

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**TECHNICKÁ FAKULTA**

**Bakalářská práce**

# **Alternativní pohony motorových vozidel**



Autor práce: Jan Kvíčala

Vedoucí práce: doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Praha 2021

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Kvíčala

Zemědělské inženýrství

Informační a řídicí technika v agropotravinářském komplexu

Název práce

**Alternativní pohony motorových vozidel**

Název anglicky

**Alternative drives of motor vehicles**

---

### Cíle práce

Cílem bakalářské práce je popsat alternativní pohony motorových vozidel a zaměřit se především na pohony s budoucností. Na základě popisu alternativních pohonů bude následovat jejich porovnání na základě zvolených parametrů.

### Metodika

Základ práce bude tvořit literární rešerše, na základě níž bude realizováno i porovnání jednotlivých druhů pohonů a to podle zvolených parametrů.

1. Úvod
2. Cíl a metodika práce
3. Druhy alternativních pohonů (jednotlivé druhy pohonů, technický popis pohonu, náročnost nahrazení současných pohonů daným pohonem)
4. Porovnání jednotlivých druhů pohonů (technické klady a zápory, názory autora a odborníků)
5. Budoucnost alternativních pohonů (pravděpodobný směr vývoje pohonů)
6. Závěr

**Doporučený rozsah práce**

30-40

**Klíčová slova**

alternativní pohony, motor, porovnání

---

**Doporučené zdroje informací**

HROMÁDKO, J. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony : komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4455-1.

CHENG, J. *Biomass to renewable energy processes*. Boca Raton: CRC Press, 2010. ISBN 9781420095173.

KAMEŠ, J. *Alternativní palivo – vodík*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2008. ISBN 978-80-254-1686-0.

Předpisy, periodika a firemní literatura

VLK, F. *Koncepce motorových vozidel : koncepce vozidel, alternativní pohony, komfortní systémy, řízení dynamiky, informační systémy*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000. ISBN 80-238-5276-0.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2020/2021 LS – TF

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů

---

Elektronicky schváleno dne 24. 2. 2020

**doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 24. 2. 2020

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 15. 10. 2020

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Alternativní pohony motorových vozidel** 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 23.4.2021

.....

Jan Kvíčala

## Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Martinovi Pexovi, Ph.D., vedoucímu mojí bakalářské práce, za jeho odborné rady, vstřícnost, pomoc a čas, který věnoval zpracování této bakalářské práce.

## Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá porovnáním alternativních pohonů motorových vozidel. První část práce bude věnována rešerši, která objasní problematiku alternativních pohonů a nastíní výhody a nevýhody jednotlivých typů pohonu. Konkrétně to budou pohony elektrické, hybridní, vodíkové, CNG, LNG a pohony pomocí biopaliv.

V druhé části bude pro každý zkoumaný pohon vybrán jeden konkrétní typ vozidla a budou uvedeny jejich technické parametry. Budou také definovány čtyři skupiny parametrů alternativních pohonů, a to vliv na životní prostředí, technické parametry, uživatelská přívětivost a potenciál do budoucna. Pro každou skupinu budou uvedeny argumenty, které pomůžou objasnit důvody konečného hodnocení.

Porovnání alternativních pohonů proběhne na základě dat uvedených v první a druhé části práce. Skupiny parametrů budou obodovány hodnotami od jedné do desíti. Deset znamená, že v tomto odvětví je tento pohon dokonalý a jedna znamená, že je plně nedostačující.

## Klíčová slova

Alternativní pohony, porovnání, pohony budoucnosti.

## Abstract

This bachelor thesis deals with the comparison of alternative propulsion of motor vehicles. The first part of the work will be devoted to research, which will clarify the issue of alternative drives and outline the advantages and disadvantages of various types of drives. Specifically electric, hybrid, hydrogen, CNG, LNG and biofuel drives.

In the second part, one specific type of vehicle will be selected for each examined drive and their technical parameters will be given. Also in the second part, four groups of parameters of alternative drives will be defined. These groups will be the impact on the environment, technical parameters, user friendliness and potential for the future. For each group, arguments will be provided to help clarify the reasons for the final evaluation.

The comparison of alternative drives will be based on the data given in the first and second part of the work. Parameter groups will be scored from one to ten. Ten means that this drive is perfect in this industry and one means that it is completely inadequate.

## Keywords

Alternative drives, comparison, drives of the future.

## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Cíl a metodika práce.....	2
3	Druhy alternativních pohonů .....	3
3.1	Úvod k alternativním pohonům .....	3
3.1.1	Vysvětlení základních pojmů.....	3
3.1.2	Proč se věnovat alternativním druhům pohonu .....	6
3.1.3	Konvenční pohony motorových vozidel.....	9
3.2	Elektrické pohony .....	11
3.3	Plynné pohony .....	13
3.3.1	Zkapalněné plyny – LPG .....	13
3.3.2	Stlačený zemní plyn – CNG.....	14
3.3.3	Zkapalněný zemní plyn – LNG .....	15
3.4	Bio paliva .....	16
3.4.1	Rostlinné oleje.....	16
3.4.2	Bionafta .....	17
3.4.3	Paliva s využitím alkoholů .....	18
3.4.4	Bioplyn.....	19
3.5	Vodíková paliva.....	21



3.5.1	Výroba vodíku .....	21
3.5.2	Skladování a přeprava vodíku .....	22
3.5.3	Palivový článěk .....	23
3.6	Hybridní pohony .....	26
3.6.1	Rozdělení hybridních pohonů .....	27
4	Porovnání jednotlivých druhů pohonů .....	30
4.1	Volba konkrétních vozidel .....	30
4.2	Vliv na životní prostředí .....	31
4.3	Technické parametry .....	35
4.4	Uživatelská přívětivost .....	38
4.5	Potenciál do budoucna .....	41
4.6	Závěrečné srovnání .....	43
	Budoucnost alternativních pohonů .....	44
	Závěr .....	45
	Seznam použité literatury .....	46
	Seznam obrázků .....	50
	Seznam tabulek .....	51
	Příloha 1 [Vývoj koncentrace CO <sub>2</sub> ] .....	52



## 1 Úvod

Začíná být čím dál více zřejmé, že životní prostředí se za posledních několik desítek let výrazně odklonilo od svého normálu a že planeta mění své vlastnosti výrazně rychleji, než bylo běžné. Prozatím, je ale jenom málo lidí, kteří jsou bezprostředně ohroženi těmito změnami. I proto je tak snadné před nimi zavírat oči, nepřikládat jim dostatečnou důležitost, nebo dokonce tvrdit, že neexistují. Zároveň je prokazatelné, že určitý vliv na tyto zhoršené životní podmínky mají lidé. To, jakým způsobem budou lidé respektovat přírodu, má zásadní dopad na kvalitu jejich života. Nicméně i přes určitou neomalenost a nechápavost ze strany lidstva, samotná planeta není v nebezpečí. Ta se po krátké chvíli znovu zotaví a obnoví svou rozmanitost. S lidmi to ale tak jisté není. To, že člověk používá technologie, vychází z jeho přirozené podstaty a samo o sobě to není problémem. Je ale nutné, vytvářet takové technologie, které budou pro přírodu neškodné, nebo pro ni budou dokonce užitečné. To je úkolem lidstva a k jeho naplnění může pomoci i tato bakalářská práce.

Automobilová doprava naprosto zjevně ovlivňuje životní prostředí, a to i přes to, že její dopady jsou již regulovány. Primárně jsou regulovány emise, které se uvolňují do ovzduší při provozu vozidla. Vliv dopravy na životní prostředí je ale daleko výraznější a má více parametrů. Jsou jimi hluk, který dopravní prostředky vydávají, vibrace, znečištění půdy a vody v případě havárie, zastavěná plocha kvůli potřebě silnic a obrovská spotřeba energie a její výroba.

Dalším důvodem, proč je nutné se tomuto tématu věnovat, je snižování zásob ropy a dalších zdrojů, které se obnovují velice pomalu. V případě, že tento zdroj energie na planetě dojde, bude již nutné mít problematiku alternativních pohonů vyřešenou. Tato práce přináší informace o alternativních pohonech, které mají největší potenciál pro nahrazení těch současných. Zároveň ale lidstvo nadále pracuje na výzkumu nových typů pohonů a je možné, že v budoucnu konvenční pohony nahradí technologie, která zatím nebyla objevena.

## 2 Cíl a metodika práce

### Cíl práce

Cílem práce je popsat a porovnat alternativní pohony motorových vozidel. Bakalářská práce bude zaměřena konkrétně na typy pohonů, které mají šanci být v budoucnu ve větší míře realizovány. Na základě popisu bude tento výběr pohonů a jejich vybraných parametrů porovnán mezi sebou.

### Metodika práce

V práci budou aplikovány metodiky **literární rešerše** a **komparace**.

**Literární rešerše** bude přinášet aktuální pohled na danou problematiku. Cílem literární rešerše je vytvořit si ucelený přehled současné literatury o konkrétním tématu.

**Komparace** bude používat data získané v rešerši. Porovnávané parametry alternativních pohonů budou sloučeny do čtyř základních skupin, které budou ohodnoceny body od jedné do desíti. Deset znamená, že v tomto odvětví je tento typ pohonu dokonalý a jedna znamená, že je plně nedostačující. Výsledkem porovnání bude součet bodů ze všech zkoumaných skupin. Porovnání bude využívat jak názory odborníků, tak názory autora.

## 3 Druhy alternativních pohonů

V této kapitole 3 budou podrobně popsány jednotlivé druhy alternativních pohonů a bude obsahovat i vysvětlení co je již považováno za alternativní pohon a co je ještě pohon konvenční. Kapitola bude sloužit jako základní rešerše pro následné porovnání vlastností pohonů. Bude se zabývat pohony, které mají největší šanci k úplnému nebo částečnému nahrazení současných konvenčních pohonů.

### 3.1 Úvod k alternativním pohonům

Nejprve je třeba si konkrétně specifikovat, jak jsou chápány pojmy, které budou používány v této práci. Pokud je něco nazýváno pojmem alternativní, znamená to, že musejí existovat i typy jiné, které mají proti těmto typům větší výskyt v dané oblasti. Tyto typy mohou být nazývány konvenční nebo běžné. [1] Tato práce se bude konkrétně zabývat alternativními pohony motorových vozidel, je tedy dobré specifikovat i co je myšleno motorovými vozidly. Tato úvodní kapitola 3.1 zároveň osvětlí, proč je dobré se tímto tématem zabývat.

#### 3.1.1 Vysvětlení základních pojmů

Základní pojmy slouží k pochopení a přesnému vyhrazení problematiky probírané v práci, umožňují osvětlit úhel pohledu, kterým na ně bude pohlíženo. V této kapitole 3.1.1 bude i uvedeno základní rozdělení definovaných pojmů.

#### Pohon

Pohon je pojem, kterým lze popsat způsob tvorby a předávání mechanického výkonu, a to ze jména uvádění hybné soustavy do pohybu. Pohon pomáhá definovat následující prvky:

- energii, která je nutná pro práci stroje,
- jakým způsobem je dodávána tato energie, která je nutná pro práci,

- principy, na základě kterých je energie převedena na mechanický pohyb, tedy pro případ této práce je to pohyb motorového vozidla,
- jaké mohou být konkrétní realizace technických zařízení, která konají práci.

#### Rozdělení pohonů podle vstupu

- Mechanické (spalovací motor),
- nemechanické (elektromotor).

#### Rozdělení pohonů podle jeho principu

- Animální — záprah zvířete,
- parní stroj,
- spalovací motor,
- elektromotor,
- reaktivní motor — laserový, spalovací raketa, iontový,
- atomový pohon — jaderný pohon, teplem za štěpení jader atomů.

#### Alternativní pohon

Jsou dva způsoby, jakým je možno nahlížet na tento pojem. První pohled je ten, že alternativní stroje znamenají nějakou další možnost, bez dalších významů. Například „Existuje nějaká alternativní trasa?“. Alternativní ale je možné vnímat i druhým pohledem, ve kterém přidává možnostem i další vlastnost, a to že je méně obvyklá či společensky méně uznávaná. Jasně je to vidět v příkladech „alternativní medicína“ a „alternativní životní styl“. [4]

Je nutné zmínit, že když je něco méně běžné, váže se to k současné době a současnému nastavení společnosti. V minulosti by bylo možno říci, že spalovací motory byly alternativou pro pohony animální. Tedy je pravděpodobné, že pohony, které jsou nyní nazývány alternativními,

budou postupem času běžné. Je tedy otázkou technického pokroku, zda alternativní pohony v budoucnosti nahradí běžné konvenční typy případně do jaké míry budou nahrazeny.

### Motorové vozidlo

Jako motorové vozidlo je zpravidla označován takový pozemní dopravní prostředek, který ke svému pohonu využívá síly některého z druhů motorů. Rozdělit je lze podle následující tabulky

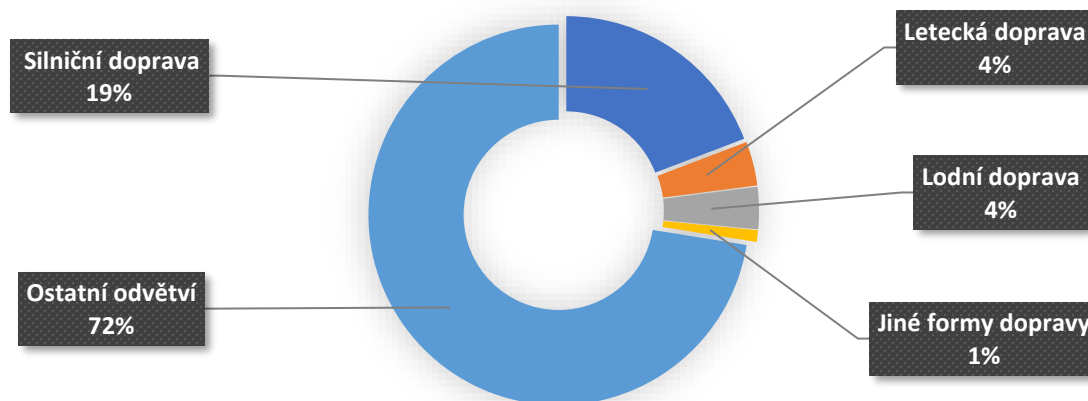
Tab. 1. [51]

Označení	Popis kategorie
L*	Motorová vozidla zpravidla s méně než čtyřmi koly.
M**	Motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a používají se pro dopravu osob.
N**	Motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a používají se pro dopravu nákladů

Tab. 1 Rozdělení motorových vozidel [51]

Podle znění zákona č. 56/2001 Sb. a pozdějších znění se traktory, přívěsy, pracovní stroje a jiná těžká technika považuje za „zvláštní vozidla.“ [4] U zvláštních vozidel se alternativní pohony nevyskytují v tak velké míře, jako u vozidel motorových, proto se jimi tato práce nezabývá. Nezabývá se ani alternativními pohony lodí či letadel. Důvodem je jejich poměr v rozložení skleníkových plynů znázorněný v grafu na Obr. 1.

## Rozložení skleníkových plynů



Obr. 1 Rozložení skleníkových plynů

### 3.1.2 Proč se věnovat alternativním druhům pohonu

Spalovací motor lze považovat za jeden z největších vynálezů 20. století. Jejich produkce po celou dobu 20. i 21. století stále roste. S narůstajícím počtem automobilů, a tedy i spalovacích motorů, roste negativní projev tohoto vynálezu. Alternativní pohony mají za cíl snížit negativní vliv těchto aspektů. V současné době představuje největší problém produkce oxidu uhličitého a s tím spojená spotřeba fosilních paliv, jejichž zásoba je vyčerpatelná. Za další veliký problém je považována tvorba škodlivých emisí. Ta ale díky regulacím vládnoucích orgánů stále klesá.

#### Problematika produkce oxidu uhličitého

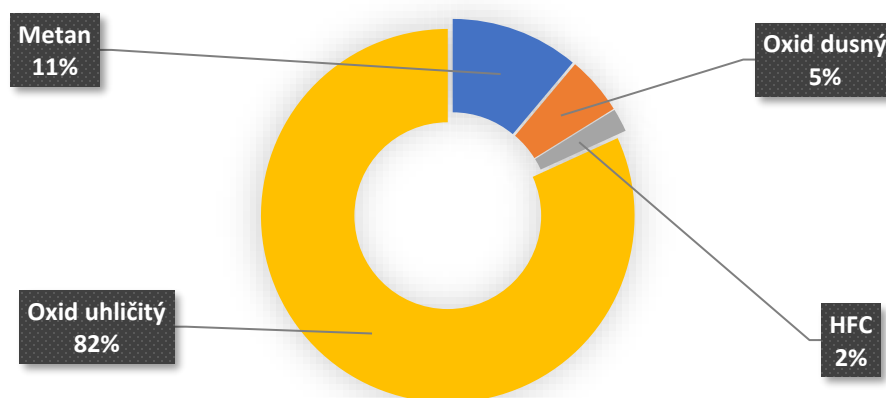
Spalování fosilních paliv, kácení pralesů, přeměna pastvin na ornou půdu, odlesňování. Toto všechno, a ještě několik dalších lidských činností způsobuje, že koncentrace oxidu uhličitého se prokazatelně zvětšuje. Nejmarkantnější rozdíl je možné spatřit v příloze 1 s názvem Příloha 1 [Vývoj koncentrace CO<sub>2</sub>] níže, kde na grafu je znázorněn obsah oxidu uhličitého v atmosféře v jednotkách ppm (angl. parts per milion), který vyznačuje počet částic daného prvku na milion. Toto číslo se od druhé poloviny 18. století stále zvyšuje. Od průmyslové revoluce, tedy přibližně od roku 1750 se dá mluvit o růstu exponenciálním. V květnu roku 2020 je hodnota 411 ppm. Toto



číslo nabývá na důležitosti až tehdy, kdy je porovnáno s hodnotami dosahovaných v časovém intervalu, začínajícím již v roce 800 000 př. n. l a končící v roce 1700. Za tuto dobu koncentrace nepřesáhla hodnotu 300 a minimální hodnota byla 170.

Oxid uhličitý je považován za takzvaný skleníkový plyn. Ze skupiny skleníkových plynů je oxid uhličitý nejvýraznější, jak je vidět v následujícím grafu na Obr. 2. Dalšími skleníkovými plyny jsou metan, oxid dusný a HFC (fluorurovodíky). Jsou ještě další skleníkové plyny, ale ty nehrají důležitou roli, v atmosféře jsou obsaženy pouze z méně než 0,2 %. Metan má v atmosféře v současné době oproti oxidu uhličitému téměř 250krát menší koncentraci. Konkrétně to bylo v září roku 2020 1884ppb. I přes to má metan, kvůli jeho několikanásobně většímu účinku, výrazný podíl na skleníkovém plynu a tím na globální oteplování. [5–7]

## Vliv plynů na skleníkový efekt

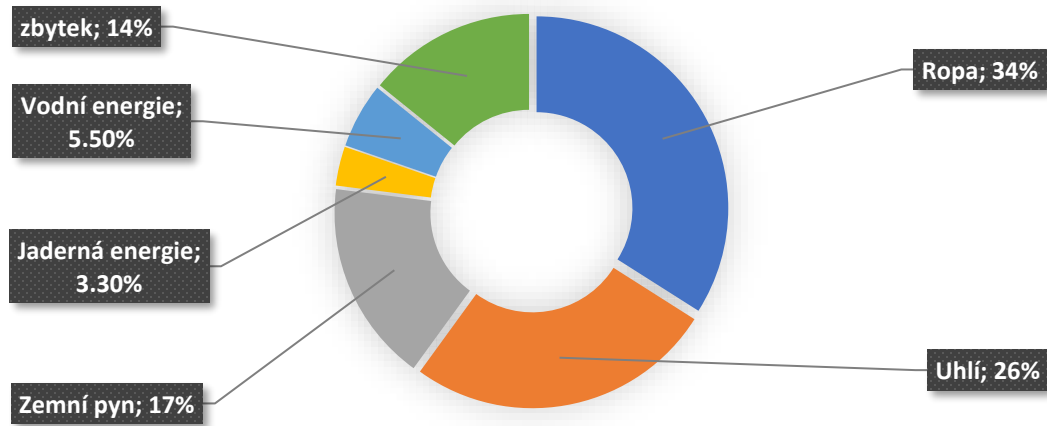


Obr. 2 Vliv plynů na skleníkový efekt

### Vyčerpatelnost fosilních paliv

Mezi nejdůležitější fosilní paliva patří ropa, zemní plyn a uhlí. Ty mají 78% podíl ze všech zdrojů energie na planetě, jak je zřejmé vyplývá z grafu na Obr. 3. Důležité je zmínit, že tyto paliva spadají pod takzvané vyčerpatelné zdroje energie. Není pravdou, že by byly neobnovitelné, ale jejich produkce zabere ztelně více času nežli jejich vyčerpání.

## Celosvětový podíl zdrojů energie



Obr. 3 Celosvětový podíl zdrojů energie

### Ropa

Ropa vzniká převážně termogenickým rozkladem organické hmoty. Je složena z přibližně 84 % uhlíku, 11 % vodíku, 4 % síry, a 1 % kyslíku a dusíku. Je zřejmé, že ropa se vyčerpává daleko rychleji, než se znovu v přírodě vytváří, patří tedy mezi takzvané vyčerpateľné zásoby energie. Poptávka po ropě stále roste, zejména v rozvojových zemích. Jednou z nadějí pro budoucnost ropy je vědecký odhad, který tvrdí, že prozatím byla nalezena jenom jedna třetina veškerých zásob ropy. Neustálé vylepšování efektivity těžby ropy pomocí nových technologií také může pozitivně ovlivnit životnost a použitelnost ropy.

### Uhlí

Jedná se o druhý největší zdroj energie na planetě. Tvorba uhlí může trvat až milióny let. Probíhá pomocí složitých anaerobních procesů, které podle předpokladů začaly před 360 milióny lety. Uhlí může být základ pro výrobu nafty pomocí technologie, která se nazývá Fischer-Tropschova syntéza. Tuto syntézu ve veliké míře používalo Japonsko a Německo za 2. světové války, a to z důvodu, že tyto státy neměli snadný přístup k ropě a byli nuceni vyrobit její náhražku z uhlí. Nyní se tato technologie nevyužívá z důvodu stále relativně nízké ceny ropy.

## Zemní plyn

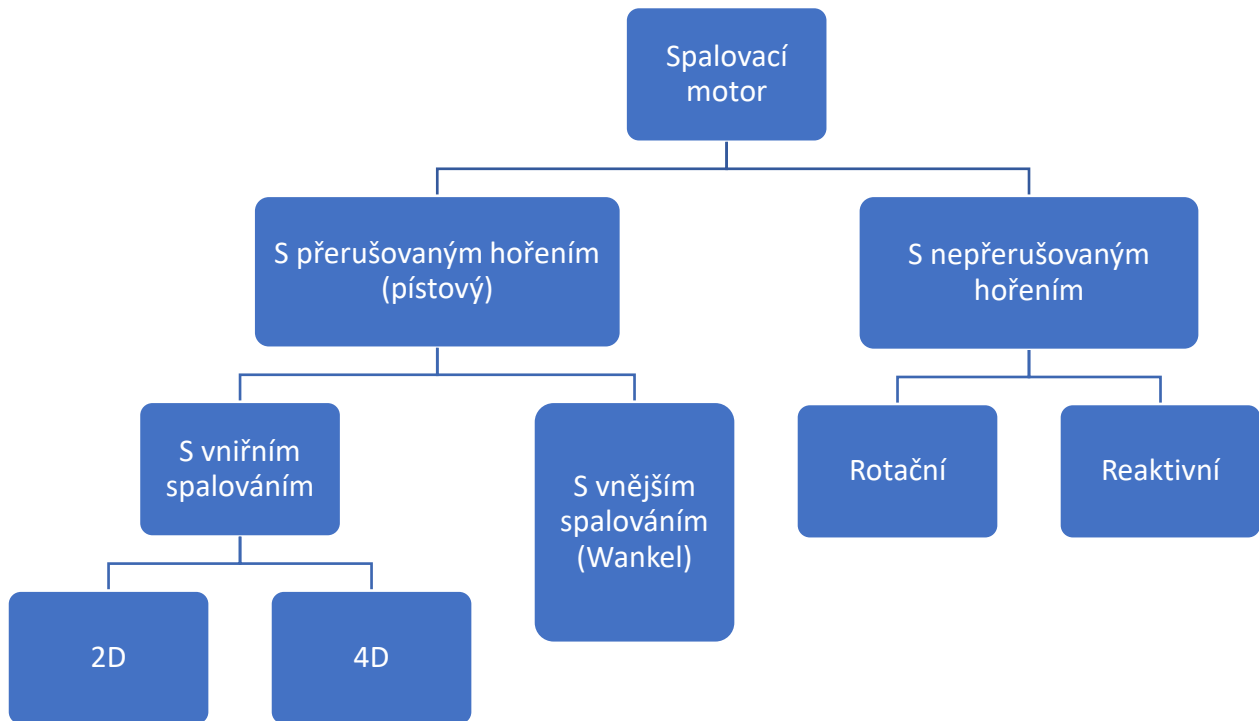
Vznik zemního plynu není ve vědecké obci jednoznačně určen. Existuje více teorií, ale je zřejmé, že zemní plyn se uvolňuje jako vedlejší produkt při tvorbě ropy a uhlí, kvůli jeho výskytu v blízkosti těchto dvou surovin. Je-li vůbec možné u přírodního procesu nazvat nějaký výstup vedlejším produktem. Základní pře mezi možnými teoriemi je, zda se plyn vytváří při rozkladu organických či anorganických materiálů. Zásoby zemního plynu se odhadují na nejdelší dobu za všech fosilních paliv. Odhaduje se 200 let, zatímco u ropy je to 50 - 100let, u uhlí jsou odhady na 100 - 150let. [8]

### 3.1.3 Konvenční pohony motorových vozidel

Pro pochopení alternativních pohonů motorových vozidel je nutné rozebrat i pohony nazývané jako konvenční neboli běžné. Tato kapitola 3.1.3 bude použita i pro porovnání alternativních pohonů s konvenčními.

#### Co se nazýváno konvenčním pohonem

Konvenčním pohonem se obecně rozumí použití spalovacího motoru. Ten pomocí spalování paliva přeměňuje energii obsaženou v palivu na mechanickou práci. V osobní dopravě se v průběhu let nejvíce rozšířil spalovací motor pístový s vnitřním spalováním a lineárním pohybem pístu. Na Obr. 4 je vidět obecné rozdělení konvenčních motorů. [6][9]



Obr. 4 Obecné rozdělení konvenčních motorů

#### Vznětové a zážehové motory

Spalovací motory s přímočarým pohybem pístů se rozdělují na vznětové a zážehové. Tyto typy mají podobný princip fungování, který je znám již od roku 1860, kdy sestavil první motor Belgičan Lenoir. [6]

Hlavní rozdíl mezi vznětovými a zážehovými motory spočívá v tom, že zážehové motory používají k zapálení směsi vzduch-palivo zapalovací svíčky, zatímco vznětové motory spoléhají výhradně na silně stlačený vzduch. Rudolf Diesel zjistil, že pokud by byl vzduch dostatečně silně stlačen, jeho teplota by opravdu mohla dosáhnout požadovaných hodnot. Tedy aby vzrostla tak vysoko, že by to mohlo způsobit vznícení motorové nafty.

Proto obvykle bývá u vznětových motorů vzduch velmi silně stlačen, na přibližně 14 až 23násobek původního objemu. U zážehových motorů je kompresní poměr obecně mnohem nižší, bývá obvykle kolem 7 až 10. U vysoce výkonných zážehových motorů dosahuje kompresní poměr až hodnoty 13. [10]

### 3.2 Elektrické pohony

Elektrický pohon má své kořeny již v počátcích automobilismu. Závodník Camilla Jenatzy, který 29. dubna 1899 ve vlastnoručně postaveném elektromobilu doutníkovitého tvaru nazvaném La Jamais Contente jako první překonal rekord 100 km/h [11]. V tuto dobu, tedy počátek 20. století, bylo automobilů na elektrický pohon dokonce více, než klasických benzinových a naftových vozidel. Trend elektromobilů ale ustal s příchodem parních a spalovacích pohonů. Nyní, i přes skokový nárůst elektromobilů, je tento druh pohonu stále nazýván alternativním. [8]

Na následující tabulce Tab. 2 je možné vidět vývoj alternativních pohonů. Roku 2016 v ČR bylo ze všech registrovaných automobilů pouze 0,07 % elektrických. V roce 2017 měli elektromobily stále relativně malé zastoupení a to 0,11 %. Pro markantnost rozdílu je zde uvedena statistika EU na konci roku 2019, kde počet prodaných automobilů s elektrickým pohonem v tomto roce činí 5 %. V této statistice je možné sledovat postupný zánik naftových motorů a nárůst hybridních pohonů. [12, 13]

Rok / Palivo	Benzín	Nafta	Elektro	Hybrid	Zbylé alternativy
2016	55 %	43 %	0,07 %	0,93 %	1 %
2017	58 %	39 %	0,11 %	0,89 %	2 %
2019	57 %	30 %	5 %	7 %	1 %

Tab. 2 Poměr typu pohonu motorových vozidel v posledních letech [12]

Je tedy zřejmé, že pokud se zvyšuje prodej elektromobilů, byly některé nevýhody elektromobilů transformovány technickým pokrokem a snahou lidstva vytvořit fungující alternativu. Jako příklad je možno uvést, na co láká zákazníky elektromobil jednoho z nejuznávanějších prodejců tohoto typu vozidel, značka Tesla. Dojezdová vzdálenost nejlepší varianty automobilu Tesla model S je uvedena výrobcem na 628 km. Zrychlení z 0 km/h na 100 km/h zvládne za 2.1 sekundy a nejvyšší dosažená rychlost je 322 km/h. [14] Vždy je ale nutné

uvažovat i metodiky dosažení těchto hodnot. Bývají totiž dosaženy za ideálních podmínek, které za běžného provozu nastanou málokdy.

Nejsou to ale jenom samotné elektromotory, do kterých velké instituce investují svůj kapitál, ale je to celá myšlenka elektromobility. Koncern Volkswagen přišel se zajímavým konceptem nabíjení elektromobilů na veřejném parkovišti a přispěl tím tak k řešení problému dobíjení baterií. Parkoviště disponuje mobilním nabíjecím robotem, který k elektromobilu jede zcela autonomně. Po spuštění prostřednictvím aplikace se mobilní robot sám dopraví k vozidlu a komunikuje s ním. Od otevření krytu nabíjecí zásuvky až po uložení nabíjecí soupravy zpět na místo probíhá celý proces bez jakékoli lidské interakce. [15]



Obr. 5 Mobilní nabíjecí robot [15]

Výhody automobilu poháněného elektřinou

- Nehlučný provoz. (Může být i nevýhoda, existují dokonce řešení simulace zvuku),
- nulové škodlivé emise (Při zanedbání výroby energie a baterie),
- příznivá výkonová charakteristika,
- vysoká účinnost (Přesahuje hranici 90 %. Zde je také nutné zanedbat výrobu el. energie),
- rekuperace baterie,
- levné dobíjení (Speciálně v době nízkého cenového tarifu od poskytovatele energie).

### Nevýhody automobilu poháněného elektřinou

- Vysoká hmotnost,
- vysoká pořizovací cena (Průměrně 1 milion Kč),
- omezená životnost akumulátorů,
- prozatím nedostatečný výskyt nabíjecích stanic,
- pomalé nabíjení.

### 3.3 Plynné pohony

Jako palivo do motorových vozidel patří LPG, CNG a LNG mezi nejrozšířenější alternativy konvenčních pohonů, především díky nízké ceně a relativně husté síti čerpacích stanic.

#### 3.3.1 Zkapalněné plyny – LPG

LPG (Liquid Petrol Gas) je směs zkapalněných ropných uhlovodíkových plynů. Vzniká nejen jako vedlejší produkt při těžbě ropy a zemního plynu, ale i při procesu zpracování ropy. Skládá se z propanu a butanu. Kapalné LPG se tankuje pomocí vysokotlakého potrubí do tlakové nádrže, která je uzavřena ventilem. Ventil zajišťuje jak bezpečnostní, tak i provozní funkce automobilu. Na pohon automobilu pomocí LPG je zapotřebí buď již výrobcem upravený vznětový motor na LPG nebo přestavba benzinového motoru na LPG.

#### Výhody LPG

- Přestavbou se neztrácí možnost jezdit na benzín a lze přepínat mezi režimy,
- zvyšuje životnost motoru (Nevytvářejí se karbonové usazeniny),
- čerpací stanice většinou nabízí možnost doplnění LPG.

### Nevýhody LPG

- Větší počáteční investice,
- spotřeby paliva se zvyšuje (Je ale levnější než běžné palivo),
- nutnost revize,
- vozidla na LPG nesmí do podzemních garáží.

[8], [16]

### 3.3.2 Stlačený zemní plyn – CNG

CNG (Compressed Natural Gas) je česky nazýván stlačený zemní plyn. Jeho složení se liší podle naleziště, ze kterého se těží. Převážně je ale tvořen methanem  $\text{CH}_4$  a to z 90-99 %. Jeho tlak v nádrži vozidla bývá maximálně 25 MPa. Oblíbenost si tento pohon získal především proto, že složitost systému oproti LNG je výrazně menší. Z hlediska ekologického lze konstatovat, že spalováním zemního plynu vzniká pouze minimální množství škodlivých emisí. V porovnání s benzínem je zemní plyn o 20-25 % šetrnější k životnímu prostředí z hlediska tvorby skleníkových plynů. [8, 17]

### Výhody CNG

- Snížení emisí pevných částic,
- nevznikají palivové ztráty při tankování (odpařováním),
- vysoká bezpečnost (Vzduch je těžší než zemní plyn, oproti benzínu je teplota vznícení dvojnásobná),
- snížení hlučnosti.



#### Nevýhody CNG

- Náklady na pořízení vozidla,
- vyšší náklady na náhradní díly,
- zmenšení zavazadlového prostoru,
- zvýšená hmotnost automobilu.

[8, 17]

#### 3.3.3 Zkapalněný zemní plyn – LNG

LNG je zkratkou pro zkapalněný zemní plyn (Liquefied Natural Gas). Zemní plyn se ve zkapalněné formě v přírodě prakticky nevyskytuje. Zkapalňování je poměrně riskantní, a především energeticky náročný proces. Součástí tohoto procesu je ochlazení plynu na  $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$  při konstantním atmosférickém tlaku. Vzhledem k náročnosti takového procesu, se zemní plyn, jakožto pohon vozidel, využívá převážně ve formě stlačeného plynu.

#### Výhody LNG

- Vysoce čisté palivo,
- vysoká hustota energie,
- 600x menší objem než plynná forma.

#### Nevýhody LNG

- Je zapotřebí vysoce nízké teploty ke skladování,
- z nádrže se odpařuje. [18]

### 3.4 Bio paliva

Možnost využití rostlinného paliva se zkoumala už v sedmdesátých letech minulého století. Tehdejší výzkumní pracovníci se snažili využít řepkový olej k pohonu vznětových motorů. Ukázalo se, že pohon na řepkový olej v případě běžných motorů není možný. Později se začala rozvíjet alternativa, kterou je chemicky upravené palivo pouze na bázi rostlinných olejů. Princip spočíval v přeměně vhodného rostlinného oleje na metylester mastných kyselin obsažených v oleji. Tímto se přiblíží vlastnosti rostlinného produktu k vlastnostem klasické motorové nafty.[4]

#### 3.4.1 Rostlinné oleje

Možnost získávat přírodní olej nabízí více jak 300 druhů rostlin. Mezi základní lze zařadit řepku olejnou, kokosový ořech, sóju, olivu, slunečnici a jiné. Tekutá složka je získávána z plodů či semen rostliny. V podstatě by bylo možné použít čistý rostlinný olej v dieselových motorech i bez úpravy, ale předchozí zkušenosti s jeho nevhodnými vlastnosti jako například vysoká viskozita či fakt, že je vysoce nestabilní, vyzývá k úpravě těchto olejů. [19] Porovnání fyzikálních vlastností motorové nafty a rostlinných olejů je možno vidět v Tab. 3.

Palivo / parametr	Řepkový olej	Slunečnicový olej	Sójový olej	Motorová nafta dle EN 590
Bod vznícení [°C]	317	316	330	55
Měrná hmotnost [g.cm <sup>-3</sup> ]	0,920	0,927	0,934	0,820 – 0,845
Bod tuhnutí [°C]	0 až -2	-16 až -18	-8 až -18	0 až -2
Spalovací teplo [MJ.kg <sup>-1</sup> ]	40,56	39,81	39,73	45,02

Tab. 3 Porovnání fyzikálních vlastností motorové nafty a rostlinných olejů [19]

### 3.4.2 Bionafta

Bionafta je přírodní palivo pro dieselové motory na bázi metylesterů — nenasycených mastných kyselin rostlinného původu. Vyrábí se rafinačním procesem zvaným esterifikace, kde se vzájemně mísí hydroxid sodný s metanolem a pak s olejem vylisovaným ze semen slunečnice či řepky olejné. Bionafta je v EU i ČR známa pod pojmem FAME, což je zkratka pro metylestery mastných kyselin. V případě, že se bionafta vyrábí výhradně z řepkového oleje, který je nejvhodnější surovinou pro její výrobu, označuje se MEŘO (methyl ester řepkového oleje).[20]

Z důvodu dobrých klimatických podmínek je v evropských zemích nejčastější rostlinou pro výrobu bionafty řepka olejná. Rostlinný olej je přeměněn pomocí fyzikálně-chemických úprav na MEŘO. Ten je nazýván bionaftou první generace. Methyl ester a jeho cena výroby je závislá zejména na ceně olejů a tuků (> 80 % celkových výrobních nákladů). Z tohoto důvodu se výrobci bionafty snaží využívat i levnější surovinové zdroje, například nejedlé či odpadní oleje a tuky, nebo se mísí s ropnými produkty. Bionafta s přidanými ropnými látkami se nazývá bionafta druhé generace. I přes to ale musí vždy obsahovat minimálně 30 % methyl esteru rostlinného oleje, díky které si zachovává přírodní odbouratelnost a svými vlastnostmi, jako je například výhřevnost, se blíží k vlastnostem nafty. [21, 22]

Upravený přírodní pohon při spalování lépe hoří a tím snižuje kouřivost, produkci polétavých částic oxidu uhličitého, síry a uhlovodíků obecně. Co se týče mazací schopnosti tak je na tom bionafta dokonce lépe než nafta konvenční. Mazací schopnosti snižují opotřebení motoru, což je nejvíce užitečné u vstřikovacího čerpadla, kde jeho prvky nejsou mazány olejem, nýbrž pouze naftou.

Další výhodou bionafty je, že v případě havárie není toxická pro okolní živočichy. V případě vody to platí do hodnoty 10 000 mg/l. Bionafta se během tří týdnů biologicky odbourává z 90 %, běžná motorová nafta jen asi z 10 %. Bionafta klade na skladování téměř stejné požadavky jako běžná motorová nafta. Výjimkou jsou pouze betonové zásobníky, které se pro skladování požívat nesmějí. V současné době je největším výrobcem bionafty Francie. [22, 23]

### 3.4.3 Paliva s využitím alkoholů

Alkoholy mají podobné výhody jako biopaliva. Je to jejich přírodní původ, respektive rychlá obnova jejich zdrojů. Tato výhoda má zvlášť velkou hodnotu v místech, kde ropa není dostupná a je tam dostatek zdrojů pro výrobu obnovitelných surovin. Bioprodukty byly zdrojem energie ještě dříve nežli benzín. Alkoholy poháněly motory už v roce 1930, i pro to je možné u mnohých výrobců automobilů najít rozsáhlé dokumentace a programy na vývoj automobilů poháněných tímto palivem. [19, 24]

#### Etanol

Pomocí Etanolu se je možné vyrobit bioetanol, také nazývaný jako biolíh. Ten je směsí dvou látek. 85 % směsi tvoří Etanol a 15 % benzínu natural 95. Proto je tato směs nazývána jako E85. Tento poměr, se ale může měnit v průběhu ročního období. Důležité je, že minimální obsah Etanolu ve směsi je 70 %. Důvodem proč použít méně etanolu a více benzínu je hlavně schopnost směsi nastartovat motor za nižších teplot. Při poklesu teploty pod 7 °C mají alkoholy velmi nízkou tekavost. Přidání benzínu, respektive uhlovodíků, zajistí směsi možnost nastartovat při nižších teplotách, a tím i zvyšuje použitelnost alkoholových pohonů v praxi. Etanol má schopnost vázat na sebe vodu, což může být jeho nedostatkem. Další nevýhodou Etanolu je, že může způsobovat korozi kovových prvků motoru, je tedy nutné přidávat do směsi antikorozi aditiva. [19]

#### **Výhody etanolu**

E85 se dá vyrobit z každé plodiny, která obsahuje sacharidy. To jsou například brambory, obiloviny, cukrová řepa. Ethanol obsahuje 30 % kyslíku, zatímco benzín pouze 4 %. Z toho důvodu není třeba vhnět tolik vzduchu z atmosféry do pohonného systému a dochází k efektivnějšímu hoření. To má za následek zvýšení výkonu a snížení emisí o 70 %.

Cena za litr E85 je nižší než benzín (současně o cca 5Kč). Nevznikají zde karbonové usazeniny, které způsobují předčasné zapálení směsi. Není zapotřebí tak vysoké teploty ke vzplanutí, tudíž se méně opotřebovávají pístní kroužky. V porovnání s plynným pohonem je hlavní výhodou, že není třeba instalovat přídatné nádrže a jiné systémy, které zvětšují hmotnost celé soupravy. [19]

## Nevýhody etanolu

Pro provoz je třeba vozidlo speciálně upravit (v řádech tisíců Kč) a spočívá v instalaci speciální jednotky, která zařídí správné vstřikování. Etanol E85 hoří při menších teplotách než benzín. To může být nevýhoda z hlediska menší výhřevnosti celé soustavy a následným snížením výkonu motoru. To dohání vestavěná jednotka, která díky prodloužení času vstřikování a zhuštění směsi dokáže tento deficit dohnat. To má ale za následek zvýšení spotřeby paliva. V porovnání s benzínem to může být až o 25 %. Vyvolává to otázku, do jaké míry je tato technologie skutečně levnější než provoz benzínových motorů. Z pohledu ekologie je výhodou, že se jedná o obnovitelné zdroje, ale použití těchto pohonů ve větším měřítku by vyhradit značnou část povrchu planety k tvorbě rostlin potřebných na výrobu alkoholu. To by mohlo ohrozit biodiverzitu, která už nyní volá o pozornost a je nutné vytvářet kroky k jejímu obnovení. [19]

### 3.4.4 Bioplyn

Proces výroby bioplynu spočívá v rozkladu organického materiálu, pomocí jiných mikroorganismů bez přístupu vzduchu. Nazývá se anaerobní digesce přírodních materiálů. Koncový produkt tohoto procesu se nazývá bioplyn a skládá se především z metanu a oxidu uhličitého. Poměrné zastoupení obou hlavních složek není přesně daný a vyskytuje se v různorodých škálách. Obsah metanu bývá od 50 % do 80 %, a obsah oxidu uhličitého od 20 % do 42 %.

Pro optimální průběh procesu anaerobní digesce je nutné zajistit vhodné podmínky pro mikroorganismy, které způsobují rozklad biomasy. Těmi jsou primárně vlhkost alespoň 50 % a hodnota pH v rozmezí 6,5 – 7,5. Zároveň je nutné zajištění anaerobního prostředí, tedy zamezení přístupu vzduchu. Nedodržení základních postupů technologie může mít za následek například výrazné zvýšení zápachu v okolí stanice.[25]

Mezi hlavní zdroje bioplynu patří hnůj, kejda nebo nařezané části rostlin. Dále lze použít i bioodpad. Nevýhodou bioodpadu je, že zde není zaručena výnosnost v takovém měřítku jako u hnoje či kejdy. Doporučují se rostliny bohaté na škrob, především siláž z kukuřice, šrotované

kukuřičné zrno nebo vlhké obilí. Lze použít také žito na zeleno, travu a jetelotrávy. Naopak není vhodné využívat biomasu z okrasných trav a materiálů vzniklé při údržbě krajiny. [26]

U řízené anaerobní digesce je možné se setkat s různou terminologií – často se setkáváme s termíny anaerobní fermentace, metanová fermentace, metanové kvašení, biogasifikace apod. Všechny tyto termíny však mají stejný význam. Tato technologie využívaná bioplynových stanic k tvorbě výsledného produktu, čímž je biologicky stabilizovaný substrát s vysokým hnojivým účinkem a bioplyn s výhřevností cca 18–26 MJ.m<sup>-3</sup>. [27] Svážením biomasy ze vzdálenějších míst dochází ke spotřebě nafty, která by mohla při velké vzdálenosti vyrobit stejné množství energie jako vyrobený bioplyn. Nejmenší bioplynové stanice jsou určeny pro zásobování energie rodinných domů, kde je možné sledovat výrazný výkyv sezónní tvorby energie. [28]

#### Použití bioplynu v dopravě

Bioplyn se nyní využívá primárně k vytvoření elektřiny a tepla. Je z něho ale možné vyrobit tzv. biometan. Technologií na výrobu biometanu je více, ale primárně jde o odstranění oxidu uhličitého, který je v bioplynu zastoupen v poměru 20 % – 42 %. Dále odstranění vodní páry, čpavku a sulfanu, dusíku kyslíku a vodíku. Příkladem může být technologie označovaná jako „PSA“ (z angl. Pressure Swing Adsorption). Ta využívá tzv. Van der Waalsových sil pro separaci CO<sub>2</sub>, jehož molekuly se vážou na povrch vysoce porézní pevné látky, zpravidla aktivní uhlí. [29]

Biometan má obsah CH<sub>4</sub> větší nebo roven hodnotě 95 %. Díky tomuto obsahu je svými vlastnostmi téměř rovný stlačenému zemnímu plynu CNG. Následně se tedy dá využívat v dopravě stejně jako zemní plyn. Z roční produkce 100 tisíc tun bioodpadu v Praze lze v biometanové stanici vyrobit biometan o objemu 7,8 milionu m<sup>3</sup>, který poskytne až 78 gigawatthodin energie. Dost pro celoroční provoz celého vozového parku Pražských služeb (čítajícího 147 osobních a 573 nákladních vozidel) a pohon 63 městských autobusů.[30]

## 3.5 Vodíková paliva

Čistota vodíku a účinnost palivových článků dohromady nabízejí atraktivní alternativu k fosilním palivům. Štěpení vody nabízí nejbohatší zdroj vodíku, který je šetrný ke klimatu, a lze ho dosáhnout prostřednictvím elektrolytické, fotochemické nebo biologické metody. Palivové články mají veliký potenciál efektivně vyrábět elektřinu i do domácností. Vodík nabízí pomocnou ruku na cestě k pohonu vozidel pomocí paliva z obnovitelných zdrojů.

### 3.5.1 Výroba vodíku

Vodík je jedním z vedlejších produktů mnoha výrobních procesů například v rafineriích, koksárnách a elektrochemických výrobnách na bázi vodních roztoků. Mezi základní a zároveň perspektivní technologie na výrobu vodíku patří:

- Elektrolýza vody
- Termické štěpení vody
- Zplynování odpadní biomasy

V současné době byla většina vodíku vyrobena reformací ze zemního plynu. V případě, že jsou požadovány pohony z obnovitelných zdrojů, pohon na vodík vyrobený ze zemního plynu, či jiných fosilních paliv, samozřejmě není ideální variantou. Vodík se dá vytvořit i z obnovitelných zdrojů, například pomocí přeměny sluneční energie následujícími způsoby:

- Biochemickými metodami
- Heterogenní fotokatalýza
- Homogenní fotokatalýza

Kvůli cenové náročnosti těchto procesů, které využívají sluneční záření, pravděpodobně bude vodík ještě nějakou dobu vyráběn pomocí fosilních paliv (reformací). [31]

## Elektrolýza vody

Jedná se v podstatě o přeměnu elektrické energie na chemickou. Při chemické přeměně dochází k tvorbě vodíku a vedlejších produktů. V tomto případě je to kyslík, který je velice užitečným vedlejším produktem. Celková účinnost tohoto procesu se pohybuje okolo 60 %. Na výrobu 1 kg vodíku elektrolýzou je zapotřebí 9 l vody a 60 kWh elektrické energie. Elektrolyzéry jsou schopné vytvořit velice čistou koncentraci vodíku, a díky vysokotlakým jednotkám, jsou elektrolyzéry schopné eliminovat náklady na vodíkové kompresory. V současné době je elektrolýza dražší než zpracování fosilních paliv k výrobě vodíku. [32]

### 3.5.2 Skladování a přeprava vodíku

Vyrobený vodík je nutné nějak dopravit ke konečnému spotřebiteli, případně ho někde skladovat. Vodík je z velké části produkován tam, kde je následně i zpracováván, například pro obohacování paliva či výrobu chemikálií. To usnadňuje celkovou problematiku skladování a přepravy vodíku. V případě prodeje vodíku (obchoduje se s cca 17 % z celkového objemu vyrobeného vodíku) není možné uvažovat o použití na místě a je nutné ho distribuovat či uskladnit.

### Přeprava vodíku

Vodík je přepravován potrubím, nebo případně přívěsnými vozy. Potrubí se používá totožné s tím na zemní plyn, ačkoli jeho vlastnosti nejsou zcela ideální. Doprava ocelovým potrubím má za následky jeho křehnutí. Tento jev je nazýván „vodíková nemoc“. Kvůli tomu se používají chemické sloučeniny, díky kterým je možné dopravit daný objem plynu na místo použití. Vodík se také může distribuovat pomocí tzv. objemových válců, které jsou připevněny k dopravnímu zařízení. Je možné použít i dopravu pomocí železniční infrastruktury, motorová vozidla nebo i lodní dopravu. Pro přepravu na větší vzdálenosti (tisíce kilometrů) se používá vodík v jeho zkapalněné formě, při tom k odpařování dochází až na místě použití vodíku, kde je potřebný v plynné podobě.



## Skladování vodíku

U skladování vodíku je také možné uplatnit zkušenosti ze skladování zemního plynu. Zde je z důvodu jeho velmi nízké hustoty nutné vodík stlačit. Skladuje se většinou v nádržích, které mají dodatečně chráněný vnější kryt, aby byly více odolné vůči případnému nárazu. Nádrže na plynný vodík mohou být buď statické (velké) nebo mobilní (menší). Jsou to nádrže odolné vůči vnitřnímu natlakování, protože je v nich plyn stlačen pod tlakem přibližně 40 MPa, tato hodnota ale není maximální, využívají se nádoby i se 70 MPa.

Další možností, jak skladovat vodík je i v potrubí, které je určené k přepravě. Děje se to pomocí zvyšování tlaku v potrubí. Vyplatí se používat pouze při přepravních vzdálenostech nad 150 km, z důvodu finanční náročnosti. Existují i sklady vodíku, které jsou umístěny pod zemí. V ČR se podzemní skladování používá pouze v pro potřeby uskladnění zemního plynu.

### 3.5.3 Palivový článek

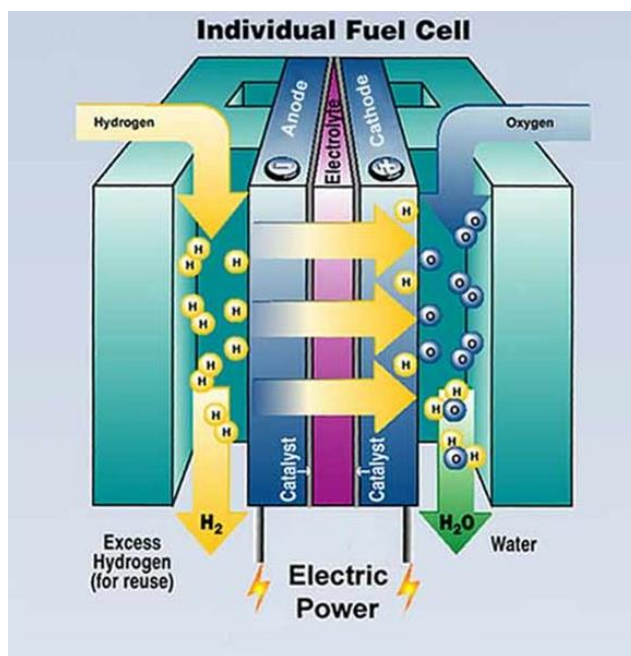
Obvykle při vývinu nové technologie uplyne nějaká doba, než začne být plnohodnotně využívána. Vývoj palivového článku, poprvé sestavený Sirem Williamem Groovem v roce 1839, trval déle než většina takovýchto technologií. Až po průkopnické práci společnosti Bacon, působících v 50. letech 20. století, se palivové články úspěšně vyvinuli až do stavu, kde bylo možné je použít. Použili ho v americkém vesmírném programu NASA. Dále byly palivové články podrobeny významným rozvojovým programům v Japonsku v 80. letech, tyto snahy sice vedly k významnému technickému pokroku, ale i přes to byly technologie palivových článků považovány za neustále neaktuální, protože vždy byly o pět let pozadu od komerčních potřeb. Enviromentální obavy z globálního oteplování a s ní spojená potřeba snížit emise CO<sub>2</sub> poskytly podnět k intenzivnějšímu hledání způsobů, jak zvýšit účinnost této technologie. [33]

Výhodným palivem pro palivový článek je vodík. Nejúčinnějším využitím vodíku, je přeměna jeho chemické energie na elektrickou. Děje se tak v palivových článcích. Vysoká účinnost palivových článků, až 60 %, je činí atraktivními, a dokonce srovnatelnými s jinými možnostmi výroby energie na základě fosilních paliv. Fosilní paliva, mají totiž průměrnou účinnost přibližně

34 %. Vysoká účinnost elektromotorů (obvykle nad 90 %) společně v kombinaci s palivovými články tvoří alternativou s velikým potenciálem. Rozdíl je znatelný hlavně v porovnání s benzínovými motory, kde je účinnost 25 %. Potenciál vysoce účinného pohonného zdroje, dodává této technologii atraktivitu a možnost vidiny vodíku jako pohon budoucnosti. [34]

### Funkce palivového článku

Zjednodušeně lze říci, že do palivového článku jsou vháněny dva prvky, vodík s kyslíkem. Ty díky chemické reakci s anodou, katodou a elektrolytem vytváří elektrický proud a teplo a zároveň se mění na molekuly vody. Vodík je do systému přiveden z paliva, přívod kyslíku je zajištěný nasáváním okolního vzduchu. Pro provoz palivového článku je nutné zajistit požadovaný tlak i teplotu. Jak je naznačeno na Obr. 6, na zápornou elektrodu – anodu, je přiváděno palivo, které je z většiny tvořeno vodíkem. Vodík zde oxiduje, tzn. že jeho atomy se zbavují buď jednoho, nebo hned několika valenčních elektronů. To má za následek vytvoření požadovaného elektrického proudu. Tyto elektrony, respektive elektrický proud se pohybují po vnějším obvodu směrem ke katodě



Obr. 6 Schéma palivového článku [35]

– kladné elektrodě. Sem je přiváděn vzduch z okolního prostoru, který se nazývá oksličovadlo. Probíhá zde chemický jev zvaný redukce (atomy oksličovadla volné elektrony vodíku přijímají), využívá k tomu i kladné ionty, které protékají elektrolytem. Obě elektrody fungují výlučně jako katalyzátor chemických přeměn (katalyzátor je látka, která vstupuje do chemické reakce, za účelem urychlení nebo zpomalení této reakce, a přitom z ní vystupuje nezměněná [35]). Elektrody během činnosti článku téměř nemají tendence k opotřebení a jejich chemické složení se nemění. Díky těmto vlastnostem se palivový článek nijak nevybíjí. V případě, že by byly aktivní prvky do palivového článku přiváděny trvale, může pracovat prakticky bez časového omezení.

Charakteristickým parametrem pro palivové články je tedy i velikost proudu či výkonu odebíraného z 1 dm<sup>2</sup> elektrod, ne pouze velikost jeho elektrické napětí jako tomu je u baterií. Běžně bývá uváděn také hmotnostní měrný výkon (W/cm<sup>2</sup>).

Dalším rozdílem od běžných elektrických baterií je, že většina palivových článků disponuje větším provozním teplem. To se odráží jak v době náběhu, to je čas, než pohonná soustava dosáhne vhodných provozních parametrů, tak i v technologii výroby. Také umožňují vyšší termodynamickou účinnost (cca 60 %) ve srovnání s jakýmkoli termickým procesem přeměny se stejnou látkou.

#### Výhody oproti spalovacím motorům

- Vyšší účinnost.
- Menší znečištění skleníkovými plyny.
- Může využít různé typy paliva.
- Tichý a hladký provoz (může být i nevýhoda).

#### Výhody oproti bateriím

- Širší teplotní rozsah.
- Delší provozní doba.
- Snížené dopady na životní prostředí.
- Nemá velké problémy spojené s likvidací.
- Není nutné čekat na dobítí

Palivové články mohou být mimořádně použitelné do každodenního života, hlavně díky okamžitému dobíjení, nezávislosti na elektřině, dlouhé životnosti, vysoké účinnosti přeměny z chemické na elektrickou, nízké hmotnosti a menší kontaminaci okolního prostředí. [36]

### 3.6 Hybridní pohony

Pod pojmem „hybridní“ je myšleno kombinace několika zdrojů energie v jednom motorovém vozidle. Nejčastěji je k vidění kombinace z prvků jako je elektromotor, spalovací motor, akumulátor a palivový článek. Nejvíce používaným a ve společnosti oblíbeným je hybrid vytvořený kombinací spalovacího motoru, elektromotoru a akumulátoru.

Existují dva primární důvody vývoje hybridních pohonů. Jedním z nich je zvýšená pozornost na výfuky skleníkových plynů a snižování emisí, spolu s hledáním alternativního zdroje energie k fosilním palivům. Jako řešení tohoto problému se může jednoduše zdát celková elektrizace vozidel a zajištění obnovitelného zdroje elektrické energie. Na druhé straně tato perspektiva má několik nedostatků, se kterými tento pohon stále bojuje. Hlavními problémy jsou stále nízká hustota energie baterie a dlouhá doba nabíjení, ve srovnání s dobou nutnou k doplnění paliva u konvenčních paliv. Druhý hlavní důvod zkoumání a vývoje hybridních pohonů je ten že mají potenciál tyto nedostatky jednotlivých typů pohonu odstranit, respektive je potlačit. Zachovávají výhody jednoho, například spalovacího motoru, a spojují je s výhodami těch druhých, například elektrických motorů. Díky tomu jsou například schopné snížit spotřebu paliva a tím i snížit produkci skleníkových plynů (za předpokladu čisté energie). [37]

Rozpětí účinnosti spalovacích motorů je přibližně 30-40 %. Zážehové motory se přibližují spíše ke spodní hraně tohoto rozpětí, tedy ke 30 %, zatímco vznětové motory na tom jsou o trochu lépe. Ty dokáží dosáhnout účinnosti až 40 %. Je to z větší části dáno účinností samotného termodynamického cyklu, ten má své fyzikální omezení a z toho důvodu je více než nepravděpodobné, že by se účinnost této technologie v budoucnu zvyšovala. Tyto hodnoty jsou navíc dosaženy za ideálních podmínek, které v běžném provozu nastávají zřídka kdy. Za jízdy ve městě, může účinnost klesnout na méně než 10 %. [8] S porovnáním s elektromotory, kde jejich účinnost často dosahuje hodnot i přes 90 %, je účinnosti spalovacích motorů více než neuspokojivá. Extrémní případ nastává v okamžiku, kdy vozidlo se spalovacím motorem jede na volnoběh. Zde je účinnost motoru 0 %. Motor spotřebovává palivo, aniž by přenášel nějakou část výkonu na pohon vozidla požadovaným směrem. V tuto chvíli přichází vhod vlastnost

elektromotoru s akumulátorem, kde se při jízdě z kopce zapíná režim rekuperace a energie se do systému naopak vrací.

### 3.6.1 Rozdělení hybridních pohonů

Hybridní vozidla je možné rozdělit podle uspořádání hnacího ústrojí, na sériové a paralelní. Tyto typy uspořádání jsou detailněji popsány v následujících odstavcích. Existují i další uspořádání, jako je full hybrid, power-assist hybrid a mild Hybrid. Paralelní hybrid, který se objevuje ve většině instalací hybridů, má možnost kola pohánět buďto spalovacím motorem, nebo elektromotorem, popř. kombinací. Sériový hybrid, který je občas nazýván jako hybrid s prodlužovačem dojezdu, je poháněn výhradně elektromotorem, a spalovací motor je v autě umístěn pouze jako generátor elektrické energie. Spalovací motor tedy vůbec není mechanicky spojen s koly vozidla.

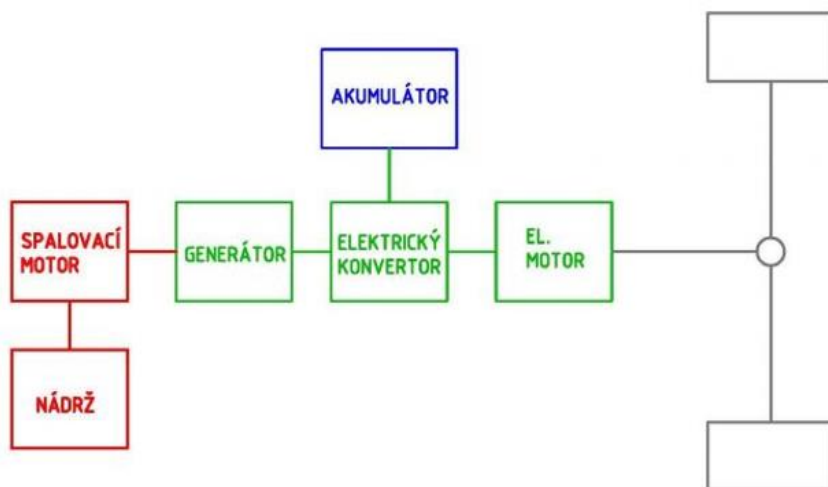
#### Sériové hybridní pohony

U sériového uspořádání hybridních pohonů motorových vozidel je zdrojem energie spalovací motor. Ten pohání generátor, pomocí něhož elektromotor pohání zbytek vozidla. Ve skutečnosti je tedy jediným poháněcím

ústrojím vozidla elektromotor, i přes to, že bere energii z motoru spalovacího. Jednotlivé

komponenty jsou v soustavě uspořádány v řadě za sebou, tedy sériově, jak je zobrazeno na Obr. 7. Při optimálních podmínkách je možné zařídit, aby spalovací motor běžel za

konstantních otáček, což má za následek snížení emisí a zvýšení účinnosti. Pokud optimální podmínky nenastanou, i přes to má spalovací motor pouze malé výkyvy od jeho ideálního chodu.



Obr. 7 Sériový hybrid [39]

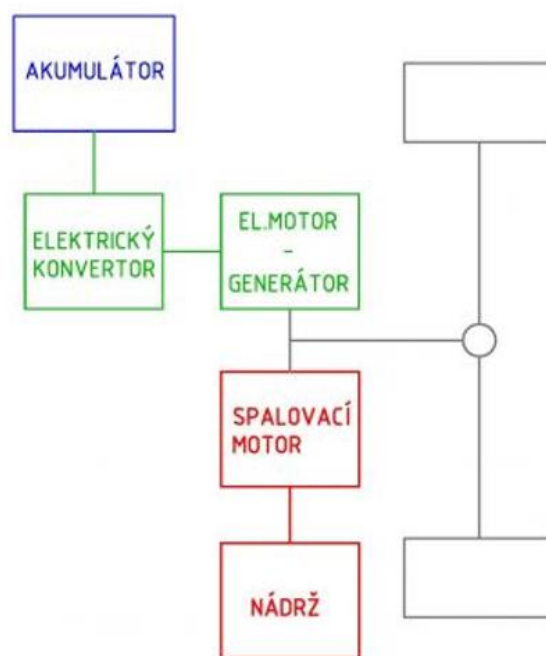
Dají se tím odstranit nevyhovující charakteristiky průběhu činnosti motoru, jako je například chod na prázdno. Spalovací motor tak může být stále nastaven na hodnotu nejvyšší účinnosti, která je určena laboratorně podle pracovní charakteristiky motoru. Výhodou oproti paralelnímu zapojení může být nižší hmotnost soustavy, protože není zapotřebí baterie s tak velkou kapacitou. Oproti tomu u sériového zapojení dochází k vícenásobné přeměně energie, což má za důsledek opětné snížení účinnosti. Účinnost těchto souprav většinou nepřesahuje hodnotu 55 %. Pro pohon elektromotoru nemusí být použit pouze běžný spalovací motor, ale například i pohon plynový. [8, 38]

### Paralelní hybridní motory

Paralelní uspořádání je dnes k vidění u většiny hybridních řešení. Jak je vidět na Obr. 8 vůz stejně jako u sériového zapojení disponuje spalovací

m motorem a elektromotorem, rozdíl je ale v jejich seskupení. Oba motory jsou propojeny mechanickou převodovkou s koly vozidla.

Elektromotor je poháněn z akumulátoru, který disponuje daleko větším napětím, než je běžné u konvenčních automobilů (12 V). Jednotlivé prvky auta, které neslouží k základnímu pohonu, jsou jimi například klimatizace či posilovač řízení, je z hlediska účinnosti výhodnější pohánět pomocí elektromotoru. V paralelním uspořádání jsou tedy dva zdroje energie, spojeny společnou hřídelí. Její krouticí moment je dán součtem obou poháněcích jednotek. V případě, že by aktivně poháněla soustavu jenom jedna jednotka, musela by rotovat i tou druhou, která nedodává výkon. V praxi se nejčastěji používá planetová předovka, ale jednotlivé motory mohou být odděleny i spojkou. Za

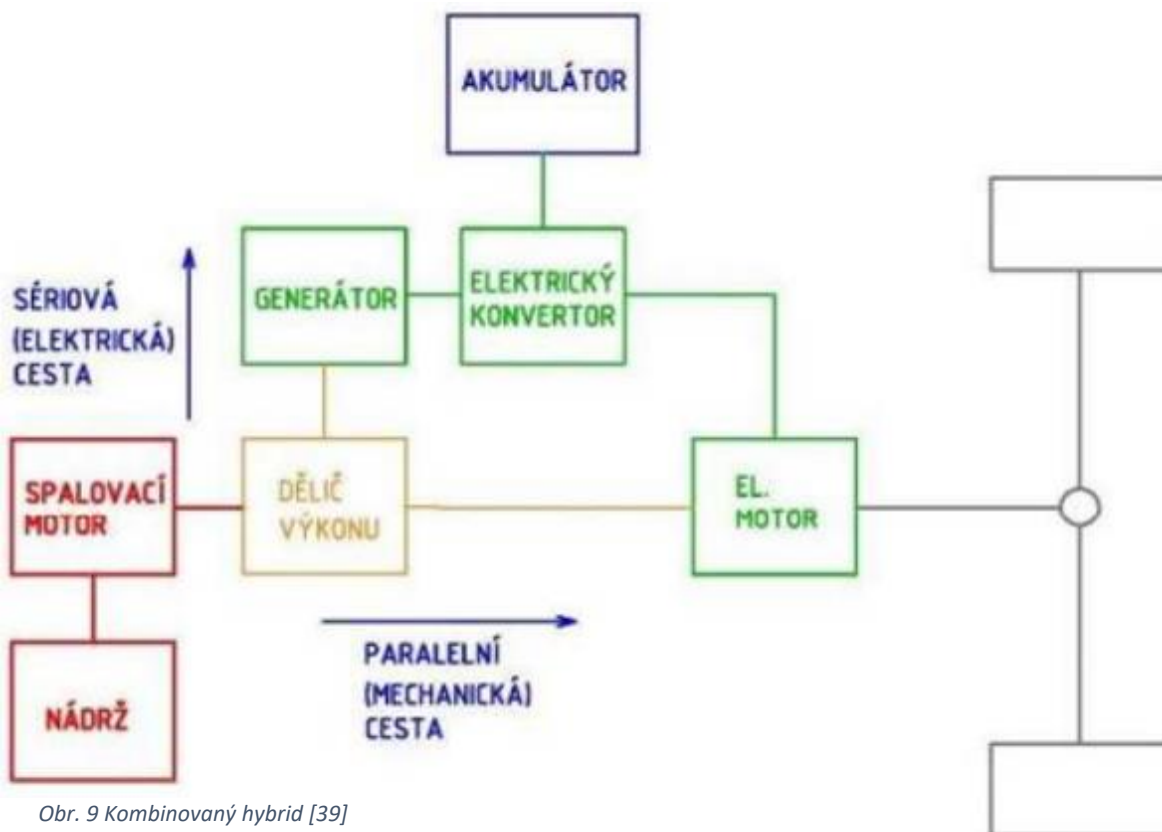


Obr. 8 Paralelní hybrid [39]

jízdy je většinou automobil poháněn spalovacím motorem, elektromotor se využívá převážně na akceleraci a režim rekuperace. [8]

### Kombinované hybridní motory

Kombinované uspořádání se nazývá také full hybrid a je možné je rozdělit na dvě základní skupiny. Jsou jimi pohony přepínatelné a pohony s dělením výkonu. U přepínatelných pohonů je možné si vybrat, kdy bude použito paralelní a kdy sériové zapojení hybridu. O tom, kolik procent výkonu bude vyházet z paralelního či sériového pohonu motoru, rozhoduje stav, ve kterém se vozidlo nachází. Jsou jimi například vysoká rychlost (dálnice), nízká rychlost (město), akcelerace, jízda z kopce nebo brždění. Má nejvýhodnější uspořádání z hlediska spotřeby paliva ze všech ostatních hybridních pohonů. Oproti jiným typům hybridu má hned řadu dalších výhod. Elektromotor a spalovací motor pracují nezávisle na sobě, je možný pohon pouze pomocí elektromotoru a má tedy dostupný vyšší kroutící moment. Nevýhodou je hlavně jeho náročné konstrukční řešení. [39]



Obr. 9 Kombinovaný hybrid [39]

## 4 Porovnání jednotlivých druhů pohonů

V první části porovnání je vybráno jedno konkrétní vozidlo pro každý typ pohonu. Pro každé vozidlo budou uvedeny technické parametry od výrobce a přehledně zobrazeny v tabulce. Dále budou uvedeny argumenty, které pomohou k porovnání ostatních parametrů alternativních pohonů. Snahou bude porovnat pohony s co největším nadhledem a tím tak zajistit potřebnou objektivitu.

### 4.1 Volba konkrétních vozidel

Pro větší přehlednost a rychlejší vyhledávání informací, jsou data uvedeny v Tab. 4, ve které jsou shrnuty technické parametry zvolených typů vozidel. Výběr vozidel probíhal tak, aby vozidla co nejlépe reprezentovali vlastní kategorii pohonů. Důvodem, proč jsou zde biopaliva shrnuta do jednoho je ten, že technické jízdní vlastnosti biopaliv se od sebe téměř neliší.

<b>Parametr / Typ paliva</b>	<b>Elektromobil</b>	<b>LPG</b>	<b>CNG</b>	<b>Bio paliva</b>	<b>Vodík</b>	<b>Hybridní pohon</b>
<b>Název zkoumaného vozu</b>	ŠKODA ENYAQ SPORTLINE iV	Fiat Panda	Fiat Panda	Škoda Octavia 2,0 TDI	Hyundai NEXO	Toyota Corolla 1.8 Hybrid
<b>Maximální rychlost [km/h]</b>	160	164	168	211	192	180
<b>Zrychlení z 0 na 100 km/h [sec]</b>	8,7	14,2	12,8	10,6	9,2	7,9



<b>Dojezd [km]</b>	500	800	800	500	650	950 (benzín + baterie)
<b>Cena [Kč]</b>	1 059 900	276 000	346 000	603 900	1 270 262	569 900
<b>Výkon [kW]</b>	132	51	59	85	120	90

Tab. 4 Shrnutí parametrů vybraných vozidel

## 4.2 Vliv na životní prostředí

V této kapitole 4.2 budou porovnány jednotlivé pohony vozidel z pohledu vlivu na životní prostředí. Porovnání bude provedeno co nejvíce objektivně a s co největším nadhledem nad danou problematikou. Například u elektromobilů je nutné zahrnout i výrobu elektrické energie a výrobu baterie. U vodíkového pohonu by to byla výroba palivového článku a výroba samotného vodíku. Jednotlivými parametry, které patří do této skupiny vlivu na životní prostředí mohou být například energetická účinnost, výroba energie a škodlivé výfukové plyny.

### Elektromobily

Vliv na životní prostředí elektromobilů je velké téma rozebírané různými a odborníky a institucemi. V této kapitole budou čerpány informace primárně z článku od redaktora Jana Zajíce pro časopis MM průmyslové spektrum. Jan Zajíc vedl rozhovor se dvěma odborníky prof. Ing. Janem Mackem, DrSc., FEng., který byl mimo jiné děkanem Fakulty strojní ČVUT v Praze, a s Ing. Josefem Morkusem, CSc., který pracoval v Ústavu pro výzkum motorových vozidel, jako výzkumný a vědecký pracovník. Jejich názory jsou ve společném souladu a souzní i s úhlem pohledu autora práce.

Je možné vypočítat počet ujetých kilometrů, po kterých se stává elektromobil více ekologický než spalovací motor. Pokud bude na problematiku pohlíženo z hlediska emisí CO<sub>2</sub> a vezme v úvahu samotný provoz elektromobilu společně s výrobou akumulátoru a zároveň i výrobou elektrické energie, tak je to v českých podmínkách 130 000 km v případě porovnání s benzínovým pohonem. V případě naftového, je to až 200 000 km. V úvahu je nutné brát i životnost baterie, kde s každým nabitím klesá kapacita takového akumulátoru a po určité době (cca 5-7 let) je nutné akumulátor vyměnit.

Častým argumentem pro elektromobily bývá, že se na pohon bude využívat primárně solární a větrné energie. Ty mají ale své nedostatky a ve skutečnosti jejich procento v ČR soustavně klesá. V roce 2019 podle Národního energetického mixu tvořily tyto zdroje pouze 2 % z celkového objemu. Vodní elektrárny, společně s bioplynovými stanicemi, vyprodukují 10 % celkového objemu energie. Přibližně 50% elektřiny v ČR pochází z uhelných elektráren a bez importu ze zahraničí zatím neexistuje jiná alternativa.

Výrobci lákají zákazníky na rychlé dobíjení elektromobilů do 80 % kapacity. Ale snaha o rychlé dobíjení je z ekologického hlediska vysoce neúspěšná, protože se v průběhu celého dobíjecího procesu vytváří daleko více tepla, které je nutné odvést. To snižuje účinnost celého procesu. [40]

## CNG

CNG a jeho emise CO<sub>2</sub> do ovzduší je v porovnání s benzínem nižší o 25 %. I díky tomu splňuje emisní normu EUR 6 platnou od roku 2015. Oproti naftě CNG nevyplučuje téměř žádné prachové částice, které jsou karcinogenní. Z toho důvodu není třeba instalovat filtr pevných částic, který zvyšuje spotřebu a tím i negativní dopad na okolí. Při smíchání CNG s biometanem se již při 20 % koncentraci biometanu může snížit produkce CO<sub>2</sub> až o 40 %. [41]

## LPG

Provoz LPG v porovnání s benzínem má produkci oxidu uhličitého menší o 15 %. LPG, které má ve srovnání se zemním plynem více než dvojnásobnou výhřevnost, je výhodné využívat hlavně tam, kde nelze vybudovat přípojku k plynové distribuční síti, pomocí propanových zásobníků. [41]

## Bionafta

Testy provedené jak s čistou bionaftou, tak se směsným palivem, vykazují pokles téměř všech emisních hodnot podrobených sledování. Výjimkou jsou oxidy dusíku, které naopak vzrostly. Výsledky je možné vidět v Tab. 5. Téměř nulový obsah síry ve zkoumané směsi znamená, že se také emise oxidů síry blíží k nule. Negativem je ale vyšší spotřeba paliva, vyplývající z nižšího energetického obsahu. Je také nutné si uvědomit, že bionafta vytváří emise i při její výrobě, hlavně tedy při pěstování rostlin na výrobu toho paliva. [42]

Palivo	Měrné emise [gkWh <sup>-1</sup> ]				Relativní změna (%)			
	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PC	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PC
Motorová nafta	0,692	0,12	4,610	0,174	100	100	100	100
5 % MEŘO	0,674	0,117	4,686	0,170	97,4	97,5	101,46	97,7
10 % MEŘO	0,660	0,113	4,784	0,168	95,4	94,16	103,77	96,55
5 % MESO	0,680	0,116	4,698	0,171	98,26	96,66	101,9	98,27
10 % MESO	0,670	0,113	4,789	0,170	96,82	94,16	103,88	97,7

Tab. 5 Vliv přidavku bionafty na měrné emise škodlivin [42]

\* MEŘO – metylester řepkového oleje, MESO – metylester sójového oleje

\*\* CO – oxid uhelnatý, HC – nespálené uhlovodíky, NO<sub>x</sub> – oxidy dusíku, PC – pevné částice

Oproti běžné naftě má Bionafta vynikající biologickou odbouratelnost. Během 21 dnů se dokáže sama odbourat až z 90 %. Co se týče výroby bionafty, vyrábí se z nenasycených mastných kyselin rostlinného původu. Musí se tedy pěstovat rostliny jako je řepka olejná či slunečnice, které slouží pouze k pohonu motorových vozidel. Při současném problému zemědělců s nedostatkem půdy k výrobě potravin pro lidstvo, je myšlenka výroby biopaliv ve větším množství poměrně zcestná.

### Alkohol

Při spalování etanolu jsou emise obecně nižší než při spalování benzínu. Tuhé částice mají o polovinu nižší koncentraci nežli u spalování benzínu a oxidy dusíku se vyskytují v koncentraci nižší o čtvrtinu. A už jenom směs 10 % etanolu s 90 % benzínu snižuje emise CO<sub>2</sub> o 25 %. Používá se tedy i místo přísad benzínu jako jsou benzen, toluen, a xyleny, které zvyšují oktanové číslo benzínu. Je snadno přírodně odbouratelný, a to jak za aerobních, tak i anaerobních podmínek. [42]

### Vodík

Je-li vodík vyráběn elektrolyticky, například s pomocí solární energie, dá se tedy říci, že je nejčistším palivem vůbec. Vodík může být získáván z vody, kde po následném procesu spalování vzniká opět voda. Ostatní škodliviny, vznikající například ze spalování fosilních paliv, při spalování vodíku buď vůbec nevznikají, nebo vznikají v důsledku druhotných vlivů. Skleníkový plyn CO<sub>2</sub>, díky absenci uhlíku ve směsi, při pohonu nevzniká. Výroba vodíku a její účinnost v porovnání s ropou a elektřinou je podrobněji znázorněna v Tab. 6. [43]

Proces / účinnost	Těžba [%]	Výroba [%]	Logistika [%]	Kompresa / Nabíjení [%]	Celkem [%]
Ropná paliva	88	88	98	-	84

Vodík — elektrolýza	25-30	25-30	95	70	17-20
Vodík — reforming	90	80	95	70	43
Vodík — thermochemické procesy	-	55-60	95	70	30-33
El. Energie (pro baterie)	-	30-35	90	90	27-31

Tab. 6 Účinnost výroby vodíku [43]

## Hybridy

Hybridní vozy jsou schopné plnit emisní limit 95 g CO<sub>2</sub>/km. Hybridy nepotřebují velký elektrický akumulátor, většinou stačí cca 1,5 kWh, které mohou být využívány na cestu do města a váží jen několik desítek kilogramů. Avšak dobíjecí plug-in hybridy potřebují baterii o kapacitě cca 10 až 15 kWh, a ta již váží stovky kilogramů. Ve srovnání s elektromobily, které mají baterie 30 až 100 kWh, kde některé váží až 700 kg je to sice lepší, ale je zde třeba brát v úvahu i hmotnost a výrobu spalovacího motoru. Emise z provozu hybridních vozů jsou poté velmi závislé na poměru používání spalovacího motoru a energie z akumulátoru. [40]

### 4.3 Technické parametry

V této kapitole 4.3 jsou uvedeny některé technické parametry jednotlivých pohonů. Většina důležitých údajů je uvedena v kapitole 4.1 — Volba konkrétních vozidel. Zde budou uvedeny pouze některé doplňující údaje, které mohou být zajímavé pro jednotlivé pohony a mohou hrát roli v hodnocení.

## Elektromobily

Dojezd elektromobilu škoda Enyaq iV, který byl vybrán pro porovnání, je to podle výrobce cca 500 km, ale za ideálních podmínek. Ty nenastávají v běžném provozu často. Navíc vyšší dojezd znamená nutnost větší kapacity akumulátorů, což při nynějších technologiích znamená, že se bude zvyšovat i hmotnost baterie. Tu pak bude muset automobil, bez ohledu na to, jak je nabitá, převážet. Tím se bude zvyšovat spotřeba a v konečném důsledku to zase sníží dojezd. Je to tedy systém poměrně neefektivní. Čím je vyšší kapacita akumulátoru, tím je vyšší jeho cena, jeho emise potřebné na výrobu, a množství energie potřebné k nabití. Výrobci nabízejí možnost rychlého nabíjení, kdy je možné nabít baterii do 80 % za cca 30 min. Ta je ale z pohledu účinnosti o dost méně efektivní, než nabíjení „pomalé“, protože se zde vytváří ztrátové teplo, které je nutné odvézt jinam. Elektromobilita může být alternativou pro běžné automobily, ale ideálně na jízdu ve městech, či při jiném provozu na kratší vzdálenosti. Při havárii se elektromobily navíc poměrně špatně hasí.

## CNG

CNG je lehčí než vzduch, tedy v porovnání s LPG může mít přístup do podzemních parkovišť. Nevýhodou je, že u něj je zapotřebí přídavná nádrž na stlačený plyn, a tím se zmenšuje úložný prostor a je náročnější na údržbu.

## LPG

Zkapalněný ropný plyn je směsí propanu, propylenu a butylenu. Stejná směs se často používá ve vařičích. Složení LPG dokáže ovlivnit klepání, které se může vyskytovat u motorů s tímto pohonem. V zimě je nutné pohánět automobily pomocí takzvaného „zimního plynu“, který obsahuje vyšší podíl propanu. Důvodem je náročnost zplyňování běžného LPG při nízkých teplotách. [44]

## Bionafta

Je třeba si uvědomit některé aspekty, které jsou pro bionaftu specifické. Palivo je výrazně agresivnější na některé typy materiálů, zejména na pryže a plasty. Je nutné některé hadice, těsnění a další podobné díly častěji kontrolovat, případně rovnou vyměnit za speciální materiály, které nejsou bionaftou tolik ovlivněny. Bionaftu je také nevhodné používat pro vozidla, které bývají na delší čas odstaveny z provozu, kvůli její tendenci degradovat daleko rychleji než konvenční nafta. Někteří výrobci bionaftu neschvalují, zvláště pro provoz vozidla v zimě. To je primárně kvůli její větší viskozitě za nízkých teplot. Pohonem vozidla na bionaftu trpí i motorový olej, který je nutné častěji měnit, protože ve chvíli, kdy motor ještě není dokonale rozehrátý, tedy při startech vozidla, se do něj dostává daleko více metylesteru z paliva. [45]

## Alkohol

Směsi bioetanolu je možné rozdělit do dvou skupin. Jednou je zimní směs a druhou směs letní. Letní směs obsahuje 85 % bioetanolu a 15 % benzínu. Z tohoto poměru pochází název E85. Zimní směs obsahuje 65-70 % bioetanolu a 30-35 % benzínu. Je to z toho důvodu, že bioetanol je nutné zahřát na vyšší teplotu k tomu, aby vzplanul. E85 nezpůsobuje korozi, na druhou stranu ale jímá vodu, která poškozuje v některých částech motoru jeho funkčnost. Směs E85 zajišťuje pro motor delší životnost tím, že hoří při nižších teplotách. Disponuje schopností čistit části hnacího ústrojí, např. trysky nebo pumpu. Automobil poháněný bioetanolem je možné zaparkovat v podzemních garážích. [46]

## Vodík

Vodík je nejrozšířenějším, nejjednodušším, a nejlehčím prvkem vyskytujícím se v přírodě. Má velmi nízkou hustotu ( $0,0899 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ), kvůli které je nutné mít v autě nádrž, která je schopná uchovávat veliké množství vodíku. Vodík má také velmi širokou oblast teplot, ve které je hořlavý. Nádrž je nutné udělat z pevného materiálu z důvodu případné havárie. Technickým problémem může být také náročná distribuce vodíku ke spotřebiteli.

## Hybridy

U hybridního pohonu pomáhá spalovacímu motoru elektřina, díky které má auto lepší akceleraci. Na baterii dokáže ujet výše uvedená Toyota Corolla až 50 km, pokud je baterie plně nabitá. Baterie nemusí být závislá na dobíjení ze stanice, dokáže se dobíjet pomocí rekuperace, ale v případě větších baterií určitě ne do plné kapacity. Pro provoz ve městech je dobré dobíjet baterii v místě bydliště a využívat její pohon. Ovšem nutnost hybridu mít v sobě dva motory znamená náročnější výrobu a větší riziko poškození vozidla.

### 4.4 Uživatelská přívětivost

Zde budou uvedeny argumenty, zohledňující praktické využívání těchto vozidel. Alternativy s sebou většinou nesou určité nepohodlí, například v podobě délky dobíjení u elektromobilů, nebo nutnosti přídavné nádrže v zavazadlovém prostoru u CNG. Uživatelská přívětivost je hodnocena z pohledu uživatele současné doby, proto je například pohon pomocí vodíku hodnocen spíše záporně.

## Elektromobily

Hlavní nevýhody elektromobilů jsou dlouhé dobíjení, krátký dojezd a cena. Cena je vysoká z důvodu výroby drahé baterie a v případě poruchy i drahým servisem. Pravidelný servis je podmínkou k záruce baterie, a tedy by bylo chybné předpokládat, že vzhledem k jednoduchému systému elektrického pohonu se nemá co pokazit a tím tedy nebude třeba servisovat. Většina populace svými příjmy nedosáhne na cenu elektromobilů, pokud nejsou dotovány. [40]

Je ale nutné zmínit, že cena provozu elektromobilu v současné době levnější než u konvenčních vozidel. Cena na km se nejčastěji pohybuje od 0,4 do 0,6 Kč/km. Částka se liší podle sazby a tarifu. Další výhodou je osvobození elektromobilů od silniční daně vozidel, které jsou určeny k podnikatelské činnosti (cca 1500 Kč/rok) a osvobození od dálničních poplatků (1500 Kč/rok). Za povinné ručení platí majitel elektromobilu nejnížší možnou sazbu.



## CNG

Mezi hlavní důvody používání CNG patří jeho nízká cena za provoz, která je o 30 až 50 % nižší nežli u konvenčních paliv. Nevýhodou je, že jsou potřeba další náklady na pořízení vozidla a náhradní díly jsou také o něco dražší nežli u konvenčních vozidel. Dodatečná nádrž potřebná k provozu vozidla na CNG nejenže zvyšuje hmotnost automobilu, ale také snižuje objem zavazadlového prostoru. Provoz vozidla na CNG je celkově tišší nežli konvenční paliva.

## LPG

Při pohledu na tabuli čerpací stanice se může zdát, že LPG je v porovnání s CNG levnější. Cena CNG, tedy plynného paliva se udává za kilogram. U LPG, které je kapalné, je cena uvedena za litr. Jeden kilogram CNG je svým energetickým objemem přibližně stejný jako 2 litry LPG. Pokud se do výpočtů zahrne i cena, tak výsledkem bude, že CNG je asi o třetinu levnější než LPG. [44]

Za hlavní nevýhodu LPG je považován fakt, že vozidlo s tímto pohonem nesmí do podzemních garáží, což pro některé uživatele, primárně ve větších městech může být nepříjemné. Další nevýhodou je, že je nutný pravidelný servis a kontrola tohoto ústrojí.

## Bionafta

Na základě zkušeností majitelů vozidel poháněných bionaftou, je možné říci, že bionafta vyžaduje občasnou údržbu v podobě výměny palivového filtru či opravy problémů se vstřikováním. Je zapotřebí vozidla s natankovanou bionaftou udržovat v chodu, protože jejich dlouhodobé stání může mít za následek její degradaci. Bionafta oproti běžné naftě více zapáchá. To sice neovlivňuje majitele vozu, ale jeho okolí určitě ano. Motor nemá pod vlivem bionafty takovou sílu jako s běžnou naftou, dá se sledovat snížení maximální rychlosti a nepatrné snížení zrychlení. Rozdíl nicméně není výrazný, většina uživatelů ho ani nezaregistruje. O to více v případě, kdy vozidlo není ničím výrazně zatíženo. Cena je díky částečnému osvobození od spotřební daně levnější než cena běžné nafty.

## Alkohol

Bioetanol se tankuje do běžné nádrže původně určené pro benzín. Jeho potřeba speciálních úprav ale spočívá v instalaci jednotky, která zařídí motoru správné vstřikování. Pořizovací cena jednotky se pohybuje od 5 000 až do 12 000 Kč a je nutné dbát na pravidelnou údržbu těchto komponent. Montáž pak může trvat až 6 hodin. [46] V současné době je cena za litr bioetanolu o cca 5 Kč menší než cena benzínu.

## Vodík

Vozy na vodík ještě nejsou běžně používány, a to jak v ČR, tak i mimo ní. Existují již sériově vyráběné vozy, ale nejedná se o velké množství kusů. Vůz má podobné jízdní vlastnosti jako elektromobil, až na to, že má díky vodíkové nádrži vyšší dojezd. Jeho cena v současné době není nijak atraktivní z důvodu potřeby drahých kovů na výrobu palivového článku. Veřejných čerpacích stanic pro vodík je zatím malé množství, v ČR je zatím pouze jedna v Neratovicích. Další jsou ale naplánované a některé z nich jsou již v procesu výstavby. Jedna by měla vzniknout v Praze na Barrandově, další v Litvínově a v Brně. [47] Za posledních pět let se počet plnicích stanic vodíku ve světě ztrojnásobil.

## Hybridy

Výhodou hybridů je volba typu pohonu v závislosti na situaci, ve které se automobil nachází. Uživatel si vybere mezi jízdou pouze na elektřinu, pouze na spalovací motor, nebo se dá i kombinovat pomocí takzvaného power módu, kde je hybridní vozidlo poháněno jak spalovacím motorem, tak i elektromotorem. Potřeba dvou typů pohonu zvyšuje hmotnost hybridních automobilů, ale i tak hybridní vozy nevykazují známky výrazně vyšší spotřeby paliva. Pro příklad jsou zde uvedeny údaje z testovací jízdy, která byla provedena vozem Toyota Corolla na vzdálenosti 60 km. 17 km bylo po dálnici, 17 km městem a zbytek po silnicích 2. a 3. třídy. Palubní počítač naměřil spotřebu 4 l/100 km. [48]

## 4.5 Potenciál do budoucna

Zde jsou uvedeny argumenty týkající se potenciálu do budoucna jednotlivých pohonů. Při obecném hodnocení alternativních pohonů je tato kapitola důležitá hlavně proto, že žádný typ alternativního pohonu ještě není v takové fázi, že by dokázal účinně nahradit pohony konvenční. Je tedy nutné věnovat pozornost takovým pohonům, které je možné zdokonalovat.

### Elektromobily

Elektromobily se možná některými vládními systémy nadhodnocují, ale o jejich potenciálu do budoucna není pochyb. Už v současné době existuje mnoho chytrých řešení, které se snaží problémy elektromobilů obejít, či jinak překonat. Fakt, že elektromobil v podstatě z auta nevylučuje žádné škodlivé látky, může hrát do budoucna významnou roli.

### CNG

Zemní plyn má své neodmyslitelné místo v alternativních pohonech. Koncern Volkswagen ještě minulý rok plánoval zařadit celé modelové portfolio vozidel, které by byly poháněny pomocí CNG. V automobilce Seat už dokonce vyrobili kompletně nový motor s pohonem na CNG.

Strategii výrobních firem ale ohrožují kvóty, kterých musejí automobily dosahovat týkající se emisí. Pro německé noviny Handelsblatt se dokonce šéf koncernu Volkswagen Herbert Diess vyjádřil následujícím výrokem. „Pokud chceme dosáhnout cílů v oblasti životního prostředí a ekologické mobility, pak se musíme zaměřit jen na elektromobily. Ostatní odvětví by byla pouze plýtvání časem.“ [49]

### LPG

Ačkoli je LPG alternativním palivem k benzínu a naftě, kdyby nebylo těchto paliv, není ani LPG. To je ze 40 % získáváno jako vedlejší produkt při rafinaci ropy a z 60 % separací při těžbě

zemního plynu. Co se týče budoucnosti LPG, spíše se mluví o takzvaném bioLPG, které se vyrábí z rostlinných olejů, případně z organického odpadu a celulóзовé biomasy. [50]

### Bionafta

Naděje do budoucna se vkládá hlavně do biopaliv druhé generace, které nikterak nekonkurují s rostlinami určené ke konzumaci. Většinou jde o odpady ze zemědělství, například sláma. Může jít i o odpady z průmyslu, jako je při výrobě papíru černý louh, nebo o odpady z dřevozpracovatelského průmyslu, jako jsou piliny a třísky. [51]

### Alkohol

Existují různé možnosti, které jsou v oblasti alkoholových pohonů v současnosti zkoumány a vylepšovány. Hlavní cesta je realizována skrze biochemii a spočívá v uvolňování celulózy pomocí výkonných enzymů. Na vývoji se podílí NILE (New Improvement for Lignocellulosic Ethanol), která se snaží nalézt vhodné enzymy a zdokonalit tak proces kvašení.

### Vodík

Vodík bývá často nazýván palivem budoucnosti, hlavně díky jeho malému negativnímu vlivu na životní prostředí. Jak už bylo zmíněno výše, největším problémem je cena vozidla. Vědci, neboť chtějí obejít závislost palivových článků na platině, usilovně pracují na nalezení levnějšího zdroje, například kobaltu. I přes malé úspěchy zatím žádná studovaná alternativa platinu nezastoupila. Potenciální budoucí cesta se tedy také nabízí skrze poskytnutí dotací a snižování daní ze strany vládních systémů, stejně jako je tomu u elektromobilů. [52]

### Hybridy

Z pohledu možností do budoucna, lze u hybridních automobilů pozorovat různé výhody, které jsou přímo úměrné výhodám elektromobilů. S tím, jak se bude vylepšovat technologie

elektromobilů a řešení jejich problémů, viz projekt firmy Volkswagen popsany v kapitole 3.2 — Elektrické pohony, bude pro spotřebitele nákup hybridního pohonu ještě zajímavější než nyní. Nepředpokládá se, že by spalovací motory rychle opustili svoji nadvládu nad ostatními pohony a ani by tento rychlý skok nebyl příliš efektivní, vzhledem k již tak velké infrastruktuře výroby těchto motorů. Spalovací motory je tedy možné i nadále používat v hybridních pohonech.

#### 4.6 Závěrečné srovnání

V této kapitole 4.6 jsou bodově ohodnoceny jednotlivé skupiny parametrů. Důvody autorova hodnocení je možné vyvodit z argumentů, uvedených výše v kapitole 4. Jedná se o subjektivní názor, který je podložený názory ostatních odborníků. Body byly rozděleny autorem co nejvíce objektivně a s co největším nadhledem nad danou problematikou.

Typ pohonu	Počet bodů				
	Vliv na životní prostředí	Technické parametry	Uživatelská přívětivost	Potenciál do budoucna	Součet
Elektromobil	6	5	5	6	22
CNG	5	8	6	5	24
LPG	4	6	5	5	20
Bionafta	5	5	5	7	22
Alkohol	5	5	6	6	22
Vodík	8	7	2	9	26
Hybrid	7	8	7	7	29

Tab. 7 Ohodnocení jednotlivých pohonů

## Budoucnost alternativních pohonů

Budoucnost alternativních pohonů byla již z části popsána v kapitole 4.5 — Potenciál do budoucna. V současné době neexistuje alternativa, u které by bylo jasné, že dočista nahradí konvenční pohony. Minimálně po dobu následujících 20 let lze očekávat výskyt spalovacích motorů, a dokonce i jejich výrobu. Téměř jistě se budou vyrábět v menším procentu a budou postupně nahrazovány pohony alternativními. Ideální cestou je takzvaná diverzifikace těchto pohonů, tedy jejich rozložení do několika směrů a nikoli pouze aplikace jednoho.

Stále je moderní snižovat emise skleníkových plynů pouze regulací samotného pohonu vozidla. Tím se řídicí orgány poněkud krátkozrace upnuly na elektromobily. Jak je vysvětleno výše, pohon automobilů pouze pomocí akumulátorů s elektromotorem by sice zajistil nulové výfukové plyny, ale zůstává otázkou, zda by to skutečně pomohlo životnímu prostředí.

Hybridní pohony mají jako jednu ze základních komponent spalovací motor, a právě proto samy o sobě neřeší problém hledání alternativního zdroje pohonu motorových vozidel. Nicméně nárůst jejich výskytu v budoucnu je více než pravděpodobný. Hybridy dokáží kombinovat výhody spalovacího motoru a elektromotoru, a právě to z nich dělá tak silného kandidáta do budoucna.

Ukázkovým příkladem obnovitelného zdroje energie jsou biopaliva. Mají ale své nedostatky. Tím zásadním je potřeba využívání zemědělské plochy pouze pro pohon automobilů. Ideálním řešením se nabízí využití rostlinných zbytků, které již nemají další využití. Těch ale nebude nikdy dostatečné množství, aby úplně nahradily současní konvenční paliva. Nicméně jejich příspěvek do pohonných hmot je cenný a jistě má potenciál snížit procento použití běžné nafty.

Jako palivo budoucnosti bývá často nazýván vodík. Dnes již existuje několik typů vozidel, které jsou poháněny pomocí vodíku, ale není jich mnoho. Hlavním důvodem malého množství vozidel s vodíkovým pohonem je cena. Pro současné užívání tohoto pohonu existuje další velká překážka, a tou je nedostatečná infrastruktura na distribuci vodíku ke spotřebitelům. Jeho distribuce není snadná, ale také není neřešitelná. Proto lze očekávat výrazný nárůst výskytu tohoto pohonu v budoucnosti.

## Závěr

Cílem bakalářské práce bylo vytvořit porovnání alternativních pohonů motorových vozidel. Práce v první části popisuje jednotlivé alternativní pohony a v druhé tyto pohony porovnává. Jednotlivé parametry, podle kterých jsou alternativní pohony porovnány byly sloučeny do čtyř skupin.

Z porovnání alternativních pohonů vychází nejlépe pohon hybridních vozidel. Ten při aplikování metodiky bodového porovnávání má ve všech hodnocených parametrech nadprůměrné vlastnosti a získal 29 bodů ze 40 možných. Jako druhý se v porovnání umístil vodíkový pohon. Ten získal málo bodů za uživatelskou přívětivost v současné době, ale jeho nízké ekologické dopady společně vysokým potenciálem do budoucna ho udržují v hodnocení nad většinou ostatních alternativních pohonů. Třetí nejlepší umístění obsadil pohon CNG, který získal dobré ohodnocení ve skupině technických parametrů. Méně příznivé už byly jeho vlastnosti u vlivu na životní prostředí a potenciálu do budoucna. Elektromobily, bionafta a alkoholové palivo dosáhly stejného množství 22 bodů ze 40 možných, kde jejich vlastnosti jsou víceméně průměrné. Jako poslední se umístilo palivo LPG, tedy kapalného ropného plynu, které má průměrné až podprůměrné vlastnosti.

Prozatím není zcela zřejmé, jak budou současné konvenční paliva nahrazeny, ale jako ve většině úspěšných koncepcí v dějinách, se i v tématu pohonu motorových vozidel nejspíše uplatní kombinace více řešení najednou. Konvenční pohony tedy nebudou nahrazeny jedním zdrojem energie, ale jejich kombinací. Díky tomu dokonce nebude ani nutné spalovací motory nahrazovat úplně, ale pouze je postačí doplnit dalšími vhodnými technologiemi.

## Seznam použité literatury

- [1] *konvenční - ABZ.cz: slovník cizích slov* [online]. [vid. 2021-01-27]. Dostupné z: <https://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/konvencni>
- [2] *alternativní – Wikislovník* [online]. nedatováno [vid. 2021-01-29]. Dostupné z: <https://cs.wiktionary.org/wiki/alternativní>
- [3] *alternativní – Wikislovník* [online]. [vid. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://cs.wiktionary.org/wiki/alternativn%C3%AD>
- [4] VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. B.m.: František Vlk, 2004. ISBN 80-239-1602-5.
- [5] *Skleníkové plyny: emise podle zemí a odvětví (infografika) | Zpravodajství | Evropský parlament* [online]. [vid. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20180301STO98928/sklenikove-plyny-emise-podle-zemi-a-odvetvi-infografika>
- [6] BRZEZINA, Jáchym. *Rekordně vysoké koncentrace metanu v ovzduší. ČHMÚ Brno* [online]. 13. duben 2020 [vid. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://chmibrno.org/blog/2020/04/13/rekordne-vysoke-koncentrace-metanu-v-ovzdusi/>
- [7] US DEPARTMENT OF COMMERCE, NOAA. *Global Monitoring Laboratory - Carbon Cycle Greenhouse Gases* [online]. [vid. 2021-02-04]. Dostupné z: [https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends\\_ch4/](https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends_ch4/)
- [8] HROMÁDKO, Jan. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4455-1.
- [9] MORÁVEK, Bc Martin. *ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE*. nedatováno, 96.
- [10] *Diesel vs petrol engines : Why you should consider a diesel as your next car* [online]. [vid. 2021-02-01]. Dostupné z: <https://www.hardwarezone.com.sg/feature-why-you-should-consider-diesel-your-next-car/diesel-vs-petrol-engines>
- [11] *Camille Jenatzy* [online]. 2020 [vid. 2021-02-07]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Camille\\_Jenatzy&oldid=18594027](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Camille_Jenatzy&oldid=18594027)
- [12] *Optimalizace využití vozidel s alternativním pohonem AUTOSYMPO Daniel Prostějovský - PDF Free Download* [online]. [vid. 2021-02-07]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/105331986-Optimalizace-vyuziti-vozidel-s-alternativnim-pohonem-autosympo-daniel-prostejovsky.html>



- [13] Registrace vozidel podle druhů paliv v posledních čtvrtletí roku 2019. *MotoFocus.cz* [online]. 12. únor 2020 [vid. 2021-02-07]. Dostupné z: <https://motofocus.cz/statistiky-trhu-vozidel/55391,registrace-vozidel-podle-druhu-paliv-v-poslednich-ctvrtleti-roku-2019>
- [14] Model S. *Tesla* [online]. [vid. 2021-02-07]. Dostupné z: <https://www.tesla.com/models>
- [15] *Charging robots: Revolution in the underground parking garage* [online]. [vid. 2021-02-07]. Dostupné z: <https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2019/12/volkswagen-lets-its-charging-robots-loose.html>
- [16] *PavelkovaJ\_AlternativniZdroje\_MS.pdf* [online]. [vid. 2021-02-07]. Dostupné z: [https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/57792/PavelkovaJ\\_AlternativniZdroje\\_MS.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/57792/PavelkovaJ_AlternativniZdroje_MS.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- [17] HŘEBÍČEK, Lukáš. Univerzita Pardubice Dopravní fakulta Jana Pernera. nedatováno, 54.
- [18] *Další alternativní pohonné hmoty | CNG4You* [online]. [vid. 2021-02-07]. Dostupné z: <http://www.cng4you.cz/cng-info/dalsi-alternativni-pohonne-hmoty.html>
- [19] *zav\_prace\_soubor\_verejne.pdf* [online]. [vid. 2021-04-03]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=145821](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=145821)
- [20] Biom.cz. *biom.cz* [online]. 1. leden 2001 [vid. 2021-04-03]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/bionafta-a-smesna-motorova-nafta>
- [21] *VÝROBA ESTERŮ MASTNÝCH KYSELIN (BIONAFTY) Z ODPADNÍCH ŽIVOČIŠNÝCH TUKŮ.pdf* [online]. [vid. 2021-04-03]. Dostupné z: [http://www.chemicky-listy.cz/docs/full/2013\\_06\\_476-478.pdf](http://www.chemicky-listy.cz/docs/full/2013_06_476-478.pdf)
- [22] *BIONAFTA* [online]. [vid. 2021-04-03]. Dostupné z: <http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Bionafta.htm>
- [23] *Biomasa* [online]. [vid. 2021-04-03]. Dostupné z: [http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/energie\\_biomasy.html](http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/energie_biomasy.html)
- [24] STONE, Richard. *Introduction to Internal Combustion Engines*. B.m.: Hampshire: Palgrave Macmillan, 2012. ISBN 978-0-230-57663-6.
- [25] *Bioplyn a bioplynové stanice v ČR* [online]. [vid. 2021-04-04]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/bioplyn-a-bioplynove-stance-v-cr>
- [26] *agriKomp Bohemia.Zemědělská bioplynová stanice Bořetice .pdf* [online]. [vid. 2021-04-04]. Dostupné z: [https://agrikomp.com/images/cs-CZ/pdf/Nauna\\_stezka\\_Boetice\\_II.pdf](https://agrikomp.com/images/cs-CZ/pdf/Nauna_stezka_Boetice_II.pdf)

- [27] MUŽÍK, Oldřich a Jaroslav KÁRA. Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR. *Biom.cz* [online]. 2009, **11**(3). ISSN 1801-2655. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>
- [28] ČERVENÁ, Krystýna, Barbora LYČKOVÁ a Lucie KUČEROVÁ. *Biologické metody zpracování odpadů* [online]. [vid. 2021-04-04]. Dostupné z: [http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Bioplynova\\_stanice.html](http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Bioplynova_stanice.html)
- [29] *VYUŽITÍ BIOPLYNU V DOPRAVĚ.pdf* [online]. [vid. 2021-04-04]. Dostupné z: <http://www.cngcompany.cz/gallery/bioplyn.pdf>
- [30] *Biometan, konference Bioplyn Třeboň 10\_2011.pdf* [online]. [vid. 2021-04-04]. Dostupné z: [https://www.czba.cz/files/ceska-bioplynova-asociace/uploads/files/19\\_VPBPS2011\\_zakovec.pdf](https://www.czba.cz/files/ceska-bioplynova-asociace/uploads/files/19_VPBPS2011_zakovec.pdf)
- [31] KAMEŠ, Josef. *Vodík - alternativní palivo*. B.m.: CVUT Praha, 2007. ISBN 978-80-254-1686-0.
- [32] J.D. HOLLADAY, J. HU, D.L. KING, Y. WANG,. *Catalysis Today*. B.m.: International Journal of Hydrogen Energy, 2009. ISBN 0920-5861.
- [33] LOGAN, Bruce E. *Microbial fuel cells: methodology and technology*. B.m.: Environmental science & technology, 2006. ISBN 5181-5192.
- [34] CRABTREE, G.W. a M.S. DRESSELHAUS. The Hydrogen Fuel Alternative. *MRS Bulletin* [online]. 2008, **33**(4), 421–428. ISSN 1938-1425. Dostupné z: [doi:10.1557/mrs2008.84](https://doi.org/10.1557/mrs2008.84)
- [35] *Katalyzátor* [online]. 2021 [vid. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Katalyz%C3%A1tor&oldid=19609895>
- [36] TABBI WILBERFORCE, A. ALASWAD, A. PALUMBO, M. DASSISTI, A.G. OLABI. *Advances in stationary and portable fuel cell applications*. B.m.: International Journal of Hydrogen Energy, 2016. ISBN 0360-3199.
- [37] D. LANZAROTTO, M. MARCHESONI, M. PASSALACQUA, A. PINI PRATO, M. REPETTO. *Overview of different hybrid vehicle architectures*. B.m.: IFAC-PapersOnLine, 2018. ISBN 2405-8963.
- [38] *Hybridní systémy pro pohon automobilů* [online]. [vid. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektromobilita/hybridni-systemy-pro-pohon-automobilu>
- [39] HRABAL, Martin. *Hybridní pohony osobních automobilů*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Mendelova univerzita, agronomická fakulta.

- [40] ZAJÍC, Václav. *Střídavě stejnosměrné názory na elektromobilitu, 9. a 10. díl: Jak se staví odborníci k e-mobilitě | MM Průmyslové spektrum* [online]. [vid. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/jak-se-stavi-odbornici-k-e-mobilite>
- [41] INFO@FTSUN.CZ, FT Sun, [www.ftsun.cz](http://www.ftsun.cz). LNG vs CNG. CNG+ [online]. [vid. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://www.cngplus.cz/lng-vs-cng.html>
- [42] ŠMEJKAL, Petr. *VLIV BIOPALIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ*. B.m., nedatováno. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta.
- [43] KRATOCHVÍL, Martin. *Vodíkový pohon v současnosti*. B.m., nedatováno. Bakalářská práce. b.n.
- [44] PROSTŘEDÍ, EnviWeb.cz-zpravodajství o životním. Vozidla poháněná plynem: CNG není LPG - EnviWeb.czEnviWeb.cz. *EnviWeb.cz* [online]. [vid. 2021-04-19]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/101138>
- [45] *Používání bionafty v ČR a v Evropě* [online]. [vid. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/pouzivani-bionafty-v-cr-a-v-evrope/>
- [46] VRLÍKOVÁ, Věra. *Biopaliva a životní prostředí*. B.m., 2015. Bakalářská práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava Hornicko-geologická fakulta Institut environmentálního inženýrství.
- [47] V Česku konečně vzniknou první vodíkové stanice. K dispozici budou v Praze, Litvínově i Brně. *auto.cz* [online]. [vid. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/v-cesku-konecne-vzniknou-prvni-vodikove-stanice-k-dispozici-budou-v-praze-litvinove-i-brne-136132>
- [48] S.R.O, 24net. Test Otestovali jsme, jakou reálnou spotřebu má Toyota Corolla Sedan 1,8 Hybrid – Zaostřeno na spotřebu. *fDrive.cz* [online]. [vid. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/test-otestovali-j sme-jakou-realnou-spotrebu-ma-toyota-corolla-sedan-18-hybrid-zaostreno-na-spotrebu-6444>
- [49] *Volkswagen: VW nimmt Abschied vom Erdgas* [online]. [vid. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/volkswagen-vw-nimmt-abschied-vom-erdgas/25593434.html>
- [50] KURZY.CZ. *Zemní plyn a LPG: budoucnost je v ještě větší ekologizaci tohoto paliva | Kurzy.cz* [online]. [vid. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/zpravy/537086-zemni-plyn-a-lpg-budoucnost-je-v-jeste-vetsi-ekologizaci-tohoto-paliva/>
- [51] BIOFUELS RESEARCH ADVISORY COUNCIL a EUROPÄISCHE KOMMISSION, ed. *Biofuels in the European Union: a vision for 2030 and beyond ; final report of the Biofuels Research Advisory Council*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2006. EUR, 22066. ISBN 978-92-79-01748-3.

- [52] KULAGIN, V. A., AND D. A. GRUSHEVENKO. Will Hydrogen Be Able to Become the Fuel of the Future? *Thermal Engineering* 67. 2020.
- [53] *Vývoj koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře* [online]. nedatováno [vid. 2021-02-01]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/koncentrace-co2>

## Seznam obrázků

Obr. 1 Rozložení skleníkových plynů.....	6
Obr. 2 Vliv plynů na skleníkový efekt.....	7
Obr. 3 Celosvětový podíl zdrojů energie.....	8
Obr. 4 Obecné rozdělení konvenčních motorů.....	10
Obr. 5 Mobilní nabíjecí robot [15] .....	12
Obr. 6 Schéma palivového článku [36] .....	24
Obr. 7 Sériový hybrid [40] .....	27
Obr. 8 Paralelní hybrid [40].....	28
Obr. 9 Kombinovaný hybrid [40].....	29
Obr. 10 Vývoj koncentrace CO <sub>2</sub> .....	52

## Seznam tabulek

Tab. 1 Rozdělení motorových vozidel .....	5
Tab. 2 Poměr typu pohonu motorových vozidel v posledních letech .....	11
Tab. 3 Porovnání fyzikálních vlastností motorové nafty a rostlinných olejů [20].....	16
Tab. 4 Shrnutí parametrů vybraných vozidel.....	31
Tab. 5 Vliv přídavku bionafty na měrné emise škodlivin .....	33
Tab. 6 Účinnost výroby vodíku.....	35
Tab. 7 Ohodnocení jednotlivých pohonů.....	43

# Příloha 1 [Vývoj koncentrace CO<sub>2</sub>]

Obr. 100 Vývoj koncentrace CO<sub>2</sub> [53]

