probíhá při teplotě 20 °C, tlaku 0.85 MPa u propanu a 0.23 MPa u butanu. Výsledný objem se zmenší až 260krát. Produkované emise jsou srovnatelné s benzinem.

- 👍 Nízká cena, provozní náklady se sníží až o 40 %
- 👍 Možnost Bi-Fuel nádrže, velký dojezd
- 👍 Delší životnost motoru (nezanáší se sazemi), kultivovanější chod
- 👍 Rozsáhlá síť čerpacích stanic
  
- 👎 Počáteční investice do přestavby až 40 000 Kč
- 👎 Zvýšení spotřeby paliva až o 20 % díky nižší výhřevnosti
- 👎 Každoroční kontrola systému
- 👎 Menší zavazadlový prostor
- 👎 Zákaz vjezdu do podzemních garáží (je těžší než vzduch, špatně se odvětrává)

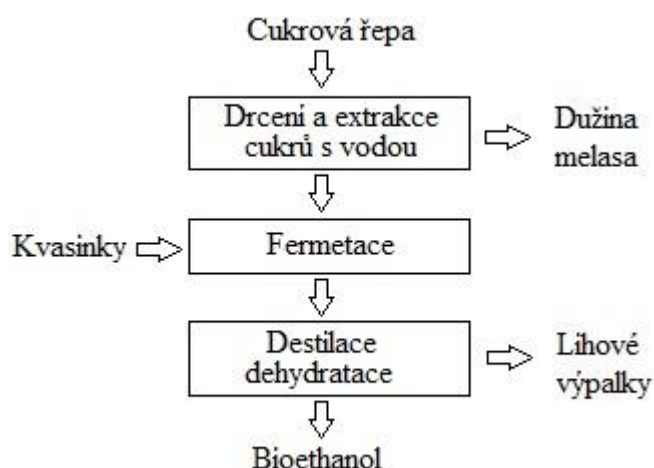
### 3.4 BIOPALIVA

Biopaliva patří do skupiny obnovitelných zdrojů a jsou vyráběna z biologického materiálu, první generace je vyráběna z plodin sloužících pro výrobu potravin, druhá generace je vyráběna z nepotravinářských plodin nebo z bioodpadu. Při pěstování prvotní suroviny je odebírán  $CO_2$  ze vzduchu, který se uvolní až během spalování. Samotné pěstování a následná úprava však do procesu vnáší produkci  $CO_2$ , ta je ovšem výrazně nižší než u fosilních paliv a v případě druhé generace je redukována až o 90 %. Celková spotřeba biopaliv nedosahuje 0.5 % spotřeby fosilních paliv.

- 👍 Snadné využití
- 👍 Levná distribuce
  
- 👎 Omezené množství ploch pro pěstování

#### BIOETHANOL

V ČR se pro výrobu bioethanolu používá obilí a cukrová řepa. V globálním měřítku je největším zdrojem pro výrobu rýžová sláma a kukuřice. Méně rozšířená je výroba z lignocelulózové biomasy (sláma, rychle rostoucí dřeviny, štěpky, bioodpad apod.), ta je z hlediska potenciálu největším zdrojem. Bioethanol se vyznačuje vysokým oktanovým číslem a jako palivo se označuje názvem E85. Nevýhodou je nižší výhřevnost oproti benzínu o 40 %, proto je nutná zvýšená dávka paliva a s tím souvisí nárůst spotřeby přibližně o 36 %.



Obr. 11 Schéma výroby bioethanolu

### BIONAFTA

Nejrozšířenější zdroj pro výrobu bionafty je řepkový olej, v menší míře se používá slunečnicový olej, sójové boby nebo použitý fritovací olej. Bionafta se charakterizuje přibližně stejnou výhřevností jako nafta, ale vyšším cetanovým číslem. Obchodní název je MĚŘO. Při použití v motoru dochází k mírnému zhoršení spotřeby paliva, výkonu, ale výrazně se zlepšuje kouřivost. Z hlediska emisí dochází k nárůstu  $\text{NO}_x$ , CO a HC jsou prakticky totožná s naftou. Výrobci doporučují při použití bionafty zkrátit servisní interval výměny oleje o polovinu.

### BIOPLYN

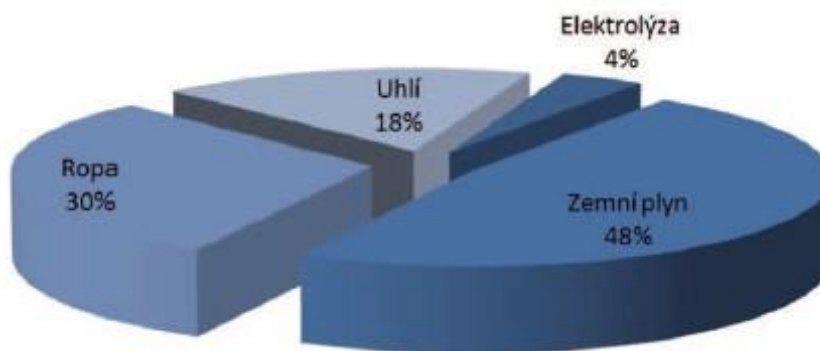
Bioplyn je získáván kvašením organických látek z chlévské mrvy, prasečí kejdy a odpadů z čistících zařízení ve městech. Je tvořen více jak z 50 % metanem, po vyčištění ho obsahuje více jak 95 % a jeho složení je totožné se zemním plynem. Nevýhodou je nestabilní produkce, pro výrobu, tzv. fermentaci, je ideální teplota 40 °C. V zimních měsících se část plynu použije pro výhřev fermentoru. Nejčastěji se používá pro pohon stabilních motorů. Ve Švédském Linköpingu všech 62 autobusů městské hromadné dopravy jezdí na bioplyn. [1], [2]

Tab. 3 Vlastnosti biopaliv [1]

| Parametr                            | Benzin | Nafta | Bioethanol | Bionafta |
|-------------------------------------|--------|-------|------------|----------|
| Hustota [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]  | 0.73   | 0.84  | 0.79       | 0.88     |
| Výhřevnost [ $\text{MJ}/\text{l}$ ] | 32.3   | 35.7  | 21.17      | 32.7     |
| Oktanové číslo [-]                  | 95     | -     | 107        | -        |
| Cetanové číslo [-]                  | -      | 45    | 8          | 55       |

### 3.5 VODÍK

Vodík se v čisté formě v přírodě nevyskytuje a musí se vyrábět. Hlavní problém vodíku jako paliva je ekologická zátěž při jeho výrobě a s tím spojená vysoká cena. V současnosti se převážná část vyrábí z fosilních paliv, pouze minoritní podíl tvoří obnovitelné zdroje. Vodík se dá spalovat buď přímo, nebo slouží jako palivo pro výrobu el. energie v palivovém článku. Výhodou jsou nulové emise a fakt, že jde o nejrozšířenější prvek ve vesmíru.



Obr. 12 Zdroje pro výrobu vodíku [14]

#### VÝROBA VODÍKU Z FOSILNÍCH PALIV

V současné době je pro výrobu vodíku z ekonomického hlediska nejvýhodnější parní reformace zemního plynu. První fáze slouží pro odstranění síry. Následuje reformování ve vodní páře reaktoru při teplotě 800 – 870 °C a tlaku 2.2 – 2.9 MPa, kde probíhá reakce (1). Výsledná kvalita je až 77 % H<sub>2</sub>, 12 % CO, 10% CO<sub>2</sub> a zbylé procento metanu.



Další fáze je obvykle dvoustupňová konverze CO s vodní párou, reakce (2). Výsledná kvalita je až 77 % H<sub>2</sub>, 0.3 % CO, 18% CO<sub>2</sub> a 4.7 % CH<sub>4</sub>.



V poslední fázi dochází k vypírání CO<sub>2</sub> a metanizaci pro získání co nejčistšího plynu. Výsledná kvalita 98.2 % H<sub>2</sub> a 1.8 % CH<sub>4</sub>.

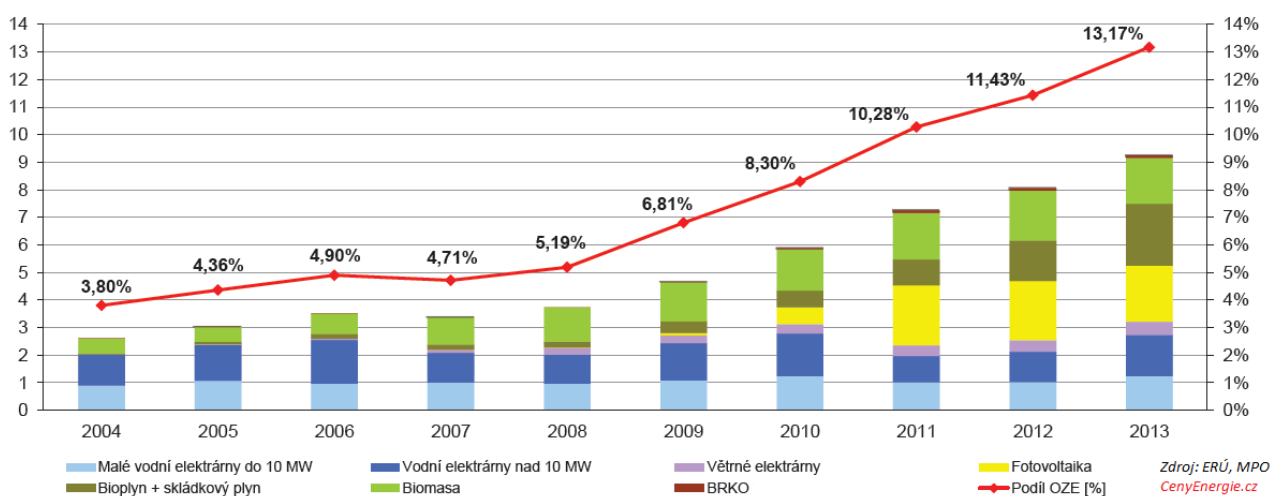
#### VÝROBA VODÍKU ELEKTROLÝZOU

Elektrolýzou se z vody za pomoci stejnosměrného proudu disociují ionty H<sup>+</sup> a OH<sup>-</sup>, které jsou přitahovány ke katodám. Disociační napětí je 1.85 – 2.05 V při teplotě 25 °C a atmosférickém tlaku. Výsledkem je rozklad vody na vodík a kyslík, reakce (3). Výhodou této metody je možnost získání el. energie pro reakci z obnovitelných zdrojů. Jako další možnost se jeví odebírání energie v době mimo špičku a zároveň se tak řeší dva problémy. [1], [14]



## 4 ÚSCHOVA ENERGIE

Alternativní paliva obecně mají nízké emise škodlivých plynů, vylepšují vlastnosti motorů a nabízí nižší provozní náklady díky levné výrobě a legislativní podpoře v podobě osvobození nebo snížení daní. Pokud by došlo k masovému rozšíření je pouze otázkou času, kdy začnou jejich zásoby docházet. Logickým řešením tohoto problému jsou obnovitelné zdroje. Elektrická energie se dá velice efektivně použít pro pohon automobilů a zároveň ji lze získávat z obnovitelných zdrojů jako je sluneční, větrná a vodní energie. Tyto přírodní zdroje jsou takřka nevyčerpatelné a v případě pominutí investice po vybudování dostáváme tuto energii zcela zdarma. Asi nejvýznamnějším problémem společnosti je náročné hospodaření s takto nabytou energií, kdy dochází k neustálým výkyvům při produkci a také je velice obtížně regulovatelná ve srovnání s el. energií získanou při spalování fosilních paliv. Otázka řešení tohoto problému je klíčová pro fungování společnosti. Zdánlivé odbočení od problematiky alternativních pohonů, pokud ovšem v budoucnosti dojde k masovému rozšíření hybridních pohonů současně s tím poroste i spotřeba el. energie. Budou kladeny stále větší požadavky na rozvodnou síť, změní se i režimy odběrů. V současnosti v nočních hodinách a mimo tzv. špičku jsou výrazně nižší nároky na odběr. To částečně řeší přečerpávací vodní elektrárny, jejich reakční doba na změnu se pohybuje v řádech minut. V budoucnu právě v nočních hodinách bude druhá špička, kdy se budou dobíjet akumulátory v automobilech. Vyřešení tohoto problému je klíčový předpoklad pro rozšíření elektromobilů a do této oblasti se investují nemalé finanční částky.



Obr. 13 Podíl obnovitelných zdrojů na spotřebě v ČR [25]

### 4.1 AKUMULÁTORY

Akumulátory představují v současnosti hlavní směr pro řešení tohoto problému a prochází rychlým vývojem. Výhodou je velice rychlá reakce na změnu a snadný přechod mezi fázemi nabíjení a vybíjení. Požadavky kladené na akumulátory pro automobily:

- Možnost rychlého nabíjení
- Životnost baterie, uvádí se v letech a počtu nabíjecích cyklů
- Vysoká energetická hustota i výkon
- Nízká cena na kWh

Největší problém akumulátorů ve srovnání s palivovou nádrží je velký zástavbový prostor a značný nárůst hmotnosti automobilu.

Tab. 4 Parametry jednotlivých akumulátorů [1], [16]

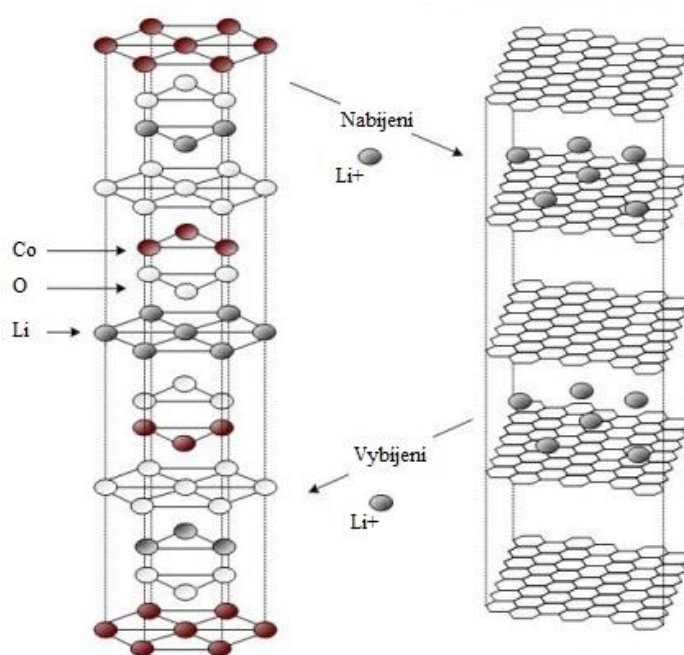
| Typ baterie      | Hustota energie<br>[Wh/kg] | Životnost<br>[cyklů] |
|------------------|----------------------------|----------------------|
| Olověná          | 30-50                      | 800                  |
| Lithium-iont     | 90-140                     | 3000                 |
| Nikl-metalhydrid | 60-80                      | 1000                 |
| Cílové hodnoty   | 250                        | 5000                 |

### OLOVĚNÝ AKUMULÁTOR

Katoda je vyrobena z čistého olova, anoda z oxidu olovičitého. Jako elektrolyt se používá tekutá zředěná kyselina sírová, nebo ve formě gelu v případě gelových baterií. Výhodou jsou nízké výrobní náklady a spolehlivá technologie. Díky tomu ho využívá převážná většina automobilů jako zdroj energie pro palubní systémy a startování. Díky vysoké hmotnosti a nízké hustotě energie se pro elektropohon nepoužívají. [1]

### LI-ION AKUMULÁTOR

Katoda se skládá ze tří prvků Li, Co a O<sub>2</sub>, popřípadě Co může být nahrazen Mn nebo Ni. Anoda je vytvořena z uhlíku. Elektrolyt se skládá z vodivé soli a rozpouštědla. Během nabíjení dochází k přesunu iontů lithia do uhlíkové matrice, při vybíjení se naopak uvolňují, **Obr. 14.** Lithium-iontové akumulátory splňují předpoklady využití pro elektropohon díky vysoké energetické hustotě i počtu nabíjecích cyklů. Nevýhodou je snížení kapacity při nízkých teplotách a vyšší výrobní náklady. Převážná většina dnešních elektromobilů využívá právě Li-ion technologii. [1]



Obr. 14 Schéma struktury Li-ion akumulátorů [15]

## TESLA MOTORS

Zakladatel této firmy je vizionář Elon Musk, který mimo automobilku Tesla založil i projekt SpaceX nebo platební systém PayPal. Tesla je významnou firmou v oblasti vývoje a propagace elektromobility a energie z obnovitelných zdrojů. V současné době nabízí 4 čistě elektrické automobily, všechny jsou napájeny Li-ion bateriemi s maximální kapacitou 90 kWh. Doba nabití na 80 % je 40 min. V oblasti vývoje akumulátorů spolupracuje na více jak 60 projektech. Jedním z nich je úprava anody, která se bude skládat z grafenu. Ten zvýší hustotu energie až čtyřnásobně a díky nízkému vnitřnímu odporu zvýší rychlost nabíjení. Nevýhodou je obtížná výroba a s tím spojená vysoká cena. Li-ion technologii vyžívá domácí zásobárna energie Powerwall, **Obr. 15**. Akumulátor je primárně navržen pro ukládání solární energie během dne, tu pak lze využít pro provoz zařízení v domácnosti během noci či ve dnech s nedostatkem slunečního svitu. Další možností je odběr levnější energie ze sítě při nízkém tarifu. Parametry:

- Kapacita 6.4 kWh, lze navýšit instalací několika zařízení
- Výkon 3.3 kW
- Pracovní teplota -20 až 50 °C
- Váha 97 kg
- Cena cca 75 000 Kč



Obr. 15 Tesla Powerwall [17]

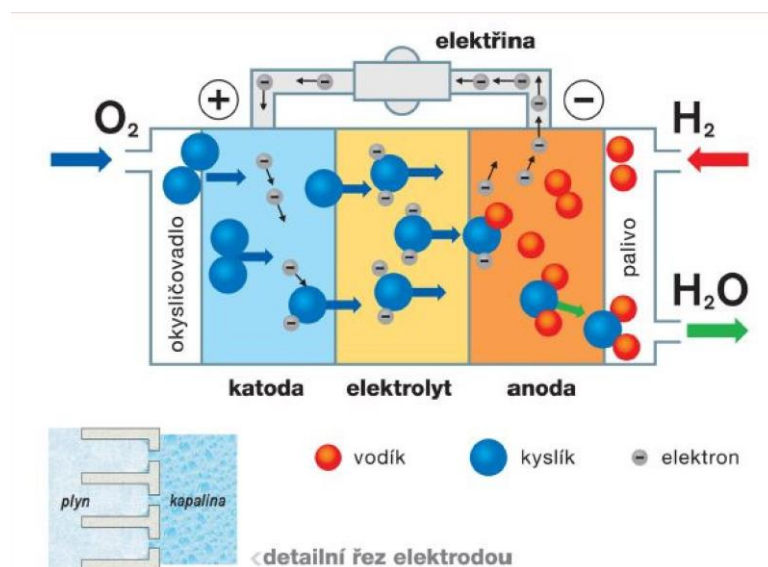
Tesla nabízí řešení skladování energie i pro velká zařízení jako solární elektrárny. Powerpack se skládá z 16 menších modulů a jeho kapacita je 100 kWh. Zástavbový prostor je 2.8 m<sup>3</sup>. [17]

### HE3DA

Česká společnost zabývající se vývojem lithiových akumulátorů. Klíčová inovace v podobě keramických separátorů, ty snižují vnitřní odpor na minimum a umožní tak velmi rychlé nabíjení a vysoká teplotní odolnost keramiky zaručuje vysokou míru bezpečnosti i kompaktní rozměry díky snížení požadavků na chlazení. Za použití nanočástic se urychlila i difuze lithia. Základní modul pro energetiku má kapacitu 1 GWh, skládá se ze 125ti 8kWh článků a jeho zástavbový prostor je 8.6 m<sup>3</sup>. Oproti modulu Tesla se stejnou kapacitou zabírá výrazně méně prostoru, zvýhodnit by ho měla i nižší cena. Tu dosáhne díky levnějším technologiím, namísto elektrod rozměrů micro, používá lisované plechy. V nabídce budou i akumulátory pro automobilový průmysl, jejich výhodou bude opět vysoká bezpečnost a nižší cena. Hustota energie 125 kWh/kg, doba nabití na 90 % je 30 min. První produkty značky HE3DA by se měli dostat na trh na konci roku 2017. [18], [19]

## 4.2 PALIVOVÉ ČLÁNKY

Palivový článek je zařízení přeměňující chemickou energii uloženou v palivu na energii elektrickou, **Obr. 16**. Skládá se z porézních elektrod, ty umožňují oxidaci paliva (4) a redukci okysličovadla (5) a elektrolytu jako rozhraní. Jako okysličovadlo se používá kyslík, jako přímé palivo se používá vodík nebo nepřímou metodou získaný vodík z methanolu, metanu, ethanolu a zemního plynu. Na katodu je přiveden kyslík, ten se redukuje a přes elektrolyt přejde k anodě. Zde je vodík redukován kyslíkem. Při redukci se uvolňují elektrony, které jsou vedeny zpět na katodu jako využitelný proud a vzniká odpad ve formě vody. [1], [20]



Obr. 16 Schéma palivového článku [20]

- 👍 Vysoká účinnost až 80 %
- 👍 Nulové emise (v případě použití již získaného vodíku)
- 👎 Ekonomicky nevýhodné (drahá výroba vodíku i samotných článků)

## TOYOTA MIRAI

Mirai je hybridní automobil poháněný elektromotorem. Elektrickou energii získává z palivových článků a trakčních Nikl-metalhydridových akumulátorů, které se dobíjí rekuperací el. energie při brždění nebo při nízké zátěži jsou dobíjeny palivovými články. Samotné palivové články produkují poměrně malé napětí, proto je součástí vozu měnič zvyšující napětí. Tím bylo docíleno zmenšení motoru i článků a zvýšila se tak efektivita. [21]

- |                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| ➤ Výkon:                  | 151 k            |
| ➤ Točivý moment:          | 335 Nm           |
| ➤ Emise CO <sub>2</sub> : | 0 g/km           |
| ➤ Dojezd:                 | 500 km           |
| ➤ Doba tankování:         | 3 min            |
| ➤ Cena:                   | cca 1 600 000 Kč |



Obr. 17 Toyota Mirai [21]

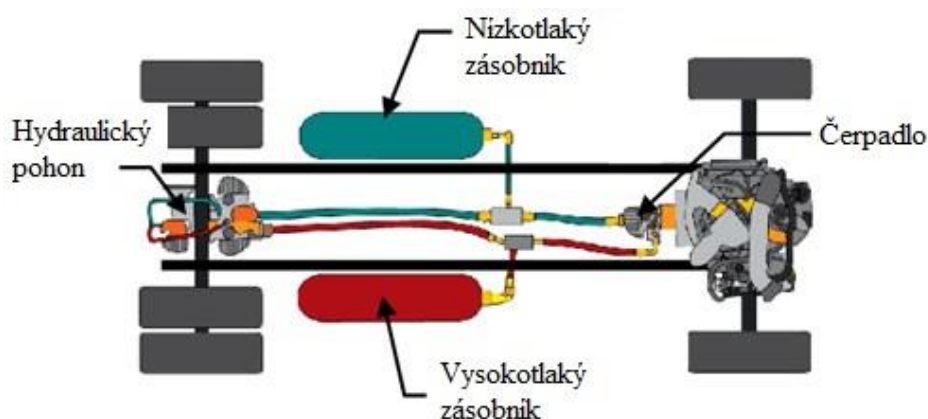
## 4.3 REKUPERACE ENERGIE

Při brždění se kinetická energie automobilu přeměňuje na teplo, které nemá žádné další využití. Tuto zmařenou energii se snaží využít systém regenerativního brždění, podle úrovně vyspělosti se dá rozdělit do několika skupin. Nejjednodušší varianta je použití alternátoru, ten při deceleraci odebírá mechanickou energii a tím se zvýší jeho napětí, to je vyšší než napětí akumulátoru a alternátor tak poskytuje energii palubním systémům nebo dobíjí akumulátor. Energie dodána systémům snižuje spotřebu paliva, které by za normálních okolností bylo potřebné pro jejich chod. Při akceleraci naopak alternátor odebírá méně mechanické práce, napětí je nižší než na akumulátoru a ten je vybíjen. Spotřeba se opět sníží, díky menšímu zatížení motoru od alternátoru.

U hybridních automobilů a elektromobilů je regenerativní brždění mnohem efektivnější a může do značné míry prodloužit dojezd. Díky elektromotoru, který má schopnost spuštění reverzního chodu. Při brždění a deceleraci se namísto použití brzd spustí reverzní chod, tedy režim generátoru. Dochází ke zpomalování vozu a kinetická energie se mění na elektrickou a ta je posléze ukládána do akumulátoru. Tento systém je schopný využít až polovinu jinak vzniklého tepla a snížit tak spotřebu až o 25 %. Efektivita tohoto systému je do značné míry

ovlivnitelná jízdním režimem, kdy největší je v městském provozu s častým bržděním a rozjížděním.

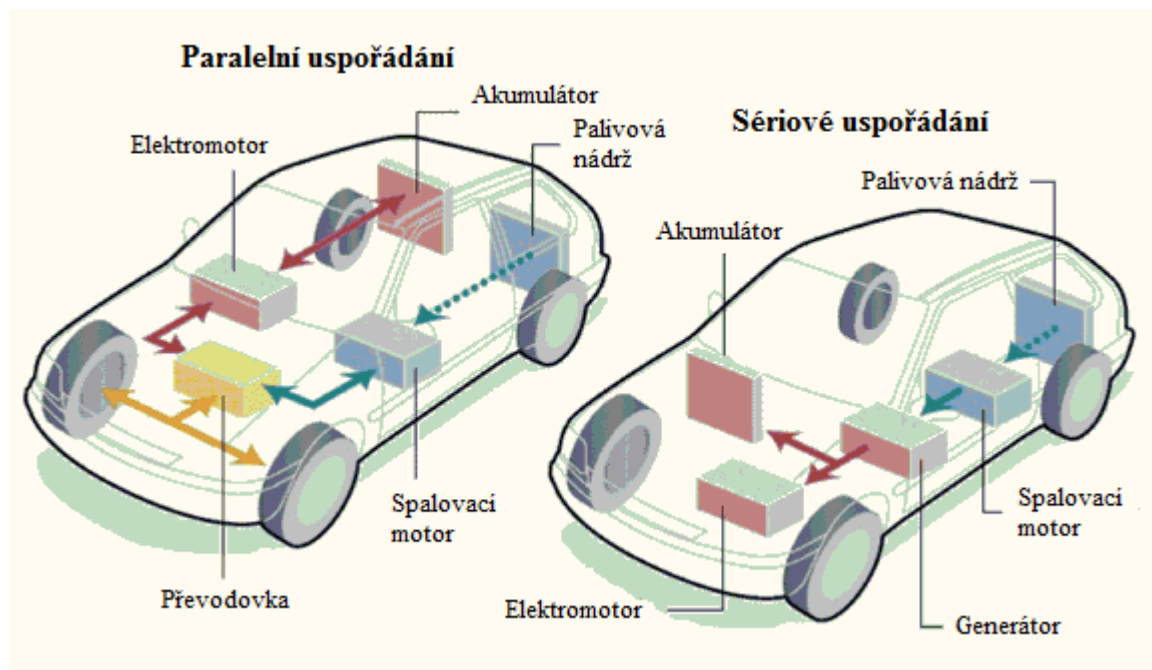
Nejefektivnější způsob zužitkování kinetické energie je její přeměna v tlakovou energii kapaliny. Takový systém může uspořit až 45 % paliva. Systém se skládá ze dvou tlakových nádrží na dusík. Vysokotlaká nádrž pohání malý turbínový motor umístěný na nápravě, do nízkotlaké nádrže odchází dusík zbavený energie. Při brždění je turbína poháněna kinetickou energií automobilu a přečerpává dusík zpět do vysokotlaké nádrže. Stejnou funkci může plnit i spalovací motor při jízdě, kdy pohání čerpadlo. Nevýhodou tohoto řešení je velký zástavbový prostor, proto se v převážné míře používá u menších nákladních automobilů, např. u přepravní služby UPS. [22], [23], [24],



Obr. 18 Schéma zapojení hydraulického akumulátoru [24]

## 5 HYBRIDNÍ POHONY

Hybridní pohon znamená kombinaci dvou a více zdrojů energie pro pohon automobilu, důvodem je získání maximální efektivity zařízení v různých jízdních režimech. Spalovací motor má účinnost 30–40 %, v městském provozu však výrazně klesá až pod 5 %. Oproti tomu elektromotor má účinnost kolem 90 %, téměř od nulových otáček a v širokém spektru otáček. Podle uspořádání spalovacího motoru a elektromotoru rozdělujeme hybridní vozy do dvou základních skupin.



Obr. 19 Schématické znázornění konceptů hybridních pohonů [26]

### 5.1 SÉRIOVÉ USPOŘÁDÁNÍ

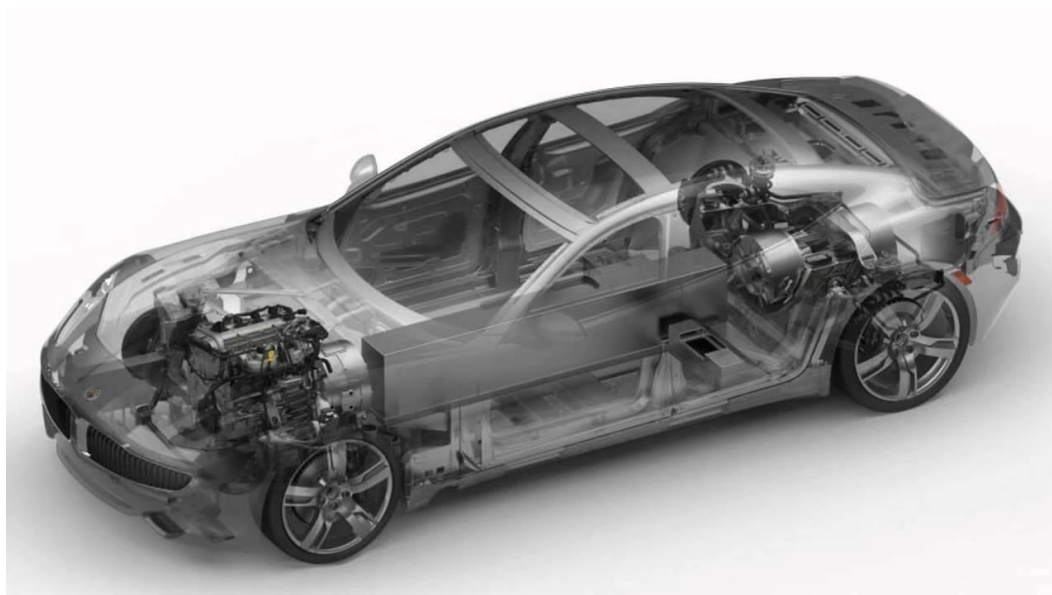
Sériové uspořádání se blíží elektromobilu, o pohon automobilu se stará pouze elektromotor. Spalovací motor pohání generátor, který vyrobenou elektrickou energii posílá do elektrického motoru nebo v případě nižší zátěže nabíjí akumulátory. Primární zdroj energie je akumulátor, až v případě potřeby se spustí spalovací motor. Výhodou tohoto uspořádání je maximální efektivita spalovacího motoru, který pracuje při konstantních otáčkách v optimálním pracovním režimu s nejvyšší účinností. [1], [28]

- 👍 Účinnost spalovacího motoru
- 👍 Dobrá dynamika při rozjezdu
- 👍 Vhodné pro nižší rychlosti
- 👍 Možnost použití rekuperativního brzdění
- 👍 Možnost náhrady spalovacího motoru plynovou turbínou
- 👍 Jednoduchost uspořádání, v případě použití elektromotorů uložených v náboji kol odpadá použití diferenciálu, převodovky a hnací hřídele.
- 👎 Ve srovnání s čistě elektrickým vozidlem má menší kapacitu akumulátorů
- 👎 Nižší účinnost celého pohonu, elektrická cesta má větší ztráty oproti mechanické
- 👎 Vyšší nároky kladené na odpružení díky nárůstu neodpružených hmot

## FISKER KARMA

Fisker Karma s Plug-in hybridní technologií využívá sériové zapojení spalovacího motoru uloženého nad přední nápravou a dvou elektromotorů na zadní poháněné nápravě. Ve středovém tunelu jsou uloženy Li-ion akumulátory. O jejich dobíjení se stará systém rekuperativního brždění a solární panely umístěné na střeše automobilu nebo v případě úplného vybití spalovací motor. Řidič má možnost volit mezi jízdními režimy Stealth (čistě elektrický) a Sport (kombinovaný výkon z generátoru a akumulátorů). [27]

|                           |                    |
|---------------------------|--------------------|
| ➤ Výkon (EM/SM):          | 408/212 k          |
| ➤ Točivý moment (EM/SM):  | 1300/353 Nm        |
| ➤ Emise CO <sub>2</sub> : | 53 g/km            |
| ➤ Elektrický dojezd:      | 80 km              |
| ➤ Dobíjecí čas:           | 6 hod při 230V/16A |
| ➤ Kapacita akumulátorů:   | 20.1 kWh           |
| ➤ Cena:                   | cca 3 000 000 Kč   |



Obr. 20 Uspořádání pohonu Fisker Karma [27]

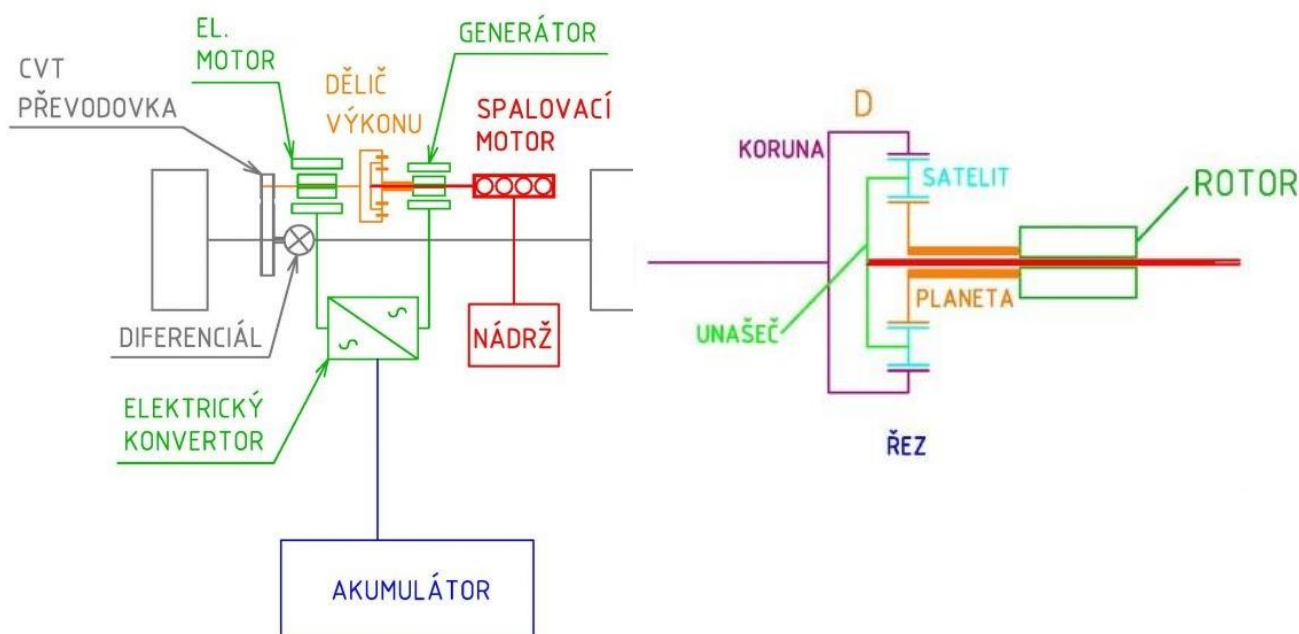
## 5.2 PARALELNÍ USPOŘÁDÁNÍ

Oproti sériovému uspořádání je zde možnost využití pohonu za pomoci elektromotoru nebo spalovacího motoru a v různých režimech lze využít optimální variantu. Palubní systémy, např. klimatizace či vytápění, je výhodné připojit na elektromotor. Tím se docílí jejich nezávislosti na otáčkách motoru a docílí se lepší efektivity motoru. Ten se v případě nevyužití vypne a neprodukuje tak emise. Elektromotor se využívá v městském provozu při menším zatížení nebo se nejčastěji přes planetovou převodovku připojí v případě rychlé akcelerace. Paralelní uspořádání využívá většina současných hybridních vozů. [1], [28]

- 👍 Mechanický převod má větší účinnost
- 👍 Možnost použití rekuperativního brždění
- 👍 Nevyžaduje velkou kapacitu akumulátorů
- 👍 Vhodné pro vyšší rychlosti
- 👎 Složitější konstrukce
- 👎 Snížená hospodárnost spalovacího motoru

## TOYOTA PRIUS

Toyota Prius je jedním z nejznámějších hybridních automobilů, její první generace byla vyrobena v roce 1992. V současnosti je na trhu již 4. generace a plní funkci inovátora i vizionáře v oblasti hybridních technologií. Srdcem každého automobilu je pohonné ústrojí. Prius využívá kombinované uspořádání, což umožňuje vedení energie jak mechanickou tak elektrickou cestou za pomoci děliče výkonu (planetová převodovka), ten umožňuje plynule větvit tok výkonu od spalovacího motoru nebo elektromotoru, **Obr. 21**. Při rozjezdu jsou otáčky koruny nulové a tok přes unašeč a satelity roztáčí planetu, která je pevně spojena s rotorem generátoru. Výkon je tedy přenášen čistě elektrickou cestou k elektromotoru, který přes CVT převodovku pohání přední nápravu. Při následné akceleraci již nenulové otáčky koruny způsobí pokles otáček planety, tedy i generovaného proudu z generátoru a dochází k větvení výkonu mechanické větve na úkor elektrické. Prius je vybaven také regenerativním

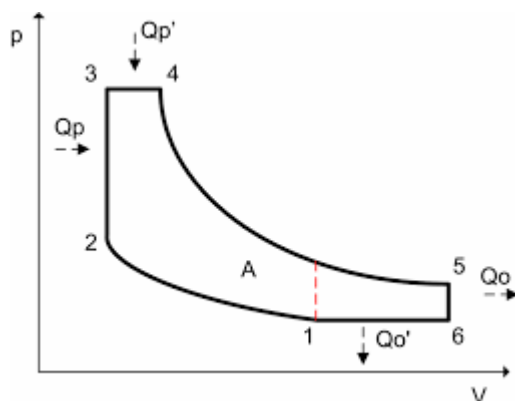


Obr. 21 Schéma pohonu Toyota Prius [28]

brzděním, kdy spalovací motor běží na volnoběh a z elektromotoru se stává generátor, který dobíjí akumulátor. V případě jeho plné kapacity je tok poslán na dělič a dochází k brzdění rotoru generátoru.

Další odlišností Toyota je převodovka CVT, ta umožňuje plynule měnění převodového poměru pomocí oddalování nebo přibližování dvou kuželových kol po kterých se otáčí ocelový pás. Výhodou CVT je zrychlování při konstantních otáčkách při maximálním točivém momentu motoru. Prius využívá systém e-CVT (Electrically Controlled Variable Transmission). Ten disponuje stálým převodovým poměrem. Pro rozjezd automobilu je tak nutná pomoc elektromotorů, které dodávají potřebný točivý moment. Toto řešení mechanického převodu je použito z důvodu uspořádání pohonného ústrojí. Při použití ocelového pásu nevznikají axiální síly (ty vznikají například při použití šikmého ozubeného kola a je nutné je zachytit např. pomocí kuželíkového ložiska). Spalovací atmosférický motor o objemu 1.8 l se řadí z hlediska efektivity na špičku mezi benzinovými motory, díky jeho termodynamické účinnosti na hranici 40 %. Této účinnosti bylo dosaženo díky moderní recirkulaci výfukových plynů, ohřevem chladicí soustavy (Prius má automaticky

uzavíratelnou přední mřížku chlazení), snížením tření nebo použití Atkinsonova termodynamického cyklu spalovacího motoru.



Obr. 22 Atkinsonův termodynamický cyklus [29]

Ten je charakteristický rozdílným sacím a výfukovým poměrem, kdy sací ventil zůstává otevřený delší dobu a část směsi se vrátí do sacího potrubí. Zvýší se tak účinnost samotného motoru, ovšem za cenu snížení výkonu.

Prius 4. generace disponuje verzí hybrid, od roku 2017 bude k dispozici i 2. generace verze Plug-in hybrid, která umožní větší podíl čistě elektrické jízdy díky větší kapacitě akumulátorů 8.8 kWh a dojezdem až 35 km. [28], [30], [31]

- |                           |                                        |
|---------------------------|----------------------------------------|
| ➤ Výkon (EM/SM):          | 82/99 k                                |
| ➤ Točivý moment (EM/SM):  | 207/142 Nm                             |
| ➤ Emise CO <sub>2</sub> : | 49 g/km                                |
| ➤ Elektrický dojezd       | 25 km                                  |
| ➤ Dobíjecí čas:           | 1.5 hod při 230V (verze Plug-in)       |
| ➤ Kapacita akumulátorů:   | 5.4 kWh                                |
| ➤ Cena:                   | 774 900 Kč/ 959 900 Kč (verze Plug-in) |



Obr. 23 Toyota Prius [30]

## VOLKSWAGEN XL1

XL1 je projekt Volkswagenu, který měl vytvořit moderní hybridní automobil se spotřebou nižší než 1 l / 100 km. V roce 2014 byla vyrobena limitovaná série 250 vozů pro evropský trh, se spotřebou 0.9 l / 100km. Klíčové vlastnosti pro dosažení velmi nízké spotřeby paliva a zároveň nízkých emisí jsou hmotnost a aerodynamika. Karosérie je vyrobena především z kompozitního materiálu vyztuženého uhlíkovými vlákny. Pohonný systém váží 227 kg a celý automobil pouhých 795 kg. Součinitel aerodynamického odporu  $c_x = 0.189$  (Toyota Prius 0.24). Takto nízké hodnoty je dosaženo kromě optimalizovaného tvaru karoserie i zakrytím zadních kol nebo použitím tzv. e-zrcátek, kdy kamery přenášejí obraz na displeje umístěné v interiéru. XL1 využívá paralelní uspořádání vznětového dvouválce o objemu 0.8 l a elektromotoru. [32], [33]

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| ➤ Výkon (EM/SM):          | 27/48 k          |
| ➤ Točivý moment:          | 121 Nm           |
| ➤ Emise CO <sub>2</sub> : | 21 g/km          |
| ➤ Elektrický dojezd       | 76 km            |
| ➤ Kapacita akumulátorů:   | 5.5 kWh          |
| ➤ Cena:                   | cca 3 000 000 Kč |



Obr. 24 Volkswagen XL1 [32]

## 5.3 STUPNĚ HYBRIDIZACE

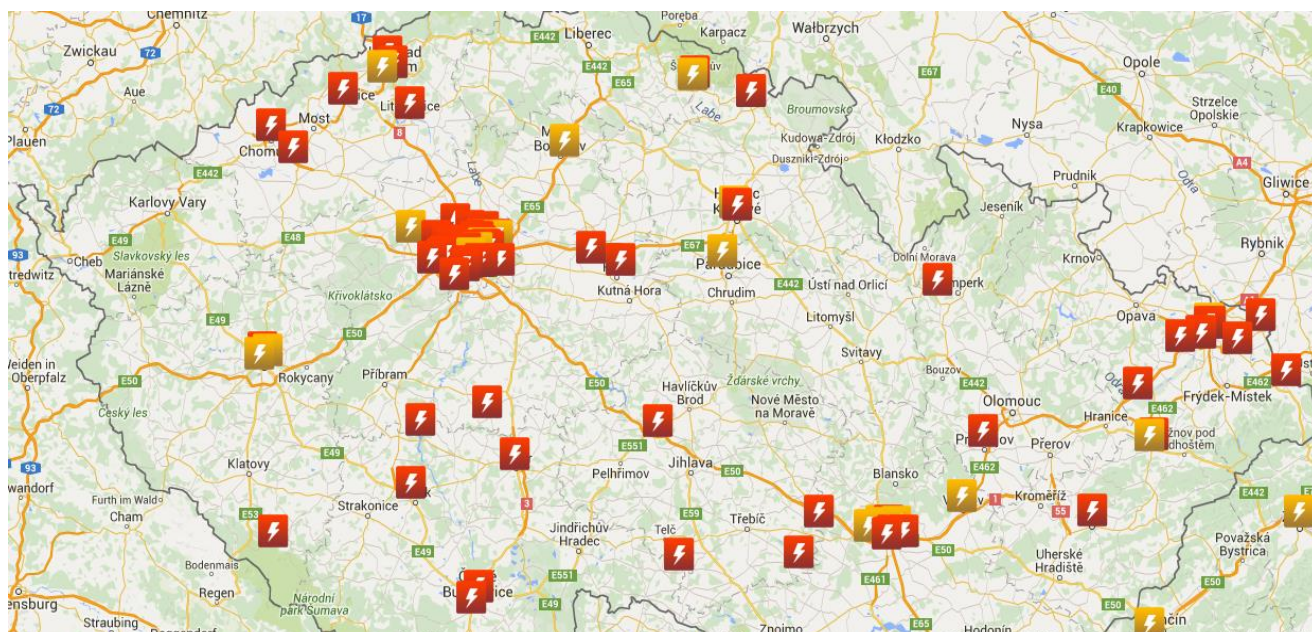
Podle úrovně asistence elektrických systémů a elektromotoru na pohonu automobilu lze hybridní vozy rozdělit do několika kategorií, Obr. 25.



Obr. 25 Rozdělení hybridních vozidel [34]

## 6 ELEKTROMOBILY

Pohon zajišťuje pouze elektromotor, který získává energii z akumulátorů. Ty jsou za jízdy dobíjeny regenerativním brzděním a vůz tak neprodukuje žádné emise. Nedílnou součástí je i satelitní navigace spolupracující s palubním počítačem. V případě nízké kapacity nebo potřeby dobít akumulátor, systém vyhledá blízké stanice, kde lze automobil znovu nabít. V domácnostech lze akumulátory dobít z běžné 230 V sítě přes noc, nebo zakoupit speciální nabíječky, kterými lze dobu nabíjení zkrátit až o polovinu. Neustále se rozšiřuje síť veřejných dobíjecích stanic a především tzv. Superchargerů, které poskytuje společnost Tesla motors. V ČR má největší zastoupení rychlodobíjecích stanic společnost ČEZ (10), která aktuálně získala povolení pro dodávání veřejných stanic. Lze tedy předpokládat blízké zvýšení kapacity na dvojnásobek. V rychlodobíjecích stanicích lze dobít akumulátory na 80 % kapacity během půl hodiny. [35]



Obr. 26 Mapa veřejných dobíjecích stanic, žlutá barva označuje rychlodobíjecí stanice [35]

### TYPY DOBÍJECÍCH ZÁSUIEK

Existuje značné množství způsobů dobíjení, od domácích zásuvek 220/380 V po speciální domácí nabíječky a rychlonabíječky. Nejdůležitějším údajem je nabíjecí proud a výkon. Výrobci automobilů používají vlastní nabíjecí kabely, které odebírají proud buď přímo a dobíjí jím baterie nebo využívá transformace na požadovanou hodnotu.

Tab. 5 Základní typy dobíjecích zásuvek [35]

| Typ                     | Max. výkon |                     |
|-------------------------|------------|---------------------|
| Schuko 230V/16A         | 3,7 kW     | Střídavý proud      |
| Mennekes 400V/32A       | 2x11 kW    | Střídavý proud      |
| ChAdeMO rychlonabíječka | 44 – 50 kW | Stejnoseměrný proud |
| Tesla Supercharger      | 135 kW     | Stejnoseměrný proud |

**NISSAN LEAF**

V České republice k 1. 1. 2016 jezdí 790 elektromobilů, Leaf je nejrozšířenějším a zároveň nejdostupnějším elektromobilem u nás. Vyrábí se ve dvou verzích s kapacitou akumulátorů 24 a 30 kWh. [36]

- Výkon: 109 k
- Točivý moment: 254 Nm
- Kapacita akumulátorů: 24 kWh
- Spotřeba energie: 150 Wh/km
- Elektrický dojezd: až 199 km (NEDC)
- Dobíjecí čas: 8 hod Schuko/ 30 min (80 %) CHAdeMO
- Cena: 730 000 Kč



*Obr. 27 Nissan Leaf [36]*

**VOLKSWAGEN eGOLF [16]**

- Výkon: 115 k
- Točivý moment: 270 Nm
- Kapacita akumulátorů: 24.2 kWh
- Spotřeba energie: 127 Wh/km
- Elektrický dojezd: 130-190 km (reálný)
- Dobíjecí čas: 6-8 hod VW Wallbox/ 30 min (80 %) CHAdeMO
- Cena: 930 900 Kč



*Obr. 28 Volkswagen eGolf [16]*

## BMW i3

BMW vyvinulo první průmyslově vyráběný skelet karoserie z uhlíkových kompozitů, tím snížilo hmotnost automobilu, který tak potřebuje menší kapacitu akumulátorů. Nabízí dvě varianty, BEV čistě elektrický model a REX hybridní model. [37]

- Výkon: 170 k
- Točivý moment: 250 Nm
- Kapacita akumulátorů: 18.8 kWh
- Spotřeba energie: 129 Wh/km
- Elektrický dojezd: 130-160 km (reálný), 190 km (NEDC)
- Dobíjecí čas: BMW Wallbox 7.36 kW 3 hod (80 %)/ 30 min (80 %) CHAdeMO
- Cena: 936 000 Kč



Obr. 29 BMW i3 [37]

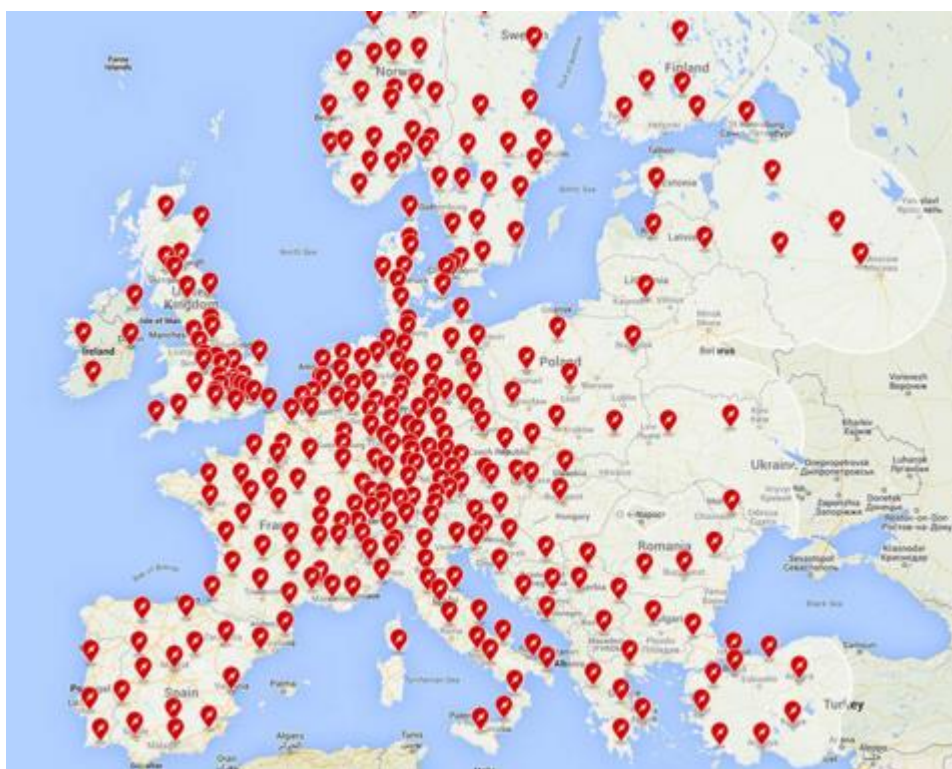
## TESLA S

V současné době nejvyspělejší elektromobil, eliminující většinu uživatelských problémů. Nabízí dostatečnou kapacitu akumulátorů (70 a 90 kWh), výbornou dynamiku i rychlé nabíjení a nabízí moderní technologie včetně autopilota. Faktem zůstává vysoká cena, ovšem v roce 2017 se na trh dostane Model 3, který by měl nabídnout obdobné vlastnosti v kompaktnějším podání s cenou cca 800 000 Kč. [17]

- Výkon: 547 k
- Točivý moment: 967 Nm
- Kapacita akumulátorů: 90 kWh
- Spotřeba energie: neuvádí
- Elektrický dojezd: 509 km (NEDC)
- Dojezd po 30 min dobíjení: 27 km (11kW), 136 km(50kW), 270 km(135kW)
- Cena: cca 2 800 000 Kč



Obr. 30 Tesla Model S [17]



Obr. 31 Síť Superchargeru Tesla na konci 2016 [17]

První Supercharger v České Republice se otevře na konci června 2016, nachází se na sjezdu z dálnice D1 Humpolec-Vystrkov. Pro druhý je vydáno stavební povolení a bude se nacházet na jihu Prahy.

## ZÁVĚR

Problematika nedostatku ropy, na které je závislá značná část průmyslu a její možná řešení se objevuje již od začátku 90-tých let, především v automobilovém průmyslu. Jeho závislost na fosilních palivech proto vedla k návrhům prvních hybridních vozidel, jako byl Prius. Většina dnešních automobilek má ve svém portfoliu hybridní pohon, který nabízí do několika modelových řad. Uživatel tak získává ekologicky i ekonomicky příznivější alternativu ke stávajícím spalovacím motorům. Tato varianta prozatím nejlépe vyhovuje potřebám tzv. fleetových vozidel, kde omezený dojezd elektromobilu je limitujícím faktorem. Jedná se však o přechodný krok a potřeba větší efektivity vede k použití čistě elektrických vozidel.

Podobně jako u současných vozidel, kde je jedním z hlavních parametrů vozidla určujících jeho hodnotu pro uživatele spotřeba paliva, u elektromobilů je to kapacita jeho akumulátorů. Kromě vysoké pořizovací ceny je kapacita, potažmo dojezd nejčastějším argumentem proti pořízení. Studie však ukazují, že více než polovina řidičů nenajede více než 50 km denně, přitom reálný dojezd současných e-vozů je přibližně 150 km a pro tyto řidiče pohybující se v převážně městském prostředí je elektromobil nejvýhodnější. Častou stížností je i nutnost dobíjení. V dnešní době musíme neustále dobíjet mobilní telefony či notebooky a připadá nám to jako samozřejmost, je to tedy otázkou zvyku a změny způsobu uvažování nad elektromobily celkově. Ty jsou vnímány jako nepřítel řidičů nebo jako módní trend, přitom přináší více výhod ve srovnání se spalovacími motory. Součástí i jejich následná údržba je finančně méně náročná.

Klíčovým faktorem stále zůstává pořizovací cena. Tu nejvíce ovlivňují dva faktory. První je cena akumulátorů, které obsahují složité technologie a méně rozšířené chemické prvky. Druhým je nákladný vývoj, testování i realizace nových technologií použitých v e-vozech nebo nutných pro jejich provoz, tedy dostatečně hustá síť dobíjecích stanic. S jejich rostoucím počtem rostou i požadavky na rozvodnou síť. To vše musí výrobci zohlednit ve výsledné ceně. Je tedy pouze otázkou času, kdy dostatečné zázemí, vývoj levnějších technologií i zvýšení konkurence povede ke snížení ceny. Státy Evropské unie se zavázaly ke zvyšování podílů ekologicky příznivých vozů a tak ve prospěch ceny hraje i legislativní podpora ze strany státu. V ČR se chystá finanční dotace na pořízení takových vozů v závislosti na hybridizaci v řádu desítek tisíc korun.

V současnosti výrobci rozšiřují nabídku svých elektromobilů a zároveň snižují jejich ceny. Tento trend potvrzují i samotné automobilky. V roce 2017 se objeví i nový model od automobilky Tesla, která již ukázala plně funkční a v rámci použitých technologií revoluční vůz. Svým dojezdem předčil svoji konkurenci, a nový model 3 by měl disponovat obdobnými vlastnostmi, ovšem příznivější cenou na spodní hranici současných elektromobilů.

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] HROMÁDKO, Jan. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4455-1.
- [2] CNG [online]. RWE, 2016 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.cng.cz/>
- [3] DUSIL, Tomáš. Emisní norma Euro 6: Co přinese řidičům? *Auto* [online]. 2014 [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/emisni-norma-euro-6-co-prinese-ridicum-83503>
- [4] Emission Standards: Europe: Cars and Light Trucks. *DieselNet* [online]. 2015 [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <https://www.dieselnets.com/standards/eu/ld.php>
- [5] Euro car emissions standards. *Theaa* [online]. 2015 [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: [https://www.theaa.com/motoring\\_advice/fuels-and-environment/euro-emissions-standards.html](https://www.theaa.com/motoring_advice/fuels-and-environment/euro-emissions-standards.html)
- [6] Princip turbodmychadla. *Flexamiauto* [online]. [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.flexamiauto.cz/teorie/>
- [7] Model T Facts. *Ford Media Center* [online]. DEARBORN: Ford, 2012 [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2013/08/05/model-t-facts.html>
- [8] Ford 1.0L EcoBoost Engine. *Ford Media Center* [online]. Ford, 2013 [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <https://media.ford.com/content/fordmedia/fap/th/en/features/ford-1-0l-ecoboost-engine.html>
- [9] Common-rail. *Autolexicon* [online]. Sajdl, 2011 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/common-rail/>
- [10] *Honda* [online]. Praha: Honda, 2016 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.honda.cz/cars.html>
- [11] The Heart Of The Matter: Honda Mobilio i-DTEC Long Term Review. *Carindia* [online]. Aninda Sardar, 2015 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://carindia.in/the-heart-of-the-matter-honda-mobilio-i-dtec-long-term-review/>
- [12] ŠKODA Octavia G-TEC. *ŠKODA AUTO Česká republika* [online]. ŠKODA AUTO, 2016 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.skoda-auto.cz/models/octavia-g-tec>
- [13] Normované měření spotřeby dnes a zítra: Ztratí start/stop smysl? *AutoRevue* [online]. Serafico investment, 2015 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.autorevue.cz/normovane-mereni-spotreby-dnes-azitra-ztrati-start/stop-smysl#articleStart>

- [14] DOUCEK, Aleš, Luděk JANÍK a Daniel TENKRÁT. Využití vodíku k regulaci výkonu obnovitelných zdrojů energie. *CHEMAGAZÍN* [online]. 2010, (3) [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-vodiku-k-regulaci-vykonu-obnovitelnych-zdroju-energie>
- [15] Lithiové akumulátory. *Tzbinfo* [online]. Brno, 2015 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/akumulace-elektřiny/13612-lithiove-akumulatory>
- [16] E-mobilita - Svět Volkswagen. *Volkswagen Česká republika* [online]. Volkswagen, 2016 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://emobility.volkswagen.com/cz/cs/private/technology/battery.html>
- [17] *Tesla Motors UK* [online]. Tesla Motors, 2016 [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: [https://www.teslamotors.com/en\\_GB/](https://www.teslamotors.com/en_GB/)
- [18] *He3da* [online]. Praha: HE3DA, 2015 [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://www.he3da.cz/>
- [19] Naše baterie je revolucí v ukládání energie, jsme levnější než Elon Musk, říká český vynálezce - Aktuálně.TV. *DVTV* [online]. Praha: Centrum.cz, 2016 [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://video.aktualne.cz/dvtv/nase-baterie-je-revoluci-v-ukladani-energie-jsme-levnejsi-ne/r~319b8cbaeb9b11e5a6b7002590604f2e/>
- [20] Co je to palivový článek. *Třípól* [online]. Třípól, 2003 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.3pol.cz/cz/rubriky/obnovitelne-zdroje/1084-co-je-to-palivovy-clanek>
- [21] Toyota Mirai – The Turning Point. *Toyota* [online]. Toyota motor sales, 2015 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <https://ssl.toyota.com/mirai/fcv.html>
- [22] Rekuperace brzděné energie - ŠKODA. *Škoda auto* [online]. Škoda auto, 2015 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://cs.skoda-auto.com/models/hotspotdetail?HotspotName=E08%20%20Rekuperace%20brzd%C3%A9%20energie%20%5BCitigo%2C%20Fabia%2C%20Roomster%2C%20Octavia%2C%20Yeti%2C%20Superb%5D%20&WebID=3682c280-f685-4c85-a54d-631bc0b9c350&Page=technology>
- [23] Jaký je rozdíl mezi třecími a regenerativními brzdami u aut? *E-konstruktor* [online]. 2016 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://e-konstrukter.cz/novinka/jaky-je-rozdil-mezi-trecimi-a-regenerativnimi-brzdami-u-aut>
- [24] Hybridní systémy pro pohon automobilů. *Oenergetice* [online]. Tomáš Jirka, 2015 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/elektromobilita/hybridni-systemy-pro-pohon-automobilu/>
- [25] Obnovitelné zdroje energie. *Ceny energie* [online]. Ceny energie, 2014 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/obnovitelne-zdroje-energie-oze/#/promo-ele>

- [26] HYBRID. *Oica* [online]. International Organization of Motor Vehicle, 2016 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.oica.net/category/auto-and-fuels/alternative-fuels/hybrid/>
- [27] *Fisker auta* [online]. Praha: Elektromobil [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://fisker.cz/>
- [28] Hybridní automobily 3 – Jak funguje Toyota Prius. *Autocz* [online]. baracadaj.blog.auto.cz, 2008 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://baracadaj.blog.auto.cz/2008-08/hybridni-automobily-3-jak-funguje-toyota-prius/>
- [29] FILIPI, Jaroslav. *MECHANISMUS JEDNOVÁLCOVÉHO VZNĚTOVÉHO MOTORU S PRODLOUŽENOU EXPANZÍ*. Brno, 2010. Diplomová práce. VUT.
- [30] *Toyota* [online]. Toyota Central Europe - Czech, 2016 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <https://www.toyota.cz/index.json>
- [31] Toyota Prius 4. generace: vše, co potřebujete. *Hybrid* [online]. Chamanne, 2015 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/toyota-prius-4-generace-vse-co-potrebuji-vedet>
- [32] Svět Volkswagen - Novinky. *Volkswagen* [online]. Volkswagen, 2016 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: [http://www.volkswagen.cz/svet\\_volkswagen/novinky/novinky/2342\\_volkswagen\\_xl1\\_byl\\_no\\_minovan\\_na\\_presti\\_ni\\_mezinarodni\\_cenu\\_za\\_design](http://www.volkswagen.cz/svet_volkswagen/novinky/novinky/2342_volkswagen_xl1_byl_no_minovan_na_presti_ni_mezinarodni_cenu_za_design)
- [33] VYZKOUŠELI JSME: jedinečný Volkswagen XL1. *Hybrid* [online]. Chamanne, 2015 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/vyzkouseli-jsme-jedinecny-volkswagen-xl1>
- [34] MINÁŘ, Jan. *Optimalizace pohonného řetězce modelu hybridního vozidla*. Praha. ČVUT.
- [35] ELEKTROMOBILY. *Hybrid* [online]. Chamanne, 2015 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/tagy/elektromobily>
- [36] Nissan Leaf. *Nissan* [online]. Nissan Česká Republika, 2015 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.nissan.cz/CZ/cs/vehicle/electric-vehicles/leaf/discover/main-features.html>
- [37] BMW i3: Informace. *BMW* [online]. BMW česká republika, 2016 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.bmw.cz/cs/all-models/bmw-i/i3/2013/at-a-glance.html>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

|        |                                                                                               |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| CNG    | Compressed Natural Gas (stlačený zemní plyn)                                                  |
| CVT    | Continuously Variable Transmission (plynule měnitelný převod)                                 |
| $c_x$  | Aerodynamický koeficient odporu                                                               |
| eCVT   | Electrically Controlled Variable Transmission (elektricky ovládaný měnitelný převod)          |
| EM     | Elektromotor                                                                                  |
| Li-ion | Lithium iontová technologie                                                                   |
| LNG    | Liquefied Natural Gas (zkapalněný zemní plyn)                                                 |
| LPG    | Liquefied Petroleum Gas (Zkapalněný propan-butan)                                             |
| NEDC   | New European Driving Cycle (metodika měření emisí a spotřeby paliva)                          |
| SM     | Spalovací motor                                                                               |
| Ti-VCT | Twin Independent Variable Camshaft Timing (Variabilní časování ventilů)                       |
| WLTC   | Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures (metodika měření emisí a spotřeby paliva) |