

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Využití alternativních paliv v automobilovém průmyslu

Alternative Fuels Utilization in Car Industry

Student:

Jiří Ryšavý

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Radim Janalík, CSc.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Ryšavý**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 3904R016 Technika tvorby a ochrany životního prostředí
Téma: **Využití alternativních paliv v automobilovém průmyslu**
Alternative Fuels Utilization in Car Industry

Zásady pro vypracování:

- Druhy a vlastnosti alternativních paliv
- Historie alternativních paliv v automobilovém průmyslu
- Způsob získávání a výroba alternativních paliv
- Současné aplikace využití alternativních paliv v automobilovém průmyslu

Seznam doporučené odborné literatury:

Kameš, J.: Alternativní pohon automobilů, BEN Praha, 2004, ISBN 80-7300-337-6
Vlk, E.: Alternativní pohony motorových vozidel, František Vlk, 2004, ISBN 80-239-1602-5
Hromádko, J.: Speciální spalovací motory a alternativní pohony, Grada, Praha, 2013, ISBN 978-80-247-4455-1

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

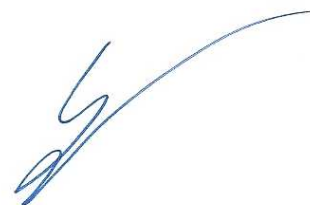
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Radim Janalík, CSc.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 18.5.2015

.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevydělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě 18.5.2015

.....

Podpis studenta

Adresa trvalého pobytu diplomanta:

Šrobárova 517/9

720 00 OSTRAVA - Hrabová

Anotace

RYŠAVÝ, J. Využití alternativních paliv v automobilovém průmyslu, Ostrava: katedra energetiky, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2015. Bakalářská práce, vedoucí Ing. Radim Janalík, CSc.

Bakalářská práce obsahuje komplexní informace o nejrozšířenějších alternativních palivech používaných ve světě. Je zde zahrnut proces těžby či výroby alternativních paliv, jejich dopad na životní prostředí, historie využívání, možnosti transportu od zdroje, až do automobilu a aktuální situace rozšíření čerpacích, plnicích či dobíjecích stanic v České republice a světě. Dále jsou zde shrnuty celkové vlastnosti, a také výhody a nevýhody jednotlivých alternativních paliv.

Klíčová slova: CNG, LNG, LPG, Elektromobil, Biopaliva, Hybrid

Annotation

RYŠAVÝ, J. Alternative Fuels Utilization in Car Industry, Ostrava: Department of Energy Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, VŠB-TU Ostrava, 2015. Bachelor essay, head Ing. Radim Janalík, CSc.

Bechelor essay contains comprehensive information of the most widely used alternative fuels in the world. There is incorporated process of extraction or production alternative fuels, their impact on the environment, usage history, possibilities of transport from the source to the automobile and extension of the current situation of pumping, filling and recharging stations in the Czech Republic and in the world. There are also summarizes of the overall properties, as well as the advantages and disadvantages of each alternative fuel.

Keywords: CNG, LNG, LPG, Electric car, Biofuels, Hybrid

Obsah

0. Úvod.....	1
1. Alternativní paliva ve světě	2
2. Zemní plyn (CNG).....	3
2.1 Historie plynu jako pohonné hmoty	3
2.2 Vlastnosti.....	4
2.3 Těžba, zpracování, transport ke spotřebiteli a skladování	5
2.4 Rozšíření	9
2.5 Bioplyn.....	10
2.6 LNG.....	11
2.7 Ekologie provozu	12
2.8 Změny v konstrukci automobilů	13
2.9 Postoj automobilek.....	13
2.10 Klady a zápory.....	14
3. Eklektická energie.....	15
3.1 Historie využívání elektrické energie, jako zdroje pro elektromobilitu.....	15
3.2 Ekologie provozu	16
3.3 Standarty pro dobíjení	17
3.4 Skladování.....	20
3.5 Rozšíření	20
3.6 Změny v konstrukci - přestavby.....	24
3.7 Hybrid	24
3.8 Klady a zápory	25
4. LPG.....	26
4.1 Vlastnosti.....	26
4.2 Produkce, zpracování, transport ke spotřebiteli a skladování.....	28
4.3 Rozšíření	29
4.4 Změny v konstrukci automobilů, Diesel Gas a ekologie	30
4.5 Klady a zápory	30
5. Biopaliva.....	31
5.1 Vlastnosti.....	31
5.2 Výroba, zpracování, transport a skladování.....	32
5.3 Rozšíření	34
5.4 Možnosti užití v automobilech na konvenční paliva a ekologie provozu.....	36
5.5 Klady a zápory	39
6. Vodík	40
6.1 Vlastnosti.....	40
6.2 Výroba, zpracování, transport ke spotřebiteli a skladování.....	40

6.3	Typy automobilů	41
6.4	Rozšíření	42
6.5	Typy palivových článků	42
6.6	Klady a zápory	43
7.	Nerozšířené alternativy	43
7.1	Stlačený vzduch	43
7.2	Nukleární pohon	44
8.	Závěr	45
9.	Seznam použité literatury	47

Seznam použitých zkratek

AC Alternate Current

AP alternativní palivo

DC Direct Current

CNG Compressed Natural Gas (stlačený zemní plyn)

LNG Liquefied Natural Gas (zkapalněný zemí plyn)

LPG Liquefied Petroleum Gas

Kč Koruna Česká

Seznam použitých značek a symbolů

Označení	Jednotka	Název
m	kg; g; t	Hmotnost
p	MPa	Tlak
s	km; m; mm	Délka
t	°C	Teplota
v	km/h	Rychlost
P	kW	Výkon
Qi	kWh·kg ⁻¹	Výhřevnost
Qn	kWh·kg ⁻¹ ; MWh	Spalné teplo
S	Ha	Plocha
T	K	Teplota
V	Nm ³ , m ³ , l	Objem
ρ	kg·m ⁻³	Hustota

0. Úvod

Celá Země je každým dnem zahlcovaná novými dopravními prostředky, které mají nepříznivý vliv na životní prostředí. Kromě tohoto aspektu je nutné brát v potaz, že zásoby surovin, které jsou základem pro výrobu těchto paliv, se neustále ztenčují. Z těchto důvodů vznikly snahy o zavedení jiných paliv, které by tyto problémy vyřešily. Tato bakalářská práce je zaměřena na alternativní paliva (dále jen AP) silničních motorových vozidel, jejich dopad na životní prostředí a jejich vzájemné srovnání nejen mezi sebou, ale i s klasickými palivy. V této bakalářské práci byly pomocí tuzemské i zahraniční literatury popsány všechny body problematiky AP od výroby či těžby, přes transport, skladování až po dostupnost na trhu.

Fungování celé populace je založeno na dopravě. Ať už je to doprava věcí či osob a je nesmírně důležité vyřešit otázku tohoto odvětví i do budoucna po vyčerpání fosilních paliv. Z tohoto důvodu jsem si vybral pro řešení bakalářské práce toto téma.

AP se myslí zdroj energie pro pohon dopravních prostředků. Za AP lze v dnešní době považovat všechna paliva či elektrickou energii, kromě benzínu nebo nafty.

Cílem bakalářské práce je vytvořit ucelenou příručku popisující aktuální stav AP, pro subjekty pohybující se v oblasti dopravy, jako jsou například provozovatelé různých druhů silničních doprav, mezi které patří taxislužby, městská hromadná doprava či přepravní společnosti. Dále pro investory, kteří hledají možnosti uplatnění svých finančních prostředků v rychle se rozvíjejícím odvětví s jasnou budoucností. V neposlední řadě poskytuje aktuální pravdivé informace o stavu AP ve světě.

1. Alternativní paliva ve světě

Při pomyšlení na AP se nabízí dvě, často pokládané otázky, které jsou položeny a zodpovězeny níže.

Proč jsou zaváděna

AP se snaží jakýmsi způsobem vyřešit hlavní nedostatky konvenčních paliv. Bohužel s sebou nesou plno nových nedostatků, které jsou pro ně charakteristické. [9,10,12]

Jednou z hlavních odpovědí na výše položenou otázku je ekologie. Je obecně známo, že většina AP má menší dopad na životní prostředí, než klasická paliva, tedy benzín a nafta. Dalším aspektem pro jejich zavádění je aspekt ekonomický. Provoz většiny dopravních prostředků na AP je při srovnání s jejich konvenčními protějšky levnější. Posledním důležitým bodem, u kterého je nutné se pozastavit, je vyřešení otázky dopravy po vyčerpání zásob ropy. [9,10,12]

Jaké existují alternativy

Existuje řada AP, které je možno použít k pohonu silničních motorových vozidel. Dále je pak možné je rozdělit na dvě skupiny, kdy první skupina je běžně použitelná i v klasickém provozu, kdežto druhá skupina zatím zůstane pravděpodobně pouze výsadou nadšenců. [9,10,12]

V následujících částech práce budou popsána všechna AP od těch rozšířenějších, až po ty, jejichž vývoj je zatím v počátcích, popřípadě i těch, které patrně nikdy nebudou využitelná pro klasickou silniční dopravu. [9,10,12]

- Zemní plyn (CNG, LNG)
- Elektrická energie
- Biopaliva (Bioláh, Bionafta)
- Vodík
- LPG
- Stlačený vzduch
- Nukleární pohon

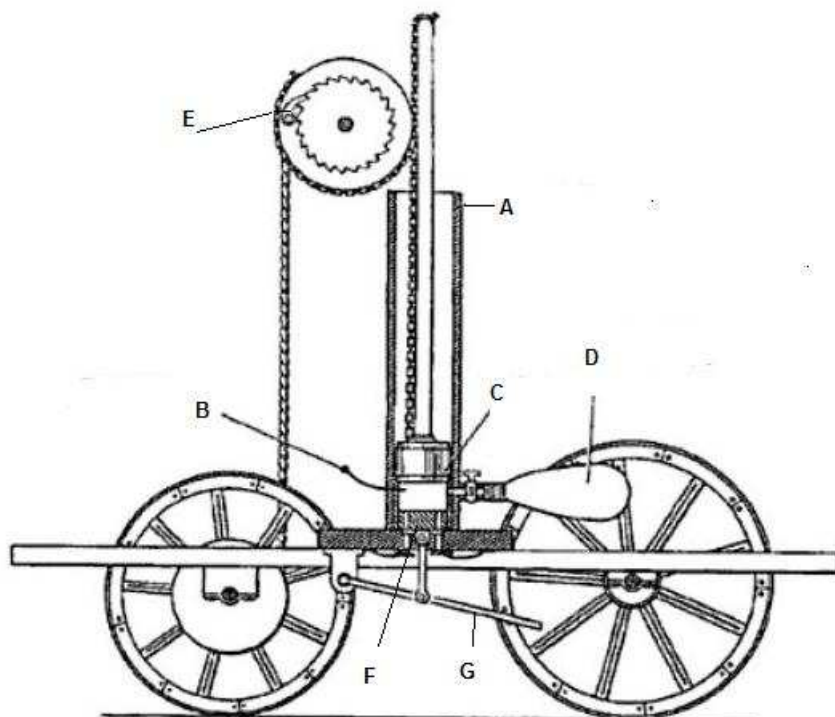
2. Zemní plyn (CNG)

Zemní plyn se většinou skrývá pod zkráceným názvem CNG (Compressed Natural Gas) nebo LNG (Liquefied Natural Gas). Zemní plyn v klasické nestlačené a nezkapalněné podobě je ve světě hojně využíván jako palivo pro vytápění domů, ohřev vody, či vaření již několik desítek let. Co se týče jeho zavedení do automobilového průmyslu, má delší tradici než benzín či nafta, avšak tento fakt unikl povědomí široké veřejnosti. Co se však povědomí týče, je hned po LPG druhé nejznámější a nejrozšířenější AP. [4]

Zemní plyn je fosilní palivo, vznikající postupným uvolňováním při rozkladu organického materiálu u vzniku ropy nebo černého uhlí. Z tohoto důvodu je běžné, že se jeho ložiska nacházejí společně s ložisky jiných fosilních paliv. Další možnost vzniku zemního plynu je anorganickou cestou a to během tuhnutí magmatu. [4]

2.1 Historie plynu jako pohonné hmoty

Již první vozidla na světě byla vyrobena pro pohon na plyn, nikoli na benzín nebo naftu. Historie prvního vozidla s pohonem na plyn sahá až do roku 1807, kdy byl sestrojen první motor fungující na bázi směsi svítiplynu a vzduchu. O tento převratný vynález se zasloužil Švýcar Isaac de Rivaz. Výbušná směs byla elektricky zapalována ve válci, jehož píst byl expanzí vytlačován vzhůru. Ozubený hřeben přenášel mechanickou energii z pístu na ozubené soukolí a dále na kola vozu. Schéma tohoto vozu je vyobrazeno na Obr. č.2.1.. [1]



Obr. č.2.1 Schéma Rivazova vozu [2]

Zdokonalování motoru se pak dále účastnilo mnoho vědců, jejichž snažení vyústilo v použití zemního plynu jako paliva. Další pokroky, které vedly k využívání kapalných paliv, se později staly takřka smrtící pro plyn jakožto pohon v dopravě. [1]

Jeho obrození proběhlo v průběhu obou světových válek z důvodu nedostatečných zásob a dodávek ropy. Jako alternativa byl využit opět svítiplyn nebo zemní plyn. V klasickém provozu se ukázala tato náhrada za velice dostačující. Náklady na provoz klesly, motory startovaly lépe i při nižších teplotách a provoz takových automobilů byl ekologičtější. Jedinou nevýhodou tohoto řešení byl malý dojezd automobilů z důvodu nestlačování plynu. [1]

Z pozvolně zvyšující se oblíbenosti se těší vozidla poháněna zemním plynem od přelomu 60. a 70. let 20. století, kdy jsou více řešeny jak ekonomické výhody tohoto paliva, tak dopady na životní prostředí. V České Republice se zemní plyn jako pohonná hmota začal vyskytovat v roce 1981, kdy proběhla první přestavba vozu. Od roku 1991 se začala rozšiřovat spíše autobusová doprava užívající jako palivo stlačený zemní plyn, automobilová doprava s tímto palivem delší dobu stagnovala. Rozšíření CNG v automobilech probíhá nejvíce v posledních deseti letech a to především díky většímu povědomí zákazníků a zvyšující se ceně ropy na světovém trhu. [1]

2.2 Vlastnosti

Skupenství (při 20°C):	plynné
Barva:	bezbarvý
Zápach:	bez zápachu až velmi slabý zápach
Teplota tání [°C]:	-182,5
Teplota varu [°C]:	-161,6
Hustota [kg·m ⁻³]:	0,7138 (při T = 273,15K; p = 101 325 Pa)
Samozápalnost:	ne
Dolní mez výbušnosti:	4,30%
Horní mez výbušnosti:	15,00%
Hořlavost:	Extrémně hořlavý
Spalné teplo [kWh·kg ⁻¹]:	15,425 (benzín 13,139 kWh·kg ⁻¹)
Výhřevnost [kWh·kg ⁻¹]:	13,891
Složení:	Methan (cca 70 – 90 %); Ethan (cca 0 – 20 %); Propan (cca 0 – 20 %); Butan (cca 0 – 20 %); Oxid uhličitý (cca 0 – 8 %); kyslík (cca 0 – 0,2 %); dusík (cca 0 – 5 %); Sirovodík (cca 0 – 5 %); vzácné plyny (stopy)
Oktanové číslo:	130

Tab. č.2.1 Vlastnosti CNG [3]

2.3 Těžba, zpracování, transport ke spotřebiteli a skladování

Obvykle se zemní plyn nachází v ložiscích nazývaných se: strukturní pasti, kde je tzv. uvězněn společně s další cennou surovinou, kterou je ropa. Tyto geologické útvary jsou jakési podzemní kapsy obklopené nepropustnými horninami, kterými jsou např. břidlice, sůl či vyvřeliny. Z těchto kapes se těží zemní plyn pomocí hlubinných vrtů a čerpadel. [4,5]

V posledních letech, zevšednělo několik dalších způsobů těžby zemního plynu, například tzv. břidlicového plynu. Tyto způsoby již jsou technicky zvládnuty, dochází při nich však k nevratné destrukci životního prostředí. [4,5,7,8]

Dopad klasické těžby na životní prostředí je velký, nicméně dlouholeté zkušenosti dopomohly k jejímu technickému zvládnutí. Vliv na ovzduší je patrný nejen z hlediska emisí při výstavbě vrtů, ale i při únicích do atmosféry ve fázi těžby (cca 0,05 %). Vliv hluku na životní prostředí je zastoupen především vrtáním vrtů, které mají největší dopad v okruhu 150 – 200 m. Dalšími hlukovými emitenty jsou kogenerační jednotky v blízkosti vrtů. Vliv na podzemní vodu je zanedbatelný. Sám princip vzniku zemního plynu a ropy je dán neprosakujícími stěnami do okolí. Ty zamezí případnému znečištění okolních spodních vod. Co se týče dopadu těžby břidlicového plynu, je situace poněkud jiná. Hydraulickým štěpením se do podzemí dostávají chemikálie, které mohou způsobit kontaminaci podzemních vod, nebo se mohou dostat v jiném místě až zpět k povrchu. Dále je větší pravděpodobnost úniku plynů do atmosféry. [4,5,7,8]

Často diskutovaným tématem jsou zásoby zemního plynu. Existuje mnoho zdrojů, které uvádějí až násobně lišící se čísla počtu let, kdy ještě budeme mít co těžit. Nejpesimističtější odhady se pohybují kolem sedmdesáti let, ty optimističtější hraničí se sto padesáti lety. Pravda se patrně pohybuje někde mezi těmito čísly, možná i nad nimi, protože jsou na zemi ještě dosud neobjevená ložiska zemního plynu a vědci neustále pátrají po způsobech, jak jinak těžit zemní plyn. Nejznámější téma poslední doby je těžba břidlicového plynu. Co však můžeme bezpečně říci, je přibližná roční spotřeba zemního plynu na celé planetě Zemi: 2 200 mld. Nm³ při. Bezpečně prokázané vyčerpání zásoby zemního plynu jsou přibližně 161 000 mld. Nm³. Jednoduchým výpočtem je pak možné zjistit, že v případě nulového meziročního nárůstu spotřeby vydrží zásoby zemního plynu více než 73 let. [4,5]

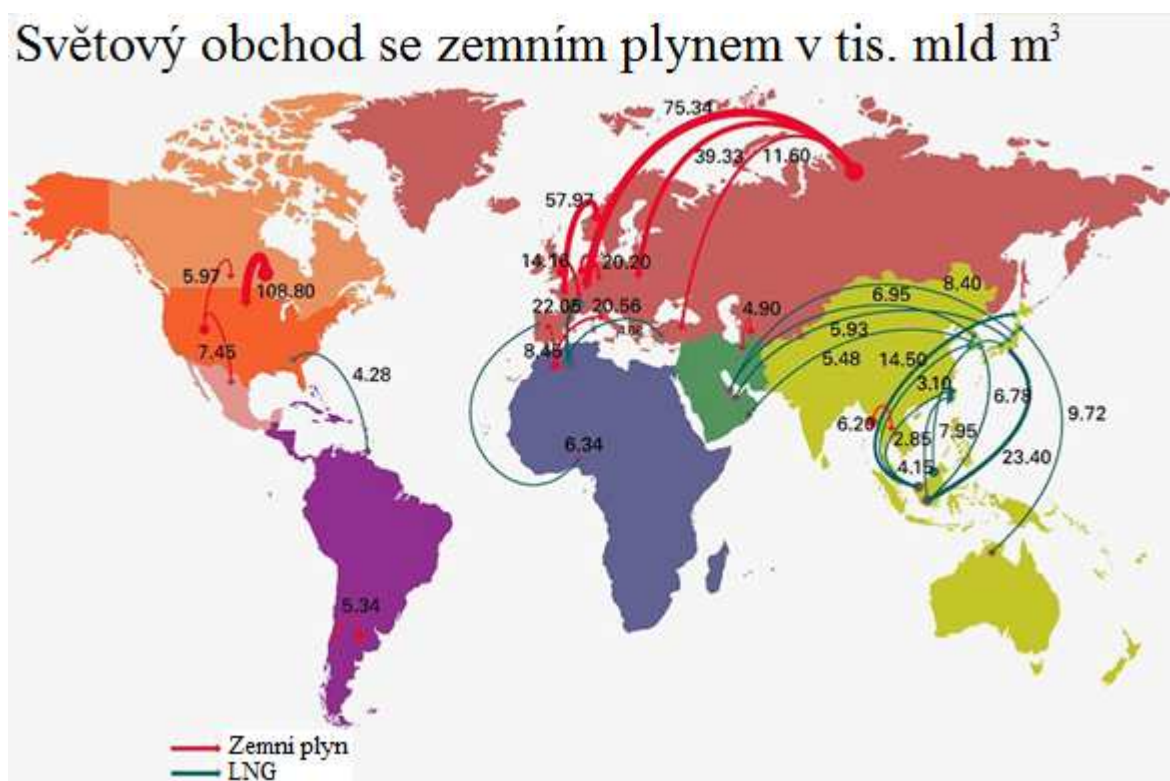
Transport ke spotřebiteli

Transport zemního plynu od vrtu až do nádrže v dopravním prostředku je technicky velice a náročný. Existují dva hlavní způsoby pro jeho dálkovou přepravu. [4,5]

Prvním způsobem je přeprava potrubím neboli tzv. plynovodem. Evropa je dnes protkána hustou sítí těchto prostředků pro dopravu plynu. Jeho průměry se mnohdy pohybují nad 1000 mm. Položení a údržba takového zařízení jsou technicky velice náročné,

zvláště když je vzato v úvahu, že plynovody nevedou pouze na souši, ale také na dně moří. Komodita, která v nich proudí, může dosahovat, pokud jsou na to dimenzována, až 20 MPa. [4,5]

Druhý způsob jak převážet zemní plyn, je převoz na nákladních lodích. Tato cesta se používá především pro velké vzdálenosti např. mezi kontinenty. Do Evropy je takto dovážen plyn například z Alžírsku, Nigérie nebo Austrálie. Pro větší efektivitu se plyn nepřeváží v plynném stavu, nýbrž ve stavu zkapalněném, jako LNG (Liquefied Natural Gas). Tím se jeho objem zmenší až 600x. Proces zkapalňování je však velice energeticky náročný, čímž se cena zemního plynu navyšuje. Po vyložení v cílové stanici se zkapalněný zemní plyn pomalu odpařuje a odchází do potrubní sítě. Na Obr. č.2.2 jsou vyobrazeny hlavní exportní trasy zemního plynu s rozdělením, jestli se jedná o dopravu plynovody či lodní dopravu. [4,5]



Obr. č.2.2 Hlavní exportní trasy zemního plynu a jejich objem [9]

Po doputování zemního plynu do regionálních rozvodů, ať už tam dorazil pomocí lodě, nebo pomocí velkého plynovodu, jsou opět dvě možnosti, jak dostat CNG do dopravního prostředku. [12]

V veřejná čerpací stanice na CNG se moc neliší od těch běžných, často jsou dokonce součástí běžných čerpacích stanic pohonných hmot. Většinou je viditelný pouze výdejní terminál s ukazateli objemu natankovaného paliva a částku za tento objem. Kromě výdejního terminálu je nezbytná ještě jedna část a tou jsou tlakové nádoby, do kterých přidaný kompresor neustále připravuje zemní plyn na požadovaný tlak. Je to z toho důvodu, že bez před přípravy by se doba plnění prodloužila z 3 – 5 minut na několik hodin. [12]

Druhou možností jak dostat CNG do auta, je domácí plnička. Koupě tohoto stroje s sebou nese mnohá úskalí, ale i mnohé výhody. Hlavní část plničky je kompresor, který může být hlučný, což při předpokladu, že je automobil na CNG plněn přes noc není příliš příjemné, samozřejmě záleží na vzdálenosti garáže od obytné části domu. Obyčejné domácí plničky většinou nemají zásobník jako velké plnicí stanice, proto je nutné nechat nádrž plnit několik hodin, což se v praxi děje většinou v noci. Pokud tento zásobník mají, jejich cena roste. Vzhledem k faktu, že se cena zemního plynu pro jednotlivé spotřebitele snižuje s odebraným množstvím, je jasné, že se domácí plnička vyplatí především majitelům domu, který vytápí zemním plynem nebo ještě více podnikům s flotilou automobilů na tuto pohonnou hmotu, pak se investice do plničky může vrátit už do několika let. Ceny plniček se pohybují mezi 140 000 – 450 000 Kč. Oproti plnění na veřejných stanicích je možné ušetřit přibližně 3 až 4 koruny na jednom m³, provozovatel však musí počítat s elektrickou energií spotřebovanou na kompresi v plničce. Další výhodou takovéto plničky je nezávislost na místní infrastruktuře. [12]

Z plničky ať už domácí nebo veřejné proudí plyn speciálními tlakovými hadicemi, přes plnicí ventil standardu NGV1 do tlakové nádrže automobilu. Tato přenosová soustava je vyobrazen na Obr. č.2.3. [12]



Obr. č.2.3 Plnění automobilu palivem CNG v praxi [12]

Odhadované ztráty zemního plynu při cestě od těžebního vrtu až po koncového zákazníka jsou přibližně 0,02 %. Další vliv na životní prostředí z hlediska emisí mají na svědomí nepřímo kompresory, které stlačují zemní plyn, ať už pro dopravu nebo pro plnění do dopravních prostředků. Ty potřebují k chodu elektrický proud, jehož výroba je ze značné části doprovázena emisemi. Další nezanedbatelný vliv na ovzduší mají motory tankerů převážející zkapalněný zemní plyn. Vliv na životní prostředí z hlediska hluku vzniká

především při kompresi zemního plynu. Co se týče dopadu na ráz krajiny, mají plynovody jednoznačný podíl na její transformaci. [6]

Skladování

Způsob skladování zemního plynu se liší podle toho, zdali je skladován plyn pro další využití ve stanicích pro čerpání CNG, kde je užito tlakových nádob, nebo pro pokrytí špiček v zimním období, kdy jsou využívány podzemní zásobníky. [1,6,11,12]

Co se týče umělých zásobníků či samotných nádrží automobilů, je pracovní tlak v nádrži 20 MPa. Přípustné jsou krátkodobé nárůsty na 26 MPa. V Tab. č.2.2 jsou rozděleny tlakové láhve využívané pro skladování CNG podle typu konstrukce pláště. [11]

typ nádrže	hmotnost nádrže [kg/l]	hodnota destrukčního tlaku [Mpa]
Celokovová	0,8 - 1,1	45
S kovovou vložkou částečně opletenou uhlíkovým vláknem	0,6 - 0,8	47 - 50
celokovová kompletně opletená uhlíkovým vláknem	0,3 - 0,4	47 - 70
s nekovovou vložkou celou opletenou uhlíkovým a skelným vláknem	0,3 - 0,4	47 - 73

Tab. č.2.2 Druhy nádrží na CNG [11]

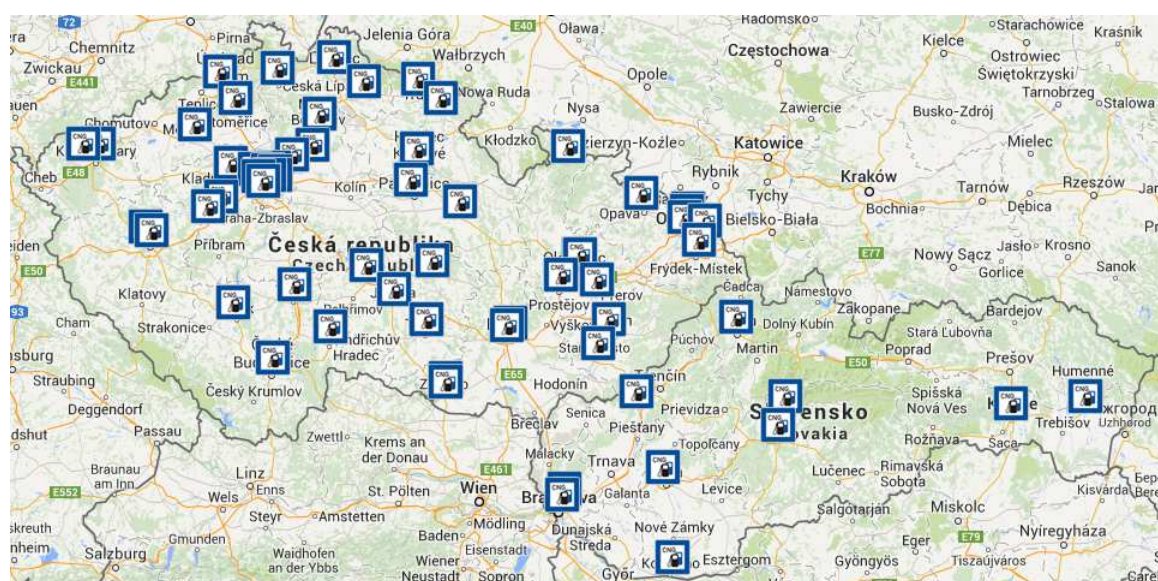
Druhým, mnohem efektivnějším způsobem pro velkoobjemové skladování zemního plynu jsou podzemní zásobníky, které jsou dvojího druhu. Porézní zásobníky, což jsou vytěžená ložiska zemního plynu nebo ropy. V zásobnících tohoto typu je zajištěna těsnost díky stěnám z nepropustných hornin, které udržely zemní plyn na místě až do té doby, než byl člověkem vytěžen. Druhou možností, jak mohou vypadat podzemní zásobníky, jsou tzv. kavernové zásobníky, které vznikají z podzemních systémů chodeb vytěžených a opuštěných dolů. Může se jednat o doly solné či uranové. Celková kapacita všech deseti podzemních zásobníků na zemní plyn, které se v České Republice nacházejí, je 2901 mil. m³. V této hodnotě není započítáno 576 mil m³, které jsou určeny pro potřeby výhradně slovenské soustavy. [1,6]

2.4 Rozšíření

CNG jako pohonná hmota pro dopravní prostředky nabývá každým rokem na oblibě. Úměrně k jeho popularitě roste jak počet automobilů na toto palivo, tak plnicí stanice. V Tab. č.2.3 je znázorněn vývoj počtu plnicích stanic, vývoj počtu vozů na CNG, vývoj počtu autobusů na CNG a vývoj prodaného objemu CNG mezi lety 2004 a 2014. V Tab. č.2.4 je znázorněno porovnání počtu automobilů na CNG v České Republice a v jiných vybraných státech. V Tab. č.2.5 je znázorněno porovnání počtu veřejných plnicích stanic v České Republice a jiných vybraných státech. Na obrázku Obr. č.2.4 je vyobrazeno pokrytí České Republiky a Slovenska plnicími stanicemi na CNG. [1,12]

rok	počet stanic	vozů celkem	z toho autobusů	prodej CNG [mil·m ³]
2004	9	250	100	2,773
2005	9	450	165	3,010
2006	11	580	180	3,548
2007	17	900	195	5,790
2008	17	1200	215	6,758
2009	23	1800	270	8,082
2010	32	2500	300	10,058
2011	34	3250	336	12,089
2012	45	4300	362	15,242
2013	50	6300	410	21,952
2014	65	8817	527	29,912

Tab. č.2.3 Vývoj počtu stanic, počtu vozů na CNG a jeho prodej v České Republice mezi lety 2004 a 2014 [1,12]



Obr. č.2.4 Pokrytí České Republiky a Slovenska plnicími stanicemi CNG (říjen 2014) [12]

země	počet vozů na CNG	země	počet vozů na CNG
Itálie	746 tis.	Švédsko	41 tis.
Ukrajina	388 tis.	Francie	13 tis.
Rusko	86 tis.	Švýcarsko	11,5 tis.
Německo	95 tis.	Česká republika	8,8 tis.
Bulharsko	61 tis.		

Tab. č.2.4 Srovnání vozů na CNG v Evropě [1]

oblast	počet veřejných plnicích stanic	oblast	počet veřejných plnicích stanic
Německo	904	Švýcarsko	136
Itálie	903	Česká republika	65
Rusko	251	Evropa	4570
Rakousko	203	Svět	25288

Tab. č.2.5 Srovnání počtu veřejných plnicích stanic na CNG [1]

Rozšíření automobilů na CNG se snaží dopomoci také legislativa České Republiky a to snížením spotřební daně. Ta je fixně určena na následujících několik let až do 1.1.2020.

- od 1.1.2008 do 31.12.2011 sazba 0 Kč/MWh spalného tepla
- od 1.1.2012 do 31.12.2014 sazba 34,20 Kč/MWh spalného tepla tj. cca 0,36 Kč/m³
- od 1.1.2015 do 31.12.2017 sazba 68,40 Kč/MWh spalného tepla tj. cca 0,72 Kč/m³
- od 1.1.2018 do 31.12.2019 sazba 136,80 Kč/MWh spalného tepla tj. cca 1,44 Kč/m³
- od 1.1.2020 sazba 264,80 Kč/MWh spalného tepla tj. cca 2,80 Kč/m³ [1,12]

2.5 Bioplyn

Alternativou k zemnímu plynu je tzv. bioplyn, který je možné využívat stejně. K jeho vzniku dochází při bakteriálním rozkladu organické hmoty. Tento proces trvá přibližně jeden měsíc při teplotách pohybujících se okolo 37 °C, což je teplota trávicího ústrojí živočichů. Bioplyn je produkován v přirozených prostředích, jako jsou sedimenty, dále v hojně se rozšiřujících bioplynových stanicích a v neposlední řadě také na skládkách jako tzv. skládkový plyn. Tato alternativa ke klasickému fosilnímu palivu má do jisté míry odlišné složení, nicméně po odstranění nežádoucích prvků, jako jsou vodní páry, oxid uhličitý, čpavek a sirovodík, je možné jej bezpečně používat také do silničních dopravních prostředků. Po upravení se objemové zastoupení metanu pohybuje nad 95 %, tudíž je výhřevnost stejná jako u zemního plynu. [12]

Svou oblibu pro používání v silniční dopravě si našel bioplyn v několika státech Evropy. Kupříkladu v Německu jej běžně mísí se zemním plynem a plní touto směsí všechny automobily a autobusy na CNG. Ve Švédsku si tuto alternativu osvojili jiným způsobem. Jezdí zde více než 130 autobusů, které tankují výhradně bioplyn. Ve Švýcarsku je možnost tankovat čistě toto palivo umožněna i běžným občanům a to v devíti veřejných plnicích stanicích. I Francie se postavila k možnosti využívání této pohonné hmoty čelem. Z více než 300 autobusů na CNG využívá přes 30 % provozu pouze bioplyn. [12]

2.6 LNG

Problematika užívání stlačeného zemního plynu zde již byla popsána. Kromě jeho stlačené formy se v automobilovém průmyslu využívá také jeho kapalná forma. [9,10,12,13,14]

Skladování zkapalněného zemního plynu je jeden z největších problémů, který do jisté míry zabraňuje jeho většímu rozšíření. Jeho uchovávání je velice nákladný proces, jednak co se týče nákladů počátečních, tak nákladů provozních. Je nutné jej uchovávat v kryogenních nádržích při teplotách pohybujících se pod $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$. Takových podmínek je dosahováno především kapalným dusíkem. [9,10,12,13,14]

Vzhledem ke skutečnostem, které s sebou LNG nese, je patrné, že jeho využití a rozšíření je v současné době možné pouze v nákladní dopravě, autobusové dopravě, lodní dopravě nebo popřípadě železniční dopravě. Velké dopravce by mohla přesvědčit pro přechod na LNG například velice přívětivá cena nebo nutnost plnění emisních norem, což pro automobily na zemní plyn není problém. [9,10,12,13,14]

V současné době se počet automobilů na LNG pohybuje v řádech tisíců, kdy se valná většina vyskytuje především v USA a Kanadě. Co se týče plnicích stanic, lze je nalézt i v Evropě, především v severských zemích a ve Španělsku. [9,10,12,13,14]

Vzhledem k typu a původu paliva, se nabízí jednoduché srovnání se stlačeným zemním plynem. Nespornou výhodou LNG je menší objem paliva, což se v praxi projeví na větším dojezdu, který se navýší více než dvojnásobně. Tímto výhody LNG končí a přichází spíše fakta, která uživatele odradí. Jedná se o vysokou pořizovací cenu vozu, velice slabou infrastrukturu, problematiku skladování LNG v samotných automobilech a vysoké náklady na zkapalňování nebo dopravu dané pohonné hmoty. Co se týče problému skladování zkapalněného plynu v automobilech, vyřešila tento problém firma IVECO, která zemní plyn, který se při vyšších teplotách začíná odpařovat, převádí z nádrže LNG do nádrže CNG, což zamezí ztrátám. Tato možnost je však nákladnější z hlediska přečerpávacího systému a dvou nádrží. [9,10,12,13,14]

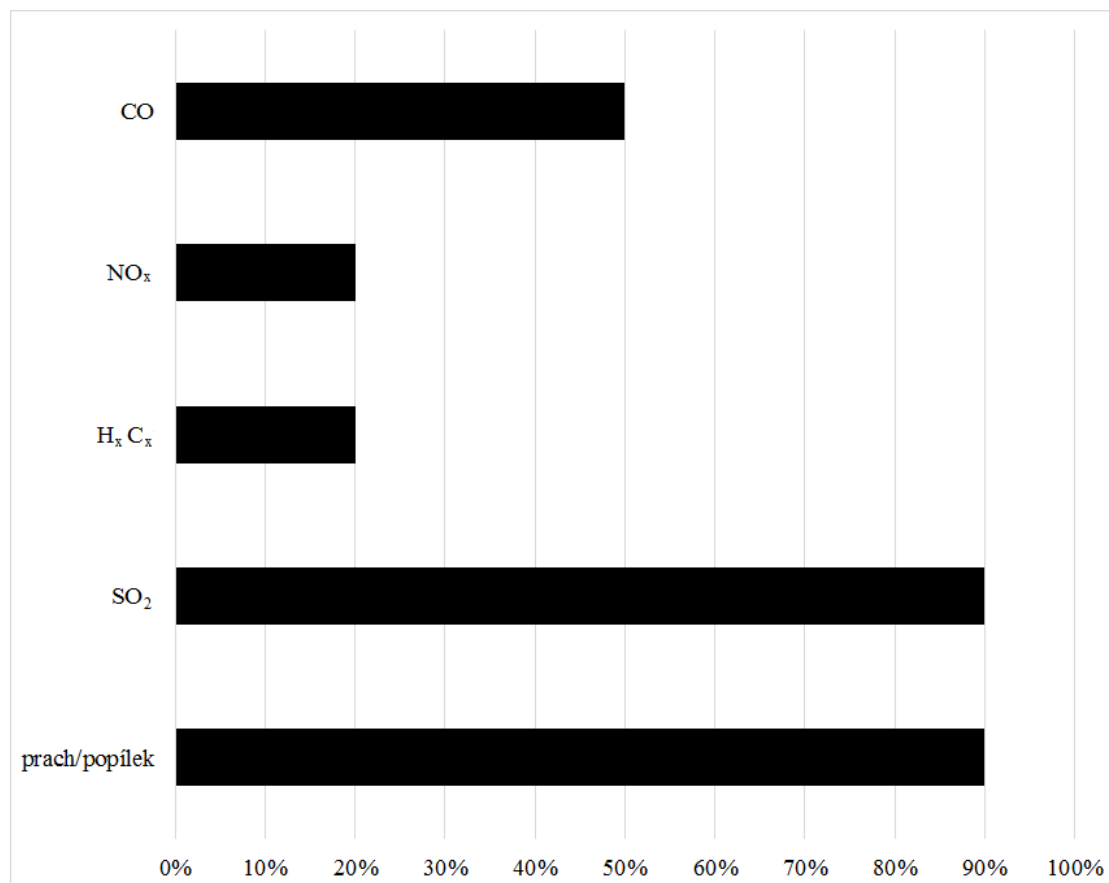
V současné době se LNG pohybuje na hranici, od které se může odvíjet budoucnost buď směrem ignorace této hmoty jako pohonné pro automobily a autobusy nebo směrem zpřístupnění možnosti veřejného natankování alespoň dopravcům. Bylo připraveno několik

projektů, které otevřely cestu LNG i do České Republiky, nicméně je však otázka budoucnosti, jestli tyto plány zůstanou u ledu, nebo se jich někdo chopí a promění je v realitu. [9,10,12,13,14]

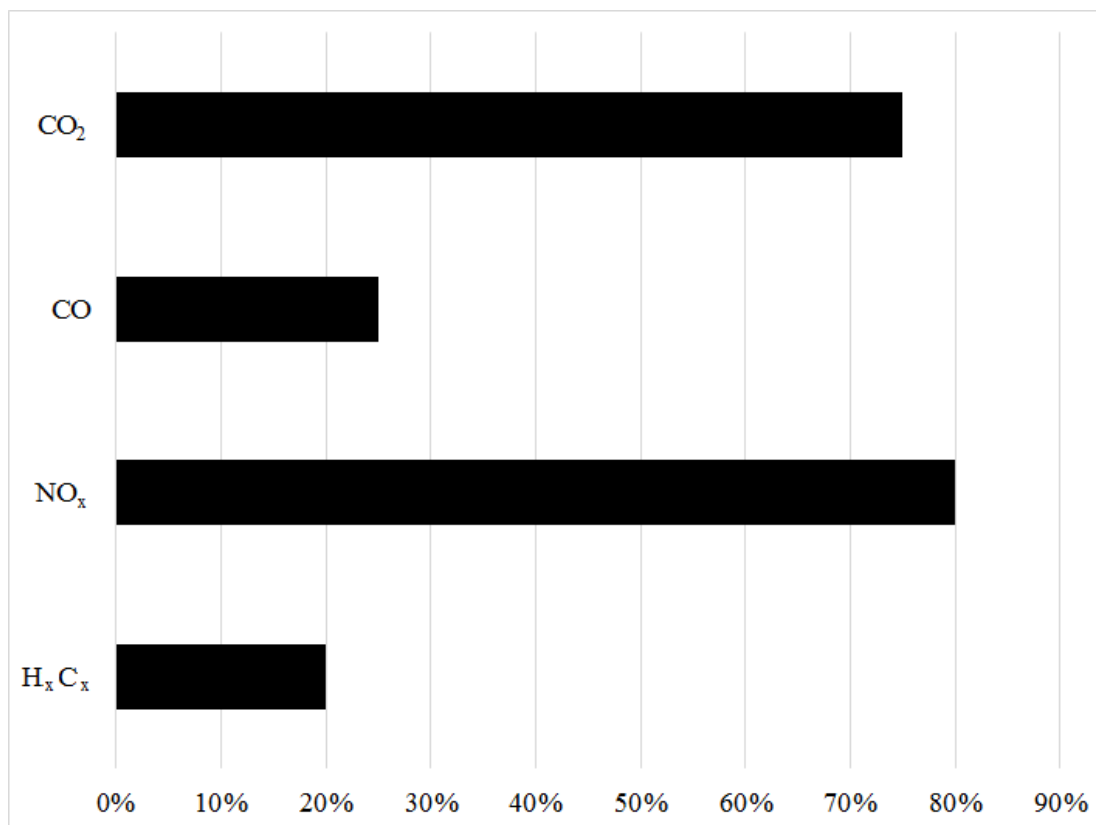
2.7 Ekologie provozu

- nižší emise pevných částic
- nižší emise NO_x
- nižší emise oxidu uhelnatého CO
- nižší emise oxidu uhličitého
- nižší emise polyaromatických uhlovodíků a aldehydů
- nulové emise oxidu siřičitého SO_2 [1]

Na Obr. č.2.5 a Obr. č.2.6 jsou vyobrazeny grafy znázorňující rozdíl ve vypouštěných emisích mezi CNG a naftou a CNG a benzínem.



Obr. č.2.5 snížení emisí (g/km) u automobilů s pohonem na CNG a naftu (100 %) [1]



Obr. č.2.6 snížení emisí (g/km) u automobilů s pohonem na CNG a benzín (100 %) [1]

2.8 Změny v konstrukci automobilů

Zemní plyn, jako pohonná hmota pro automobily běžných spotřebitelů, má obrovskou výhodu v možnosti přestavby. Každému vlastníkovvi automobilu na benzín je tak otevřená cesta pro přestavbu na zemní plyn. Lze přestavovat také automobily běžně spalující naftu, nicméně po přestavbě není možné dále jejich původní palivo v motorech spalovat. [11,12]

Oproti klasickým automobilům na konvenční paliva obsahuje upravený automobil na CNG navíc jednu či více palivových nádrží, hadičky pro vedení paliva od plnicího ventilu až do vstřikovacích ventilů a reduktor pro redukci tlaku. [11,12]

2.9 Postoj automobilek

Řada světových automobilek se snaží udržet tempo s potřebami uživatelů automobilů a má ve svých nabídkách také modely, které jsou poháněny právě zemním plynem. [12]

Klasickou automobilkou, která má dlouholetou zkušenost s CNG, je například FIAT, který aktuálně i v České republice nabízí 6 typů automobilů různých typů. Tento fakt je dán původem automobilky a vztahem domovské země k užívání zemního plynu v automobilové dopravě. [12]

Mezi automobilky s širokou nabídkou vozů na CNG se řadí také Volkswagen, který má ve své nabídce 5 typů vozů. [12]

Dalšími automobilkami, které nabízí automobily speciálně upravené pro provoz na zemní plyn, jsou například Opel, Mercedes - Benz, Seat, Volvo, Lancia, Audi a další. [12]

Co se týče automobilky Škoda auto, v posledních letech se také připojila do řad výše zmíněných výrobců automobilů. V roce 2011 uvedla na trh model Škoda Citigo, který byl jako první z flotily vybaven od výrobce komponenty umožňující spalovat zemní plyn. V minulém roce se k prvnímu typu připojil také populární model Škoda Octavia, který má zastoupení jak v mnoha českých domácnostech, tak jako služební automobil ve firmách. Systém uložení nádrží u automobilu Škoda Octavia je vyobrazen na Obr. č.2.7. [15]



Obr. č.2.7 způsob umístění palivových nádrží u automobilu ŠKODA Octavia G-TEC [1]

2.10 Klady a zápory

- + možnost využití bioplynu v jakémkoliv procentuálním zastoupení
- + cena (legislativní podpora – stabilita)
- + kvalita paliva je konstantní (metan > 95 %)
- + ekologičtější provoz
- + tišší chod
- + možnost tankovat doma
- + nulové ztráty paliva při tankování (odpařování nafty)
- + nemožnost kontaminace půdy při havárii

- + vysoká úroveň bezpečnosti skladování paliva
- + přestavět na CNG lze každý automobil na benzín
- omezený zdroj
- menší dojezd
- náročná doprava
- politicky ovlivnitelná cena, či dokonce objem dodávky
- vyšší pořizovací cena
- nákladná přestavba
- malé povědomí o palivu
- relativně dlouhá čekací doba při přestavbě – dva dny

3. Eklektická energie

V dnešní době není raritou vidět dopravní prostředky jako například vlaky, tramvaje, či trolejbusy, které jako zdroj energie pro pohonnou jednotku, využívají právě elektrickou energii. Co se však týče automobilů, motocyklů a jiných volně se pohybujících dopravních prostředků, které mají ve své konstrukci umístěnou baterii, je spíše náhoda, potkat takový dopravní prostředek v běžném provozu. Obecná nelibost a nezáměr o elektromobily plyne především z vyšší pořizovací ceny a z mnoha lží a polopravd, které kolují mezi veřejností.

3.1 Historie využívání elektrické energie, jako zdroje pro elektromobilitu

Jako první významný milník elektromobility je považován elektromobil sestavený roku 1835 holandským profesorem Stratinghemem. Jednalo se o malý elektromobil poháněný bateriemi, které nebylo možné znovu dobít. Tento problém později vyřešil Francouzský fyzik Gaston Planté, který v roce 1859 vynalezl olověnou baterii, umožňující opětovné nabíjení. [17,18,19,20]

Vývoj elektromobilů se nezastavoval a v roce 1899 byl dokonce utvořen rychlostní rekord 105 km/h strojem nesoucí název „La Jamais Contente“. Hranice století byla pro elektromobily velice úspěšné období. V USA jezdilo v té době více těchto strojů než automobilů poháněných dnes konvenčními palivy. Tato situace se začala brzy měnit a po několika letech převládaly dopravní prostředky na benzín, který si své prvenství drží dodnes. Převrat zapříčinila čtyři fakta. V USA byly vybudovány dlouhé silnice, tudíž byl pro zákazníka důležitý vyšší dojezd vozidla. V Texasu byla objevena nová ložiska ropy, což zapříčinilo nižší cenu pohonných hmot z ní vyráběných. Špatný komfort startování benzínových motorů, obnášející vystoupení z vozu a startování klikou, byl odbourán vynálezem Charlese Ketteringa – elektrickým startérem. Poslední kapkou bylo spuštění

hromadné výroby automobilů Henrym Fordem, což způsobilo rapidní snížení ceny, která byla až třetinová oproti elektromobilům. V souvislosti s těmito událostmi byl elektromobil vytlačen na druhou kolej, kde až donedávna zůstal. [17,18,19,20]

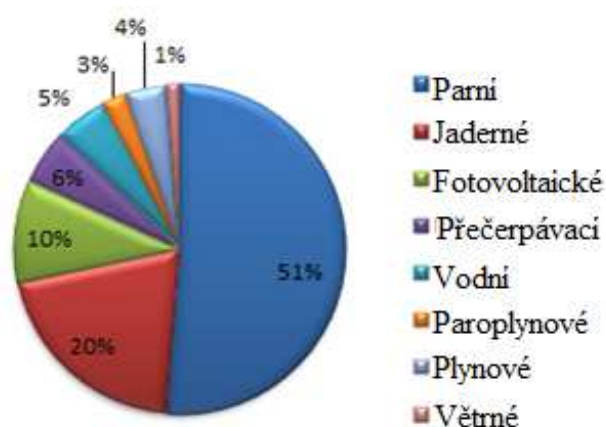
Zpět do povědomí obyvatel se na chvíli vrátil elektromobil v šedesátých letech, především kvůli ropné krizi a špatnému životnímu prostředí. Tyto události odstartovaly pomalý vývoj prototypů elektromobilů, které se bohužel většinou neujaly. [17,18,19,20]

Obrovským skokem byl automobil společnosti General Motors EV1, který byl od roku 1996 pronajímán koncovým zákazníkům. Celý tento projekt vznikl v Kalifornii, jejíž vláda měla v plánu do několika let změnit strukturu vozů ve státě tak, aby minimálně 2 % byly elektromobily a právě EV1 jim v tom mělo pomoci. Očekávaný úspěch se dostavil a lidé, kteří jej vlastnili, byli přímo nadšení. Bohužel se v roce 2003 stalo něco nepochopitelného a to stažení všech těchto automobilů a jejich sešrotování. Zůstalo pouze několik exemplářů, které jsou však bez baterie a motoru. Oficiální zpráva General Motors uvádí jako důvod nedostatek kvalitních akumulátorů. Otázkou však zůstává, do jaké míry je to pravda, a do jaké míry zapůsobilo ropné lobby. [12]

Po sešrotování všech elektromobilů typu EV1 a jiných, které byly také zapojeny v tomto projektu, se spustila obrovská vlna nespokojenosti a byl vyvinut lidmi tlak na vlády. Výsledkem tohoto tlaku je od roku 2008 postupné představování různých konceptů elektromobilů automobilkami, které stále častěji přecházejí do sériové výroby. [12]

3.2 Ekologie provozu

I když jsou elektromobily považovány za nejčistší formu dopravy, je nutné mít na paměti, že elektřina, která v konečném důsledku pohání kola, je většinou také doprovázena znečištěním životního prostředí. Tzv. ekologie provozu se tedy odvíjí od skutečnosti, kde a jak byla elektrická energie pohánějící daný elektromobil přeměněna z jiného druhu energie. To úzce souvisí s energetickým mixem státu, který je pro Českou republiku vyobrazen na Obr. č.3.1. [16,20]



Obr. č.3.1 energetický mix instalovaného výkonu České Republiky [16]

Podle výše uvedeného obrázku, který znázorňuje energetický mix instalovaného výkonu České republiky je patrné, že více než 50 % jsou parní elektrárny produkující škodliviny. Z druhého úhlu pohledu je žádoucí, aby škodliviny nebyly produkovány v centrech měst a v bezprostředním okolí lidských obydlí, což provozování elektromobilů zajišťuje. Další důležitý aspekt je použití nejmodernějších technologií, co se týče různých typů odlučovačů tuhých a plyných emisí. [16]

Transport elektrické energie k zákazníkovi zajišťuje elektrická přenosová soustava. Při této dopravě dochází na rozdíl od dopravy zemního plynu či benzínu, ke ztrátám. Na druhou stranu nedochází ke znečišťování životního prostředí. Samotná doprava elektrické energie z přenosové soustavy do elektromobilu probíhá přes tzv. nabíječku. Ta může být buď domácí, nebo veřejná. [16]

3.3 Standarty pro dobíjení

Pokud se majitel elektromobilu rozhodne nabíjet své vozidlo doma z obyčejné zásuvky, obvykle je to velice časově náročné, nicméně jako dobíjení přes noc na další den je tato varianta většinou dostačující. Rychlost jakou je možné nabíjet, závisí na palubní nabíječce. Tento přístroj je umístěn v elektromobilu a jeho funkcí je převádět AC proud z nabíječky na DC proud do baterie. Pro zrychlení domácího nabíjení jsou k dostání domácí nabíječky, které již v sobě obsahují techniku potřebnou pro převod ze střídavého proudu na stejnosměrný. [12]

Co se týče veřejných tzv. „rychlodobíječek“, které jsou veřejně dostupné, existuje několik standardů, neboli koncovek, které jsou zákazníkům nabídnuty. Zde je již potřeba dělit dobíječky na AC a DC proud. Mezi AC standardy patří SAE J1772, což je jednofázový způsob dobíjení populární většinou v USA nebo typ Mennekes umožňující jednofázové i třífázové dobíjení populární především v Evropě. Oba tyto standardy jsou ale omezeny palubní nabíječkou v automobilu, takže nemusí být plně využit jejich potenciál. [12]

Plný potenciál je ale možné využít u dobíjecích stanic, které poskytují stejnosměrný proud. Opět existují dva významnější standardy. Prvním z nich je CHAdeMO, jehož jméno je odvozeno z „CHARge de MOve“. Tento typ koncovky je původem z Japonska a je používán již řadu let. V návaznosti na jeho původ je logické, že jej využívají především japonské automobilky, jako Nissan a Mitsubishi nebo automobilky, které chtějí expandovat do Asie, kde je CHAdeMO nejrozšířenější. Touto cestou se vydalo např. BMW ve svém elektromobilu i3, který má pro evropské zákazníky dobíjecí standard CSS/Combo, ale pro asijské zákazníky je nabízen právě s koncovkou CHAdeMO. K tomuto rozhraní se obrátili i jiní výrobci, jako např. výrobce elektromotorek Zero Motorcycles nebo česká firma přestavující vozy s konvenčním pohonem na elektromobily EVC Group. Teoretickým maximálním výkonem CHAdeMO je 62,5 kW, ten ale není prakticky možné dosáhnout a reálná hodnota se pohybuje okolo 50 kW. Druhým, již výše zmíněným standardem

pro dobíjení elektromobilů je CSS/Combo, které je na rozdíl od CHAdeMO rozšířeno především v Evropě a v USA. Toto rozhraní je relativně nové a bylo vyvinuto právě americkými a evropskými automobilkami. Název Combo vznikl díky konstrukci, která kombinuje Mennekes a další dva kolíky pro rychlé dobíjení. Používá jej například automobilka BMW, jak již bylo výše zmíněno či Volkswagen. Současná verze nabízí výkon 50kW, ale do budoucna jsou v plánu vyšší výkony. Dobíjecí standard CHAdeMO je vyobrazen na Obr. č.3.2. [10,12,22]



Obr. č.3.2 CHAdeMO koncovka [22]

Samostatnou kapitolou jsou rozhraní, která nabízí automobilka Tesla Motors. Tato rozhraní jsou bez nadsázky o třídu výše nad ostatními, což zajišťuje této automobilce obrovský náskok v komfortu a rychlosti nabíjení. Ostatní výrobci tato řešení nemohou použít, protože nemají potřebné informace. I Tesla Motors má dvě rozhraní, které používají v různých částech světa. Americký a Japonský konektor je velmi malý, štíhlý a lehký. Podporuje jednofázové nabíjení a je přes adaptér kompatibilní se SAE J1772. Navíc je možné přes stejnou zásuvku v autě nabíjet i stejnosměrný proud z amerických Superchargerů dosahujících výkonů 120kW. Superchargery jsou v dnešní době nejpropracovanější dobíjecí stanice společnosti Tesla Motors, jejíž zákazníci zde mají doživotní možnost dobíjení zdarma. Jeden ze Superchargerů je vyobrazen na Obr. č.3.4. Druhý Evropský a Čínský konektor vypadá jako Mennekes a je s ním i kompatibilní, což znamená, že podporuje jak jednofázové, tak třífázové dobíjení. Kromě toho je možné přes stejné rozhraní nabíjet

i stejnosměrným proudem z evropských Superchargerů o totožném výkonu jako mají americké. Pro maximální kompatibilitu Tesla Motors nabízí ve svém obchodě navíc adaptér pro CHAdeMO, který je vyobrazen na Obr. č.3.3. [12,22]



Obr. č.3.3 CHAdeMO adaptér společnosti Tesla Motors [22]



Obr. č.3.4 Dobíjecí stanice Supercharger společnosti Tesla Motors [22]

3.4 Skladování

Skladování elektrické energie je možné jen ve velmi malé míře. S tímto problémem se v současné době potýkají především státy, které upouštějí od zaběhlých zdrojů. Nejznámějším případem je Německo, které má v plánu obejít se do několika málo let bez jaderných elektráren, které zajišťují stabilní základnu vyrobené elektrické energie. [12,21,40]

Jedním z možných řešení jsou přečerpávací elektrárny. Tato možnost je však velice nákladná a nenávratně mění ráz krajiny a okolní ekosystém. Druhé reálné východisko, které však není běžné, je stavba obrovských akumulátorů. Bohužel i toto řešení s sebou nese mnoho úskalí. Pořizovací cena je vysoká a baterie mají omezený počet cyklů. Existuje však i výhoda a to prakticky okamžité najetí zdroje. Jedním z mála provozovatelů takovéto baterie je německá společnost Wemag. Tato baterie má kapacitu 5 MWh a její pořizovací cena se vyšplhala k 6 miliónům euro. Fotografie této baterie je vyobrazen na Obr. č.3.5. [21,40]



Obr. č.3.5 Baterie o kapacitě 5 MWh německé společnosti Wemag [21]

3.5 Rozšíření

Vzhledem k nevýhodám, které v povědomí lidí ve spojitosti s elektromobilismem převládají, je rozšiřování tohoto odvětví dopravy jen pozvolné. Je možné říci, že se pohybujeme v kruhu, kdy spotřebitelé potřebují dobíjecí stanice, k tomu, aby si pořídili elektromobil, na druhou stranu poskytovatelé dobíjecích stanic potřebují elektromobilisty, aby se jim vyplatilo dobíjecí stanice stavět. Je pravda, že v některých státech už se z této

smyčky po malých krůčcích vymotávají a získávají tak náskok oproti zemím jako je například Česká republika. S druhým možným řešením přišla automobilka Tesla Motors, která má vynikající projekt, kdy sama staví dobíjecí stanice a chystá si tak půdu pro následný prodej elektromobilů vlastní značky. V Tab. č.3.1 jsou uvedeny prodeje elektromobilů podle jednotlivých typů v období od roku 2008, popřípadě od začátku jejich prodeje, až do září roku 2014. V Tab. č.3.2 jsou uvedeny prodeje elektromobilu Tesla Model S v zemích, ve kterých bylo možné tento elektromobil oficiálně koupit. [12,22]

Počty prodaných nejprodávanějších elektromobilů od 2008 do září 2014		
model	začátek prodeje	prodaných kusů
Nissan Leaf	12/2010	cca. 140000
Tesla Model S	6/2012	46 948
Mitsubishi i-Miev	6/2009	cca. 32000
Renault Kango Z. E.	10/2011	15369
Renault ZOE	12/2012	15063
BMW i3	11/2013	11676
Chery QQ3 EV	3/2010	cca. 11528
Smart electric drive	2009	cca. 9800
JAC J3 EV	2010	6731
Mitsubishi minicab Miev	12/2011	6003
Volkswagen e-UP!	10/2013	5707
BYD e6	5/2010	5672
Kandi EV	2013	5329
Ford Focus Electric	12/2011	4164
Renault Fluence Z.E.	2011	3929
Bolloré Bluecar	12/2011	3488
Tesla Roadster	3/2008	2450
celkově	-	cca. 325857

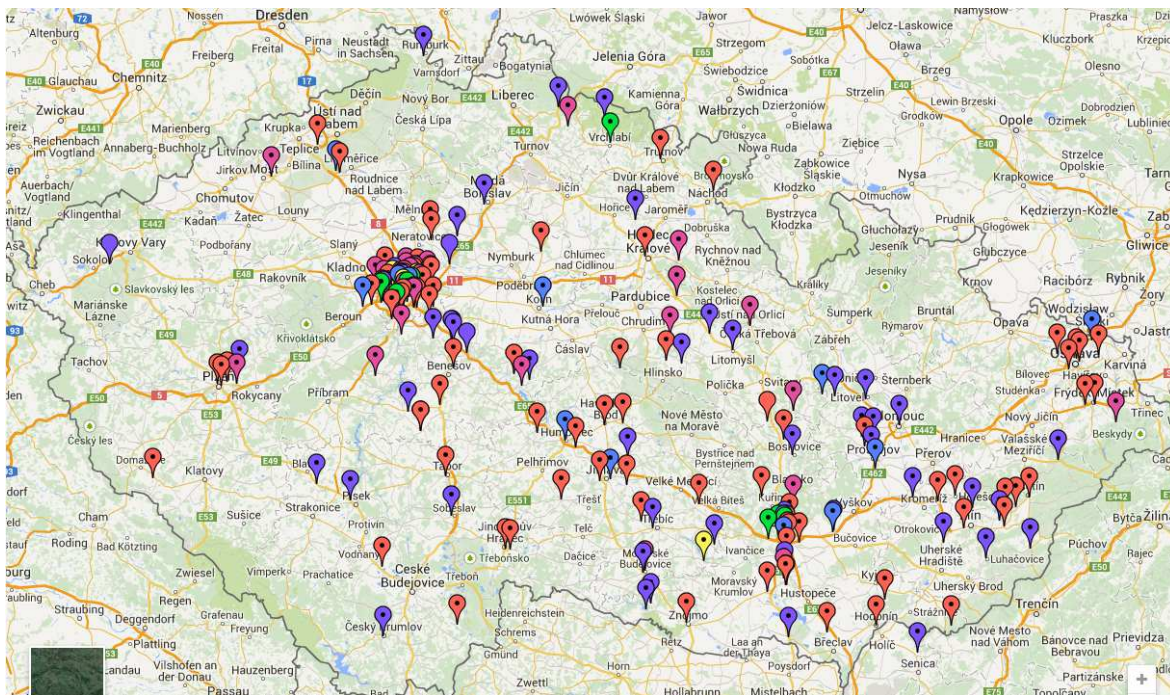
Tab. č.3.1 počet prodaných kusů nejprodávanějších elektromobilů v období 1/2008 – 9/2014[19]

Počet prodaných elektromobilů Tesla Model S podle států za rok 2014 do 3. čtvrtletí včetně			
USA	cca. 11300	Belgie	cca. 361
Norsko	3535	Británie	cca. 350
Čína	cca. 2800	Švýcarsko	cca. 346
Nizozemsko	cca. 958	Dánsko	cca. 302
Kanada	661	celkem	cca. 21189
Německo	cca. 576		

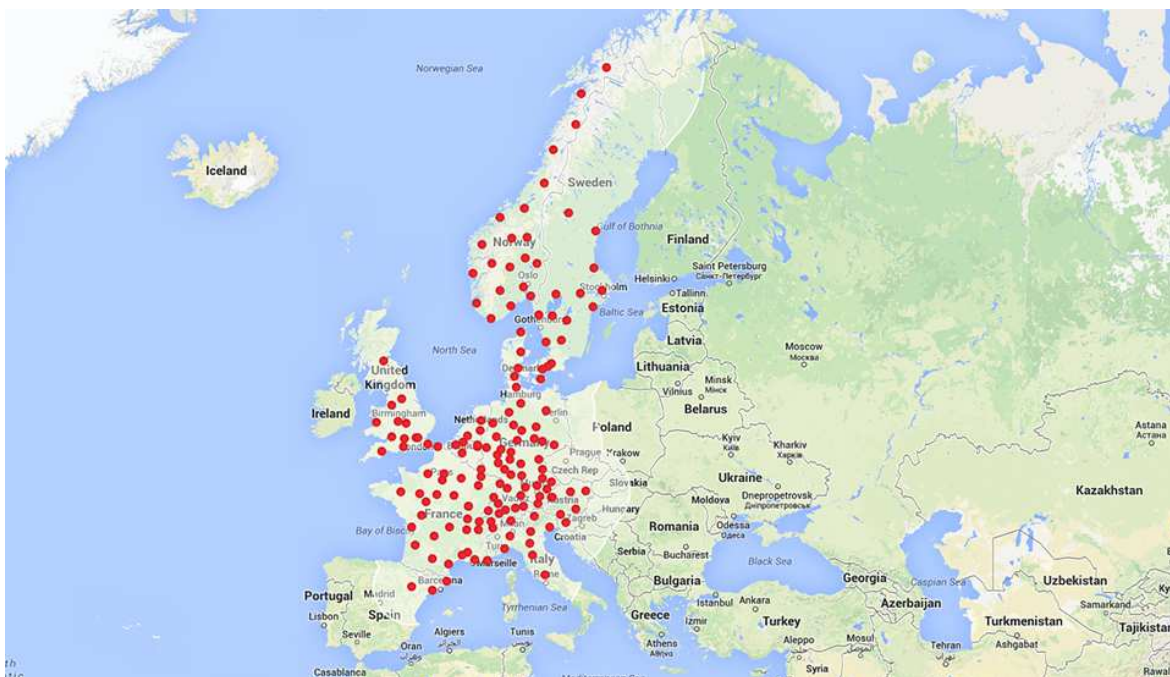
Tab. č.3.2 počet prodaných kusů Tesla Model S za 3. čtvrtletí roku 2014 [12]

I přes všechny překážky se daří počty elektromobilů každým rokem zvyšovat takřka o 100 %. Na konci roku 2014 je přibližný počet elektromobilů na planetě okolo 400 000, přičemž v roce 2012 to bylo pouze 100 000 vozů. [12]

Co se týče České republiky, v současné době je zde zaregistrováno přibližně 1 800 elektrovozidel. To znamená, že toto číslo obsahuje i elektromotocykly. Celkový počet elektromobilů je pouze 13 % z tohoto čísla, tedy přibližně 240 kusů. Takto nízký počet je také úzce spjat s takřka nulovou podporou státu. V okolních vyspělých zemích je zvykem podporovat obyvatelstvo v nákupu elektromobilů. Ve Velké Británii je každý vlastník motivován částkou 5000 liber na nákup. Ve Francii je to 5000 eur, v Rakousku 2751 eur, nebo v Rumunsku například 3700 eur. V jiných zemích jsou vlastníci těchto vozů podporováni například zbavením povinnosti platby silniční daně, což v Dánsku tvoří úsporu až 5000 eur během prvních čtyř let. V České Republice je jistá úspora poskytnuta pouze právnickým osobám a to oproštění od platby silniční daně, což tvoří úsporu přibližně 5000 Kč ročně. Pokrytí České republiky nabíjecími stanicemi pro elektromobily je vyobrazeno na Obr. č.3.6. Pokrytí Evropy nabíječkami Supercharger je znázorněno na Obr. č.3.7. [12,23,24]



Obr. č.3.6 Síť pokrytí České republiky nabíjecími stanicemi – jsou zde zahrnuty i nabíječky soukromých osob, které jsou volně k použití [25]



Obr. č.3.7 Síť pokrytí Evropy nabíjecími stanicemi Supercharger společnosti Tesla Motors (stav zima 2014 – 2015) [22]

3.6 Změny v konstrukci - přestavby

Elektromobily jako takové mají mnoho výhod, právě díky absenci mnoha součástí, které nutně musí v konvenčním automobilu být. Mezi tyto součásti patří: Palivová nádrž, vstřikování paliva, palivové čerpadlo, palivový filtr, olejový filtr, čidlo tlaku oleje, olejové čerpadlo, vzduchový filtr, vodní chlazení, turbodmychadlo, výfuk, rozvodový řemen, katalyzátor, válce, písty, ventily, spojka, setrvačnick, kliková hřídel, diferenciál, převodovka, startér, rozdělovač, zapalování a svíčky. Všechny tyto součásti jsou poruchové, či náchylné na opotřebení, což nutně vede k jejich výměně za nemalé peníze. [12,26,27]

Hlavní součásti, které jsou nutné pro chod elektromobilu, jsou zastoupeny ve svém menším ekvivalentu i v klasických automobilech. Elektromotor, je konstrukcí podobný alternátoru, který stejně musí vozit každý spalovací motor, jen je rozměrově větší. Akumulátor v elektromobilu je konstrukčně podobný tomu, který je součástí každého konvenčního automobilu, jen je díky novým technologiím většinou naprosto bezúdržbový a rozměrově větší. Řídící jednotka elektromobilu je přibližně stejně složitá, jako elektronika u klasických spalovacích vozů, a tak zůstává pouze jediná součást, kterou má elektromobil navíc, a tou je konektor a elektronika pro nabíjení ze zásuvky. [12,27]

Jako je tomu například u přestaveb vozidel na CNG, lze přestavět jakékoliv auto na elektromobil. Existují k tomu dvě cesty. Ta složitější je soukromá přestavba v domácích podmínkách, k tomu je ale nutné mít řadu vědomostí a jistou dávku zručnosti, nebo jednodušší verze, kterou je nechat vůz zkušené firmě, která vám z něj udělá elektromobil. Jedinou firmou, v České Republice, která takové služby poskytuje je EVC Group s. r. o., která se zaměřuje na přestavby vozů Škoda Auto. Je možné si objednat nový automobil, nebo nechat firmu přestavět automobil starší. V současné době se EVC Group s.r.o. zabývá také přestavbami užitkových vozů a autobusů. [12,27]

3.7 Hybrid

Stále častěji je možné v různých automobilových magazínech, televizních pořadech zaslechnout slovo „hybrid“. Interpretace tohoto slova však není všem zákazníkům zcela jasná. Pokud je nějaký automobil označován slovem Hybrid, znamená to, že kromě konvenčního spalovacího motoru je v automobilu užít ještě jiný zdroj mechanické energie, nejčastěji elektromotor doplněný o baterii. V případě nízkého stavu energie, může klasický motor rovnou generovat elektřinu pro elektromotor i pohánět kola. Toto řešení znamená úsporu ve spotřebě pohonných hmot. Zákazník však nijak nemůže elektrickou energii nabít do automobilu před jízdou. Samotná baterie je většinou silně omezena kapacitou, která vystačí pro několik kilometrů jízdy čistě na elektřinu. Nejznámějším vozidlem tohoto typu je Toyota Prius prezentující se jako automobil s velice nízkou spotřebou paliva pohybující těsně nad hranicí 4 l/100 km. [12]

Odlišným typem vozů jsou ty, které jsou označeny jako „plug-in hybrid“. Tyto vozy mají větší kapacitu baterie, kterou je možné dobít i ze zásuvky. V případě vybití baterie, nebo v případě překročení určité rychlosti, se automaticky nastartuje motor, který baterii dobývá a může i přímo pohánět kola. Tento systém má za účel snížení nákladů na palivo a možnost cestovat několik desítek kilometrů pouze na elektrickou energii. Nejznámějším vozidlem tohoto typu je Chevrolet Volt, v Evropě známý jako Opel Ampera s běžným elektrickým dojezdem okolo 50 km. [12]

V poslední době je moderní, že se automobilky uchylují oběma cestami. Tento trend je patrný především u tzv. supersportů, které využívají vlastností elektromotoru např. pro lepší akceleraci a snížení spotřeby. [12]

Některé automobilky, jako například BMW nabízí zákazníkům maximální možnost konfigurace v tom smyslu, že do elektromobilu může být přidán konvenční spalovací motor nazývaný jako „range extender“ neboli prodlužovač dojezdu, který slouží výhradně k produkování elektrické energie a tedy prodloužení dojezdové vzdálenosti tohoto vozidla. Nevýhodou tohoto prodlužovače dojezdu je vyšší hmotnost vozidla a tedy vyšší spotřeba elektrické energie. [12]

Kromě hybridů, kdy se skladuje energie v bateriích, je možné ji skladovat také v tzv. superkondenzátorech, které mají sice menší kapacitu než baterie, nicméně jejich životnost je několika set násobně vyšší a jejich čas vybití či nabití je pouze zlomkový ve srovnání s bateriemi. [12]

Poslední typy hybridů, které nijak nevyužívají elektromotor, jsou takové, které uchovávají energii v mechanické formě v setrvačnicích. Nespornou výhodou těchto systémů je úspora paliva, která se může plížit až k 25 %, nicméně jsou zde i nevýhody a to zhoršení jízdních vlastností vozu při nesprávném umístění osy rotace setrvačnicku. [12]

3.8 Klady a zápory

- + nižší provozní náklady
- + možnost nabíjení doma
- + kvalita elektrické energie je konstantní
- + bezúdržbový provoz
- + oproti spalovacímu motoru má elektromotor pouze jednu hybnou část
- + tichý chod
- + nemožnost kontaminace půdy při havárii
- + nulové emise v místě provozu elektromobilu
- + odpadá nutnost použití převodovky a jiných zařízení
- + nízké opotřebení brzd
- + dynamika jízdy je mnohem lepší než u většiny spalovacích automobilů

- + absence nutnosti podstupování měření emisí
- + nižší cena povinného ručení
- vysoké pořizovací náklady
- malá nabídka elektromobilů na trhu
- řídká síť dobíjecích stanic
- relativně dlouhá doba nabíjení
- omezený počet nabíjecích cyklů baterie
- u některých automobilů menší dojezd, pro běžné denní použití však dostačující
- malé povědomí o možnostech paliva
- nákladná přestavba
- pokles kapacity akumulátoru

4. LPG

Pod zkratkou LPG se skrývá anglický název tohoto paliva „Liquefied petroleum gas“ neboli zkapalněný ropný plyn. Toto palivo se skládá ze dvou složek a to z propanu a butanu. Dříve se plyn o shodném složení nazýval „topný plyn“. Je možné jej použít pro vaření, vytápění či jako osvětlení, v poslední době se pro tyto účely používá převážně zemní plyn, a proto je propan-butan známý většinou jako palivo pro automobily, kde má již mnohaletou tradici. Jako alternativa pro spalovací motory je LPG využíváno již od čtyřicátých let minulého století. Zkapalněný ropný plyn se dá v současnosti považovat za třetí nejrozšířenější palivo na světě. [12,33]

4.1 Vlastnosti

Vzhledem k faktu, že se LPG skládá z propanu a butanu v různých koncentracích lišících se například v závislosti na ročním období, budou uvedeny vlastnosti těchto jednotlivých složek. Výsledné vlastnosti LPG se liší dle daných podmínek, ale vždy se pohybují přibližně v průměru mezi krajními hodnotami, tedy hodnotami jednotlivých složek. [12,28]

Vlastnosti propanu

Skupenství (při 20°C):	za normálních podmínek plynné, při vyšším tlaku kapalné
Barva:	bezbarvý
Zápach:	bez zápachu až velmi slabý zápach
Teplota tání [°C]:	-189
Teplota varu [°C]:	-42,6
Hustota [kg·m ⁻³]:	2,02 (při T = 273,15K; p = 101 325 Pa); 502,00 (T = 293,15; kapalný stav)
Samozápalnost:	ne
Dolní mez výbušnosti:	2,10%
Horní mez výbušnosti:	10,10%
Hořlavost:	Extrémně hořlavý
Spalné teplo [kWh·kg]:	13,99 (kapalný stav) (benzín 13,139 kWh·kg ⁻¹)
Výhřevnost [kWh·kg]:	12,88 (kapalný stav)

Tab. č.4.1 Vlastnosti propanu [28,29,30,31,32]

Vlastnosti butanu

Skupenství (při 20°C):	za normálních podmínek plynné, při vyšším tlaku kapalné
Barva:	bezbarvý
Zápach:	bez zápachu až velmi slabý zápach
Teplota tání [°C]:	-138,4
Teplota varu [°C]:	-0,5
Hustota [kg·m ⁻³]:	2,48 (při T = 273,15K; p = 101 325 Pa)
	600,00 (T = 293,15; kapalný stav)
Samozápalnost:	ne
Dolní mez výbušnosti:	1,50%
Horní mez výbušnosti:	8,40%
Hořlavost:	Extrémně hořlavý
Spalné teplo [kWh·kg]:	13,75 (kapalný stav) (benzín 13,14 kWh·kg ⁻¹)
Výhřevnost [kWh·kg]:	12,79 (kapalný stav)

Tab. č.4.2 Vlastnosti butanu [28,29,30,31,32]

4.2 Produkce, zpracování, transport ke spotřebiteli a skladování

Prakticky všechno LPG je získáváno z fosilních paliv, tedy ze zemního plynu a ropy. Nadpoloviční většina propan-butanu je produkována v rafinériích pro zpracovávání zemního plynu, druhá, menší část je produkována z ropných rafinérií a dalšího zpracování ropy. Při druhé z možností získávání LPG připadá 2 – 3 % z hmotnosti vytěžené ropy na zkapalněné ropné plyny. [12,33]

Pro správné fungování spalovacích motorů na propan-butan, je nutné zajistit požadovanou kvalitu, tedy minimální množství elementární síry, sirných sloučenin a těžko odpařitelných složek, tedy vyšších uhlovodíků. [12,33]

U transportu tohoto paliva je do značné míry využívána možnost zkapalnění, kdy při tomto procesu plyn zmenší svůj objem přibližně 260 krát. Patrně nejběžnějším typem dopravy po pevnině je doprava vlaková. U tohoto typu se používají cisterny s možností převážet 10 – 50t paliva. Pro dopravu paliva od železnice do čerpací stanice jsou využívány automobilové cisterny. Zde je možnost převážet na jeden náklad 8 – 16t paliva. [12,33]

Konečnou fází velkoobjemové dopravy LPG jsou tedy čerpací stanice. Jsou to zařízení sloužící k plnění nádrží motorových vozidel zkapalněným ropným plynem. Čerpací stanice tohoto paliva se dělí na dva druhy a to čerpací stanice kompaktní, s přemístitelným zásobníkem do 5 m³ a výdejním zařízením na ocelovém rámu a čerpací stanice stabilní. [12,33]

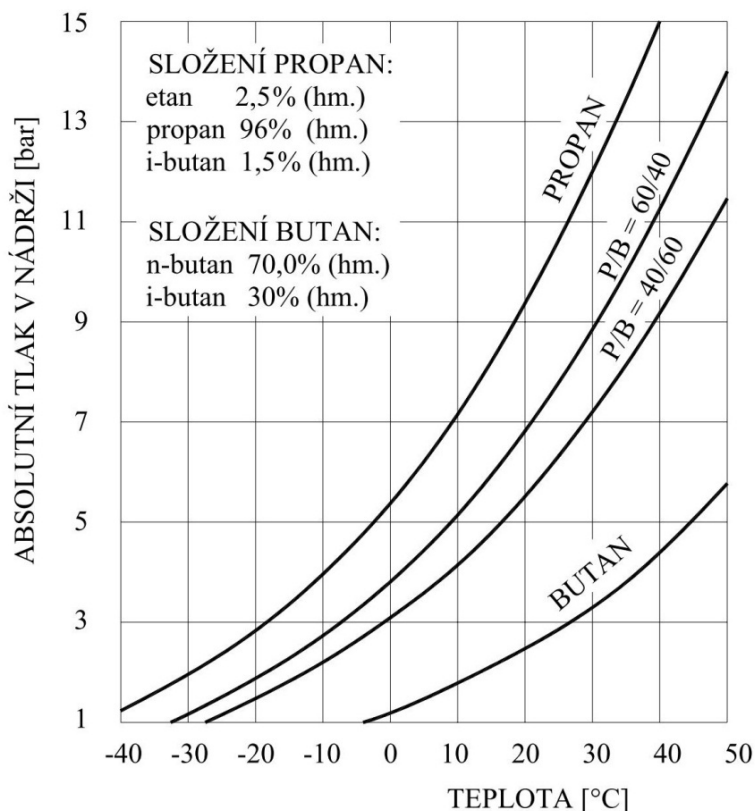
Co se týče různorodosti plnicích ventil, existují čtyři standardy. Řidiči, kteří plní LPG se však nemusí obávat výjezdu za hranice. Většina okolních států používá stejný typ jako je v České Republice. Některé země, jako například Německo však mají používaných standardů více. Záchranou mohou být redukce, které lze bez problémů zakoupit a otevřít si tak cestu k jakékoliv plnicí stanici. [12,33]

Základní komponenty čerpací stanice:

- zásobníky – slouží k uchovávání zkapalněného média, kterým nesmí být plněny více než do 85 % své kapacity
- dopravní zařízení – čerpadlo s elektromotorem dopravující médium z nádrže čerpací stanice do zařízení, které toto médium dále vydává
- Výdejní zařízení – je to zařízení sloužící k dopravě média do nádrže dopravního prostředku
- zabezpečovací prvky – sloužící k ochraně komponentů a zdraví lidí
- elektrorozvaděč
- dopravní potrubí

Takováto čerpací stanice musí pravidelně podstupovat přísné kontroly správné funkčnosti a smí ji obsluhovat pouze proškolená a přezkoušená osoba starší 18 let. [12,33]

Nádrže či lahve pro skladování musí být připraveny na tlaky, které vyvíjí LPG v závislosti na okolních teplotách. Závislost tlaku v nádrži na složení LPG a teplotě paliva je znázorněna na Obr. č.4.1. [12,33]



Obr. č.4.1 Závislost tlaku v nádrži na složení a teplotě LPG [33]

4.3 Rozšíření

Díky své dlouholeté tradici v Evropských podmínkách a nízkým cenám jezdí na LPG mnohem více automobilů než na jiná alternativní paliva. V České Republice současně jezdí přibližně 200 000 automobilů na toto palivo. Síť čerpacích stanic je s přibližně 900 kusy dost hustá na to, aby pokryla potřeby všech uživatelů tohoto paliva. Co se týče celé Evropy, již je vybudováno přes 17 500 čerpacích stanic, což znamená, že není problém s autem na LPG kamkoliv vycestovat. Meziroční nárůst prodeje nových vozů na LPG v České republice mezi roky 2012 a 2013 byl 25 %. Evropské prvenství v počtu provozovaných automobilů na LPG drží stejně jako u automobilů na CNG Itálie se 750 tisíci vozy. [12,33,45]

4.4 Změny v konstrukci automobilů, Diesel Gas a ekologie

Obrovskou výhodou paliva LPG je stejně jako u CNG možnost přestaveb z pohonu na benzín právě na LPG. Je možné přestavovat i automobily spalující naftu, nicméně návratnost přestavby je reálná pouze u nákladních automobilů. [11,12]

Podobně jako je tomu u stlačeného zemního plynu obsahuje navíc ať už přestavený, či nový automobil palivovou nádrž, rozvody pro vedení paliva, různé typy ventilů, filtr, čidlo tlaku a reduktor – neboli zplynovač pro redukci tlaku. [11,12,34]

Diesel Gas je systém, kdy je do pracovního prostoru válce společně s naftou vstřikováno také LPG. Takto upravený automobil se vyznačuje nižší spotřebou dražší nafty, a lepším prohořením paliva, což má za následek delší životnost motoru. Poměr vstřikovaného paliva ku LPG je přibližně 4 : 1. Tento systém se vyplatí především u nákladních automobilů s velkým nájezdem kilometrů, protože návratnost investice je pomalejší. [12,53]

Na rozdíl od benzínu, se kterým se nabízí srovnání, nejsou při spalování LPG vypouštěny do ovzduší žádné tuhé emise ani olovnaté sloučeniny. Spaliny obsahují méně oxidu uhelnatého a aromatických uhlovodíků. Vozy s pohonem na LPG vypouštějí také v průměru méně oxidu uhličitého. [12,53]

4.5 Klady a zápory

- + možnost provozu na klasické palivo (benzín)
- + úspory v nákladech za palivo
- + ekologičtější provoz
- + tišší chod
- + nulové ztráty paliva při tankování (odpařování nafty)
- + přestavět na LPG lze každý automobil na benzín
- + dostatečná síť čerpacích stanic
- omezený zdroj
- menší dojezd
- politicky ovlivnitelná cena, či dokonce objem dodávky
- vyšší pořizovací cena
- nákladná přestavba
- relativně dlouhá čekací doba při přestavbě – dva dny
- snížení výkonu automobilu
- zvýšení spotřeby automobilu
- omezení zavazadlového prostoru
- nestálá kvalita pohonné hmoty

5. Biopaliva

V této práci již byl zmíněn bioplyn jako alternativa k palivu CNG. Ve větší míře je však v dnešní době využíváno biopaliva v kapalně podobě, kterému bude věnována následující kapitola.

Stále častěji se na čerpacích stanicích setkáváme s pohonnými hmotami označenými jako Bioethanol, Biodiesel. Jsou to paliva vyráběna z obnovitelných zdrojů a v určitém množství zředěna s klasickými fosilními palivy. Kvůli legislativě to ale nejsou pouze tyto paliva, která obsahují tzv. biosložku, ale je to většina paliv na čerpacích stanicích. Evropská Unie totiž vydala nařízení týkající se prodeje biopaliv, které určuje prodejci, že několik procent z prodaného objemu pohonných hmot musí být biopaliva. Mnozí prodejci toto nařízení po tlaku spotřebitelů začali obcházet tím stylem, že prodávají jak biopaliva, tak paliva čistá, tedy bez této příměsi a v konečném součtu prodaného objemu se dostanou na požadovanou procentuální hodnotu prodaných biopaliv. [12,33,36,37,38,39,41]

V České Republice se v posledních letech často setkáváme s poli řepky olejky, ze které je dále vyráběny tzv. MĚŘO neboli metylestery řepkového oleje. V zahraničních médiích je možné setkat se se zkratkou FAME (Fat Acid Methylester), tedy metylestery mastných kyselin. [12,38,39]

5.1 Vlastnosti

Vlastnosti bioethanolu E85

Skupenství (při 20°C):	kapalné
Barva:	bezbarvý
Zápach:	jemný zápach podobný alkoholu
Teplota tání [°C]:	-114,4
Teplota varu [°C]:	78,3
Hustota [kg·m ⁻³]:	789 (při T = 273,15K; p = 101 325 Pa)
Samozápalnost:	ne
Dolní mez výbušnosti:	3,40%
Horní mez výbušnosti:	15,00%
Hořlavost:	Vysoce hořlavý
Spalné teplo [kWh·kg]:	8,29 (benzín 13,14 kWh·kg ⁻¹)
Výhřevnost [kWh·kg]:	8,02

Tab. č.5.1 Vlastnosti bioethanolu E85 [28]

Vlastnosti bionafty

Skupenství (při 20°C):	kapalné
Barva:	jemně žlutá
Zápach:	bez zápachu až velmi slabý zápach
Teplota tání [°C]:	-20
Teplota varu [°C]:	313
Hustota [kg·m ⁻³]:	880 (při T = 288,15K; p = 101 325 Pa);
Samozápalnost:	ne
Dolní mez výbušnosti:	0,50%
Horní mez výbušnosti:	6,50%
Hořlavost:	hořlavina III. třídy
Spalné teplo [kWh·kg]:	11,28 (kapalný stav) (benzín 13,139 kWh·kg ⁻¹)
Výhřevnost [kWh·kg]:	10,36 (kapalný stav)

Tab. č.5.2 Vlastnosti bioethanolu E85 [28]

5.2 Výroba, zpracování, transport a skladování

V Českých podmínkách se většinou nesetkáváme s prodejem stoprocentních biopaliv. Tato paliva jsou po výrobě namíchána s fosilními palivy a dále distribuována.

Výroba bioethanolu

Takto označené palivo je vyráběno alkoholovým kvašením z biomasy. Obvyklým zdrojem pro výrobu jsou rostliny s vyšším obsahem škrobu a jiných sacharidů, jako například kukuřice, brambory, obilí, cukrová řepa či cukrová třtina. [12,33,36,37,38,39,41]

Výroba bionafty

Základem její výroby je rafinační proces zvaný také jako transesterifikace, kdy se mísí vylisovaný řepkový nebo jiný olej s metanolem za přidání dalších katalyzátorů, jako například hydroxidu sodného. Produkty s příměsí této složky se dále označují jako B2, B5, B20, B30 a B100. Číslo za písmenem B znázorňuje procentuální zastoupení biosložky. [12,33,36,37,38,39,41]

V Tab. č.5.3 je znázorněna výtěžnost oleje z různých zemědělských plodin vztahovaná na hektar osazené plochy.

rostlina	výtěžnost l/ha	rostlina	výtěžnost l/ha
Čínský lůj	907	Sója	554 - 922
Palma	4752	Arašídý	842
Kokos	2151	Slunečnice	767
Řepka	954	Konopí	242

Tab. č.5.3 výtěžnost různých surovin, pěstovaných pro výrobu bionafty [12]

I., II., III., a IV. generace biopaliv

Biopaliva jako taková jsou svým původem rozdělena do oddílů nazývajících se generace. Všechna biopaliva na dnešním českém trhu jsou tzv. první generace. Myslí se tím paliva, která jsou vyráběna jednoduchým chemickými procesy ze zemědělských komodit. V souvislosti s druhou generací se hovoří o výrobě biopaliv z nezemědělských komodit, tedy ze zemědělských odpadů (sláma, seno, kukuřičné zbytky) případně z odpadů. Třetí generace je často spojována s mořskými řasami, které jsou také potenciálním zdrojem biopaliv. Čtvrtou generací se myslí pohonné hmoty vznikající za působení geneticky modifikovaných organismů. Dle některých odhadů nebude do roku 2020 zavedena do běžného užívání žádná jiná generace než první. [12,33,36,37,38,39,41]

Transport

Při přepravě těchto pohonných hmot se postupuje obdobně, jako při přepravě klasických paliv. Dálkové trasy jsou většinou obstarávány loděmi, po souši pak vlaky, konečná doprava k čerpací stanici je pomocí cisteren. Výhodou biopaliv co se týče přepravy, je velice rychlá odbouratelnost, kdy je 95 % bionafty degradováno do 28 dnů. [12]

Skladování

Uskladnění biopaliv je shodné s uskladněním benzínu či nafty. Při uchovávání v čerpacích stanicích se využívá shodných nádrží. Stejně mohou být uskladněna biopaliva v kanystrech. Zde je však nevýhodou, že při delším stání paliva má biosložka tendenci se oddělovat od fosilního paliva. Proto se nedoporučuje ani delší stání automobilu s biopalivem v nádrži. [12]

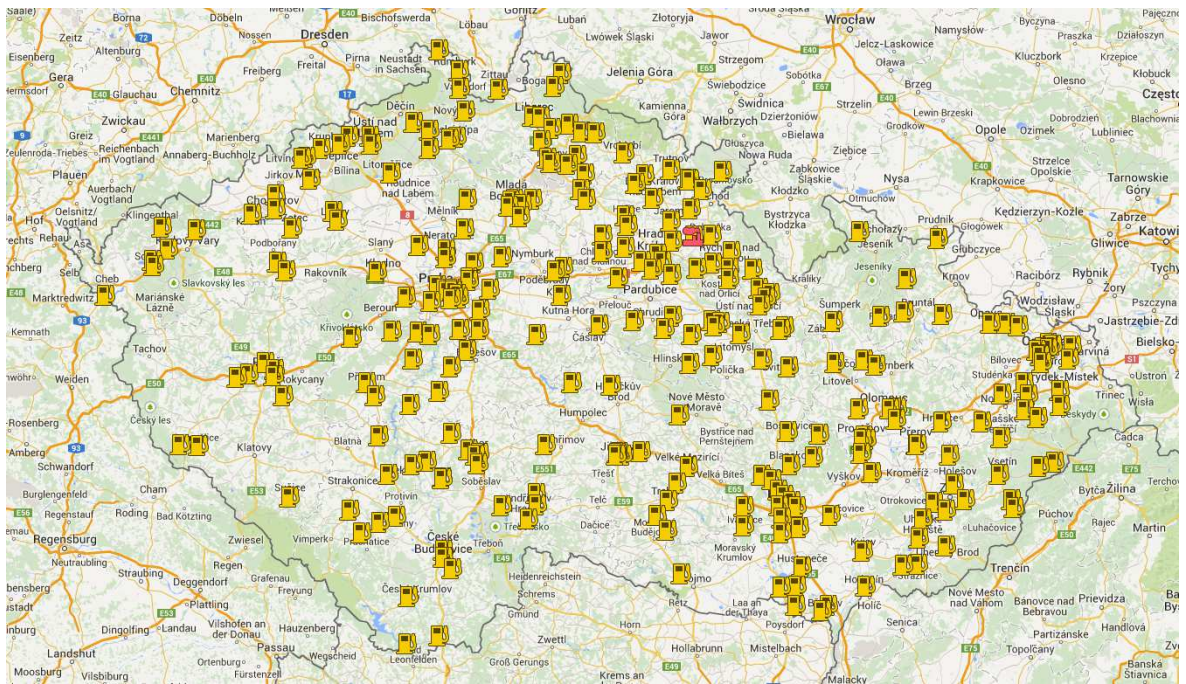
5.3 Rozšíření

Většímu rozšíření využívání biopaliv pomohla především legislativa Evropské unie, která si dala za cíl, aby do roku 2005 byly 2 % prodaného paliva tzv. bio. V roce 2010 se pak procentuální zastoupení této složky zvýšilo na 5,75 % a v roce 2020 se mělo vyšplhat na 10 %. V červnu roku 2014 toto své nařízení však snížila na 7 %. Co se však týče informovanosti uživatelů, je povinností prodejce upozorňovat zákazníka pouze na paliva s vyšším obsahem bio složky, než 5 %, což znamená, že paliva s menším obsahem zůstala označena stejně, ale změnilo se jejich složení. [12,33,36,37,38,39,41]

Co se týče například USA je zde bioethanol klasicky přimícháván do benzínu i v 10 procentním zastoupení, což podle tamních studií nemůže mít vliv na konstrukci automobilu. Někteří vědci dokonce tvrdí, že ani 20 procentní zastoupení nemůže automobilu bez potřebných úprav ublížit. USA jsou společně s Brazílií dominantními producenty, kteří dohromady vyprodukuje 90 % ethanolu na světě. V Evropě jsou na prvních příčkách Německo, Francie a Švédsko. V České republice je přibližně na 170 čerpacích stanicích takřka rovnoměrně rozmístěných pro pokrytí potřeb většiny obyvatel. V Tab. č.5.4 jsou znázorněna data výroby, dovozu, vývozu, spotřeby ethanolu, jako příměsi v benzínu a spotřeby ethanolu E85. Síť čerpacích stanic, které nabízí Ethanol E85 je vyobrazen na Obr. č.5.1. Síť stanic nabízejících Bionaftu v koncentracích SMN30 a v koncentraci B10 je vyobrazena na Obr. č.5.2. [12,33,36,37,38,39,41]

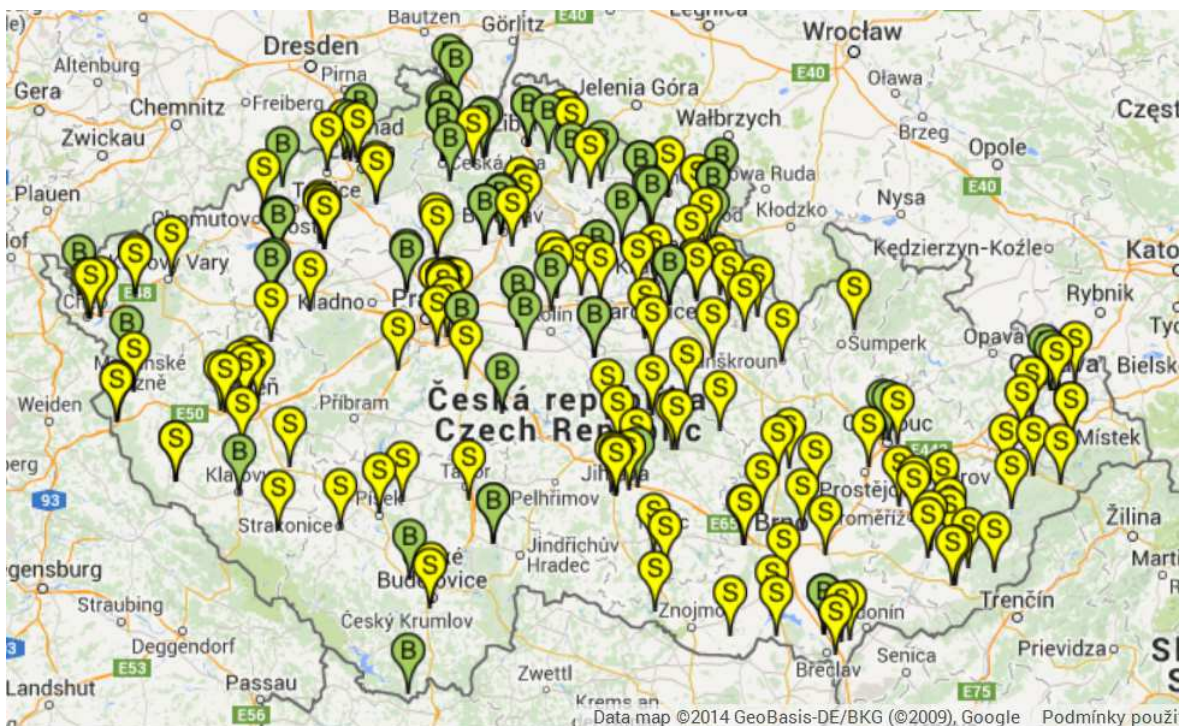
	2010	2011	2012
výroba [t]	94523	54412	102195
dovoz [t]	10361	35696	5184
vývoz [t]	36556	7378	16644
hrubá spotřeba [t]	69037	78961	89592
spotřeba E85 [t]	801	6439	15142

Tab. č.5.4 Výroba, dovoz, vývoz a spotřeba ethanolu v České republice [42]



Obr. č.5.1 Rozmístění čerpacích stanic nabízejících Ethanol E85 [33]

Alternativu ke klasické naftě je možné v našich podmínkách také hojně tankovat. Je zde síť čerpacích stanic podobně rozvinutá jako je tomu u ethanolu E85, tedy 45 čerpacích stanic nabízejících B100, tedy stoprocentní bionaftu a přes 120 čerpacích stanic nabízející SMN30, tedy bionaftu zředěnou s klasickou naftou v poměru nejméně 30:70. [33]



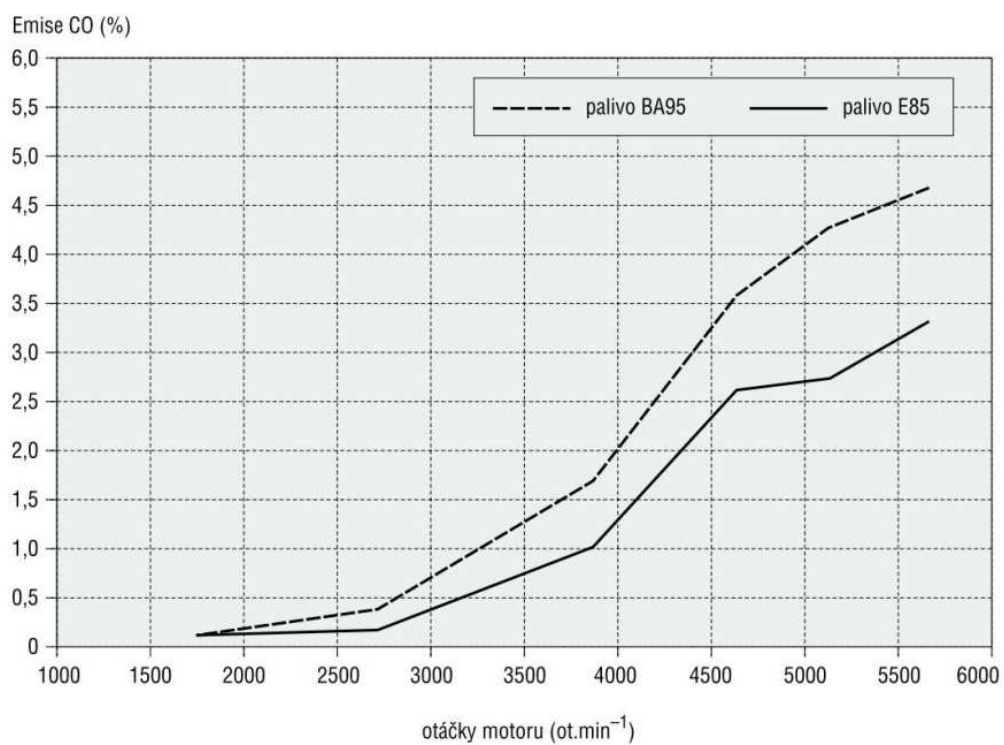
Obr. č.5.2 Rozmístění čerpacích stanic nabízejících Bionaftu v koncentracích SMN30 (žlutě) a v koncentraci B100 (zeleně) [33]

5.4 Možnosti užití v automobilech na konvenční paliva a ekologie provozu

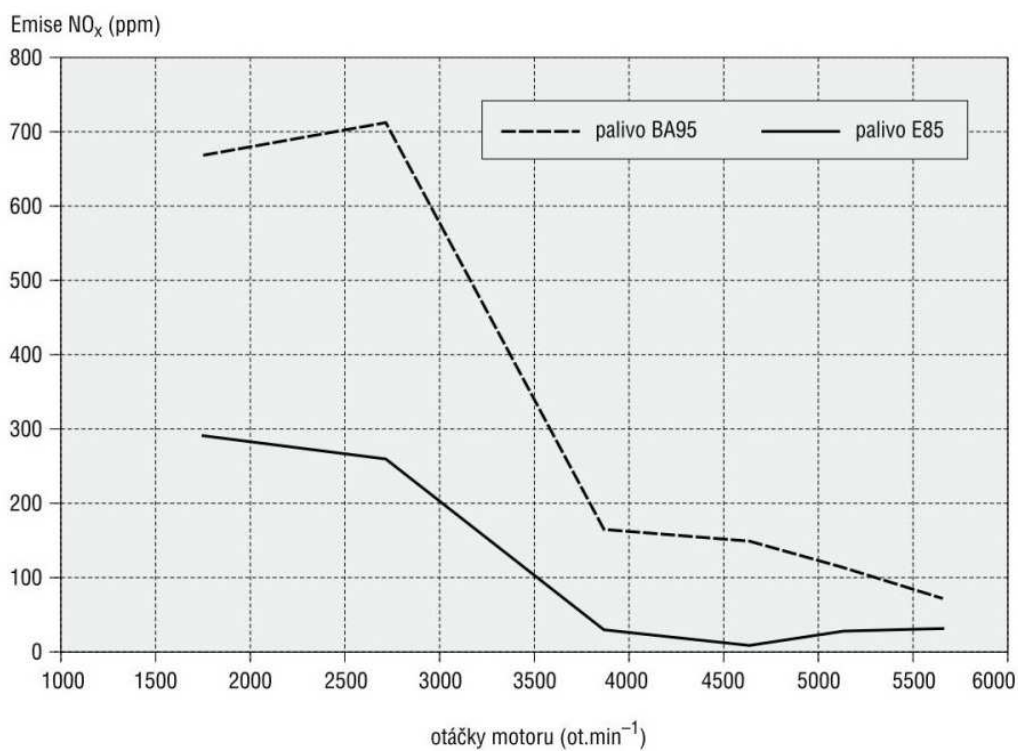
Jak již bylo řečeno, v určitých množstvích jsou biopaliva spalována prakticky ve všech motorech. Pokud však chce zákazník ve svém automobilu spalovat právě biopaliva, přesněji tedy ethanol ve vyšších koncentracích, musí přistoupit k tzv. přestavbě automobilu, i když se ve výsledku jedná o umístění jednotky do prostoru k motoru vozidla, popřípadě u kvalitnějších jednotek také čidla u lambda sondy. Celková cena vybavení pro přestavbu se pohybuje přibližně mezi 2000 – 10 000 Kč v závislosti na kvalitě. Šťastnější uživatelé často zjišťují, že vlastní tzv. flexi fuel car, tedy automobil bez úprav zvládající různé směsi fosilního paliva a ethanolu. Tato auta jsou běžně však spíše v USA nebo v Brazílii. Jedná se například o některé vozy značek: Audi, BMW, Chevrolet, Citroën, Fiat, Ford, Honda, Mitsubishi, Nissan, Renault, Toyota, Volkswagen. Výrobci uvádějí, v jakých maximálních koncentracích ethanolu je možné vozidlo běžně provozovat. [12,43]

Co se týče majitelů automobilů s motorem na naftu, kteří by rádi začali tankovat alternativu k fosilnímu palivu, mají jednodušší cestu. Všechny motory jsou schopny zvládnout až 30% koncentraci bio složky v palivu bez jakýchkoliv zásahů. U nového je však nutné dát si pozor na neporušení záručních podmínek. Pokud majitel tankuje do auta jiné palivo, než je v podmínkách a v technickém průkazu, může přijít o možnost reklamovat automobil. V nedávné době byl udělán velký krok vpřed ze strany automobilek Peugeot a Citroën, které pustily do světa zprávu o možnosti bezproblémového spalování až 30 procentního obsahu biosložky v palivu. Ještě dál zašly automobilky Scania a Volkswagen, které tvrdí, že jejich motory mohou spalovat až stoprocentní bionaftu. Jediné omezení je v nutnosti častější kontroly hadiček z důvodu vyšší agresivity biosložky. [12,43]

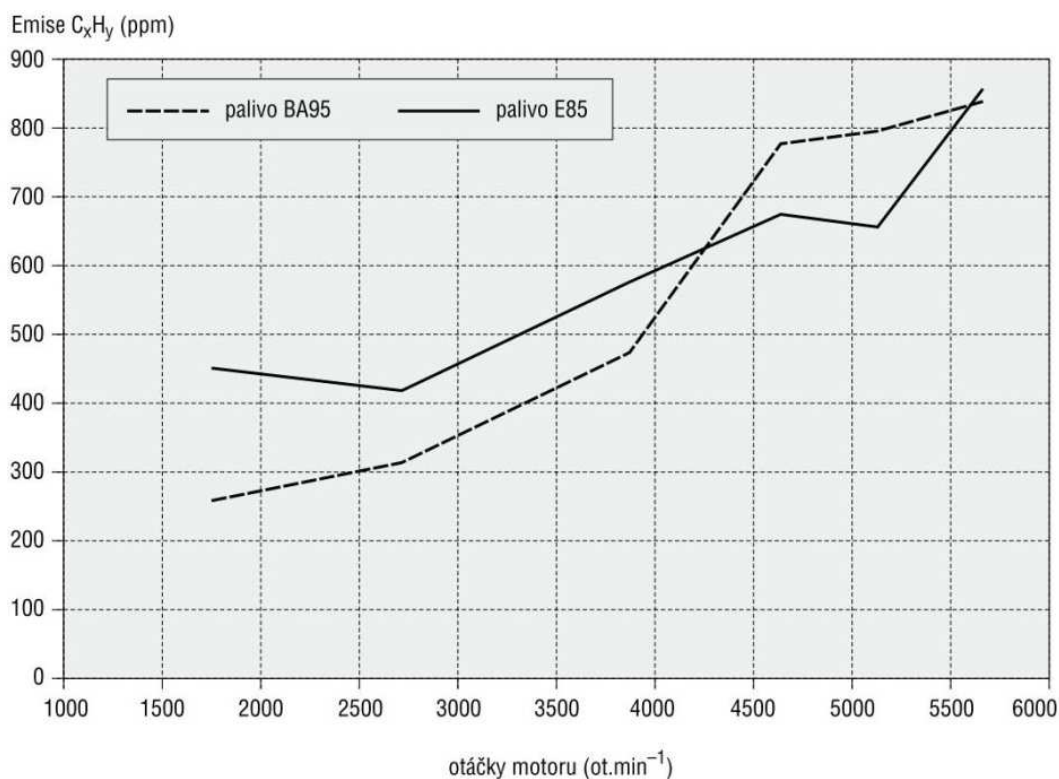
O ethanolu se často hovoří jako o ekologickém palivu. O tom jak je toto palivo ekologické, však rozhodují také jiné okolnosti, a to je například kvalita úpravy vstříkované dávky paliva či seřízení předstihu zážehu paliva. Největší využití potenciálu ethanolu mají podle výzkumů právě auta označená jako flexi fuel. U emisí CO₂ se hovoří až o úspoře 70 % vypuštěných škodlivin. Jak znázorňují další grafy, nejen z pohledu CO₂ je Ethanol k životnímu prostředí příznivější. Při širším pohledu na věc však zůstává otázkou, kolik paliva je nutné na vyrobení jednoho litru bioethanolu, a kolik emisí je při výrobě vypuštěno. Existuje několik studií, které se vyjadřují zcela rozdílně, zdali je využívání ethanolu v konečném důsledku ekologičtější než fosilní paliva, či naopak. Grafy zobrazující porovnání vypuštěných emisí mezi spalováním Ethanolu E85 a Neturalu 95 jsou vyobrazeny na Obr. č.5.3, Obr. č.5.4, Obr. č.5.5. [44]



Obr. č.5.3 Porovnání vypouštěných emisí CO při spalování klasického paliva natural 95 a Ethanolu E85 [44]

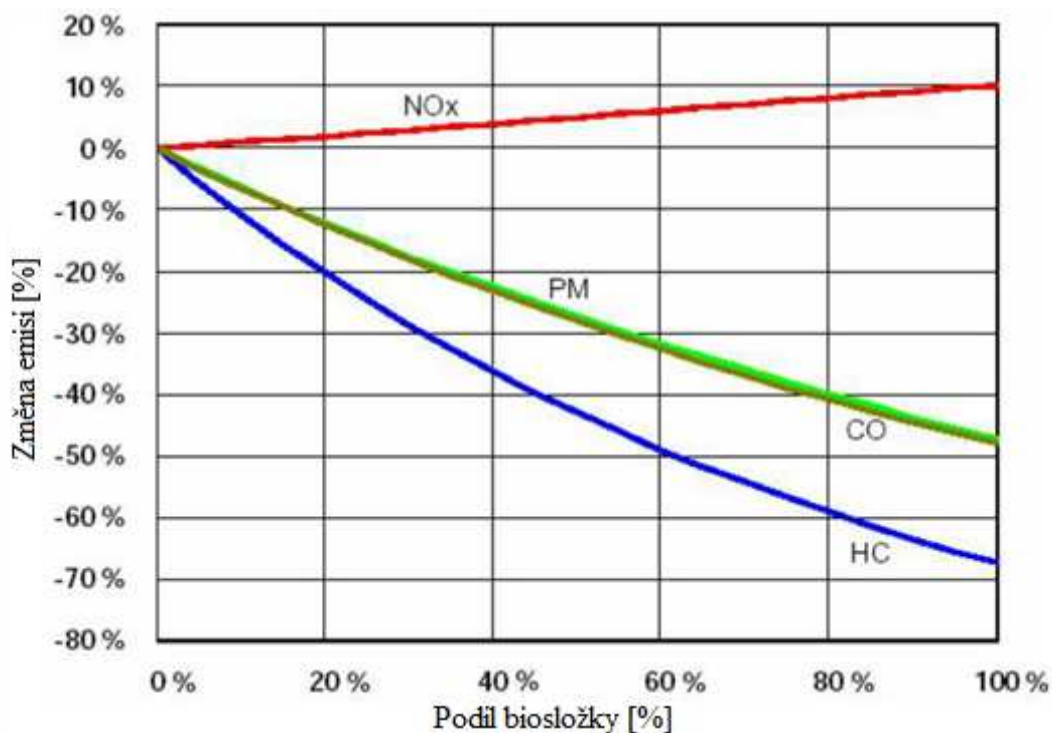


Obr. č.5.4 Porovnání vypouštěných emisí NO_x při spalování klasického paliva natural 95 a Ethanolu E85 [44]



Obr. č.5.5 Porovnání vypouštěných emisí C_xH_y při spalování klasického paliva natural 95 a Ethanolu E85 [44]

Bionafta jako taková, je také do značné míry přívětivější k životnímu prostředí. Kromě NO_x , jehož koncentrace ve výfukových plynech při spalování čisté bionafty mírně vzroste, všechny další emise, tedy CO , SO_2 , pevné částice, jsou nižší. Obecně platí, že v čím větší míře je podíl obsahu paliva bionafta, je provoz přívětivější k životnímu prostředí. Opět je ale třeba udělat celkovou bilanci, zahrnující vypuštěné emise při výrobě bionafty. Grafické porovnání nárůstu či poklesu emisí v závislosti na procentuálním zastoupení biosložky v palivu je zobrazeno na Obr. č.5.6. [43]



Obr. č.5.6 Vliv podílu biosložky v naftě na vypouštěné emise ve spalínách [43]

5.5 Klady a zápory

- + rychlá odbouratelnost
- + nižší náklady na provoz vozidla
- + malé náklady na přestavbu
- + žádné větší zásahy do konstrukce vozidla při přestavbě
- + možnost spalovat také klasická paliva
- + automatické čištění palivové soustavy
- + jednoduchá demontáž přestavbových zařízení a opětovná montáž do jiného automobilu
- + zvýšení výkonu motoru
- + nižší emise
- + podpora tuzemského zemědělství
- + čistí palivový systém
- + tišší a pružnější chod motoru
- + vyšší oktanové/cetanové číslo
- nemožnost dlouhodobého skladování
- nutnost pravidelných kontrol filtrů, oleje a hadiček po přechodu na biopaliva
- zvýšení spotřeby motoru
- možná ztráta záruky na automobil
- vystavení části motoru korozivním podmínkám

6. Vodík

Vodík jako palivo, je velice často diskutované téma. Existují skalní zastánci toho názoru, že právě vodík je budoucnost automobilové dopravy. Na druhou stranu existuje také mnoho odpůrců, kteří argumentují jeho mnohými nevýhodami. Dnes však můžeme s jistotou říci, že probíhá výzkum a kusová výroba takových automobilů, a že některé automobilky plánují začít sériovou výrobu již okolo roku 2017. Nikdo však nemůže s jistotou říci, zdali je to slepá ulička, či nikoliv. [12]

6.1 Vlastnosti

Skupenství (při 20°C):	plynné
Barva:	bezbarvý
Zápach:	bez zápachu až velmi slabý zápach
Teplota tání [°C]:	-259
Teplota varu [°C]:	-252,9
Hustota [kg·m ⁻³]:	0,0899 (při T = 273,15 K; p = 101 325 Pa)
Samozápalnost:	ne
Dolní mez výbušnosti:	4,10%
Horní mez výbušnosti:	74,00%
Hořlavost:	Extrémně hořlavý
Spalné teplo [kWh·kg]:	39,42 (benzín 13,14 kWh·kg ⁻¹)
Výhřevnost [kWh·kg]:	33,21

Tab. č.6.1 Vlastnosti vodíku [35,52]

6.2 Výroba, zpracování, transport ke spotřebiteli a skladování

Výroba

V dnešní době se vodík vyrábí několika různými cestami. Nejlevnější, a proto také nejrozšířenější, je výroba vodíku z fosilních paliv, tedy reformování zemního plynu, zplyňování uhlí a parciální oxidace uhlovodíků. Další, dražší a méně rozšířenější způsob je elektrolýza vody. Mezi nejméně rozšířené způsoby výroby vodíku patří například výroba z biomasy. Jak je z tohoto výčtu patrné, zdaleka ne vždy, je výroba vodíků ekologická, a proto je důležité předem zvážit, do jaké míry je ekologický provoz automobilů na vodík. [52]

Zpracování

Vodík po jeho výrobě, čištění a sušení dále není nutné zpracovávat. Pro některé dopravní prostředky je však nutné jej zkapalnit, což znamená podchlazení na teplotu pod $-252\text{ }^{\circ}\text{C}$, což je velice energeticky náročná operace. [52]

Transport ke spotřebiteli a skladování

Skladování vodíku je možné v jeho dvou skupenstvích, a to v plynném a kapalném. Při skladování v plynném stavu se využívá vyšších tlaků, které se pohybují mezi 40 – 200 MPa. Skladovací nádoby jsou z nízkouhlíkových ocelí, bez použití svárů. Energetická náročnost spočívá v kompresi plynu. Větší množství stlačeného vodíku je možné skladovat například ve využitých solných dolech nebo ve vytěžených ložiscích zemního plynu. Zde se tlak pohybuje okolo 11 MPa. V dnešní době jsou rozvinuté možnosti také skladování vodíku v kapalně podobě. Tímto způsobem se zvýší hustota energie. Používají se vícevrstvé kryogenní nádoby s vynikajícími izolačními schopnostmi. Maximální používaný přetlak je 5 barů. Přetlak se zvyšuje postupujícím se odpařováním vodíku, a proto je nutné, aby součástí nádoby byl také přetlakový ventil. Ztráty odpařováním se pohybují okolo 3 % denně. [12,50,51]

Jedním z novějších způsobů je skladování vodíku v hydridech kovů, kdy se vodík za určitých naváže přímo do struktury kovů, a naopak za určitých podmínek strukturu kovu opustí. Díky těmto výhodám se tento způsob jeví jako doposud nejbezpečnější. [12,50,51]

Z důvodu třetinové výhřevnosti na jednotku objemu, než je tomu například u zemního plynu, je doprava vodíku komplikovanější. Existují dvě možnosti přepravy vodíku, a to doprava plynovodem a doprava v tlakových nádobách. Doprava vodíku plynovodem je možná pouze v místech s vyšší koncentrací výrobců a spotřebitelů. Nejdelší plynovody přepravující vodík měří do 200 km. Ztráty v tomto zařízení se pohybují okolo 1 % a je kladen velký důraz na těsnost. Maximální provozní tlaky nepřesahují 2,5 MPa. [12,50,51]

Přeprava v tlakových lahvích je možná jak v plynném, tak v kapalném stavu. Tento typ přepravy je velice nákladný a může zvýšit koncovou cenu až na několika násobek. Jeden kamion dokáže přepravit mnohem menší hmotnost vodíku, než je tomu například u benzínu. [12,50,51]

6.3 Typy automobilů

Vodíkové automobily, mohou být dvojího druhu. Obě z možností jsou shodné, co se týče plnění a ukládání vodíku, avšak liší se v jeho přeměně na mechanickou energii. První ze systémů využívá obyčejný spalovací motor, ve kterém je vodík spalován.

Obrovskou výhodou tohoto systému je možnost využívání i klasického, konvenčního paliva v případě prázdné vodíkové nádrže. Automobily tohoto typu prodává například společnost BMW. Jejich vozidlo skladuje vodík v kapalném stavu a až na cestě k motoru se mění do skupenství plynného. Stejný systém využívá například i automobilka Aston Martin. Obrovským problémem při spalování vodíku v klasických motorech je voda způsobující korozi. [12]

Druhým typem využití vodíku je jeho přeměna na elektřinu pomocí palivových článků přímo v elektromobilu a jeho další využití v elektromotoru. Tento systém je rozšířenější než první zmíněný, lépe řečeno byl první systém takřka vytlačen a všechny automobilky zabývající se o vodík vyvíjejí systémy druhého typu. Ten jednoduše řečeno zahrnuje všechny výhody elektromobilu související s využitím elektromotoru a navíc nabízí rychlé tankování, což mnohé uživatele klasických elektromobilů trápí nejvíce. Možnost využití elektřiny jako „prostředníka“ je velice výhodná v kombinaci s baterií, která může uchovávat přebytečně vyrobenou energii nebo energii získanou z brzdění. [12]

6.4 Rozšíření

Vzhledem k málo rozšířené infrastruktuře plnicích stanic nejsou auta na vodík v Evropě moc rozšířená. V České republice je pouze jedna plnicí stanice, a to v Neratovicích. Tato plnicí stanice slouží především pro testování vodíkového autobusu, jezdícího na lince Praha – Mělník. V sousedním Německu je sice síť rozšířenější, nicméně 15 čerpacích stanic na tak rozlehlé území, je prozatím nedostačující. V této zemi jsou ambice na postavení několika set čerpacích stanic v horizontu deseti let. Nejrozvinutější síť čerpacích stanic na vodík je kromě Německa také ve Skandinávii a USA. [12,49]

Své funkční prototypy modelů na toto palivo má již několik automobilek. Mezi tyto výrobce patří například Toyota, Honda, Hyundai, Mercedes-Benz a nově také Audi. [12,49]

6.5 Typy palivových článků

Rozlišení jednotlivých druhů palivových článků spočívá především v různých druzích elektrolytu. Podle druhu elektrolytu se pak palivové články dále dělí na vysokoteplotní a nízkoteplotní. [46]

Mezi vysokoteplotní patří palivové články na bázi tekutých uhličitanů, které jsou schopné vést uhličitanové ionty (CO_3^{2-}) od katody k anodě a palivové články s elektrolytem na bázi pevných oxidů, které jsou schopny vést kyslíkové ionty O^{2-} rovněž od katody k anodě. Běžná pracovní teplota vysokoteplotních palivových článků se může vyšplhat až je 600 °C. [46]

Mezi nízkoteplotní palivové články pak patří takové, které mají obvyklou pracovní teplotu pod 250 °C. Jsou to pak například alkalické palivové články, jejichž elektrolyt je schopen vést hydroxidové ionty (OH⁻) směrem od anody palivového článku k anodě. Druhým zástupcem této skupiny jsou palivové články s elektrolytem na bázi kyseliny fosforečné, který je určen k vedení vodíkových iontů – protonů H⁺ směrem od anody ke katodě. [46]

6.6 Klady a zápory

- + vyšší oktanové/cetanové číslo
- + nulové přímé emise
- + jízdní vlastnosti blízké elektromobilu
- + odpadá nutnost použití převodovky
- + klidná kontinuální jízda
- + výborná jízdní dynamika
- + rychlé tankování paliva
- + některé vozy umožňují také spalování normálního paliva
- + levnější provoz automobilu
- + pouze minimální hluk
- nemožnost dlouhodobého skladování
- vysoká pořizovací cena
- relativně nízký dojezd
- nádrže obvykle omezují kapacitu zavazadlového prostoru
- takřka žádné čerpací stanice
- pravidelné kontroly nádrží
- nízká hustota uskladněné energie

7. Nerozšířené alternativy

7.1 Stlačený vzduch

První z možných alternativ, je stlačený vzduch. V souvislosti s využíváním této možnosti je však spojováno více nevýhod než výhod. Zastánci hovoří o absolutně čistém pohonu. Toto tvrzení však není úplně pravdivé, vzhledem k tomu, že pro dosažení použitelného dojezdu je nutné zkomprimovat vzduch na velice vysoké tlaky. Proces stlačování je pak doprovázen malou účinností. Je pravděpodobné, že elektřina pro kompresi může být vyrobena v elektrárně spalující fosilní paliva, což znamená, že ani provoz stroje takového typu není plně bez dopadu na životní prostředí. Další nevýhodou, je velice malý

dojezd, který se pohybuje v řádech desítek kilometrů. Společně s faktem, že naplnit tlakovou nádobu dokážou jen ty výkonnější kompresory, je tento pohon v dnešní době prakticky použitelný pouze pro nadšence. [12,48]

7.2 Nukleární pohon

Palivem pro automobily na nukleární pohon by mělo být Thorium. Pár gramů tohoto radioaktivního prvku s atomovým číslem 90 by mělo vystačit na pohon automobilu po celou dobu jeho životnosti. Tento fakt by řešil největší problém automobilů, kterým je dojezd. Ten by se mohl dle studií prakticky pohybovat kolem 500 000km. [12,47]

Celý proces probíhá tak, že thoriový laser ohřívá kapalinu, kterou může být například voda. Ta se dále mění na páru pohánějící turbínu. Turbína pak dále vyrábí elektrickou energii určenou pro pohon elektromotoru. [12,47]

Samotná energetická hustota thoria je ohromující. Dle některých výpočtů odpovídá tuna thoria například 200 tunám uranu, nebo 3,5 miliónu tun uhlí. Odhady týkající se zásob thoria v zemské kůře hovoří až o 15 miliónech tun. Odpad z tohoto paliva by měl bezpečnější, než odpad z běžně používaného uranu. To by mělo zajistit nevyužitelnost pro případné vojenské účely. [12,47]

I přes nesčetné množství výhod bude neustále v povědomí lidí otázka bezpečnosti při haváriích různých typů. Dalším otazníkem je zpětný odběr a likvidace odpadu. Byť je bezpečnější, než ten dnes běžně používaný, je to stále jaderný odpad. Posledním důležitým faktem, je cena celého systému. I přes nadšence, kteří se snažili tento nápad posunout do reálné roviny, zůstává nukleární pohon automobilu pouze ve fázi myšlenky. [12,47]

8. Závěr

Vzhledem k aktuálním vlastnostem různých druhů AP a současnému stavu infrastruktury, je nemožné, ubírat pozornost pouze na jediný způsob pohonu.

Nejrozšířenějším AP v našich podmínkách je LPG především kvůli nejširší dostupnosti a přijatelné ceně. Cena a dostupnost tohoto paliva, je však úzce svázána s cenou a dostupností ropy.

AP s největším potenciálem v blízké budoucnosti je CNG, které spojuje výhodu nízké pořizovací ceny, nízkých nákladů na provoz, přijatelnější dopad na životní prostředí a nezávislost na dodávkách ropy. Infrastruktura CNG je již značně rozšířená a vzhledem k narůstající oblibě tohoto AP počet plnicích stanic stále roste.

Jako nejvyužitelnější zdroj energie v budoucnosti považuji elektrickou energii, která každým rokem získává na oblibě. V odvětví elektromobility, je řada subjektů, které se věnují neustálému zdokonalování jak hardwarové, tak softwarové části elektromobilů. To vede odstraňování nevýhod, které jsou s elektromobilismem spojeny. Pokroky ve vývoji jsou patrné nejen ve zvýšení dojezdu, ale také například v rychlejších dobíjení.

AP, které je v současné době nejméně používáno, je vodík. Infrastruktura pro plnění tlakových lahví tímto palivem, je však velice omezená. V budoucnu má toto AP šanci pouze v případě většího rozšíření ukládání energie z obnovitelných zdrojů právě do vodíku. Tato cesta je sice energeticky málo účinná, nicméně může vyřešit řadu problémů, které jsou spojené právě s obnovitelnými zdroji energie.

Poslední reálně využitelné AP jsou tzv. biopaliva. S aktuálním postupem výroby je neodmyslitelně spojeno zabránění velkému množství úrodné půdy. Pro udržitelnou budoucnost těchto AP je nutný posun k dalším generacím výroby, například z mořských řas a jiných zdrojů. Posun v technologii výroby by mohl z biopaliv udělat nejpřijatelnější alternativu pro uživatele, kterým vyhovují spalovací motory a klasické benzínové stanice.

Na základě získaných technických znalostí souvisejících s problematikou tématu bakalářské práce se domnívám, že nejvhodnějším typem pohonu pro vozidla, je elektrická energie. Nahrazení spalovacích automobilů elektromobily by přispělo ke snížení emisí, zvýšila by se nezávislost na státech, které ovládají ložiska ropy a v neposlední řadě by skončily také podvody s „pančováním“ paliv. Hlavní problém pro větší využití elektromobilů, než je současné, které by se pohybovalo ne v promilích, ale v procentech, by byl v nutném navýšení instalovaného výkonu elektráren, rozšíření infrastruktury dobíjecích stanic, zmenšení objemu a hmotnosti baterií a zároveň zvýšení jejich kapacity. Vyřešením těchto otázek by se staly elektromobily konkurence schopnější, avšak pokrok ve vývoji baterií pokračuje mnohem pomalejším tempem, než bylo předpokládáno. Pokud by řešení výraznějšího nárůstu počtu vozidel na elektrickou energii nebylo z nějakého důvodu možné, za druhou nejvhodnější volbu považuji CNG, které je mnohem šetrnější k životnímu

prostředí, než běžná paliva. Jeho zásoby jsou větší než zásoby běžných paliv a stejně jako u elektrické energie není možné jej „pančovat“. Nespornou výhodou je možnost využití bioplynu v jakémkoliv poměru.

Kompletní nahrazení klasických paliv, jako jsou benzín a nafta, je velice lákavé a podle mého názoru také správné, v dnešním světě však zcela nereálné. Cílem této práce bylo vyhodnocení jednotlivých AP, jejich klady a zápory. Zároveň bylo záměrem upozornit na dlouhodobě neudržitelnou situaci spojenou s nepoměrem využívání klasických a alternativních paliv. Tato bakalářská práce byla zpracována jako příručka pro investory, vlastníky vozových parků či nadšence pro AP, čímž byl naplněn cíl bakalářské práce.

9. Seznam použité literatury

- [1] RWE THE ENERGY TO LEAD. CNG.cz [online]. [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://www.cng.cz/>
- [2] De Rivaz engine. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 22.10.2014 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/De_Rivaz_engine
- [3] BEZPEČNOSTNÍ LIST. ZEMNÍ PLYN NEODORIZOVANÝ, V PLYNNÉM STAVU S TLAKEM NAD 4 MPa. 1.8.2013. Dostupné z: www.rwe.cz/en/media/o-rwe/Zemni_plyn_neodorizovany_nad4MPa_2014.pdf
- [4] Zemní plyn. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 2.12.2014 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Zemn%C3%AD_plyn
- [5] Co možná nevíte o zemním plynu. Tzbinfo: stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov [online]. 2004 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1908-co-mozna-nevite-o-zemnim-plynu>
- [6] Cesta zemního plynu k zákazníkům. Youtube.com [online]. 2012 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=X5pCzqWHy0c>
- [7] Hydraulické štěpení. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 5.12.2014 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Hydraulick%C3%A9_%C5%A1t%C4%Bpen%C3%AD
- [8] Břidlicová plyn. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 4.11.2014 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/B%C5%99idlicov%C3%BD_plyn
- [9] VLK, František. Alternativní pohony motorových vozidel. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2004, 234 s. ISBN 80-239-1602-5.
- [10] HROMÁDKO, Jan. Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 158 s. ISBN 978-80-247-4455-1.
- [11] Elpigas: Jezděte úsporně a ekologicky! [online]. 2014 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://www.elpigas.cz/>
- [12] HORČÍK, Jan. Hybrid [online]. 2006-2015 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/>
- [13] Gazprom chce naučit česká auta jezdit na kapalný plyn. Aktuálně.cz: Zprávy [online]. 2013 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://zpravy.aktualne.cz/gazprom-chce-naucit-ceska-auta-jezdit-na-kapalny-plyn/r~a53cf566f38011e2ac07002590604f2e/>

- [14] Iveco Stralis Hi-Way LNG - Větší dojezd. Auto.cz: Nejlepší jízda na webu [online]. 2013 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/iveco-stralis-hi-way-Ing-vetsi-dojezd-73038>
- [15] Škoda Auto: Simply Clever [online]. 2015 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://www.skoda-auto.cz/>
- [16] Energetický mix ČR. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 2013 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://www.csve.cz/clanky/energeticky-mix-cr/485>
- [17] ELECTROAUTO: ELECTRIC POWER [online]. 2005 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://www.electroauto.cz/>
- [18] Elektromobily: informace [online]. 2010 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://elektromobil.vseznamu.cz/>
- [19] Electric car. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 18.1.2015 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car
- [20] Elektromobil. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 28.12.2014 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromobil>
- [21] V Německu spustili obří baterii. In: Ekobonus [online]. 2014 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://www.ekobonus.cz/obnovitelne-zdroje/v-nemecku-spustili-obri-baterii>
- [22] Tesla Motors: Premium Electric Vehicles [online]. 2015 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://www.teslamotors.com/>
- [23] Počet elektromobilů ve světě se zvýšil o 100% na 405 000. Kurzy.cz [online]. 2014 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://www.kurzy.cz/zpravy/364267-pocet-elektromobilu-ve-svete-se-zvysil-o-100-na-405-000/>
- [24] Jak na masovější rozšíření elektromobilů?. Tipcars [online]. 2014 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://www.tipcars.com/magazin-jak-na-masovejsi-rozsireni-elektromobilu-6905.html>
- [25] NABIJENÍ ELEKTROMOBILU. Google Maps [online]. 2015 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: https://www.google.com/maps/d/viewer?msa=0&mid=zKQCDB56MJv4.kx_q-PAk3ezY
- [26] František Kubiš [online]. 2015 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://www.roznovan.cz/~kubis/index.php>
- [27] Elektromobily.org [online]. 2012, 16.8.2012 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://www.elektromobily.org/wiki/Www.elektromobily.org>
- [28] BEZPEČNOSTNÍ LIST: ZKAPALNĚNÉ ROPNÉ PLYNY (LPG). 2008. Dostupné z: <http://prodkatalog.linde->

[gas.cz/international/web/lg/cz/prodcatlgcz.nsf/RepositoryByAlias/BL_LPG_Hunsgas/\\$file/LPG_Hunsgas.pdf](http://gas.cz/international/web/lg/cz/prodcatlgcz.nsf/RepositoryByAlias/BL_LPG_Hunsgas/$file/LPG_Hunsgas.pdf)

- [29] Propan - butan. Profer Group [online]. 2009 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://www.proferplyn.cz/?m=9>
- [30] Butan. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 26.8.2014 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Butan>
- [31] Výhřevnost. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 18.2.2014 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%BDh%C5%99evnost>
- [32] Spalné teplo. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 17.6.2014 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Spaln%C3%A9_teplo
- [33] . Technicko – ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě. Praha. 2006, 176 s. Dostupné z: http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoekonomicka_analyza_vhodnych_alternativnich_paliv_v_dopravecast_1.pdf
- [34] Základní informace o LPG a o jízdě na zkapalněný ropný plyn. Šlápni na plyn [online]. 2011 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://lpg-cng.ochranamotoru.cz/auta-jizda-slapni-na-plyn-ropny-lpg-propan-butan.htm>
- [35] SNÁŠEL, Pavel. ALTERNATIVNÍ PALIVA PRO SPALOVACÍ MOTORY PRO KOMERČNÍ AUTOMOBILY. 2007. Dostupné z: http://ottp.fme.vutbr.cz/pdf/2008_BP_Snasel_Pavel_76079.pdf
- [36] Řidiči mohou opět tankovat čistou naftu bez biosložky. Česká pozice: informace pro svobodné lidi [online]. 2013 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: http://ceskapozice.lidovky.cz/ridici-mohou-opet-tankovat-cistou-naftu-bez-bioslozky-p1z-/tema.aspx?c=A130204_130240_pozice_95106
- [37] Bioethanol. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 25.8.2014 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bioethanol>
- [38] Bionafta. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bionafta>
- [39] Biodiesel. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 21.1.2015 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>
- [40] Ekologické bydlení [online]. 2015 [cit. 2015-01-23]. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/>

- [41] Ekodiesel – obchodní název pro SMN 30. PREOL [online]. 2014 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z:<http://www.preol.cz/produkty/pohonne-hmoty/ekodiesel/>
- [42] Současný stav výroby a spotřeby biopaliv a dosažení cíle podílu nosičů energie z obnovitelných zdrojů v dopravě. Petrol: síla pro mobilitu [online]. 2000-2015 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z:<http://www.petrol.cz/media/66045/jevic.pdf>
- [43] Chci začít tankovat biopaliva. Co to obnáší?. Biopaliva Frčí [online]. 2015 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://biopalivafrci.cz/chci-zacit-tankovat-biopaliva-co-to-obnasi/>
- [44] MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Emise zážehového motoru při spalování paliva E85. 2014. Dostupné z: http://www.cukr-listy.cz/on_line/2014/PDF/149-153.pdf
- [45] Redukce a přípojky LPG v Evropě. Fedor Auto [online]. 2012 [cit. 2015-02-09]. Dostupné z:<http://www.fedorauto.cz/redukce-a-pripojky-lpg-v-evrope>
- [46] PALIVOVÉ ČLÁNKY A JEJICH VLASTNOSTI. Ourseware.zcu.cz [online]. 2005 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z:
- [47] Autu na atomový pohon vystačí na 100 let ježdění palivo za 26 korun Zdroj: http://auto.idnes.cz/auto-pohanene-energii-z-thoria-dex-/automoto.aspx?c=A131112_153528_automoto_vok. Auto Idnes [online]. 2013 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: http://auto.idnes.cz/auto-pohanene-energii-z-thoria-dex-/automoto.aspx?c=A131112_153528_automoto_vok
- [48] V Brně představili pneumobily, auta na stlačený vzduch. Auto Idnes [online]. 2014 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: http://auto.idnes.cz/auto-na-vzduch-0pf-/automoto.aspx?c=A140513_141939_automoto_fdv
- [49] TriHyBus: Vodíkový autobus s palivovými články [online]. 2008 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://trihybus.cz/>
- [50] H2 Shop: Specializovaný obchod [online]. 2013 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://www.h2shop.cz/>
- [51] H2: Česká vodíková technologická platforma [online]. 2007 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://www.hytep.cz/>
- [52] Vodík. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2015 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Vod%C3%ADk>
- [53] Diesel Gas [online]. 2015 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://www.diesel-gas.cz/>