

**UNIVERZITA PARDUBICE**  
**DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2015**

**Jiří Hospodský**

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Analýza alternativních paliv do vznětových spalovacích motorů  
Jiří Hospodský

Bakalářská práce  
2015

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jiří Hospodský  
Osobní číslo: D12414  
Studijní program: B3709 Dopravní technologie a spoje  
Studijní obor: Provozní spolehlivost dopravních prostředků a infrastruktury:  
Ochrana životního prostředí v dopravě  
Název tématu: Analýza alternativních paliv do vznětových spalovacích motorů  
Zadávací katedra: Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :


1. Souhrn všech v současné době dostupných alternativních paliv pro vznětové spalovací motory.
2. Popis a rozbor vlastností jednotlivých druhů paliv a jejich skladování.
3. Vliv alternativních paliv na palivovou soustavu, na oleje hospodářství vznětového spalovacího motoru.
4. Možné důsledky, dopad na životní prostředí a vlivy týkající se především výkonu a životnosti vznětového spalovacího motoru.

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího práce  
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran textu a přílohy  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná  
Seznam odborné literatury:

VLK, F.: Alternativní pohony motorových vozidel. Dostupné z <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2004-04-212-224.pdf>  
ČUPERA, J., ŠMERDA, T., FAJMAN, M.: Vznětové motory vozidel. Computer press, 2013. ISBN 978-80-264-0160-5.  
NOVOSÁD, J. Alternativní pohon automobilů. Brno, 2009. 93 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc., Vysoké učení technické v Brně.  
KLAŠKA, J. Alternativní paliva pro automobily. Brno, 2009. 39 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Miroslav Havlíček, CSc., Mendelova zemědělská a lesnická fakulta v Brně.  
CARRARETTO, C., et al. Biodiesel as alternative fuel: Experimental analysis and energetic evaluations. Energy, 2004, 29.12: 2195-2211.  
KALAM, M. A.; MASJUKI, H. H. Biodiesel from palmoilan analysis of its properties and potential. Biomass and Bioenergy, 2002, 23.6: 471-479.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Michael Lata, Ph.D.  
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: 25. února 2015  
Termín odevzdání bakalářské práce: 29. května 2015

  
doc. Ing. Ivo Drahotský, Ph.D.  
děkan

L.S.

  
doc. Ing. Michael Lata, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 25. února 2015

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 30.3. 2015

Jiří Hospodský

## Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval panu doc. Ing. Michaelu Latovi, Ph.D. za pomoc při vzniku této práce. Za vytváření cílu a poskytnutí potřebných materiálů. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Kotrbovi, Ph.D. za odbornou konzultaci ohledně zavádění paliva SMN B100 v železniční dopravě.

## **ANOTACE**

Má bakalářská práce je zaměřena na alternativní paliva do vznětových motorů. Zabývá se nejvýznamnějšími palivy této kategorie a snaží se stručně popsat jejich problematiku. V úvodní kapitole jsou znázorněny jejich chemické vlastnosti a jak přizpůsobit vznětový motor pro spalování daného paliva. Dále je rozebrána problematika palivové soustavy, ovlivňování životního prostředí atd. Hlavně se zde zaměřuji na paliva CNG a Bionaftu.

### **Klíčová slova**

Alternativní paliva, CNG, Bionafta, SMN B100, SMN B30

## **ANNOTATION**

My bachelor thesis is focused on alternative fuels for diesel engines. It deals with the most important fuels in this category and tries to briefly describe their issues. In the introductory chapter, their chemical properties are presented as well as how to adapt a diesel engine to combustion of fuel. The thesis then analyzes problems with fuel systems, influence on the environment and so fourth. The main focus of this thesis is on CNG and biodiesel.

### **KEYWORDS**

Alternative fuels, CNG, Biodiesel, SMN B100, SMN B30

# OBSAH

Úvod.....	8
<b>1 Souhrn všech v současné době dostupných alternativních paliv pro vznětové spalovací motory.....</b>	<b>9</b>
1.1 Pojem alternativní paliva .....	9
1.2 Základní legislativa .....	9
1.3 Rozdělení alternativních paliv do vznětových motorů .....	10
<b>2 Popis a rozbor vlastností jednotlivých druhů paliv a jejich skladování. ....</b>	<b>11</b>
2.1 Chemické vlastnosti alternativních paliv a motorové nafty .....	11
2.2 Etanol.....	12
2.2.1 Etanol E95 .....	13
2.2.2 Smísitelnost etanolu s motorovou naftou .....	13
2.2.3 Přeprava etanolu .....	13
2.3 CNG a Bioplyn.....	14
2.3.1 Bioplyn .....	14
2.3.2 CNG (stlačený zemní plyn).....	14
2.3.3 Úprava vznětového motoru pro využívání CNG a bioplynu.....	14
2.3.4 Přeprava a distribuce CNG.....	15
2.4 Bionafta.....	15
2.4.1 Pojem FAME a MEŘO .....	16
2.4.2 Technické normy.....	16
2.4.3 Druhy paliv dle množství MEŘO a FAME.....	16
2.4.4 Výroba FAME.....	17
2.4.5 Test obsahu FAME v motorové naftě .....	19
2.4.6 Přeprava a distribuce FAME .....	20
2.5 Hodnocení alternativních paliv .....	21
2.5.1 Množství emisí (CO,PM,NO <sub>x</sub> ) alternativních paliv .....	21
2.5.2 Problematika skladování FAME a ethanolu.....	23
2.5.3 Dostupnost alternativních paliv.....	24
<b>3 Vliv alternativních paliv na palivovou soustavu, na oleje hospodářství vznětového spalovacího motoru. ....</b>	<b>25</b>
3.1 Vliv bionafty na palivovou soustavu.....	25
3.1.1 Rozdílné chemické vlastnosti bionafty a klasické motorové nafty, významné dopady na palivovou soustavu .....	25
3.1.2 Prohlášení World Wide Fuel Charter 98 a zkušenosti s využitím bionafty firmou Volkswagen.....	26
3.1.3 Vliv na palivové čerpadlo .....	27
3.1.4 Vliv na motorový olej .....	27
3.1.5 Vliv na vstříkovací systém .....	27
3.1.6 Vliv na filtr pevných částic (DPF filtr) .....	28
3.1.7 Vliv na palivový filtr .....	28
3.1.8 Vývoj alternativních paliv na základě negativních vlivů na pal. soustavu .....	28



3.2	Vliv CNG na palivovou soustavu .....	29
3.2.1	Vliv na zapalovací soustavu .....	29
3.2.2	Vliv na výfukovou soustavu .....	29
3.2.3	Vliv na nápravu vozidel .....	29
3.3	Provozní údržba a spotřeba alternativního paliva a s tím související ekonomická stránka .....	29
3.3.1	Bionafta .....	29
3.3.2	CNG .....	31
3.4	Zavádění alternativních paliv u železniční dopravy .....	33
3.4.1	Specifika železniční dopravy .....	33
3.4.2	Zavádění paliva CNG .....	34
3.4.3	Zavádění paliva SMN B100 .....	35
3.4.4	Zkušenosti s palivem SMN B30 .....	35
<b>4</b>	<b>Možné důsledky, dopad na životní prostředí a vlivy týkající se především výkonu a životnosti vznětového spalovacího motoru .....</b>	<b>38</b>
4.1	Možné ovlivnění výkonu vznětového motoru .....	38
4.1.1	Bionafta .....	38
4.1.2	CNG .....	39
4.1.3	Etanol .....	40
4.2	Možné dopady na životní prostředí při využívání alternativních paliv .....	40
<b>5</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>43</b>
	<b>Seznam ilustrací a tabulek .....</b>	<b>45</b>
	<b>Použitá literatura .....</b>	<b>46</b>

## Úvod

Alternativní paliva se dnes čím dál více využívají k pohonu dopravních prostředků. S podporou Evropské unie a členských států se začaly masivně distribuovat a rozvíjet. Důvodem je snaha snížení dopadu dopravy na životní prostředí a závislosti na fosilních palivech. S příchodem alternativních paliv a nových technologií přišly i nové problémy. Ty se týkaly především palivové soustavy a ovlivnění životního prostředí.

Má bakalářská práce vznikla na podnět pana Ing. Kotrby, Ph.D. přednosta DKV Brno. Zde se začalo testovat palivo SMN B100 v železniční dopravě. Na základě toho jsem se zaměřil na alternativní paliva do vznětových motorů. Nejvýznamnější paliva tohoto druhu jsou bionafta a CNG. Pro zajímavost jsem uvedl i využití etanolu ve vznětových motorech. Svou bakalářskou práci jsem rozdělil na tři části. První část je zaměřena na popis fyzikálně-chemických vlastností a s tím související úpravy vznětového motoru pro dané alternativní palivo. Jsou zde zmíněny i podmínky a problematika skladování. Ve druhé části je popsána problematika týkající se negativního dopadu na palivovou soustavu a zkušenosti s alternativními palivy v železniční dopravě. Třetí část je zaměřena na ovlivnění výkonu vznětového motoru při spalování alternativních paliv a jejich dopad na životní prostředí. Mým cílem bylo vytvořit přehled nejvýznamnějších problémů týkajících se paliv CNG a bionafty.

# 1 Souhrn všech v současné době dostupných alternativních paliv pro vznětové spalovací motory

## 1.1 Pojem alternativní paliva

Pod názvem alternativní paliva se rozumí pohonné hmoty, které nahrazují paliva ropného původu určená do vznětových a zážehových motorů. Nebo se pod tímto pojmem rozumí jiné konstrukční řešení pro pohon vozidel. Například pohon elektromotorem. Začala se vyvíjet za účelem snížení závislosti vyspělých zemí na dovozu ropy, neustále zvyšující se spotřeba pohonných hmot, omezené zásoby ropy a s ohledem na trvale udržitelný rozvoj s cílem snížit exhalace skleníkových plynů. Takže, zde je i ekologický záměr snížení vlivu dopravy na životní prostředí<sup>1</sup>.

## 1.2 Základní legislativa

Legislativa je důležitý nástroj na podporu alternativních paliv. Určuje ekonomickou podporu a stanovuje cíle, kterých by se mělo dosáhnout a tím napomáhá konkurenceschopnosti oproti fosilním palivům. Také je důležitá pro určení kvalitativních vlastností jednotlivých druhů alternativních paliv, tak aby různí výrobci vyráběli paliva stejné kvality. To napomáhá sjednocení trhu s alternativními palivy v EU.

Potřeba ke snížení závislosti na fosilních palivech vedla EU k přijetí směrnice 2003/30/EC. Ta určuje, jaký by měl být podíl alternativních paliv na trhu s pohonnými hmotami v letech 2005, 2010. V roce 2005 měla biopaliva tvořit 2 % a v roce 2010 měla tvořit 5,75 % z celkové spotřeby paliv<sup>2</sup>. Jenže tento plán nebyl splněn, protože v roce 2011 celkové množství spotřebovaných biopaliv činilo 4,7 %<sup>3</sup>. V této kategorii nebyla sice směrnice dodržena, ale byl to důležitý impuls pro zavádění alternativních paliv.

Další důležitou směrnicí je 2014/96/EU, která určuje budoucí plán zavádění infrastruktury pro alternativní paliva. Určují například, že by se měly finančně podporovat

---

<sup>1</sup> Co jsou alternativní paliva. *Mmagic Acoustic, s.r.o* [online]. [cit. 2015-03-24]. Dostupné z:

<http://www.magicacoustic.cz/wordpress/alternativni-motorova-paliva/co-jsou-alternativni-paliva/>

<sup>2</sup> Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/30/ES. *Moje energie* [online]. 2003 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://www.mojeenergie.cz/cz/smernice-evropskeho-parlamentu-a-rady-2003-30-es>

<sup>3</sup> Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/94/EU. *EUR-Lex* [online]. 2014 [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32014L0094>

výzkumné projekty podporující zavádění alternativních paliv, měl by se zvýšit počet CNG a LPG plnicích stanic, měla by se zvýšit efektivita elektromotorů atd.<sup>4</sup>.

### 1.3 Rozdělení alternativních paliv do vznětových motorů

Do vznětových motorů se používá mnoho druhů alternativních paliv a lze je dělit na obnovitelné a neobnovitelné. Neobnovitelné palivo je například CNG, protože se nedá obnovit v krátkém časovém horizontu<sup>5</sup>. Obnovitelná paliva se dají obnovit v krátkém časovém cyklu a patří mezi ně etanol, metylestery mastných kyselin (FAME), metylester řepkového oleje (MEŘO) a mnoho dalších<sup>6</sup>.

Dále můžeme rozdělit obnovitelná alternativní paliva na první, druhou a třetí generaci. Rozdělení na jednotlivé generace nám určuje, jak získáváme vstupní suroviny na výrobu paliv. První generace paliv používá jako vstupní surovinu cukrovou třtinu, kukuřici a řepku olejku. Tato generace konkuruje plodinám pěstovaných pro potravinářské využití a při masovém využití by měla asi nepříznivý vliv na cenu potravin a dopad na životní prostředí. Druhá generace paliv je založena na využití zbytkových produktů (trávy, odpadní dřevo, papír). Druhá generace má příznivou budoucnost, ale bude se muset zlepšit technologie pro výrobu těchto paliv. Dnes ještě není dostupná technologie, která by dobře rozložila celulózu, ta tvoří buněčné stěny rostlin. Třetí generace paliv počítá s využíváním mořských řas. Palivo získané z mořských řas vypěstované na 1 ha plochy by mohlo být až sto násobně energeticky výnosnější než z kukuřice nebo cukrové třtiny. Nejdříve se však musí vyvinout technologie, která nám dovolí toto palivo získat<sup>7</sup>.

V mé bakalářské práci se zaměřím na paliva CNG, etanol a zatím nejrozšířenější používané palivo do vznětových motorů první generace FAME (Metylestery mastných kyselin).

---

<sup>4</sup> SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2014/94/EU. *EUR-Lex* [online]. 2014 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32014L0094>

<sup>5</sup> Neobnovitelný zdroj energie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. 2001-2014 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Neobnoviteln%C3%BD\\_zdroj\\_energie](http://cs.wikipedia.org/wiki/Neobnoviteln%C3%BD_zdroj_energie)

<sup>6</sup> Obnovitelný zdroj energie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]., 2001-2015 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Obnoviteln%C3%BD\\_zdroj\\_energie](http://cs.wikipedia.org/wiki/Obnoviteln%C3%BD_zdroj_energie)

<sup>7</sup> Biopaliva druhé a třetí generace. *TŘÍPÓL* [online]. 2012 [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: <http://www.3pol.cz/cz/rubriky/obnovitelne-zdroje/987-biopaliva-druhe-a-treti-generace>

## 2 Popis a rozbor vlastností jednotlivých druhů paliv a jejich skladování.

### 2.1 Chemické vlastnosti alternativních paliv a motorové nafty

Při používání alternativních paliv ve vznětových motorech jsou důležité jejich fyzikálně chemické vlastnosti. Vznětové motory jsou konstruovány pro spalování motorové nafty a pro většinu alternativních paliv je nutné motor upravit.

Důležitou vlastností ovlivňující skladování je hustota, skupenství a bod vzplanutí. Na tyto chemické vlastnosti je potřeba brát zřetel. Musí se skladování a přeprava přizpůsobit tak, aby nedocházelo k únikům a ekologickým haváriím. (viz. kapitola 2.3.3., 2.3.4., 2.4.5.)

**Tab. 1:** Chemické vlastnosti<sup>8 9</sup>

Parametr	Mot. nafta	FAME	CNG	Etanol
Rel. molekulová hmotnost (g/mol)	170-200	~300	-	46
Hustota při 15°C (g/cm <sup>-3</sup> )	0,84	0,88	0,00065	0,80
Skupenství	kapalné	kapalné	plynné	Kapalné
Výhřevnost hmotnosti (MJ/kg <sup>-1</sup> )	42,70	37,30	46,7	26,4
Výhřevnost (MJ/l)	35,7	32,0	-	21,2
Cetanové číslo	51	~54	-	11
Oktanové číslo	-	-	130	-
Bod vzplanutí (°C)	77	91-135	152	12
Teplota vznícení	250	-	650	-
Stechiometrický poměr vzduch/palivo (hm.)	14,53	12,3	9,51	9,0

Další důležitou vlastností je cetanové číslo. Cetanové číslo určuje kvalitu paliva z hlediska vznětové charakteristiky. Čím je číslo vyšší, tím je palivo kvalitnější. Palivo pak

<sup>8</sup> ŠEBOR Gustav, POSPÍŠIL Milan a ŽÁKOVEC Jan. *Technicko – ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě - 1. část* [online]. 2006[cit. 2015-04-19]. Dostupné z: [http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/Technickoekonomicka\\_analyza\\_vhodnych\\_alternativnich\\_paliv\\_v\\_dopravecast\\_1.pdf](http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/Technickoekonomicka_analyza_vhodnych_alternativnich_paliv_v_dopravecast_1.pdf)

<sup>9</sup> Kvalita motorových paliv (ČSN). *Česká asociace petrolejářského průmyslu a obchodu (ČAPPO)* [online]. [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: ŠMERDA, Tomáš, ČUPERA, Jiří, NOVÁK, Pavel: Provoz traktorového motoru na CNG nebo bioplyn. *Biom.cz* [online]. 2011-09-21 [cit. 2015-02-23]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/provoz-traktoroveho-motoru-na-cng-nebo-bioplyn>>. ISSN: 1801-2655.

lépe startuje, motor má hladký chod a vypouští méně škodlivých látek ve výfukových plynech<sup>10</sup>. Velmi nízké cetanové číslo má etanol, a proto se jako palivo do vznětových motorů nevyužívá tak masivně jako FAME. Když chceme spalovat ve vznětovém motoru etanol, musíme ho upravit (viz. kapitola 2.2.1.). Cetanové číslo u CNG zde není ani uvedeno, protože má vysokou teplotu vznícení. Samotné spalování CNG ve vznětovém motoru bez zažehnutí je velmi problematické. Proto se provádějí úpravy motoru (viz. kapitola 2.3.3.). Oproti tomu FAME má velmi podobné cetanové číslo a hustotu jako motorová nafta, proto je vhodná jako alternativní palivo do vznětového motoru. Přitom nové vznětové motory nevyžadují žádné úpravy a lze bez větších problémů jezdit střídavě na motorovou naftu a SMN B100 (viz. kapitola. 2.4.3.)<sup>11</sup>.

FAME lze přidávat jako biosložku do motorové nafty a tímto mísením se vytvoří palivo typu SMN B30 (viz. kapitola. 2.4.3.). SMN B30 obsahuje 30 % biosložky a neprojevují se zde žádné větší negativní vlastnosti oproti etanolu. Toho lze přidat pouhých 5-15 % (viz. kapitola 2.2.2.). To však neznamená, že spalování SMN B30 je bez negativních dopadů na motor. (viz. kapitola to bude rozebráno v kapitole 3).

Zajímavým parametrem je stechiometrický poměr vzduch/palivo. Ten nám udává kolik jednotek vzduchu je potřeba ke spálení jedné jednotky paliva. Většinou tento poměr klesá zároveň s výhřevností, ale výjimkou je CNG. To má dokonce vyšší výhřevnost než klasická motorová nafta a stechiometrický poměr vzduch/palivo je pomalu stejný jako u etanolu. To je také jeden z důvodů, proč má CNG oproti motorové naftě tak nízké emise. (viz. kapitola 2.5.1. ).

Další chemickou vlastností je výhřevnost paliva. Ta ovlivňuje jednak výkon, ale hlavně spotřebu paliva. (viz. kapitola 4.1.).

## 2.2 Etanol

Etanol se vyrábí pomocí alkoholického kvašení biomasy. Využívají se k tomu rostliny, které obsahují vyšší množství škrobu a sacharidů. Jsou to převážně brambory, cukrová řepa, kukuřice<sup>12</sup>. Jako palivo do vznětových motorů se moc často nevyužívá. Problémem je nízká

---

<sup>10</sup> Cetanové číslo. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. 2001-2013 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Cetanov%C3%A9\\_%C4%8D%C3%ADslo](http://cs.wikipedia.org/wiki/Cetanov%C3%A9_%C4%8D%C3%ADslo)

<sup>11</sup> Bionafta. *Vladimirmikulas.eu* [online]. 2011 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.vladimirmikulas.eu/bionafta.php>

<sup>12</sup> Bioetanol. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2014 [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bioetanol>

vznětlivost (cetanové číslo pouze 8) a jiné chemické vlastnosti etanolu a motorové nafty, ale i přesto existují dvě základní možnosti využití ve vznětových motorech<sup>13</sup>.

### 2.2.1 Etanol E95

První způsob spočívá v tom, že se zvýší vznětlivost etanolu pomocí aditiv, ale i tak vyžaduje úpravu vznětového motoru. V motoru se musí zvýšit kompresní poměr na 25 a více z důvodu nízké výhřevnosti etanolu. Touto úpravou se ale docílí toho, že v motoru už nelze spalovat motorovou naftu. Po této úpravě je motor určen pro spalování etanolu E95 (ČSN 65 6513), který obsahuje 95 % etanolu a 5% přísad. Přísady slouží jako urychlovače zapalování<sup>14</sup>.

### 2.2.2 Smisitelnost etanolu s motorovou naftou

Jinou možností je etanol smíchat s klasickou motorovou naftou. Zde ale narážíme na problém mísitelnosti obou paliv a jejich nestálosti z důvodů rozdílných fyzikálně-chemických vlastností. Stálost obou paliv lze podpořit přidáním butanolu. Do motorové nafty se přidává pouze 5 % etanolu, s ohledem na emise a kouřivost. Také při zvýšení dávky etanolu dochází k vyššímu opotřebení motoru z důvodu snížení mazací schopnosti paliva<sup>15</sup>.

### 2.2.3 Přeprava etanolu

Přepravování a skladování etanolu má mnohem přísnější podmínky než bionafta. Při přepravě a skladování nesmí přijít do styku s vodou. Při jejich kontaktu přejde do tzv. vodní fáze. Tím dojde ke změně kvality paliva. Aby nedocházelo ke kontaktu s vodou, nesmí se etanol přepravovat potrubím. Vhodná je přeprava cisternou po železnici nebo silnici<sup>16</sup>.

---

<sup>13</sup> HROMÁDKO, Jan: Využití etanolu ve vznětových motorech. *Biom.cz* [online]. 2010-05-12 [cit. 2015-02-19]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-etanolu-ve-vznetovych-motorech>>. ISSN: 1801-2655.

<sup>14</sup> Tamtéž.

<sup>15</sup> Tamtéž.

<sup>16</sup> ŠEBOR Gustav, POSPÍŠIL Milan a ŽÁKOVEC Jan. *Technicko – ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě - I. část* [online]. 2006 [cit. 2015-04-19], s. 29-32. Dostupné z: [http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoekonomicka\\_analyza\\_vhodnych\\_alternativnich\\_paliv\\_v\\_dopravecast\\_1.pdf](http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoekonomicka_analyza_vhodnych_alternativnich_paliv_v_dopravecast_1.pdf)

## 2.3 CNG a Bioplyn

Jinou alternativou je CNG a Bioplyn. Jedná se o plynná paliva, a proto vyžadují úpravu motoru. Začínají se hlavně využívat u autobusů a zemědělských strojů.

### 2.3.1 Bioplyn

Bioplyn se vyrábí ze zbytků rostlin a exkrementů hospodářských zvířat. Tyto organické látky se rozloží v bioplynové stanici pomocí anaerobní fermentace na metan<sup>17</sup>. Ten je hlavní složkou bioplynu, protože je zdrojem výhřevnosti. Bioplyn se obecně skládá se směsí plynů (55-75 % metan CH<sub>4</sub>, 25-45 % oxid uhličitý CO<sub>2</sub>, 1-3 % ostatních plynů). Mezi ostatní plyny patří např. dusík N<sub>2</sub>, vodík H<sub>2</sub>, sulfan H<sub>2</sub>S i vodní páry. Využívání bioplynu pro pohon vyžaduje jeho úpravu. Musí se z bioplynu odstranit vodní páry, mechanické nečistoty a odsířit (H<sub>2</sub>S). Měl by mít také dostatečnou výhřevnost a to se docílí pomocí zvýšení poměru metanu oproti oxidu uhličitého<sup>18</sup>.

### 2.3.2 CNG (stlačený zemní plyn)

CNG sice není obnovitelným zdrojem energie, ale při jeho spalování vzniká méně emisí než při spalování motorové nafty. Z ekologického hlediska se jedná o nejvýhodnější druh paliva z neobnovitelných paliv. Chemické vlastnosti CNG (viz. Tab. 2). CNG a motorová nafta mají podobnou výhřevnost. A to je jedna z hlavních výhod CNG. Problémem je vysoká teplota vznícení 650°C, která je řešena úpravou vznětového motoru<sup>19</sup>.

### 2.3.3 Úprava vznětového motoru pro využívání CNG a bioplynu

Pro spalování CNG a bioplynu lze využívat upravené vznětové motory. Jednou možností je, že motor pracuje v tzv. bivalentním režimu. Znamená to, že spalovací prostor je plněn současně kapalným a plynným palivem<sup>20</sup>. Druhou možností je, že motor spaluje jenom CNG nebo bioplyn. Ten je předělán na pracovní princip Ottových motorů se zapalováním

---

<sup>17</sup> KAJAN, Miroslav: Výroba a využití bioplynu v zemědělství. *Biom.cz* [online]. 2002-11-26 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyroba-a-vyuziti-bioplynu-v-zemedelstvi>>. ISSN: 1801-2655.

<sup>18</sup> Kvalita motorových paliv (ČSN). *Česká asociace petrolejářského průmyslu a obchodu (ČAPPO)* [online]. [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: ŠMERDA, Tomáš, ČUPERA, Jiří, NOVÁK, Pavel: Provoz traktorového motoru na CNG nebo bioplyn. *Biom.cz* [online]. 2011-09-21 [cit. 2015-02-23]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/provoz-traktoroveho-motoru-na-cng-nebo-bioplyn>>. ISSN: 1801-2655.

<sup>19</sup> Tamtéž

<sup>20</sup> Tamtéž



elektrickou jiskrou. Tyto úpravy motorů se provádějí, protože bioplyn a CNG mají vysokou teplotu samovznícení<sup>21</sup>.

### 2.3.4 Přeprava a distribuce CNG

CNG je palivo plynného skupenství, proto podmínky přepravy jsou jiné než u motorové nafty. Jedna z možností je převážení zkapalněného zemního plynu pomocí tankerů. Většinou je však CNG přepravován jako plynné palivo pomocí plynovodů. Plynovody jsou buď dálkové, nebo distribuční. Ty se dělí podle maximálního provozního přetlaku na:

- nízkotlaké (do 5 kPa),
- středotlaké (do 400 kPa),
- vysokotlaké (do 4 MPa),
- velmi vysokotlaké (nad 4 MPa).

Dopravní prostředky na CNG využívají k doplnění paliva plnicí stanice zemního plynu. Zemní plyn se zde stlačí na tlak 20 až 30 MPa a skladován je v tlakovém zásobníku. CNG se pak doplňuje z tlakového zásobníku přímo do tlakové nádoby ve vozidle přes konektor hadice výdejního stojanu, který spojuje ventil vozidla s tlakovým zásobníkem. Tento typ využívají stanice rychlého plnění s dobou plnění 3 až 5 minut. Stanice pomalého plnění jsou bez tlakového zásobníku řešeny pomocí kompresoru. Doba tohoto plnění se pohybuje kolem 5 až 8 hodin<sup>22</sup>.

## 2.4 Bionafta

Bionafta patří mezi nejvýznamnější alternativní paliva do vznětových motorů. Řadí se mezi ekologická paliva první generace na bázi metylesterů mastných kyselin rostlinného původu<sup>23</sup>.

---

<sup>21</sup> Městský autobus Mercedes-Benz Citaro CNG a Citaro G CNG. *CNG.cz* [online]. [cit. 2015-02-23]. Dostupné z: <http://www.cng.cz/cs/autobusy-222/>

<sup>22</sup> ŠEBOR Gustav, POSPÍŠIL Milan a ŽÁKOVEC Jan. *Technicko – ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě - I. část* [online]. 2006[cit. 2015-04-19]. Dostupné z: [http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoekonomicka\\_analyza\\_vhodnych\\_alternativnich\\_paliv\\_v\\_dopravecast\\_1.pdf](http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoekonomicka_analyza_vhodnych_alternativnich_paliv_v_dopravecast_1.pdf)

<sup>23</sup> Bionafta. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2015 [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bionafta#V.C3.BDroba>

### 2.4.1 Pojem FAME a MEŘO

Hlavní složky bionafty jsou metylestery mastných kyselin (FAME) nebo metylestery řepkového oleje (MEŘO). Dle normy ČSN EN 14 214 by mezi FAME a MEŘO neměl být žádný rozdíl, ale liší se tím, z jakých surovin jsou vyráběna. MEŘO je vyráběno pouze z řepných olejů a svými fyzikálně-chemickými vlastnostmi se nejvíce podobá motorové naftě. FAME se vyrábí z více druhů olejů i řepkového a lze kombinovat živočišné i rostlinné tuky. Některé z těchto olejů nejsou pro výrobu bionafty vhodné, a proto se více využívá MEŘO<sup>24</sup>.

### 2.4.2 Technické normy

Aby bylo možné distribuovat bionaftu nebo naftu na českém trhu, musí splňovat technické normy. Ty zaručují, že daná paliva budou vyrobena v požadované kvalitě, aby nedocházelo k poškození motoru. Norma ČSN EN 590 udává technické požadavky pro motorovou naftu. Norma ČSN EN 14 214 udává technické požadavky pro FAME a MEŘO. Určuje, jaké mají být fyzikálně-chemické vlastnosti bionafty, které lze použít jako palivo do vznětových motorů. Norma ČSN EN 65 6508 udává technické požadavky směsné motorové nafty (SMN) obsahující MEŘO. SMN vznikne prostým smíšením MEŘO a motorové nafty<sup>26</sup>.

### 2.4.3 Druhy paliv dle množství MEŘO a FAME

Základní rozdělení dle množství MEŘO a FAME je do třech kategorií. Klasická motorová nafta by měla obsahovat 6 % biosložky. Tato povinnost je uvedena v zákoně č. 201/2012 Sb. (Zákon o ochraně ovzduší) pod § 19 (Povinnost zajištění minimálního obsahu biopaliv). SMN B30 je směs standardní motorové nafty dle EN 590 a MEŘO. Bionafta SMN B30 obsahuje 31 % biosložky MEŘO, 79 % motorové nafty a aditiva pro zlepšení vlastností. Dělí se do kategorií podle klimatických podmínek. Ty určují, jaké by měly být vlastnosti dané bionafty v závislosti na teplotě z důvodu filtrovatelnosti<sup>27</sup>. SMN B100 je bionafta v pravém

<sup>24</sup> Biopaliva v Čechách stáe frčí. *BIOM* [online]. 2014, č. 2 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: [http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/casopis\\_biom\\_2014\\_2.pdf](http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/casopis_biom_2014_2.pdf)

<sup>25</sup> Bionafta. *Technická fakulta Praha* [online]. 2005 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: [opa-smad.tf.czu.cz/?q=system/files/6.%20Bionafta.ppt](http://opa-smad.tf.czu.cz/?q=system/files/6.%20Bionafta.ppt)

<sup>26</sup> Kvalita motorových paliv (ČSN). *Česká asociace petrolejářského průmyslu a obchodu (ČAPPO)* [online]. [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: <http://www.cappo.cz/ropne-vyrobky/motorova-paliva/kvalita-motorovych-paliv-csn/>

<sup>27</sup> FAME – Biodiesel – Methylster rostlinného oleje. *OLEO CHEMICAL, a.s.* [online]. [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: <http://www.oleo-chemical.cz/vyrobky-fame.php>

slava smyslu. SMN B100 obsahuje min. 96,5% metylester řepkového oleje (MEŘO) a aditiva pro zlepšení vlastností<sup>28</sup>.

**Tab. 2:** Základní údaje o motorové naftě (MN), směsné motorové naftě (SMN) B30 a B100<sup>29</sup>

Produkt	MN se zákonným podílem biosložky	SMN B30	SMN B100
Technická norma	ČSN EN 590	ČSN 65 6508	ČSN EN 14 214
Podíl biosložky	6 %	min. 30 %	min. 96,5%
Typ biosložky	zpravidla FAME	MEŘO	MEŘO
Vliv na výkon	0	- 3 %	- 6 %

#### 2.4.4 Výroba FAME

*„Metylestery mastných kyselin (FAME) se průmyslově vyrábějí dvěma způsoby: přeesterifikací triacylglycerolů (rostlinných olejů) metanolem, nebo přímou esterifikací mastných kyselin metanolem.“<sup>30</sup>*

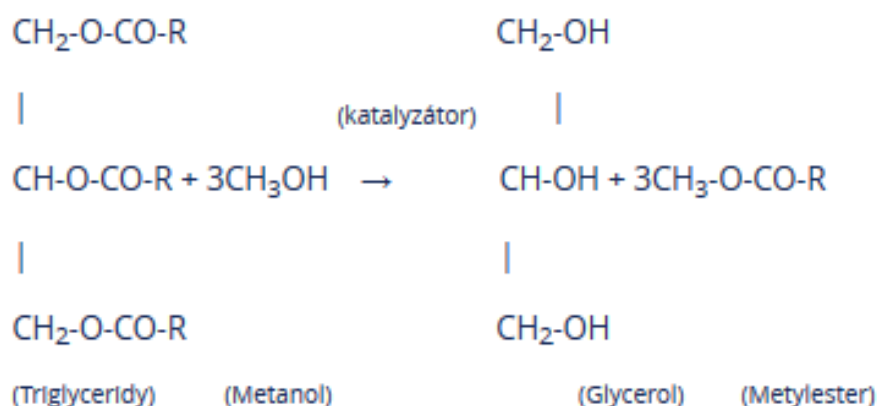
Dnes převládá způsob transesterifikace triglyceridů pomocí metanolu. Jako vstupní surovinu se používají rostlinné oleje (slunečnicové, palmové, řepkové...), použité oleje nebo živočišné tuky. Pod použitými oleji se rozumí odpadní fritovací oleje. Dále se přidává metanol, katalyzátory (KOH-hydroxid draselný, NaOH-hydroxid sodný, MeONa-metanolát sodný) a jako vedlejší produkt vzniká glycerol a mastné kyseliny. Reakce transesterifikace probíhají postupně. K tomu se využívají tři reaktory umístěné za sebou, kde musí být dodržena teplota 55°C a atmosférický tlak. Aby se udržela teplota 55°C je důležité reaktory zahřívat z důvodu malého reakčního tepla. V průběhu reakce se případně provádí dodatečné dávkování metanolu a katalyzátoru podle potřeby. Cílem tohoto dávkování je dosáhnout co nejvyšší účinnosti reakce a zamezit tvz. zmýdelnění. K tomu dochází reakcí saponifikace metylesteru. Jak reakce transesterifikace triglyceridů přesně probíhá je znázorněna na obr. 1. V prvním reaktoru po přidání metanolu a katalyzátoru vznikne tvz. lehká fáze, která vychází z hlavy reaktoru a přemísťuje se do druhého a třetího reaktoru, ve kterých proběhne stejná

<sup>28</sup> Porovnávací tabulka MN , B 30 a B 100. *ARMEX Oil, s.r.o.* [online]. [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: <http://www.armexoil.com/b100faq.pdf>

<sup>29</sup> Tamtéž

<sup>30</sup> Výroba MEŘO z mastných kyselin. *Jiří Souček* [online]. 2012-2015 [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://www.soucek.pro/jiri/odborne-aktivity/podnikatelska-cinnost/vyroba-mero-z-mastnych-kyselin/>

reakce jako v prvním reaktoru. Ze třetího reaktoru vychází výsledný produkt obsahující metylester, přebytek metanolu, glycerin a zbytek mýdla<sup>31</sup>.



**Obr. 1** – Reakce transesterifikace<sup>32</sup>

„Mýdlo se po částečném odstranění obsaženého metanolu odvádí do samospádové děličky. Glycerin, obsahující glycerin, část přebytečného metanolu a veškeré mýdlo se odvádí do jednotky na zpracování glycerinu. Metylesterová fáze vycházející ze separátoru obsahuje stopy glycerinu, mýdla a katalyzátor. Tyto nečistoty se odstraňují pomocí vymývání vodou s přidávkem kyseliny citrónové. Metylester je nutno následně sušit za účelem odstranění zbytků vody a metanolu. Finální produkt– metylester (FAME)– se prostřednictvím čerpadla a po předchozím ochlazení na 30 - 40 °C odvádí do skladovacích zásobníků. “Ten se pak dále upravuje pomocí aditiv, aby měl požadované vlastnosti dle norem ČSN EN 14 214<sup>33</sup>.

Druhý způsobem je již zmíněná přímá reesterifikace mastných kyselin metanolem. Tento způsob je výhodný z hlediska ekonomického, protože použití mastných kyselin je cenově výhodnější než použití palmového nebo řepkového oleje. V České republice tento technický postup nebyl zaveden, než se o něj začal zajímat chemik Ing. Jiří Souček, CSc. Nejprve musel nalézt zdroje mastných kyselin. Ty našel celkem dva: „Ve větším množství produkovány u rostlinných olejů (tzv. fyzikální rafinaci a dezodoraci dezodorační kondenzát obsahující 70–80 % mastných kyselin) v STZ Ústí a Palmě Bratislava a při rozkladu glycerinové fáze při výrobě bionafty z řepkového oleje v AG Jihlava a v Milo Olomouc s obsahem cca 50 % mastných kyselin a 40 % MEŘO.“<sup>34</sup> Produkce byla zahájena v podniku DEZA v závodu Organik Otrokovice. Při výrobě byl použit produkt z Palmy Bratislava (dezodorační

<sup>31</sup> Biopaliva. Chemoprojekt [online]. [cit. 2015-03-06]. Dostupné z:

<http://www.chemoprojekt.cz/produkty/biopaliva>

<sup>32</sup> Tamtéž

<sup>33</sup> Tamtéž

<sup>34</sup> Výroba MEŘO z mastných kyselin. Jiří Souček [online]. 2012-2015 [cit. 2015-03-06]. Dostupné z:

<http://www.soucek.pro/jiri/odborne-aktivity/podnikatelska-cinnost/vyroba-mero-z-mastnych-kyselin/>

kondenzát) a Mila Olomouc (mastné kyseliny). „Výroba byla realizovaná na stávajícím zařízení, které bylo kapacitně nevyužité. Mastné kyseliny se esterifikovaly metanolem ve dvou krocích, první s recyklovaným cca 90% a ve druhém kroku čistým metanolem. Vznikající reakční voda byla odstraňována z reakční směsi destilací s metanolem. Jako katalyzátor se používala kyselina sírová (odzkoušena i kyselina para-toulén sulfonová). Reakční směs se neutralizovala pevnou sodou a destilovala. Metanol byl recyklován rektifikací. Byl získán průhledný bezbarvý produkt. Nejvhodnější surovinou byl dezodorační kondenzát z Palmy Bratislavy, získávaný při kontinuální fyzikální rafinaci řepkového oleje.“<sup>35</sup> Produkce FAME tímto způsobem v ČR vydržela 3 roky, než byla z důvodu špatné ekonomické situace odběratele a patentových důvodů zrušena<sup>36</sup>.

Výsledný produkt by měl obsahovat kolem 98 % metykesterů mastných kyselin, do 1 % směsi mono-, di- a triglyceridů, 0,3 % volných mastných kyselin, do 0,3 % metanolu, do 0,02 % volného glycerolu a nezmýdelnitelné látky<sup>37</sup>.

V roce 2013 celkové výrobní kapacity FAME a MEŘO v České republice činily 410 000 tun. Tuto kapacitu tvoří hlavně pět firem<sup>38</sup>:

- AGROPODNIK, a.s. Jihlava – 70 000 tun/rok
- Oleo Chemical, a.s. Liberec - 70 000 tun/rok
- Primagra, a.s. Milín – 35 000 tun/rok
- Preol, a.s. Lovosic – 120 000 tun/rok
- FAME, a.s. Ústí/L. – 100 000 tun/rok

#### 2.4.5 Test obsahu FAME v motorové naftě

Vysoká škola chemicko-technická v Praze testovala množství bioložky obsažené v motorové naftě. Test provedl Ing. Jaroslav Černý metodou FTIR spektroskopie. Ta je založena na principu pohlcení infračerveného záření. Analýze bylo podrobena deset druhů motorových naft od různých distributorů. Výsledky jsou uvedené v tabulce<sup>39</sup>.

Z výsledku vyplývá, že první polovina paliv má více než 6 % obsahu FAME a druhá polovina zase méně než 1,2 %. Sice od roku 2010 je povinnost přimíchávat 6 % FAME do

<sup>35</sup> Výroba MEŘO z mastných kyselin. *Jiří Souček* [online]. 2012-2015 [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://www.soucek.pro/jiri/odborne-aktivity/podnikatelska-cinnost/vyroba-mero-z-mastnych-kyselin/>

<sup>36</sup> Tamtéž

<sup>37</sup> *Biopaliva pro vozidlové spalovací motory*. Brno, 2012. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Sedlák, CSc.

<sup>38</sup> ENERGIE ZEMĚDĚLSKÉ ENERGIE. *Energie na vstupu i výstupu zemědělství* [online]. 2013 [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: [http://www.uzei.cz/data/usr\\_001\\_cz\\_soubory/13\\_05\\_23\\_jevic.pdf](http://www.uzei.cz/data/usr_001_cz_soubory/13_05_23_jevic.pdf)

<sup>39</sup> Obsah bioložky v naftě a co z něj vyplývá. *AUTOREVUE:CZ* [online]. 2013 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.autorevue.cz/obsah-bioslozky-v-nafte-aco-z-nej-vyplyva-test-naft-2013/ch-49476#articleStart>

motorové nafty, ale tento limit je určen jako podíl prodané biosložky k motorové naftě za celý kalendářní rok<sup>40</sup>. Během tohoto roku se množství FAME může lišit, podle toho jaké druhy paliva čerpací stanice nakoupila od dodavatelů. To je důvod, že žádný z testovaných paliv neobsahuje tvz. středovou hodnotu. Maximální obsah FAME v motorové naftě je 7 %. Důvod, proč druhá polovina paliv obsahuje minimální podíl FAME je různá. Výrobce EuroOil Diesel Optimal se zaručuje, že neobsahuje žádný podíl biosložky. Výrobce EuroOil prodává větší množství směsné motorové nafty a bionafty, tím dodržuje stanovený roční obsah FAME a může si dovolit prodávat motorovou naftu bez biosložky. Čerpací stanice Shell nakupuje palivo Shell V-Power právě od ČEPRO a ten vlastní EuroOil. EuroOil Diesel Optimal a Shell V-Power obsahují 0,2 % FAME. To může být zapříčiněno menší kontaminací při přepravě nebo skladování. Výrobce OMV Maxx Motion má nulový obsah FAME z důvodu nepoužívání metylesteru získaného esterifikací, ale do paliva přimíchává hydrogenovaný rostlinný olej. Hydrogenovaný rostlinný olej nedokáže tato analýza určit<sup>41</sup>.

**Tab. 3:** Výsledky testu<sup>42</sup>

<b>Nafta</b>	<b>Obsah FAME (% obj.)</b>
<b>Shell Fuelsave DE</b>	7,0 %
<b>Benzina Diesel Top Q</b>	6,6 %
<b>Benzina Verva Diesel</b>	6,6 %
<b>Shell Fuelsave CZ</b>	6,5 %
<b>OMV Diesel</b>	6,3 %
<b>ONO Diesel</b>	1,2 %
<b>Shell V-Power CZ</b>	< 0,2 %
<b>Shell V-Power DE</b>	< 0,2 %
<b>EuroOil Diesel Optimal</b>	< 0,2 %
<b>OMV Maxx Motion</b>	0,0 %

#### 2.4.6 Přeprava a distribuce FAME

FAME oproti motorové naftě má vyšší bod vzplanutí, což je vhodné z pohledu při manipulaci a přepravě paliva. Další výhodou FAME je jeho biologická odbouratelnost

<sup>40</sup>Biopaliva. Čepro a.s. [online]. [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <https://www.ceproas.cz/biopaliva>

<sup>41</sup> Obsah biosložky v naftě a co z něj vyplývá. AUTOREVUE: CZ [online]. 2013 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.autorevue.cz/obsah-bioslozky-v-nafte-aco-z-nej-vyplyva-test-naft-2013/ch-49476#articleStart>

<sup>42</sup> Tamtéž

v životním prostředí. Ta má však za následek, že je méně stabilní a tím se zkracuje délka jeho skladování. Kvůli nestabilitě se toto palivo nemůže přepravovat potrubím. Bionafta také nesmí být použita jako nouzová zásoba Správy státních hmotných rezerv. Technologie pro distribuci a skladování klasické motorové nafty lze použít i u FAME. Skladovací nádrže by měly být suché a čisté bez přístupu slunečního záření. Měly by být vyrobeny z oceli nebo hliníku. FAME bez přísad aditiv by se neměl skladovat déle než 3 až 6 měsíců. Působením mikroorganismů by mohlo dojít k okyselení paliva. Při distribuci SMN B100 je nutné brát ohled na zhoršené nízkoteplotní chemické vlastnosti paliva oproti motorové naftě. Motorovou naftu s obsahem 6 % FAME je nutné ve skladovacích nádržích v celém objemu promíchávat, aby nedocházelo k usazování FAME na dně nádrže. FAME má vyšší hustotu než motorová nafta (viz Tab. 1). SMN B30 a SMN B100 je nutné distribuovat a skladovat odděleně od klasické motorové nafty<sup>43</sup>.

## 2.5 Hodnocení alternativních paliv

### 2.5.1 Množství emisí (CO,PM,NO<sub>x</sub>) alternativních paliv

Emise jsou látky, které znečišťují ovzduší a ohrožují lidské zdraví. Nejvyšší koncentrace jsou u zdroje a pomocí vzdušného proudění se dále rozptýlí v ovzduší. Patří mezi významné ukazatele kvality alternativních paliv. Emise vznětového motoru se skládají z 67 % N<sub>2</sub> (dusík), 12 % CO<sub>2</sub> (oxid uhličitý), 11 % H<sub>2</sub>O (Voda), 10% O<sub>2</sub> (kyslík) a 0,3 % nebezpečné škodlivé látky. Mezi nebezpečné látky u vznětových motorů patří NO<sub>x</sub> (oxidy dusíku), SO<sub>2</sub> (oxid siřičitý), CH (uhlovodíky), PM (pevné částice), CO (Oxid uhelnatý)<sup>44</sup>.

- CO – tato látka je velmi toxická a při malých koncentracích životu nebezpečná (váže se na červené krvinky a zabraňuje transportu kyslíku v krvi)
- CO<sub>2</sub> – patří mezi významné skleníkové plyny
- PM – dráždí dýchací cesty
- SO<sub>2</sub> – dráždí dýchací cesty
- CH – některé uhlovodíky jsou karcinogenní<sup>45</sup>

<sup>43</sup> ŠEBOR Gustav, POSPÍŠIL Milan a ŽÁKOVEC Jan. *Technicko – ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě - 1. část* [online]. 2006[cit. 2015-04-19]. Dostupné z: [http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoekonomicka\\_analyza\\_vhodnych\\_alternativnich\\_paliv\\_v\\_dopravecast\\_1.pdf](http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoekonomicka_analyza_vhodnych_alternativnich_paliv_v_dopravecast_1.pdf)

<sup>44</sup> SNIŽOVÁNÍ EMISÍ ŠKODLIVIN U VZNĚTOVÝCH MOTORŮ [online]. 2012 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://www.ssamp-krnov.cz/upload/soubory/00032.pdf>

<sup>45</sup> SNIŽOVÁNÍ EMISÍ ŠKODLIVIN U VZNĚTOVÝCH MOTORŮ [online]. 2012 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://www.ssamp-krnov.cz/upload/soubory/00032.pdf>

- $\text{NO}_x$  – nejrizikovější je  $\text{NO}_2$  (oxid dusičitý), proniká hluboko do plic a je pohlcena krví<sup>46</sup>

Emise CNG, SMN B100, ethanolu a motorové nafty budeme porovnávat ve třech testech. První test byl prováděn VÚZT (Výzkumný ústav zemědělské techniky) a TU Liberec. Měření bylo provedeno na motoru ZETOR 7701. Testovaly se dva druhy paliva a to motorová nafta (ČSN EN 590) a směs 95 % bezvodého ethanol a 5 % a přísady AVOCET (ICI) – EOH<sup>47</sup>.

**Tab. 4:** Výsledky pokusu 1<sup>48</sup>

Emise	Motorová nafta	EOH
CO (g/kWh)	4,7	2,3
$\text{NO}_x$ (g/kWh)	19,6	11,2
CH (g/kWh)	0,4	0,7

Druhý pokus byl proveden na Technické univerzitě v Liberci. Motorová nafta byla spalována v motoru Liaz ML 637 a CNG v upraveném motoru Liaz ML 637 NGS. Výsledky měření jsou uvedené v tabulce<sup>49</sup>.

**Tab. 5:** Výsledky pokusu 2<sup>50</sup>

Emise	Motorová nafta	CNG
CO (g/kWh)	1,6	0,89
$\text{NO}_x$ (g/kWh)	6,6	0,03
PM (g/kWh)	0,15	0,03

Třetí pokus byl proveden v USA na vozidle Ford F-350. Testována byla motorová nafta a SMN B100<sup>51</sup>.

<sup>46</sup> Oxidy dusíku [online]. [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://arnika.org/oxidy-dusiku>

<sup>47</sup> KÁRA, Jaroslav: Využití bioalkoholu. *Biom.cz* [online]. 2001-12-18 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-bioalkoholu>>. ISSN: 1801-2655.

<sup>48</sup> Tamtéž

<sup>49</sup> ŠMERDA, Tomáš, ČUPERA, Jiří, NOVÁK, Pavel: Provoz traktorového motoru na CNG nebo bioplyn. *Biom.cz* [online]. 2011-09-21 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/provoz-traktoroveho-motoru-na-cng-nebo-bioplyn>>. ISSN: 1801-2655.

<sup>50</sup> Tamtéž



**Tab. 6:** Výsledky pokusu 3<sup>52</sup>

<b>Emise</b>	<b>Motorová nafta</b>	<b>SMN B100</b>
CO (g/1,6km)	0,33	0,29
NO <sub>x</sub> (g/1,6km)	2,94	3,00
PM (g/1,6km)	0,155	0,106

Při hodnocení se hlavně zaměříme na emise CO, PM a NO<sub>x</sub>, které významně ovlivňují lidské zdraví. U většiny alternativních paliv došlo k poklesu těchto emisí. K nárůstu došlo jen u etanolu emisí CH o 57 % a u SMN B100 emisí NO<sub>x</sub> o 2 %. Významný pokles emisí byl zaznamenán u CNG, kde jsou výrazně nižší emise NO<sub>x</sub> a PM. Emise NO<sub>x</sub> a PM znečišťují hustě osídlené aglomerace a pohon CNG by tento problém mohl z části vyřešit. Dnes začínají veřejní dopravci využívat palivo CNG u autobusů např. MHD Pardubice. K nízkým emisím přispívá jednoduchá chemická struktura metanu CH<sub>4</sub> oproti naftě C<sub>15</sub>H<sub>32</sub>. Pro spalování je vhodnější podíl uhlíku a vodíku právě u metanu.

Tyto výsledky však neznamenají, že alternativní paliva mají vždy takové emise CO, PM a NO<sub>x</sub> jako při těchto zkouškách. Vždy také záleží na testovacích podmínkách, které jsou ovlivňovány typem motoru nebo vozidla, použitým palivem atd. Takže výsledky tohoto testu nejsou pevně dané a při dalších může docházet k jiným závěrům.

### 2.5.2 Problematika skladování FAME a etanolu

Aby palivo během skladování neměnilo svou kvalitu, určuje se termo-oxidační stabilita paliva. Ta určuje jak je palivo náchylné k degradaci. Oxidace má za následek jiné fyzikálně-chemické vlastnosti paliva. Rychlost oxidace je určena přítomností rozpuštěného kyslíku v palivu, nízké teplotě, intenzitě UV záření a přítomností některých kovů (železo, měď). Při oxidaci dochází k tvorbě kyselých oxidačních produktů. Tyto oxidační produkty mohou podporovat tvorbu koroze a usazenin v palivovém systému. Oxidaci způsobují vícenenasycené řetězce esterů a přítomnost nečistot. U klasické motorové nafty je oxidační

<sup>51</sup> VOJTÍŠEK, Michal: Dopad spalování rostlinných olejů ve vznětových motorech na výfukové emise. *Biom.cz* [online]. 2011-07-06 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/dopad-spalovani-rostlinnych-oleju-ve-vznetovych-motorech-na-vyfukove-emise>>. ISSN: 1801-2655.

<sup>52</sup> Tamtéž.

stabilita zajištěna pomocí upravených ropných frakcí. Při používání FAME jako biosložky nebo bionafty se oxidační stabilita rapidně snižuje. Klasickou motorovou naftu s příměsí 6 % biosložky FAME lze skladovat pouze 3 měsíce od data výroby. U SMN B30 je doba skladování maximálně 2 měsíce a dokonce u SMN B100 je to pouhý 1 měsíc<sup>53</sup>. K oxidaci u FAME dochází při teplotě kolem 150 °C a u klasické motorové nafty až při 200 °C<sup>54</sup>.

U ethanolu se tento problém nevyskytuje. Ethanol je odolný vůči oxidaci, ale organické látky nebo kyseliny mohou tuto odolnost snížit. Tyto látky se mohou do etanolu dostat při výrobě. Naproti tomu ethanol lehce pohlcuje vodu, což zvyšuje jeho korozivní působení<sup>55</sup>.

### 2.5.3 Dostupnost alternativních paliv

V České republice je kolem 200 čerpacích stanic, které nabízejí palivo SMN B30 a SMN B100<sup>56</sup>. Plnicích stanic na CNG je evidováno kolem 82<sup>57</sup>. Za dvojnásobný počet čerpacích stanic nabízející bionaftu může hlavně využití stávajících kapacit. Bionafta nevyžaduje budování nových čerpacích stanic oproti CNG. Pro CNG je nutno vybudovat nové plnicí stanice, ale jejich počet neustále roste. Výhodou CNG je možnost budovat plnicí stanice doma u spotřebitelů, kteří mají zavedený zemní plyn. Palivo E95 se v české republice nenabízí z důvodu problematických úprav vznětového motoru. Etanol se hojně využívá jako palivo E85 do zážehových motorů.

---

<sup>53</sup> OXIDAČNÍ STABILITA KAPALNÝCH MOTOROVÝCH PALIV A BIOPALIV [online]. Praha, 2012 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2013\\_06\\_450-455.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2013_06_450-455.pdf). Referát. Ústav technologie ropy a alternativních paliv, Vysoká škola chemicko-technologická, Technická 5, 166 28 Praha 6.

<sup>54</sup> Bionafta a provoz motorů. ČERNÝ, Jaroslav. *Tribotechnika* [online]. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-1-2009/bionafta-a-provoz-motoru.html>

<sup>55</sup> OXIDAČNÍ STABILITA KAPALNÝCH MOTOROVÝCH PALIV A BIOPALIV [online]. Praha, 2012 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2013\\_06\\_450-455.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2013_06_450-455.pdf). Referát. Ústav technologie ropy a alternativních paliv, Vysoká škola chemicko-technologická, Technická 5, 166 28 Praha 6.

<sup>56</sup> Kde načepuji bionaftu. *Biopaliva frčí* [online]. 2015 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://biopalivafrci.cz/mapy/kde-nacepuji-bionaftu/>

<sup>57</sup> Stanice skupiny RWE. *RWE* [online]. 2015 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://www.cng.cz/cs/stanice/>

### 3 Vliv alternativních paliv na palivovou soustavu, na oleje hospodářství vznětového spalovacího motoru.

#### 3.1 Vliv bionafty na palivovou soustavu

Byla provedena celá řada studií na téma zabývajících se vlivem paliva SMN B30 nebo SMN B100 na palivovou soustavu a mnohdy s rozdílnými výsledky. Samotní výrobci automobilů zastávají v hodnocení významné stanovisko z důvodu doporučení druhu paliva pro daný typ motoru a s tím související garance či záruky<sup>58</sup>.

##### 3.1.1 Rozdílné chemické vlastnosti bionafty a klasické motorové nafty, významné dopady na palivovou soustavu

Základní požadavky na vznětové motory spalující bionaftu jsou totožné jako při spalování klasické motorové nafty. Jenže některé nároky jsou obtížně dosažitelné, protože mají jiné chemické vlastnosti. „Liší se zejména menší termicko-oxidační stabilitou, mají větší hustotu, větší viskozitou jak při 40 °C, tak zejména při nízkých teplotách. Dále se liší destilační křivkou, rozpustností vody, emulgovatelností, menší výhřevností, zvýšenou rozpouštěcí schopností, sklonem k hydrolýze, hygroskopičností, napadání mikroorganismy, stabilitou při skladování, horšími nízkoteplotními vlastnostmi apod.“<sup>59</sup> Jedny z prvních zkoušek ČR těchto biopaliv na neupravených vznětových motorech byly doprovázeny celou řadou potíží. Docházelo především k těmto problémům:

- „menší snášenlivost s materiály používanými pro těsnění,
- větší náchylnost k tvorbě úsad v motoru,
- zanášení vstřikovacích trysek a tím i zhoršování exhalačních parametrů, zvýšení spotřeby a snížení výkonu motoru,
- ředění motorového oleje a tím nejdříve snížení jeho viskozity s následnou rychlou tvorbou kalů vedoucí k extrémnímu zahuštění oleje,
- nutnost zkrácení výměnných lhůt olejů na polovinu.“<sup>60</sup>

<sup>58</sup> ŠEBOR Gustav, POSPÍŠIL Milan a ŽÁKOVEC Jan. *Technicko – ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě - 1. část* [online]. 2006[cit. 2015-04-19]. Dostupné z: [http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoeconomicka\\_analyza\\_vhodnych\\_alternativnich\\_paliv\\_v\\_dopravecast\\_1.pdf](http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoeconomicka_analyza_vhodnych_alternativnich_paliv_v_dopravecast_1.pdf)

<sup>59</sup> Tamtéž

<sup>60</sup> Tamtéž

### 3.1.2 Prohlášení World Wide Fuel Charter 98 a zkušenosti s využitím bionafty firmou Volkswagen

Zajímavý pohled na využití bionafty byl v době, kdy se začala rozvíjet. Tehdy Evropské asociace výrobců motorových vozidel (ACEA) ve World Wide Fuel Charter 98 prohlásila, že spalování FAME ve vznětových motorech má celou řadu negativních vlastností a to převážně u nových konstrukcí. Palivo SMN B100 nebylo povoleno a do klasické motorové nafty bylo povoleno přimíchávat maximálně 5 % FAME. Také nejvýznamnější výrobce automobilů v Evropě firma Volkswagen prezentovala v září 2002 své zkušenosti s využíváním FAME v motorech VW. Setkala se s těmito negativními vlastnostmi<sup>61</sup>:

- „vysoký obsah glycerolu a glyceridů má za následek ucpávání palivových filtrů a korozní působení na neželezné kovy (Cu a Zn),
- nízká oxidační stabilita je příčinou tvorby úsad v motorech, koroze v důsledku vytvoření agresivních oxidačních produktů (kyselina mravenčí, kyselina octová),
- vysoký obsah alkalických kovů (Na, K) a kovů alkalických zemin (Ca, Mg) vede k hygroskopičnosti (tvorba Ca mýdel), tvorbě kalů (Na, K) a k ucpávání filtrů,
- malá stabilita při nízkých teplotách má za následek zhoršenou filtrovatelnost a vede rovněž k ucpávání filtrů,
- vysoký obsah vody je příčinou koroze, ucpávání filtrů a bakteriálního napadení,
- pro růst organismů (bakterie, plísně, houby) je vhodný substrát obsahující mastné kyseliny, Pa vodu; zejména při skladování už i malé množství FAME může vyvolat tento problém,
- vysoké číslo kyselosti, které signalizuje přítomnost volných kyselin a jejich korozní působení,
- vysoké jodové číslo souvisí s přítomností mastných nenasycených kyselin s větším počtem dvojných vazeb, což má za následek koksování, vznik kalů v oleji a dochází k ucpávání vstříkovačích trysek,
- vysoký obsah fosforu má nepříznivý dopad na účinnost a životnost oxidačních katalyzátorů,
- nárůst pěnovosti paliva. “<sup>62</sup>

Dále upozorňovali na problematické zvyšování viskozity bionafty při nízkých teplotách a tím spojené problematické dosažení vstříkovačích tlaků. Firma Volkswagen vydala povolení

---

<sup>61</sup> ŠEBOR Gustav, POSPÍŠIL Milan a ŽÁKOVEC Jan. *Technicko – ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě - 1. část* [online]. 2006[cit. 2015-04-19]. Dostupné z: [http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoeconomicka\\_analyza\\_vhodnych\\_alternativnich\\_paliv\\_v\\_dopravecast\\_1.pdf](http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoeconomicka_analyza_vhodnych_alternativnich_paliv_v_dopravecast_1.pdf)

<sup>62</sup> Tamtéž

využívání paliva SMN B100 ve svých motorech už od roku 1996, ale musely být provedené potřebné úpravy motoru<sup>63</sup>.

### 3.1.3 Vliv na palivové čerpadlo

U palivového čerpadla je negativně ovlivňováno těsnění, které vedlo k použití nových materiálů z polymerů na bázi PTFE, které umožňují využití směsných paliv. Dalším problémem je zvyšující se viskozita bionafty při nízkých teplotách. Zvyšující se viskozita ovlivňuje čerpání paliva do spalovacího prostoru. To je problematické zejména u rotačních čerpadel, kde to může vést až k poškození hřídele<sup>64</sup>. Také některé chemické látky obsažené v bionaftě, jako je obsah volných kyselina a obsah vody zvyšují korozi palivového čerpadla a to převážně součástky z mědi a olova<sup>65</sup>.

### 3.1.4 Vliv na motorový olej

Klasická motorová nafta má bod varu od 200 do 360 °C a bionafta kolem 330 °C. To má za následek horší odpařitelnost bionafty ve válci. Palivo, které se neodpaří, stéká po stěnách válce přes pístní kroužky do klikové hřídele. Zde dochází k mísitelnosti s motorovým olejem, což má za následek snížení jeho viskozity a v krajních případech může docházet k opotřebení motoru z důvodu zvyšujícího se tření. K tomuto jevu dochází i při využití klasické motorové nafty, ale u bionafty je pronikání paliva do motorového oleje významnější. Dalším důvodem může být zanesení vstřikovacího systému. Jestli je palivo rozprašováno ve větších kapkách, dochází k jeho horšímu odpařování<sup>66</sup>.

### 3.1.5 Vliv na vstřikovací systém

Vstřikovací systém pracuje s vysokým vstřikovacím tlakem a recirkulací silně zahřátého paliva. FAME se obtížně stlačuje a tím hůře dosahuje stanovených vstřikovacích tlaků. Při zahřátí paliva na vysokou teplotu vznikají termooxidační produkty, které mají za následek

---

<sup>63</sup> ŠEBOR Gustav, POSPÍŠIL Milan a ŽÁKOVEC Jan. *Technicko – ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě - 1. část* [online]. 2006[cit. 2015-04-19]. Dostupné z: [http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoekonomicka\\_analyza\\_vhodnych\\_alternativnich\\_paliv\\_v\\_dopravecast\\_1.pdf](http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoekonomicka_analyza_vhodnych_alternativnich_paliv_v_dopravecast_1.pdf)

<sup>64</sup> Tamtéž

<sup>65</sup> Bionafta a provoz motorů. ČERNÝ, Jaroslav. *Tribotechnika* [online]. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-1-2009/bionafta-a-provoz-motoru.html>

<sup>66</sup> Tamtéž

poruchy systému. Vznikají usazeniny, které se problematicky odstraňují a většinou mají za následek výměnu celého vstřikovacího systému. Také se mohou vytvořit usazeniny z důvodu oxidace bionafty a to například při zazimování dopravního prostředku. Právě u směsi FAME s klasickou motorovou naftou je důležitá stálost a čistota paliva<sup>67 68</sup>.

### 3.1.6 Vliv na filtr pevných částic (DPF filtr)

Ve výrobním procesu bionafty může docházet ke kontaminaci kovy, jako je například sodík nebo draslík. Ta má za následek zvýšenou tvorbu popelavých částic, které urychlují zanášení keramické vložky DPF filtru<sup>69</sup>. „Uvádí se, že 1 ppm kovu v palivu vyprodukuje průměrně 14 g popela každých 100 tis. km, který se usadí v DPF filtru.“<sup>70</sup>

### 3.1.7 Vliv na palivový filtr

Bionafta oproti klasické motorové naftě má vyšší rozpouštěcí schopnost a z tohoto důvodu dochází k uvolňování usazenin v palivové nádrži a potrubí. Tím dochází k rychlému zanášení palivového filtru. Ten je potřeba častěji měnit. Zanášení palivového filtru dále ovlivňuje oxidační stabilitu paliva, obsah nečistot atd.<sup>71</sup>

### 3.1.8 Vývoj alternativních paliv na základě negativních vlivů na palivovou soustavu

K těmto negativním vlivům docházelo zejména při prvotních provozních zkouškách a na základě těchto zkušeností došlo k následujícím závěrům. Motor musí být přizpůsoben pro spalování bionafty a použití tohoto paliva musí být schváleno výrobcem motorového vozidla. Určily se kvalitativní vlastnosti biosložky MEŘO pomocí norem. To vedlo k vytvoření paliva SMN B30 dle normy ČSN 65 6508, který obsahuje optimální podíl biosložky a motorové nafty. Kvalita bionafty je velmi důležitá, aby nedocházelo k poškození palivové soustavy<sup>72</sup>.

---

<sup>67</sup> ŠEBOR Gustav, POSPÍŠIL Milan a ŽÁKOVEC Jan. *Technicko – ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě - I. část* [online]. 2006[cit. 2015-04-19], s. 29-32. Dostupné z: [http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoeekonomicka\\_analyza\\_vhodnych\\_alternativnich\\_paliv\\_v\\_dopravecast\\_1.pdf](http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoeekonomicka_analyza_vhodnych_alternativnich_paliv_v_dopravecast_1.pdf)

<sup>68</sup> Bionafta a provoz motorů. ČERNÝ, Jaroslav. *Tribotechnika* [online]. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-1-2009/bionafta-a-provoz-motoru.html>

<sup>69</sup> Tamtéž

<sup>70</sup> Tamtéž

<sup>71</sup> Tamtéž

<sup>72</sup> ŠEBOR Gustav, POSPÍŠIL Milan a ŽÁKOVEC Jan. *Technicko – ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě - I. část* [online]. 2006[cit. 2015-04-19]. Dostupné z: [http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoeekonomicka\\_analyza\\_vhodnych\\_alternativnich\\_paliv\\_v\\_dopravecast\\_1.pdf](http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoeekonomicka_analyza_vhodnych_alternativnich_paliv_v_dopravecast_1.pdf)

## 3.2 Vliv CNG na palivovou soustavu

Použité prameny ke tvorbě následujících kapitol byly aplikovány na palivo LPG, ale z důvodu podobných chemických vlastností a konstrukčního provedení, lze je zaměřit i na CNG.

### 3.2.1 Vliv na zapalovací soustavu

U plynného paliva je potřeba k zapálení vyšší napětí okolo 16 – 18 kV, zatím co u benzínu je to 14 kV. Proto dochází k rychlému opotřebení svíček. Například u LPG paliva je životnost svíček kolem 15000 km. Proto je vhodné využívat svíčky určené pro tento druh paliva, které mají elektrody z platiny nebo iridia<sup>73 74</sup>.

### 3.2.2 Vliv na výfukovou soustavu

Ve výfukových plynech nejsou prakticky žádné pevné částice a aerosoly uhlíku a uhlovodíku. Ty se neusazují na stěnách výfuku a nechrání jí před korozi. Ten pak rychleji koroduje<sup>75</sup>.

### 3.2.3 Vliv na nápravu vozidel

Z důvodu umístění větších plynových nádrží může docházet u některých vozů k vyššímu zatížení zadní nápravy. To má za následek snížení průchodnosti na nerovném povrchu komunikace<sup>76</sup>.

## 3.3 Provozní údržba a spotřeba alternativního paliva a s tím související ekonomická stránka

### 3.3.1 Bionafta

Agropodnik Domažlice testoval palivo SMN B100 v období duben až prosinec roku 2010. Test proběhl na 12 osobních a 30 nákladních vozidlech a na dvou zemědělských

---

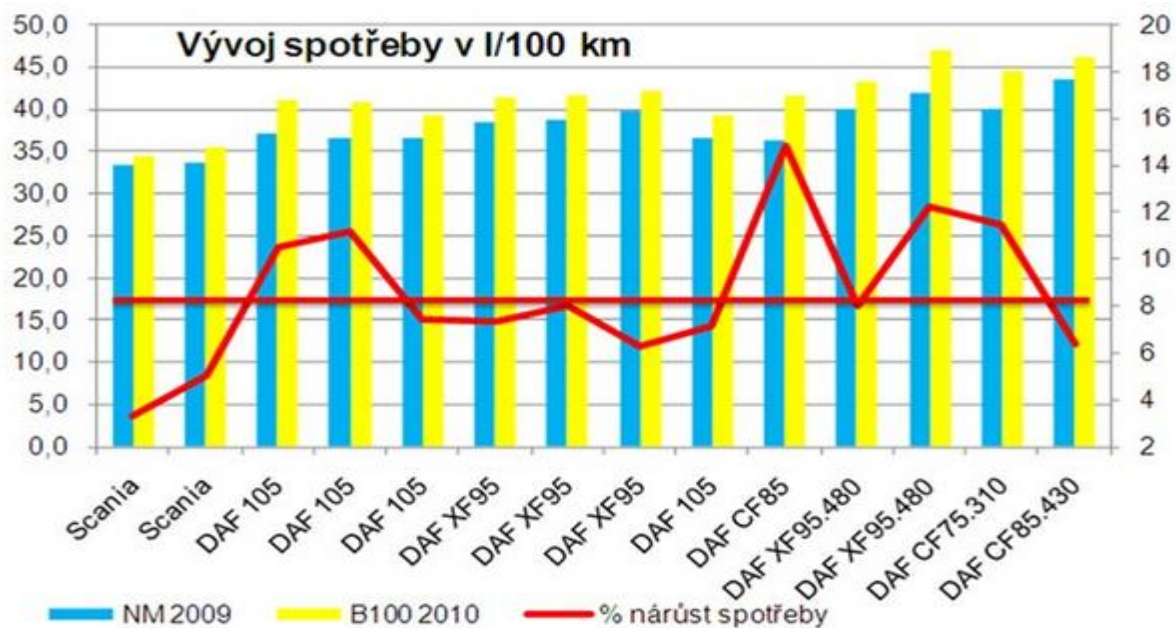
<sup>73</sup> Správný zážeh směsi u plynových motorů. *Gasinsight s.r.o.* [online]. 2013 [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://www.gasinsight.cz/news/diagnostika-lpg-zapalovani/>

<sup>74</sup> ŠEBOR Gustav, POSPÍŠIL Milan a ŽÁKOVEC Jan. *Technicko – ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě - 1. část* [online]. 2006 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: [http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoekonomicka\\_analyza\\_vhodnych\\_alternativnich\\_paliv\\_v\\_dopravecast\\_1.pdf](http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoekonomicka_analyza_vhodnych_alternativnich_paliv_v_dopravecast_1.pdf)

<sup>75</sup> Tamtéž

<sup>76</sup> Tamtéž

strojích. Mezi testovanými vozidly byly Škoda Octavia, Škoda Superb, Škoda Fabia TD, Škoda Fabia, Citroen Jumper, Scania R420, DAF XF95, DAF XF105, DAF CF85, DAF CF75, a řezačka na kukuřici Jaguar. Paliva SMN B100 se během zkoušek spotřebovalo celkem 820 tisíc litrů. Z důvodů nižší výhřevnosti FAME došlo k nárůstu spotřeby bionafty o 8,50 % s porovnáním motorovou naftou. Zvýšení spotřeby u nákladních vozidel je znázorněno v grafu. Také je nutné při přechodu z klasické motorové nafty na palivo SMN B100 přizpůsobit údržbu motoru. Jednotlivé vlivy na palivovou soustavu jsou uvedené výše. Ze začátku se musí zajistit výměna palivových filtrů a to dvakrát po 1000 km. Dále by mělo dojít ke zkrácení intervalu výměny motorového oleje a přitom by se měl vyměnit i palivový filtr. Všechny tyto faktory zvyšují provozní náklady na využívání bionafty. Celková úspora při využívání bionafty činila 890 tis. Kč, ale ta se snížila o 25 až 30 % z důvodu zvýšených provozních nákladů na 560 tis. Kč<sup>77</sup>. Tak vysoké úspory bylo dosaženo z důvodu cenového zvýhodnění bionafty. V době testování, byla SMN B30 zatížena spotřební daní 7,665 Kč/litr a SMN B100 byla osvobozena od daně. Motorová nafta je zatížena spotřební daní 10,95 Kč/litr. V průběhu roku 2015 by se měla zvýšit spotřební daň SMN B30 na 8,415 Kč/litr a SMN B100 na 0,5 Kč/litr<sup>78 79</sup>.



**Obr. 2:** Vývoj spotřeby nafty a bionafty u nákladních vozidel<sup>80</sup>

<sup>77</sup> BAŽATA, Miroslav: Bionafta a směsná motorová nafta. *Biom.cz* [online]. 2013-05-06 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bionafta-a-smesna-motorova-nafta>>. ISSN: 1801-2655.

<sup>78</sup> Na biopaliva se chystá spotřební daň. *PETROL* [online]. 2014 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://www.petrol.cz/aktuality/na-biopaliva-se-chysta-spotrebni-dan-3988.aspx>

<sup>79</sup> Daňové slevy na biopaliva nekončí. *ČT24* [online]. 2015 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/ekonomika/302630-danove-slevy-na-biopaliva-nekonci/>

<sup>80</sup> BAŽATA, Miroslav: Bionafta a směsná motorová nafta. *Biom.cz* [online]. 2013-05-06 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bionafta-a-smesna-motorova-nafta>>. ISSN: 1801-2655.



Další analýza byla provedena regionálním autobusovým dopravcem, který testoval paliva SMN B30 a SMN B100 v normálním provozu. Hodnotilo se, zda lze bez problému jezdit střídavě na tyto druhy bionafty. K tomu byly využity autobusy typu Renault (EURO 2), Irisbus C954 (EURO 3, rok výroby 2000 – 2005), Irisbus Midway (EURO 4, motor Tector), Irisbus Crossway (EURO 5, motor Cursor 6) a cisternová a nákladní vozidla typu MAN, Volvo, Mercedes, Iveco (převážně EURO 3). Výsledkem analýzy bylo, že lze bez problému střídát paliva SMN B30 a SMN B100, ale musí se dodržet požadovaná údržba palivového systému. U SMN B30 a B100 je potřeba zkrátit interval výměny olejového a palivového filtru o 75 % oproti intervalu při použití klasické motorové nafty. Rozdíl je pouze při výměně motorového oleje, kde se interval zkracuje o 75 % u paliva SMN B30 a o 62 % u paliva SMN B100<sup>81</sup>. Bionafta B100 je spíše vhodná jako letní palivo a to je způsobeno teplotou tuhnutí okolo -10 °C<sup>82</sup>.

### 3.3.2 CNG

Výhřevnost CNG (46,7 MJ/kg<sup>-1</sup>) je vyšší než u motorové nafty (42,7 MJ/kg<sup>-1</sup>) a to se projevuje hlavně ve spotřebě paliva. K porovnání spotřeby a ekonomické výhodnosti mezi motorovou naftou a CNG si uvedeme test vozidel Škoda Octavia Combi 1.4 TSI G-Tec Ambition a Škoda Octavia Combi 1.6 TDI Greenline provedené časopisem Svět motorů. Škoda Octavia Greenline je upravená za účelem dosažení co nejnižší spotřeby motorové nafty. Zkouška spotřeby probíhala v různém prostředí silničního provozu. Naměřená spotřeba je uvedena v tabulce<sup>83</sup>.

**Tab. 7:** Spotřeba paliva<sup>84</sup>

	<b>1.Škoda Octavia 1.4 TSI G-Tec (CNG)</b>	<b>2.Škoda Octavia 1.6 TDI GreenLine (diesel)</b>
<b>Naměřená spotřeba</b>	4,09 kg/100 km	4,88 l/100 km
<b>Náklady na 1 km v testu</b>	1,084 Kč/km	1,751 Kč/km

<sup>81</sup> BAŽATA, Miroslav: Bionafta a směsná motorová nafta. *Biom.cz* [online]. 2013-05-06 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bionafta-a-smesna-motorova-nafta>>. ISSN: 1801-2655.

<sup>82</sup> HÝŽA, Bohumil. *MOŽNOST ZPRACOVÁNÍ GLYCEROLOVÉ FÁZE Z VÝROBY BIONAFTY*. Brno, 2013. Dostupné z: [http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=62722](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=62722). Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.

<sup>83</sup> Škoda Octavia Combi 1.4 TSI G-Tec vs. 1.6 TDI GreenLine: Test spotřeby. *Svět motorů* [online]. 2015 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/skoda-octavia-combi-1-4-tsi-g-tec-vs-1-6-tdi-greenline-test-spotreby-85108>

<sup>84</sup> Tamtéž

Během testu byla naměřena spotřeba u CNG nižší o 16,2 % a to je způsobeno již zmíněnou vyšší výhřevností paliva. Přidáme-li daňové zvýhodnění, které se dnes pohybuje 1 Kč/kg, poté nám vychází náklady na 1,084 Kč/km. Náklady u motorové nafty jsou 1,751 Kč/km. Otázkou však zůstává, jak dlouho bude CNG daňově zvýhodněno. Zatím je určeno daňové zvýhodnění do roku 2020, kdy by měla daň dosáhnout 2,36 Kč/m<sup>3</sup><sup>85</sup>. Pokud by teoreticky spotřeba CNG dosáhla třiceti procent celkové spotřeby paliva v České republice a nedocházelo k průběžnému nárůstu daně na toto palivo, mohlo by dojít k výraznému jednorázovému zvýšení daně na CNG. Důvodem by bylo dramatické snížení výběru daně z pohonných hmot, protože CNG má malou daňovou sazbu. Je rozdíl jestli spotřebitel tankuje naftu zdaněnou 10,90 Kč/l nebo CNG dnes zdaněných na 1 Kč/kg. Dle mého názoru se bude daň na CNG pozvolna zvyšovat s narůstající spotřebou tohoto paliva<sup>86</sup>.

**Tab. 8:** Náklady na provoz vozidla<sup>87</sup>

	<b>Octavia Combi 1.4 TSI G-Tec Ambition</b>	<b>Octavia Combi 1.6 TDI Greenline</b>
<b>Pořizovací cena</b>	535 900 Kč	541 900 Kč
<b>Náklady na servis 3 roky/100 000 km</b>	14 554 Kč	9 970 Kč
<b>Doba užívání</b>	3 roky	
<b>Roční nájezd</b>	30 000 km	
<b>Průměrná spotřeba v testu SM</b>	4,09 kg/100 km	4,88 l/100 km
<b>Cena za jednotku paliva (průměr ČR k 2. 1. 2015)</b>	26,50 Kč	32,50 Kč
<b>Náklady na palivo/rok podle testu SM</b>	32 515 Kč	47 580 Kč
<b>Náklady palivo/3 roky podle testu SM</b>	97 545 Kč	142 740 Kč
<b>Úspora nákladů na palivo s CNG za 3 roky</b>	45 159 Kč	

<sup>85</sup> Legislativa. *Cngplus* [online]. [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.cngplus.cz/o-cng/legislativa.html>

<sup>86</sup> Škoda Octavia Combi 1.4 TSI G-Tec vs. 1.6 TDI GreenLine: Test spotřeby. *Svět motorů* [online]. 2015 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/skoda-octavia-combi-1-4-tsi-g-tec-vs-1-6-tdi-greenline-test-spotreby-85108>

<sup>87</sup> Tamtéž

Na základě zkoušky byla vypracovaná finanční úspora v období tří let. Ceny obou vozidel jsou si podobné, Octavia na CNG je levnější o 6000 Kč, ale má vyšší náklady na servis. Z důvodu nízké ceny paliva CNG by mohla Octavia Combi 1.4 TSI G-Tec Ambition dosáhnout úspory 45 159 Kč. Octavia Combi 1.6 TDI Greenline je dražší než jiné osobní automobily z důvodu již zmíněnou úpravou, která je velmi nákladná<sup>88</sup>.

U autobusů jsou pořizovací ceny úplně jiné. Podle nařízení vlády č. 493/2004 Sb. musí Ministerstvo dopravy oznámit ceny autobusů pro každý kalendářní rok za účelem výpočtu přímého zisku. Například cena pro rok 2013 MHD autobusu nízkopodlažního do 13 m s pohonem na motorovou naftu byla 4 750 000,- Kč a s pohonem na CNG byla 6 350 000,- Kč. Cena u CNG pohonu je o 25 % vyšší<sup>89</sup>.

### 3.4 Zavádění alternativních paliv v železniční dopravě

Zavádění alternativních paliv u kolejových vozidel je dnes na počátku testování, zatím co v silniční dopravě už proběhla celá řada zkoušek. Důvodem pozdějšího zavádění alternativních paliv v železniční dopravě je pravděpodobně malý podíl spotřebované nafty na celkovém trhu, a kdyby se bionafta začala nejprve zkoušet na kolejových vozidlech, mohlo by z důvodu negativních vlivů na motor docházet k mnohem větším finančním škodám. Rozdíl mezi silniční dopravou a železniční spočívá v tom, že lokomotivy mají velmi velké výkony motoru a jejich životnost se musí pohybovat v desítkách let. Také spotřeba paliva u lokomotiv je mnohonásobně větší než u autobusu. Specifický je také přenos výkonu pomocí elektrického proudu, který se vyrábí trakčním dynamem poháněného spalovacím motorem. Tato doprava je vhodná zejména k přepravě těžkých nákladů a dálkové přepravě osob. Odlišnost železniční a silniční dopravy vedla k zahájení vlastních zkoušek s alternativními palivy<sup>90</sup>.

#### 3.4.1 Specifika železniční dopravy

Důvodem zavádění železniční dopravy byla snaha o značné snížení jízdního odporu. Ten byl a je zapříčiněn valením ocelového kola po kolejnici. Uvádělo se, že kůň utáhl až desetkrát více nákladu na železnici než na silnici. To bylo ověřeno zkouškou nosnosti v roce 1830 mezi

<sup>88</sup> Škoda Octavia Combi 1.4 TSI G-Tec vs. 1.6 TDI GreenLine: Test spotřeby. *Svět motorů* [online]. 2015 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/skoda-octavia-combi-1-4-tsi-g-tec-vs-1-6-tdi-greenline-test-spotreby-85108>

<sup>89</sup> Oznámení cen jednotlivých typů autobusů v roce 2013 pro výpočet průměrného zisku. *Ministerstvo dopravy* [online]. 2013 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: [http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/0B8689F1-98E7-4EE3-86AA-53B4F0254CE2/0/Ceny\\_busu\\_2013.doc](http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/0B8689F1-98E7-4EE3-86AA-53B4F0254CE2/0/Ceny_busu_2013.doc)

<sup>90</sup> *Trakční vozidla nezávislá a železniční vozy II*. Bratislava: Zapadoslovenské tlačiarne n.p., 1978. ISBN bez ISBN.

Netřebicemi a Velkými Omelicemi. Jednalo se o první trakční zkoušku v Evropě. Došlo tedy ke snížení jízdního odporu, ale odpor zapříčiněný stoupáním nebyl ovlivněn. Z tohoto důvodu se odstraňovaly nerovnosti pomocí náspů, zářezů, mostů a tunelů. Časem přišly parní lokomotivy s větším výkonem. Po nich následovaly motorové a elektrické lokomotivy. K porovnání silniční a železniční dopravy si ukážeme v následující tabulce<sup>91</sup>.

**Tab. 9:** Porovnání železniční a silniční dopravy<sup>92</sup>

	<b>Železnice</b>	<b>Silnice</b>
<b>Valivý odpor</b>	0,001	0,008
<b>Aerodynamický odpor</b>	Schopnost tvořit vlak	Samostatná vozidla
<b>Adheze</b>	Cca 0,2	Cca 0,8
<b>Hmotnost na sedadlo</b>	500-600 kg	200 – 300 kg
<b>Energie</b>	60-90 % elektřina	Téměř 100 % uhlíková pliva

Hlavní výhodou železniční dopravy je velmi malý valivý odpor a schopnost tvořit vlak, což snižuje čelní aerodynamický odpor. Více než polovina energie potřebné k pohonu železničních vlaků je zastoupena elektřinou. Tím méně znečišťuje okolí dopravní komunikace oproti silniční dopravě. Sice hmotnost na sedadlo je vyšší, ale to kompenzuje již zmíněný malý jízdní odpor. Nevýhodou je malá adheze, která snižuje tažnou a brzdou sílu<sup>93</sup>.

### 3.4.2 Zavádění paliva CNG

České dráhy a Vítkovice Machinery Group dne 15.ledna 2015 zahájily provoz lokomotivy 714.801 na stlačený zemní plyn CNG. Lokomotiva bude sloužit v osobní dopravě na trati mezi Opavou a Hlučínem. Jde o ojedinělou přestavbu ve střední Evropě. Výhoda spočívá hlavně ve snížení emisí a provozních nákladů, které by se podle odhadů mohly snížit až o polovinu. Lokomotiva vznikla ve spolupráci strojírenské skupiny Vítkovice a Výzkumného Ústavu Železnice. Majitelem jsou České dráhy a je pod správou DKV Olomouc. Zkouška má probíhat do konce června 2015. Lokomotiva již vznikla v roce 2011 a prvotní zkoušky probíhaly ve společnosti Vítkovice Doprava. Zde byla podrobena vlečkovému provozu<sup>94</sup>.

Místo palivových nádrží na naftu, zde byly umístěny vysokotlaké láhve na zemní plyn s kapacitou 530 kg CNG při tlaku 200 bar. Na jednu plnou nádrž ujede lokomotiva až 1500

<sup>91</sup> POHL, Jiří. *Moderní kolejová vozidla*. Pardubice, 2015.

<sup>92</sup> POHL, Jiří. *Moderní kolejová vozidla*. Pardubice, 2015.

<sup>93</sup> POHL, Jiří. *Moderní kolejová vozidla*. Pardubice, 2015.

<sup>94</sup> První CNG vlašťovka vyletěla. *Železničář*. 2015, č. 3.

km a to vystačí v dosavadním provozním režimu na celý týden. Maximální rychlosti dosahuje okolo 80 km/h. Nevýhodou CNG lokomotivy 714 je nižší výkon motoru, který zde zastupují dva motory TEDOM TG 250 AV o výkonu 260 kw. Stejná lokomotiva 714 na diesellový pohon má dva motory LIAZ M 2-650 o výkonu 300 kw. Z důvodu malého počtu plnicích stanic CNG bylo nutné vybudovat v Opavě novou<sup>95 96</sup>.

### 3.4.3 *Zavádění paliva SMN B100*

Alternativní palivo SMN B100 se v roce 2015 podrobuje zkušebnímu železničnímu provozu v DKV Brno. Zkušební provoz paliva SMN B100 probíhá na devíti kolejových vozidlech. Testu jsou podrobeny motorové lokomotivy řady 714, 754 a motorové jednotky řady 814. Před zahájením zkušebního provozu bylo nutno přizpůsobit lokomotivy pro spalování tohoto druhu paliva. Nejprve bylo nutné vyčerpat klasickou motorovou naftu, tak aby jí v nádrži zůstalo co nejméně. Klasická motorová nafta se přečerpala přes stáčecí zařízení do jiného železničního kolejového vozidla. Dále se provedlo odkalení palivové nádrže a vstupní kontrola než se nádrž naplnila palivem SMN B100. Před spuštěním motorů se vyměnily palivové filtry a zaevidoval se jejich stav. Proběhla i výměna motorového oleje a před výměnou bylo nutné odebrat vzorek oleje. Dle potřeby bylo nutné vyměnit těsnění simerinků a hadic v palivové soustavě za pryžové, které jsou odolné kontaktu s MEŘO. U motorové lokomotivy řady 714, 754 bylo nutné zvýšit dávkování paliva SMN B100, aby nedošlo k poklesu výkonu<sup>97</sup>.

V průběhu zkoušek je nutné zaznamenávat sledované hodnoty, proto se odebírají dva vzorky paliva z cisterny vozidla dodavatele, aby se sledovala kvalita vstupního paliva. Dále probíhá kontrola motorového oleje u SMN B100 každý týden a SMN B30 každý měsíc. Palivové a olejové filtry se kontrolují častěji a výsledky zaznamenávají. Poslední podmínkou je nutná evidence všech závad palivové soustavy během zkušebního provozu<sup>98</sup>.

### 3.4.4 *Zkušenosti s palivem SMN B30*

Palivo SMN B30 se několikrát tetovalo i v železniční dopravě. Jedna ze zkoušek byla provedena společností Agrofert. Ta se zabývá výrobou biosložky MEŘO. Důvodem testování

---

<sup>95</sup> První CNG vlašťovka vyletěla. *Železničář*. 2015, č. 3.

<sup>96</sup> Lokomotiva 714. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. 2001-2014 [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Lokomotiva\\_714](http://cs.wikipedia.org/wiki/Lokomotiva_714)

<sup>97</sup> KOTRBA, Alois. *Využívání MEŘO v kolejové dopravě*. Osobní sdělení. Brno, 2015.

<sup>98</sup> Tamtéž

tohoto paliva byla finanční úspora na nákup paliva, kontrola kvality MEŘO v rámci společnosti PROEL a možná spolupráce s budoucími odběrateli. Během zkoušky bylo nutné kontrolovat stav palivové soustavy lokomotivy, palivového a olejového filtru a dvakrát měsíčně sledovat množství motorového oleje. Kdyby došlo ke zvýšení množství oleje, byla by to známka výskytu většího množství biosložky v oleji. V průběhu zkoušky se odebíraly vzorky oleje a podrobovaly se kvalitativním testům. U filtrů a jiných částí palivové soustavy se kontroloval obsah vody a nečistot. Test proběhl na dvou lokomotivách řady 740 ve dvou testovacích obdobích. První etapa proběhla v období březen až říjen roku 2010 a druhá etapa listopad roku 2010 až březen roku 2011. Lokomotivy mají motor K6S230DR o výkonu 833 kW a objemu 64,8l. Dosahují maximální rychlosti 70 km/h a přenos výkonu je elektrický. Lokomotivy byly využívány k posunu vagónů<sup>99</sup>.

**Tab. 10:** Výsledky rozborů motorového oleje u testovací lokomotivy 2<sup>100</sup>

Kód vzorku	Datum odběru vzorku	Viskozita při 100/40 °C, mm <sup>2</sup> /s	Obsah MEŘO v %	Fe mg/kg	Cu mg/kg	Pb mg/kg
L2/0	4. 3. 2010	12,07	<0,2	105	14	13
L2/1	16. 3. 2010		<0,2			
L2/2	29. 4. 2010	12,37	0,3	20	<1	<1
L2/3	29. 6. 2010	12,89	0,6	20	<1	<1
L2/4	24. 8. 2010	11,89	0,6	37	<1	<1
L2/5	3. 11. 2010	11,96	0,7	24	<1	<1
L2/6	17. 12. 201	11,72	0,9	37	<1	<1
L2/7	24. 1. 2011	11,57	1	42	2,7	<1
L2/8	22. 2. 2011	11,65	1,1	39	<1	<1
L2/9	6. 4. 2011	11,6	1,51	38	3	<1

V tabulce jsou znázorněny kvalitativní vlastnosti motorového oleje. Dne 4. 3. 2010 došlo k výměně oleje a pak se dále odebíraly vzorky a podrobovaly se testům. Z výsledků je patrné, že nedocházelo k významnému ovlivnění viskozity a množství MEŘO v oleji po ročním testování bylo pouze 1,51 %<sup>101</sup>.

<sup>99</sup> STAV, ZÁSADY A KRITÉRIA UDRŽITELNÉ VÝROBY SM Ě SNÝCH A BIOGENNÍCH POHONNÝCH HMOT [online]. 2011 [cit. 2015-04-25]. ISSN 978-80-86884-58-5. Dostupné z: <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2011/130.PDF>

<sup>100</sup> Tamtéž

<sup>101</sup> Tamtéž

Další zkouška byla provedena od 27. 10. 2010 do 25. 3. 2011 ve spolupráci ČD a proběhla v DKV Plzeň na 7 železničních vozech. Testovány byly motorové lokomotivy řady 754, 750, 742 a motorové jednotky řady 814. Parametry hodnocení byly stejné jako u předchozí zkoušky. Zajímavé jsou údaje o spotřebě bionafty v porovnání s klasickou motorovou naftou u motorové jednotky 814. Došlo pouze k mírnému nárůstu spotřeby. Celková spotřeba paliva SMN B30 u dvou motorových jednotek 814 za rok 2010 byla 8 265 530 litů<sup>102</sup>.

**Tab. 11:** Porovnání spotřeby paliva SMNB30 a motorové nafty<sup>103</sup>

HODNOCENÉ OBDOBÍ : 1.1.2010 - 26.3.2011						
nafta 1.1. - 30.9.2010,						
ekodiesel 31.10.2010 - 25.3.2011						
Řada ŽKV	PALIVO NAFTA			PALIVO ekodiesel		
	Ujeté km celkem	Spotřeba paliva celkem [l]	Průměrná spotřeba paliva [l/km]	Ujeté km celkem	PALIVO NAFTA	Průměrná spotřeba paliva [l/km]
814	152 550	79 037	0,518	75 254	39 281	0,522

Závěrem obou zkoušek bylo, že palivo SMN B30 je vhodné k celoročnímu provozu. Nedochovalo k významným změnám výkonu ani ve spotřebě paliva. Vlivy na palivovou soustavu a motorový olej nebyly taky nějak zvláště závažné<sup>104</sup>.

<sup>102</sup> STAV, ZÁSADY A KRITÉRIA UDRŽITELNÉ VÝROBY SM Ě SNÝCH A BIOGENNÍCH POHONNÝCH HMOT [online]. 2011 [cit. 2015-04-25]. ISSN 978-80-86884-58-5. Dostupné z: <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2011/130.PDF>

<sup>103</sup> Tamtéž

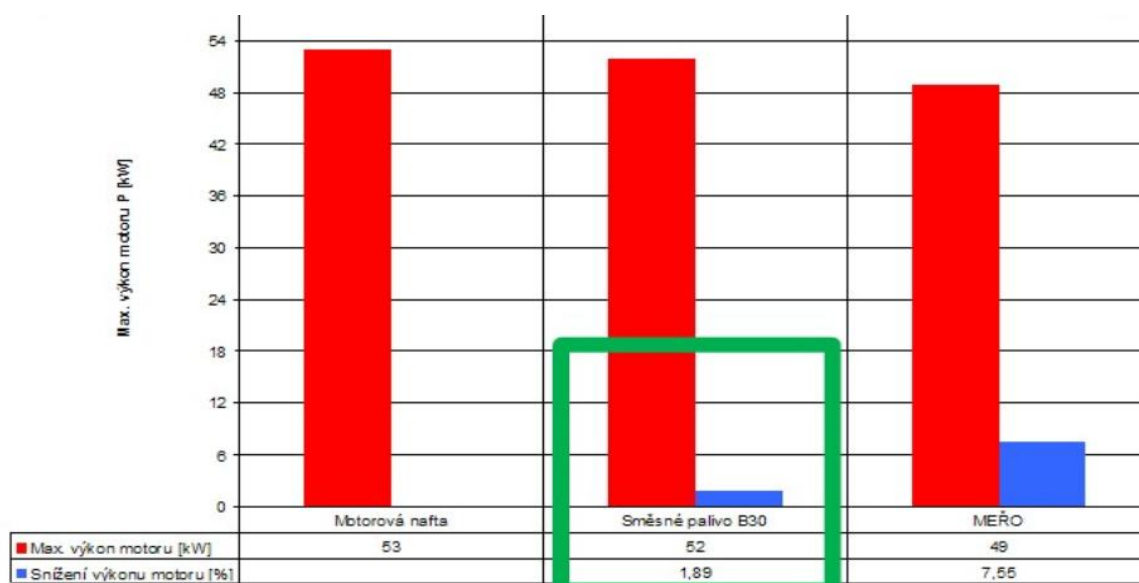
<sup>104</sup> Tamtéž

## 4 Možné důsledky, dopad na životní prostředí a vlivy týkající se především výkonu a životnosti vznětového spalovacího motoru.

### 4.1 Možné ovlivnění výkonu vznětového motoru

#### 4.1.1 Bionafta

Z tabulky 1 vyplývá, že FAME má výhřevnost  $37,30 \text{ MJ/kg}^{-1}$ . Oproti motorové naftě je nižší o 12,6 %. Proto při využití FAME jako biosložky nebo 100 % paliva dochází ke snížení výkonu motoru a zvýšení spotřeby paliva. To bylo dokázáno při testu paliva SMN B30 a SMN B100, která byla organizována Mendelovou univerzitou v Brně, společností Strom Praha, a. s., a Agropodnikem, a. s., Jihlava. Testovali bionafty na zemědělském stroji značky John Deere v laboratorních podmínkách. Cílem testu bylo určit, o kolik se zvýší spotřeba a sníží výkon při použití bionafty. Průměrný nárůst spotřeby SMN B30 byl o 2,40 % a snížení výkonu o 1,89 % a u SMN B100 byl nárůst spotřeby o 15,07% a snížení výkonu o 7,55 %. Výsledky jsou uvedené v grafu. Z analýz vyplývá, že dobrou alternativou je palivo SMN B30 (označeno v grafu zeleně), kde nedochází k razantním změnám ve výkonu a spotřebě<sup>105</sup>.

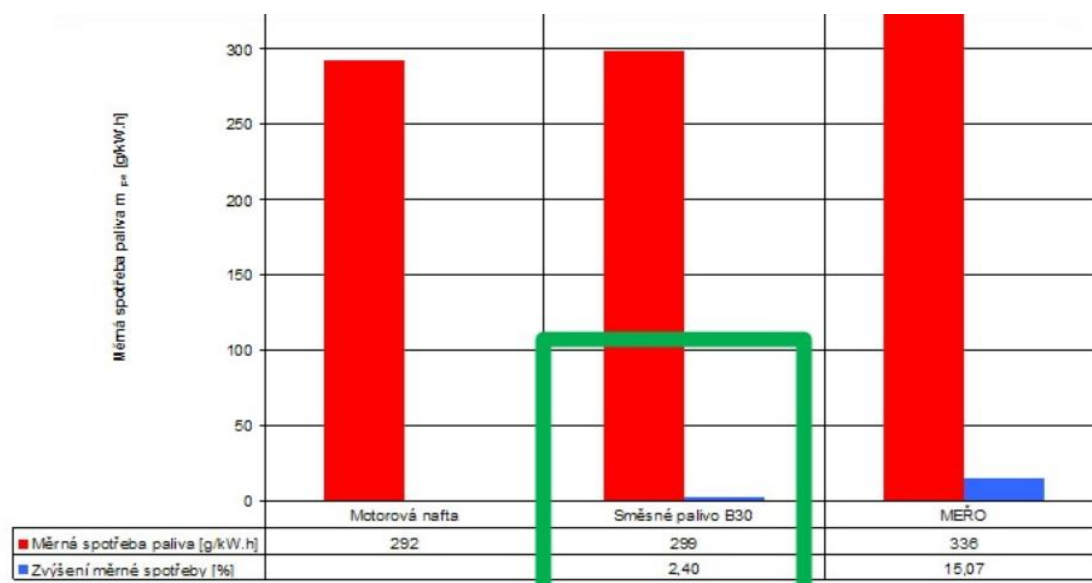


Obr. 3: Porovnání max. výkonu při použití uvedených paliv<sup>106</sup>

<sup>105</sup> BAŽATA, Miroslav: Bionafta a směsná motorová nafta. *Biom.cz* [online]. 2013-05-06 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bionafta-a-smesna-motorova-nafta>>. ISSN: 1801-2655.

<sup>106</sup> Tamtéž





**Obr. 4:** Porovnávání měrných spotřeb paliv při max. výkonu<sup>107</sup>

#### 4.1.2 CNG

Výhřevnost CNG je 8,6 % vyšší oproti motorové naftě. To se více projeví ve snížené spotřebě než na výkonnosti motoru. K porovnání výkonu si ukážeme na Iveco Stralis AD 260S27 Y/PS. Zde uvádějí, že při provozu na CNG je výkon motoru 200 kW a spotřeba 29,50 kg/100 km. Při využití motorové nafty je výkon motoru 228 kW a spotřeba 35 l/100 km. Dalším příkladem je motor Iveco Cursor 8 Euro 5 na motorovou naftu o výkonu 180 kW nebo 230 kW. Jeho alternativa na CNG Iveco Cursor 8 CNG má výkon 180 kW a 213 kW. Z porovnaných výkonů je vidět, že motory na CNG mají stejnou nebo jen o něco nižší výkonnost než motory na klasickou motorovou naftu. K vyššímu propadu výkonu až o 10 % dochází při přestavbě starších motorů s karburátorem nebo jednobodovým vstřikováním na CNG<sup>108 109 110</sup>.

<sup>107</sup> BAŽATA, Miroslav: Bionafta a směsná motorová nafta. *Biom.cz* [online]. 2013-05-06 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bionafta-a-smesna-motorova-nafta>>. ISSN: 1801-2655.

<sup>108</sup> Autobusy – Citelis v městské dopravě. *Automobilrevue* [online]. 2013 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: [http://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/predstavujeme/autobusy-citelis-v-mestske-doprave\\_42184.html](http://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/predstavujeme/autobusy-citelis-v-mestske-doprave_42184.html)

<sup>109</sup> Auta poháněná plynem LPG a CNG: propan-butan, nebo zemní plyn?. *IReceptář* [online]. 2013 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.ireceptar.cz/zajimavosti/auta-pohanena-plynem-lpg-a-cng-propan-butan-nebo-zemni-plyn/>

<sup>110</sup> Iveco Stralis AD 260S27 Y/PS. *RWE Energo, s.r.o.* [online]. [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.cng.cz/cs/nakladni-722/>

### 4.1.3 Etanol

Etanol má výhřevnost  $26,4 \text{ MJ/kg}^{-1}$  a to je v porovnání s motorovou naftou velmi málo. Ta má výhřevnost  $42,7 \text{ MJ/kg}^{-1}$ . Přidáním pouhých 5 % etanolu do motorové nafty se snížil točivý moment motoru o 2-3 %. Tento problém by se vyřešil zvýšením vstřikovací dávky paliva, ale tím by došlo k problematickému přechodu zpět na motorovou naftu. Zkouška byla provedena Českou zemědělskou univerzitou v Praze na traktoru Zetor 7701<sup>111</sup>.

## 4.2 Možné dopady na životní prostředí při využívání alternativních paliv

Jeden z významných faktorů ovlivňujících dopad paliv na životní prostředí je produkce skleníkových plynů. Hlavně produkce oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ). To byl jeden z důvodů zavedení alternativních paliv. Ve směrnici EU 2009/28/ES je určeno, že úspora skleníkových plynů by měla při produkci a prodeji alternativních paliv dosáhnout 35 %. Od roku 2017 se má úspora zvýšit na 50 % a od roku 2018 na 60 %. Vstupní surovina nesmí být pěstována na území s vysokou biologickou rozmanitostí a na půdách bohatých na uhlík. Podle směrnice vznikla metodika k výpočtu množství vyprodukovaných skleníkových plynů MEŘO od pěstování suroviny až po distribuci na čerpací stanici. Je pro to využíván vzoreček:  $E = e_{cc} + e_p + e_{td}$ . Kde  $e_{cc}$  (emise z pěstování řepky),  $e_p$  (emise ze zpracování),  $e_{td}$  (emise z přepravy a distribuce). V tabulce 7. jsou uvedeny emise skleníkových plynů MEŘO. Podle směrnice EU jsou celkové emise skleníkových plynů motorové nafty  $85,6 \text{ g CO}_2\text{eq/MJ}$ . Toto číslo zahrnuje emise od výroby až po distribuci. S porovnáním MEŘO jsou emise vyšší o 45,7 %<sup>112</sup>.

---

<sup>111</sup> HROMÁDKO, Jan: Využití etanolu ve vznětových motorech. *Biom.cz* [online]. 2010-05-12 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-etanolu-ve-vznetovych-motorech>>. ISSN: 1801-2655.

<sup>112</sup> SOUČEK, Jiří. BIONAFTA - PERSPEKTIVY VÝROBY A SPOTŘEBY V ČR. *Paliva* [online]. 2009, roč. 2009, č. 1, s. 12-15 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://paliva.vscht.cz/cz/archiv-clanku/detail/5>

**Tab. 12:** Celkové emise skleníkových plynů MEŘO<sup>113</sup>

Výrobní fáze	Emise (gCO <sub>2</sub> eq/MJ)	Podíl na celkových emisích (%)
Pěstování řepky	29,0	64
Výroba oleje	5,5	12
Výroba MEŘO	9,9	22
Přeprava a distribuce	1,0	2
<b>Celkem</b>	<b>45,4</b>	<b>100</b>

Při těchto analýzách vychází biopaliva většinou příznivěji oproti fosilním palivům. Jenže toto hodnocení je mnohdy velmi úzké a zapomíná se na další faktory ovlivňující životní prostředí při produkci biopaliv. Velmi zajímavá analýza byla zpracována týmem švýcarských vědců vedených Rainerem Zahem. Tato analýza nezahrnuje jen produkci CO<sub>2</sub> od pěstování až po distribuci, ale je zaměřená i na jiné faktory ovlivňující produkci biopaliv. Jeden z faktorů je nepříznivé ovlivňování přirozených ekosystémů. Příkladem je produkce biolihu z cukrové třtiny. Ta je z pohledu úspory CO<sub>2</sub> oproti fosilním palivům jedna z nejvýhodnějších biopaliv, ale při zakládání nových plantáží v tropických oblastech se tato výhoda ztrácí. Nové plantáže se zakládají pomocí vypalování deštného pralesa. Tímto dochází ke ztrátě biodiverzity, narušení hydrologického režimu a extrémně se zvyšuje riziko půdní eroze. Nejzávažnější je problém, že do ovzduší při vypalování unikne velké množství CO<sub>2</sub> a tím ztrácí produkce biolihu z cukrové třtiny smysl. Sice v EU se nesmí plodiny pro výrobu biopaliv pěstovat na biologicky rozmanitém území, ale tato směrnice je vázaná jen pro členské státy EU<sup>114</sup>.

Dalším faktorem je produkce skleníkových plynů. K tomuto jevu dochází tehdy, kdy je potřeba plodiny (kukuřice, řepka olejka) přihnojovat dusíkatými hnojivy a tehdy dochází k tvorbě oxidu dusíku. Oxidy dusíku působí nejen jako skleníkové plyny, ale také oslabují ozonovou vrstvu v atmosféře. Těmito negativními faktory jsou hlavně ovlivněna biopaliva první generace<sup>115</sup>.

Proto Zah a jeho tým vytvořili vlastní analýzu. Nezabývali se jen úsporou CO<sub>2</sub>, ale i celkovým negativním dopadem při produkci paliv na životní prostředí. Porovnávali CNG, benzín, motorovou naftu a 26 různých druhů biopaliv z celého světa. Úsporu CO<sub>2</sub> více než 30 % s porovnávaným benzínem dosáhlo 21 z 26 biopaliv. Větší negativní dopad na životní

<sup>113</sup> SOUČEK, Jiří. BIONAFTA - PERSPEKTIVY VÝROBY A SPOTŘEBY V ČR. *Paliva* [online]. 2009, roč. 2009, č. 1, s. 12-15 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://paliva.vscht.cz/cz/archiv-clanku/detail/5>

<sup>114</sup> PETR, Jaroslav: Jak ekologická jsou biopaliva?. *Biom.cz* [online]. 2008-11-12 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/jak-ekologicka-jsou-biopaliva>>. ISSN: 1801-2655.

<sup>115</sup> Tamtéž

prostředí než benzín mělo 12 z 26 biopaliv. „Mezi těmito „biopalivovými hříšníky“ jsou ekonomicky nejvýznamnější biopaliva, jako je etanol vyráběný z kukuřice v USA, bionafta vyráběná v Malajsii z olejových palem, etanol vyráběný z cukrové třtiny v Brazílii a bionafta ze sóji produkovaná v téže zemi.“ Pozitivně vycházela paliva druhé generace jako je například etanol získávaný z travin a dřevní hmoty<sup>116</sup>.

Určit dopad negativních faktorů ovlivňující životní prostředí při produkci jednotlivých biopaliv je velmi problematické a i tento způsob se zdá být velmi úzký. Je zde jednak mnoho faktorů týkajících se životního prostředí, ale jsou zde i faktory ekonomické. Pokud podpoříme ve velké míře produkci biopaliv a ty se začnou pěstovat na zemědělské půdě na úkor plodinám pro potravinářské využití, výsledkem bude zvýšení ceny potravin nebo se bude muset zvýšit plocha zemědělské půdy na úkor přirozených ekosystémů. To se stalo například v USA, kde se podporovala výroba biolihu z kukuřice. Dopadem tohoto rozhodnutí byla snížená produkce sóji v USA a tím došlo k vzestupu cen na světových trzích. To pak podpořilo brazilské zemědělce, aby zvýšili produkci sóji. Tento problém dopadá hlavně na paliva první generace<sup>117</sup>.

Toho problému si je vědoma i Evropská unie a změnila svoji politiku podpory alternativních paliv. Do roku 2020 by měl být podíl paliv první generace 7 % a druhé generace 3 %. Dříve měl být do roku 2020 podíl paliv první generace 10 %<sup>118</sup>.

---

<sup>116</sup> PETR, Jaroslav: Jak ekologická jsou biopaliva?. *Biom.cz* [online]. 2008-11-12 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/jak-ekologicka-jsou-biopaliva>>. ISSN: 1801-2655.

<sup>117</sup> Tamtéž

<sup>118</sup> Biopaliva: bude se na ně asi jezdit méně, než se počítalo. *ČT 24* [online]. 2015 [cit. 2015-04-30]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/ekonomika/309322-biopaliva-bude-se-na-ne-asi-jezdit-mene-nez-se-pocitalo/>

## 5 Závěr

Jak již bylo výše zmíněno, má práce je zaměřena na nejvyužívanější alternativní paliva do vznětových motorů, CNG a Bionaftu. Snažil jsem se vystihnout základní problematiku těchto paliv a vzájemně je porovnat. Hlavní rozdíl spočívá v tom, že CNG je fosilní palivo a vyskytuje se v půdním ložisku. Zatímco biosložka MEŘO je vyráběna z řepkového oleje. Další zásadní rozdíl je ve skupenství, CNG je plynné palivo a MEŘO je palivo kapalné. Liší se i fyzikálně-chemickými vlastnostmi, které ovlivňují skladování a přizpůsobení vznětového motoru pro dané alternativní palivo. Výhodou biosložky MEŘO je hlavně v to, že ho lze mísit s klasickou motorovou naftou v různém poměru. Již v kapitole chemické vlastnosti alternativních paliv je patrný rozdíl ve zmíněném původu těchto paliv. CNG je palivo, které se vytvářelo miliony let a jeho chemická stabilita je stálá. To neplatí u biosložky MEŘO. Toto palivo má malou oxidační stabilitu a doba skladování bionafty se pohybuje kolem 1 až 3 měsíců. Doba trvanlivosti bionafty závisí na množství biosložky MEŘO přimíchané do klasické motorové nafty.

Vznětový motor je konstruován pro spalování klasické motorové nafty. Pro využití jiného paliva je nutné ho upravit. Když začala produkce bionafty, která se spalovala v motorech neupravených pro toto palivo, mělo to velmi závažné negativní dopady na palivovou soustavu. Došlo k negativnímu ovlivnění palivového čerpadla, motorového oleje, palivového filtru, vstřikovacího systému atd. Tyto negativní zkušenosti se staly důležitým impulsem pro určení kvalitativních norem pro palivo MEŘO a dalších záležitostí, které by snížily tyto negativní dopady na palivovou soustavu. U CNG k tak významným negativním vlivům nedochází, pokud je motor ovšem přizpůsoben pro toto palivo. Markantnějším problémem je pouze větší namáhání zapalovací soustavy.

V otázce provozních nákladů jsou obě biopaliva levnější než při provozu na klasickou motorovou naftu, jak je patrné z pokusů v kapitole 4.3. Nevýhodou biopaliv je nutnost častěji vyměňovat palivový filtr a motorový olej. Vstupní náklady na pořízení dopravního prostředku na alternativní palivo bývají také vyšší. Oproti tomu cena paliv CNG a bionafty je nižší. To je zapříčiněno daňovou úlevou ze strany státu. Nevýhodou je, že tím stát přichází o nemalé daňové výnosy z paliv.

Co se týče ovlivnění výkonu motoru, zde dochází u bionafty k mírnému snížení a naopak se zvyšuje spotřeba paliva. U CNG se snižuje výkon i spotřeba paliva, důvodem je jeho vyšší výhřevnost. Tyto hodnoty však nejsou tak rozdílné v porovnání s klasickou motorovou naftou,

aby to zabraňovalo použití těchto paliv. Popřípadě u paliva SMN B100 dojde ke zvýšení vstříkovací dávky, aby se výkonnostní rozdíl snížil.

Ve vztahu k životnímu prostředí je problematika těchto paliv velmi složitá. CNG je fosilní palivo a nelze ho obnovovat v krátkém časovém horizontu. Tím, že se jedná o fosilní palivo, vypouštíme do ovzduší CO<sub>2</sub>, které se nahromadilo v zemské kůře za miliony let. V problematice globálního oteplování je CNG dle mého názoru slepá ulička. Výhodou však zůstává, že při jeho spalování vzniká méně emisí CO, PM, NO<sub>x</sub>. Bionafta jako palivo produkovaná z rostlinných a živočišných olejů je sice obnovitelná, ale určení úspory CO<sub>2</sub> a dopadu na životní prostředí je velmi problematické. Mnoho studií je vypracováno s rozdílnými výsledky. Jedna skupina se přiklání k podpoře bionafty a poukazuje na ekologickou a energetickou výhodnost. Druhá skupina zase poukazuje na neefektivnost a má názor, že produkce bionafty zatěžuje životní prostředí více než spalování klasické motorové nafty. EU sice má legislativu, kde jsou určeny úspory CO<sub>2</sub> při produkci biosložky MEŘO s porovnáním klasickou motorovou naftou a jsou zde uvedeny podmínky jejího pěstování. Dle mého názoru tato legislativa řeší pouze malou část problému v otázce dopadu na životní prostředí a je zde stále mnoho aspektů, které se nehodnotí. Příkladem může být hnojení řepky dusíkatými hnojivy, které vedou ke vzniku skleníkových plynů.

Výsledkem mé bakalářské práce je, že CNG je dnes nejvýhodnější alternativní palivo do vznětového motoru. Nejedná se sice o biopalivo, ale z hlediska ekologie je nejvýhodnějším fosilním palivem. Biosložka MEŘO jako biopalivo první generace je dnes již neefektivní. Jsou zde problémy v oblasti životního prostředí, kde je spousta negativních vlivů, které se mnohdy nehodnotí. A další nevýhodou je ekonomická nevýhodnost, protože bionafta je daňově zvýhodněná a dochází k finančním ztrátám při výběru daně z paliv. Na druhou stranu bylo zavedení MEŘO důležitým impulsem k zavádění alternativních paliv a k podpoře dalšího vývoje v této oblasti. V budoucnu se budou hlavně rozvíjet alternativní paliva druhé a třetí generace. Tento směr je patrný i v podpoře EU, kdy do roku 2020 by měl podíl alternativních paliv druhé generace činit 3 % v celkové spotřebě paliv v EU .

## SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

<b>Tab. 1:</b> Chemické vlastnosti .....	11
<b>Tab. 2:</b> Základní údaje o motorové naftě (MN), směsné motorové naftě (SMN) B30 a B10017	
<b>Tab. 3:</b> Výsledky testu .....	20
<b>Tab. 4:</b> Výsledky pokusu 1 .....	22
<b>Tab. 5:</b> Výsledky pokusu 2 .....	22
<b>Tab. 6:</b> Výsledky pokusu 3 .....	23
<b>Obr. 2:</b> Vývoj spotřeby nafty a bionafty u nákladních vozidel .....	30
<b>Tab. 7:</b> Spotřeba paliva .....	31
<b>Tab. 8:</b> Náklady na provoz vozidla .....	32
<b>Tab. 9:</b> Porovnání železniční a silniční dopravy .....	34
<b>Tab. 10:</b> Výsledky rozborů motorového oleje u testovací lokomotivy .....	36
<b>Tab. 11:</b> Porovnání spotřeby paliva SMNB30 a motorové nafty .....	37
<b>Obr. 3:</b> Porovnání max. výkonu při použití uvedených paliv .....	38
<b>Obr. 4:</b> Porovnávání měrných spotřeb paliv při max. výkonu .....	39
<b>Tab. 12:</b> Celkové emise skleníkových plynů MEŘO .....	41

## POUŽITÁ LITERATURA

1. *Trakční vozidla nezávislá a železniční vozy II*. Bratislava: Zapadoslovenské tlačiarne n.p., 1978. ISBN bez ISBN.
2. První CNG vlaštovka vyletěla. *Železničář*. 2015, č. 3.

### Elektronické zdroje

3. Co jsou alternativní paliva. *Mmagic Acustic, s.r.o* [online]. [cit. 2015-03-24]. Dostupné z: <http://www.magicacoustic.cz/wordpress/alternativni-motorova-paliva/co-jsou-alternativni-paliva/>
4. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/30/ES. *Moje energie* [online]. 2003 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://www.mojeenergie.cz/cz/smernice-evropskeho-parlamentu-a-rady-2003-30-es>
5. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/94/EU. *EUR-Lex* [online]. 2014 [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32014L0094>
6. Neobnovitelný zdroj energie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. 2001-2014 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Neobnoviteln%C3%BD\\_zdroj\\_energie](http://cs.wikipedia.org/wiki/Neobnoviteln%C3%BD_zdroj_energie)
7. Obnovitelný zdroj energie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]., 2001-2015 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Obnoviteln%C3%BD\\_zdroj\\_energie](http://cs.wikipedia.org/wiki/Obnoviteln%C3%BD_zdroj_energie)
8. Biopaliva druhé a třetí generace. *TRÍPÓL* [online]. 2012 [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: <http://www.3pol.cz/cz/rubriky/obnovitelne-zdroje/987-biopaliva-druhe-a-treti-generace>
9. ŠEBOR Gustav, POSPÍŠIL Milan a ŽÁKOVEC Jan. *Technicko – ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě - 1. část* [online]. 2006 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: [http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoekonomicka\\_analyza\\_vhodnych\\_alternativnich\\_paliv\\_v\\_doprave\\_cast\\_1.pdf](http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoekonomicka_analyza_vhodnych_alternativnich_paliv_v_doprave_cast_1.pdf)
10. ŠMERDA, Tomáš, ČUPERA, Jiří, NOVÁK, Pavel: Provoz traktorového motoru na CNG nebo bioplyn. *Biom.cz* [online]. 2011-09-21 [cit. 2015-02-23]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/provoz-traktoroveho-motoru-na-cng-nebo-bioplyn>>. ISSN: 1801-2655.
11. Cetanové číslo. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. 2001-2013 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Cetanov%C3%A9\\_%C4%8D%C3%ADslo](http://cs.wikipedia.org/wiki/Cetanov%C3%A9_%C4%8D%C3%ADslo)
12. Bionafta. *Vladimirmikulas.eu* [online]. 2011 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.vladimirmikulas.eu/bionafta.php>
13. Bioetanol. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2014 [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bioetanol>
14. HROMÁDKO, Jan: Využití etanolu ve vznětových motorech. *Biom.cz* [online]. 2010-05-12 [cit. 2015-02-19]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-etanolu-ve-vznetovych-motorech>>. ISSN: 1801-2655.



15. KAJAN, Miroslav: Výroba a využití bioplynu v zemědělství. *Biom.cz* [online]. 2002-11-26 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyroba-a-vyuziti-bioplynu-v-zemedelstvi>>. ISSN: 1801-2655.
16. Kvalita motorových paliv (ČSN). *Česká asociace petrolejářského průmyslu a obchodu (ČAPPO)* [online]. [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: <http://www.cappo.cz/ropne-vyrobky/motorova-paliva/kvalita-motorovych-paliv-csn/>
17. Městský autobus Mercedes-Benz Citaro CNG a Citaro G CNG. *CNG.cz* [online]. [cit. 2015-02-23]. Dostupné z: <http://www.cng.cz/cs/autobusy-222/>
18. Bionafta. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2015 [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bionafta#V.C3.BDroba>
19. Biopaliva v Čechách stáe frčí. *BIOM* [online]. 2014, č. 2 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: [http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/casopis\\_biom\\_2014\\_2.pdf](http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/casopis_biom_2014_2.pdf)
20. Bionafta. *Technická fakulta Praha* [online]. 2005 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: [oppsmad.tf.czu.cz/?q=system/files/6.%20Bionafta.ppt](http://oppsmad.tf.czu.cz/?q=system/files/6.%20Bionafta.ppt)
21. FAME – Biodiesel – Methylester rostlinného oleje. *OLEO CHEMICAL, a.s.* [online]. [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: <http://www.oleo-chemical.cz/vyrobky-fame.php>
22. Porovnávací tabulka SMN , B 30 a B 100. *ARMEX Oil, s.r.o.* [online]. [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: <http://www.armexoil.com/b100faq.pdf>
23. Výroba MEŘO z mastných kyselin. *Jiří Souček* [online]. 2012-2015 [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://www.soucek.pro/jiri/odborne-aktivity/podnikatelska-cinnost/vyroba-mero-z-mastnych-kyselin/>
24. Biopaliva. *Chemoprojekt* [online]. [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://www.chemoprojekt.cz/produkty/biopaliva>
25. *Biopaliva pro vozidlové spalovací motory*. Brno, 2012. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Sedlák, CSc.
26. ENERGIE ZEMĚDĚLSKÉ ENERGIE. *Energie na vstupu i výstupu zemědělství* [online]. 2013 [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: [http://www.uzei.cz/data/usr\\_001\\_cz\\_soubory/13\\_05\\_23\\_jevic.pdf](http://www.uzei.cz/data/usr_001_cz_soubory/13_05_23_jevic.pdf)
27. Obsah biosložky v naftě a co z něj vyplývá. *AUTOREVUE.CZ* [online]. 2013 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.autorevue.cz/obsah-bioslozky-v-nafte-aco-z-nej-vyplyva-test-naft-2013/ch-49476#articleStart>
28. Biopaliva. *Čepro a.s.* [online]. [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <https://www.ceproas.cz/biopaliva>
29. Obsah biosložky v naftě a co z něj vyplývá. *AUTOREVUE:CZ* [online]. 2013 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.autorevue.cz/obsah-bioslozky-v-nafte-aco-z-nej-vyplyva-test-naft-2013/ch-49476#articleStart>
30. SNIŽOVÁNÍ EMISÍ ŠKODLIVIN U VZNĚTOVÝCH MOTORŮ [online]. 2012 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://www.ssamp-krnov.cz/upload/soubory/00032.pdf>

31. *Oxidy dusíku* [online]. [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://arnika.org/oxidy-dusiku>
32. KÁRA, Jaroslav: Využití bioalkoholu. *Biom.cz* [online]. 2001-12-18 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-bioalkoholu>>. ISSN: 1801-2655.
33. VOJTÍŠEK, Michal: Dopad spalování rostlinných olejů ve vznětových motorech na výfukové emise. *Biom.cz* [online]. 2011-07-06 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/dopad-spalovani-rostlinnych-oleju-ve-vznetovych-motorech-na-vyfukove-emise>>. ISSN: 1801-2655.
34. *OXIDAČNÍ STABILITA KAPALNÝCH MOTOROVÝCH PALIV A BIOPALIV* [online]. Praha, 2012 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2013\\_06\\_450-455.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2013_06_450-455.pdf). Referát. Ústav technologie ropy a alternativních paliv, Vysoká škola chemicko-technologická, Technická 5, 166 28 Praha
35. Kde načepují bionaftu. *Biopaliva frčí* [online]. 2015 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://biopalivafrci.cz/mapy/kde-nacepuji-bionaftu/>
36. Stanice skupiny RWE. *RWE* [online]. 2015 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://www.cng.cz/cs/stanice/>
37. ČERNÝ, Jaroslav. Bionafta a provoz motorů. *Tribotechnika* [online]. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-1-2009/bionafta-a-provoz-motoru.html>
38. Správný zážeh směsi u plynových motorů. *Gasinsight s.r.o.* [online]. 2013 [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://www.gasinsight.cz/news/diagnostika-lpg-zapalovani/>
39. BAŽATA, Miroslav: Bionafta a směsná motorová nafta. *Biom.cz* [online]. 2013-05-06 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bionafta-a-smesna-motorova-nafta>>. ISSN: 1801-2655.
40. Na biopaliva se chystá spotřební daň. *PETROL* [online]. 2014 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://www.petrol.cz/aktuality/na-biopaliva-se-chysta-spotrebni-dan-3988.aspx>
41. Daňové slevy na biopaliva nekončí. *ČT24* [online]. 2015 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/ekonomika/302630-danove-slevy-na-biopaliva-nekonci/>
42. HÝŽA, Bohumil. *MOŽNOST ZPRACOVÁNÍ GLYCEROLOVÉ FÁZE Z VÝROBY BIONAFTY*. Brno, 2013. Dostupné z: [http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=62722](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=62722). Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
43. Škoda Octavia Combi 1.4 TSI G-Tec vs. 1.6 TDI GreenLine: Test spotřeby. *Svět motorů* [online]. 2015 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/skoda-octavia-combi-1-4-tsi-g-tec-vs-1-6-tdi-greenline-test-spotreby-85108>
44. Legislativa. *Cngplus* [online]. [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.cngplus.cz/o-cng/legislativa.html>
45. Oznámení cen jednotlivých typů autobusů v roce 2013 pro výpočet průměrného zisku. *Ministerstvo dopravy* [online]. 2013 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: [http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/0B8689F1-98E7-4EE3-86AA-53B4F0254CE2/0/Ceny\\_busu\\_2013.doc](http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/0B8689F1-98E7-4EE3-86AA-53B4F0254CE2/0/Ceny_busu_2013.doc)

46. Lokomotiva 714. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. 2001-2014 [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Lokomotiva\\_714](http://cs.wikipedia.org/wiki/Lokomotiva_714)
47. *STAV, ZÁSADY A KRITÉRIA UDRŽITELNÉ VÝROBY SM Ě SNÝCH A BIOGENNÍCH POHONNÝCH HMOT* [online]. 2011 [cit. 2015-04-25]. ISSN 978-80-86884-58-5. Dostupné z: <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2011/130.PDF>
48. Autobusy – Cítelis v městské dopravě. *Automobilrevue* [online]. 2013 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: [http://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/predstavujeme/autobusy-citelis-v-mestske-doprave\\_42184.html](http://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/predstavujeme/autobusy-citelis-v-mestske-doprave_42184.html)
49. Auta poháněná plynem LPG a CNG: propan-butan, nebo zemní plyn?. *IReceptář* [online]. 2013 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.ireceptar.cz/zajimavosti/auta-pohanena-plynem-lpg-a-cng-propan-butan-nebo-zemni-plyn/>
50. SOUČEK, Jiří. BIONAFTA - PERSPEKTIVY VÝROBY A SPOTŘEBY V ČR. *Paliva* [online]. 2009, roč. 2009, č. 1, s. 12-15 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://paliva.vscht.cz/cz/archiv-clanku/detail/5>
51. PETR, Jaroslav: Jak ekologická jsou biopaliva?. *Biom.cz* [online]. 2008-11-12 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/jak-ekologicka-jsou-biopaliva>>. ISSN: 1801-2655.
52. Biopaliva: bude se na ně asi jezdit méně, než se počítalo. *ČT 24* [online]. 2015 [cit. 2015-04-30]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/ekonomika/309322-biopaliva-bude-se-na-ne-asi-jezdit-mene-nez-se-pocitalo/>

## Ostatní zdroje

53. POHL, Jiří. *Moderní kolejová vozidla*. Pardubice, 2015.