



# Automobilová biopaliva

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B2301 – Strojní inženýrství  
*Studijní obor:* 2301R000 – Strojní inženýrství

*Autor práce:* **Veronika Truxová**  
*Vedoucí práce:* doc. Ing. Josef Laurin, CSc.



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta strojní  
Akademický rok: 2015/2016

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Veronika Truxová**  
Osobní číslo: **S13000783**  
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Strojní inženýrství**  
Název tématu: **Automobilová biopaliva**  
Zadávající katedra: **Katedra vozidel a motorů**

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

1. Zpracujte literární rešerši automobilových paliv získávaných z biomasy.
2. Provedte kritické hodnocení jejich vlastností, zejména motorářských, environmentálních a ekonomických.
3. Uveďte svoji představu o perspektivě uplatnění automobilových paliv z biomasy v České republice.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **cca 40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

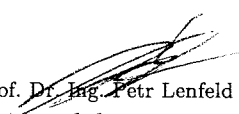
[1] **MATĚJOVSKÝ, Vladimír: Automobilová paliva. Praha: Grada Publishing, a.s. 2005. ISBN 80-247-0350-5.**

[2] **Odborná a firemní literatura zabývající se automobilovými biopalivy a jejich uplatněním k pohonu pístových spalovacích motorů, dostupná na [www](http://www).**


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Josef Laurin, CSc.**  
Katedra vozidel a motorů

Datum zadání bakalářské práce: **15. listopadu 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. února 2017**

  
prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld  
děkan



  
Ing. Robert Voženílek, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 15. listopadu 2015

## Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.


Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 7.7.2016

Podpis: 

# **AUTOMOBILOVÁ BIOPALIVA**

## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá automobilovými biopalivy. Je zde popsána výroba jednotlivých biopaliv a jejich vlastnosti. Dále je provedeno ekonomické a environmentální hodnocení. V první části bakalářské práce se zaměřuji na alkoholová biopaliva a poté je popsána výroba a vlastnosti éterů, rostlinných olejů, esterů mastných kyselin rostlinných olejů, biopaliv druhé a třetí generace. V závěrečné části se zaměřuji na zkoušky vlastností paliv a je zde provedeno kritické zhodnocení biopaliv.

**Klíčová slova:** alkoholová biopaliva, étery, rostlinné oleje, estery mastných kyselin rostlinných olejů, biopaliva druhé generace, biopaliva třetí generace

# **AUTOMOTIVE BIOFUELS**

## **Anotation**

This bachelor thesis is about automotive biofuels. There are individual described the production of biofuels and their properties. It is also made economic and environmental assessment. In the first part of the thesis I focus on alcohol biofuels and then it is described the production and properties of ethers, vegetable oils, fatty acid esters of plant oils, biofuels of second and third generation. In the final part I focus on tests of fuels, and here is also make a critical assessment of biofuels.

**Key words:** alcohol biofuels, ethers, vegetable oils, fatty acid esters of plant oils, second generation biofuels, third generation biofuels

## Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala vedoucímu bakalářské práce, Doc. Ing. Josefu Laurinovi, CSc. za odborné vedení a cenné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat. Dále bych ráda poděkovala své rodině za podporu, kterou mi po celou dobu studia poskytovali.

V Liberci dne 4.7.2016.....

  
Veronika Truxová

## Seznam symbolů a zkratek

% V/V	objemová procenta
ABE	Aceton-Butanol-Etanol
CČ	cetanové číslo
CEN	evropská komise pro normalizaci (Comité Européen de Normalisation)
CO	oxid uhličitý
ČSN	česká technická norma
DME	dimetyléter
E85	směs etanolu a benzínu (85% etanol a 15% benzin)
E95	směs etanolu a benzínu (95% etanol a 5% benzin)
EN	evropská norma
ETBE	etyltercbutyléter
FAME	Fatty-acid-Methyl-Esters (metylestery mastných kyselin)
ISO	mezinárodní organizace pro standardizaci
MEŘO	metylester řepkového oleje
MTBE	metylterc. butyléter
NO <sub>x</sub>	oxidy dusíku
OČ	oktanové číslo
OČ MM	oktanové číslo motorovou metodou
OČ VM	oktanové číslo výzkumnou metodou
PAU	polyaromatické uhlovodíky
RME	Raps-Methyl-Ester (metylester řepkového oleje)
SME	Sunflower-Methyl-Ester (metylester slunečnicového oleje)
SOME	Soya-Methyl-Ester (metylester ze sóji)
SMN	směsná motorová nafta
VUOME	Vaste Used Oil-Methyl-Ester (metylester z použitých fritovacích olejů)
WSD	průměr otěrové stopy

## Obsah

1. ÚVOD .....	9
2. ALKOHOLOVÁ BIOPALIVA .....	10
2.1 Výroba alkoholů .....	10
2.1.1 Výroba bioetanolu .....	10
2.1.2 Optimalizace výroby bioetanolu .....	11
2.1.3 Výroba biometanolu .....	12
2.1.4 Výroba biobutanolu .....	13
2.2 Vlastnosti alkoholů .....	13
2.2.1 Vlastnosti bioetanolu .....	14
2.2.2 Vlastnosti bioetanolu pro vznětové motory .....	15
2.2.3 Vlastnosti biometanolu .....	17
2.2.4 Vlastnosti biobutanolu .....	18
2.3 Směsi bioetanolu s benzinem .....	20
2.3.1 Palivo E 85 .....	20
2.3.2 Způsoby distribuce směsi bioetanolu s benzinem .....	21
2.4 Bioetanol pro vznětové motory .....	21
2.5 Směsi biobutanolu s benzinem .....	22
2.6 Směsi biobutanolu s motorovou naftou .....	23
3. ÉTERY .....	24
3.1 Výroba éterů .....	24
3.2 Metyltercbutyléter a etyltercbutyléter .....	24
3.3 Dimetyléter .....	25
4. ROSTLINNÉ OLEJE .....	27
4.1 Výroba rostlinných olejů .....	27
4.2 Řepkový olej .....	28
5. ESTERY MASTNÝCH KYSELIN ROSTLINNÝCH OLEJŮ .....	29
5.1 Výroba esterů .....	29
5.2 Metylester řepkového oleje .....	29
5.3 Vliv metylesteru řepkového oleje .....	30
5.4 Směsné motorové nafty .....	30
6. BIOPALIVA DRUHÉ A TŘETÍ GENERACE .....	33
6.1 Biopaliva druhé generace .....	34
6.2 Biopaliva vyrobená z řas .....	34
7. ZKOUŠKY VLASTNOSTÍ PALIV A VÝZNAM VÝSLEDKŮ .....	36
8. KRITICKÉ HODNOCENÍ BIOPALIV .....	41
8.1 Obecné hodnocení přínosu a negativních stránek kapalných automobilových biopaliv .....	41
8.2 Výfukové emise při spalování biopaliv a klasických automobilových paliv ....	42
8.3 Emise oxidu uhličitého .....	42
8.4 Náklady na výrobu automobilových paliv .....	43
9. ZÁVĚR .....	44
POUŽITÁ LITERATURA .....	45
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	47
SEZNAM TABULEK .....	48



## 1.0 Úvod

V případě, že mluvíme o biopalivech, máme na mysli paliva, která jsou vyrobena z části nebo zcela z obnovitelných zdrojů. Surovinou pro jejich výrobu jsou různé druhy biomasy, která se cíleně pěstuje (např. obilí, cukrová řepa a třtina, kukuřice a další) nebo odpadní biomasa (zbytky z rostlinné výroby, odpady z dřevozpracujícího průmyslu, lesní odpady a další).

Využití biopaliv je ovšem velmi kontroverzní téma. Jelikož se na jejich výrobu používají zemědělské plodiny a již samotné pěstování rostlin vyžaduje spoustu úrodné půdy, vody a hnojiv. Tím konkuruje pěstování plodin pro potravinářské účely. Dalším často diskutovaným tématem je i vysoká energetická náročnost výroby některých biopaliv.

Z těchto a dalších důvodů se vědci snaží přijít s novými nápady na biopaliva, která by mohla alespoň částečně nahradit fosilní paliva. Jelikož je již v současné době několik druhů biopaliv, v bakalářské práci se zaměřuji pouze na některá a není výčtem všech dostupných biopaliv. Bakalářská práce je zaměřena na kapalná biopaliva první generace a není v ní posuzován celý životní cyklus paliv (označovaný jako LCA = Life Cycle Assessment)

V bakalářské práci je mimo vlastností biopaliv také popsána jejich výroba, která je nedílnou a velmi důležitou součástí procesu použití biopaliv. Při úvahách, zda je energeticky, ekologicky a ekonomicky vhodné dané palivo pro běžné použití se musíme dívat na celý proces. Ten zahrnuje pěstování a získávání biomasy, přípravu k výrobě biopaliva, samotnou výrobu, distribuci a konečné použití.

## 2.0 ALKOHOLOVÁ BIOPALIVA

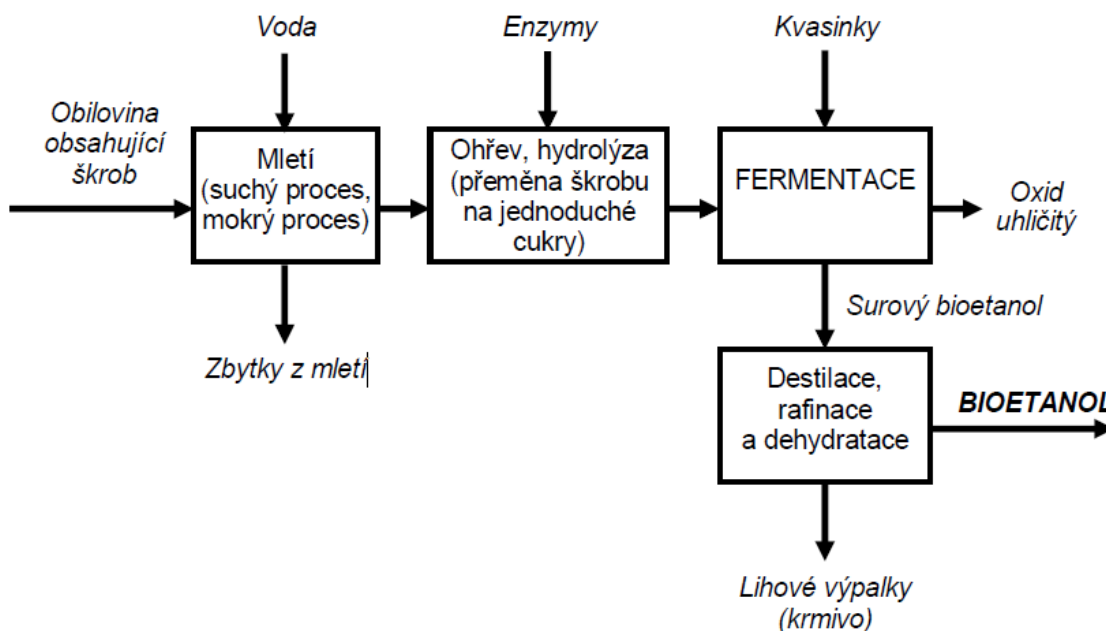
### 2.1 Výroba alkoholů

#### 2.1.1 Výroba bioetanolu

Využívá se několik způsobů výroby bioetanolu. První způsob je výroba bioetanolu fermentací (kvašením) cukrů, kde se využívá tzv. lihového kvašení, díky působení enzymů. Pro tuto výrobu můžeme použít jakoukoliv biomasu, která obsahuje dostatek cukrů, jako je například cukrová třtina nebo řepa. Případně se používají látky, které můžeme převést na cukr, to je například škrob (brambory, pšenice, kukuřice, ječmen) nebo celulóza (stromy, tráva). Vlastní proces, který by měl probíhat za nepřístupu vzduchu, je založen na transformaci sacharidů na bioetanol při kterém také vzniká velké množství oxidu uhličitého. Kvůli tomu musí být prostory pro výrobu bioetanolu dostatečně odvětrávány. V České republice se využívají dva technologické postupy výroby bioetanolu a to z cukrové řepy a obilovin.

#### Výroba bioetanolu z obilovin

V Evropě se na výrobu bioetanolu používá nejvíce pšenice a ječmen. V USA hlavně kukuřice. Výroba bioetanolu z obilovin je popsána ve schématu níže (Obr. 1).



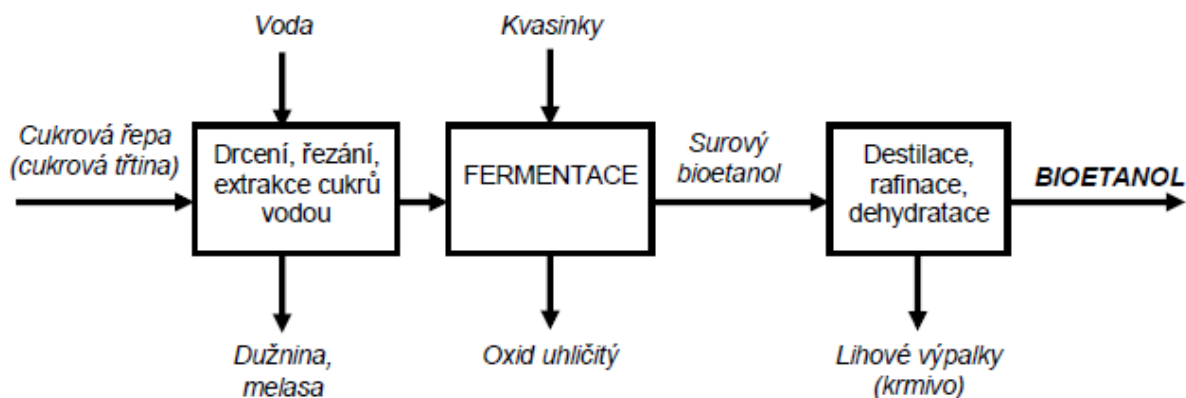
Obr. 1: Výroba bioetanolu z obilovin

Při této výrobě se používá pouze škrob, který obsahují zrna obilovin. Slupky zrn a stébla jsou odpad. Zrna musíme nejprve upravit a to drcením nebo mletím. To může být prováděno jak za sucha, tak i za mokra. Druhým krokem výroby je příprava zápar, kdy dochází k bobtnání a zmazovatnění zrn škrobu. Škrob se postupně převádí na zkvasitelný sacharid tedy glukózu. Poté probíhá kvašení ve fermentoru. V posledním kroku dochází k destilačnímu oddělení surového bioetanolu od prokvašené zápary. Během tohoto kroku se získává vedlejší produkt a tím jsou obilné výpalky, které se mohou následně použít jako krmivo. To je obohaceno o větší množství bílkovin, díky kvasinkám, které v nich zůstaly.

Ačkoliv energetická bilance při výrobě bioetanolu (podíl získané a vložené energie) je přibližně poloviční v porovnání s MEŘO, výhodou bioetanolu zůstává, že z jednoho hektaru je možné získat více litrů paliva (4775 litrů) než v případě MEŘO (asi 1400 litrů). Bilance výroby bioetanolu přepočtená na kg vstupní suroviny vychází ještě lépe v případě použití obilí. V případě cukrové řepy je to přibližně 10 kg. Cena bioetanolu je dvojnásobná v porovnání s biometanolem, což platí i v případě jeho syntetické výroby. [19]

#### Výroba bioetanolu ze surovin obsahující jednoduché cukry

Nejčastěji používanou surovinou pro výrobu bioetanolu z jednoduchých cukrů je cukrová třtina, která představuje 2/3 světové produkce. Dále se také vyrábí z cukrové řepy. Ta představuje 1/3 světové produkce této skupiny. V České republice se nejvíce pěstuje cukrová řepa. Výnosnost z jednoho hektaru cukrové řepy v přepočtu na množství bioetanolu je větší než při výrobě bioetanolu z obilí. Když porovnáme cukrovou řepu s cukrovou třtinou, zjistíme, že cukrová řepa má vyšší výnosnost, lépe snáší rozdílné klimatické podmínky a při pěstování se spotřebuje méně vody a průmyslových hnojiv (až o 35-40%). Výrobní postup bioetanolu z cukrové řepy nebo z cukrové třtiny je znázorněn níže (Obr. 2).

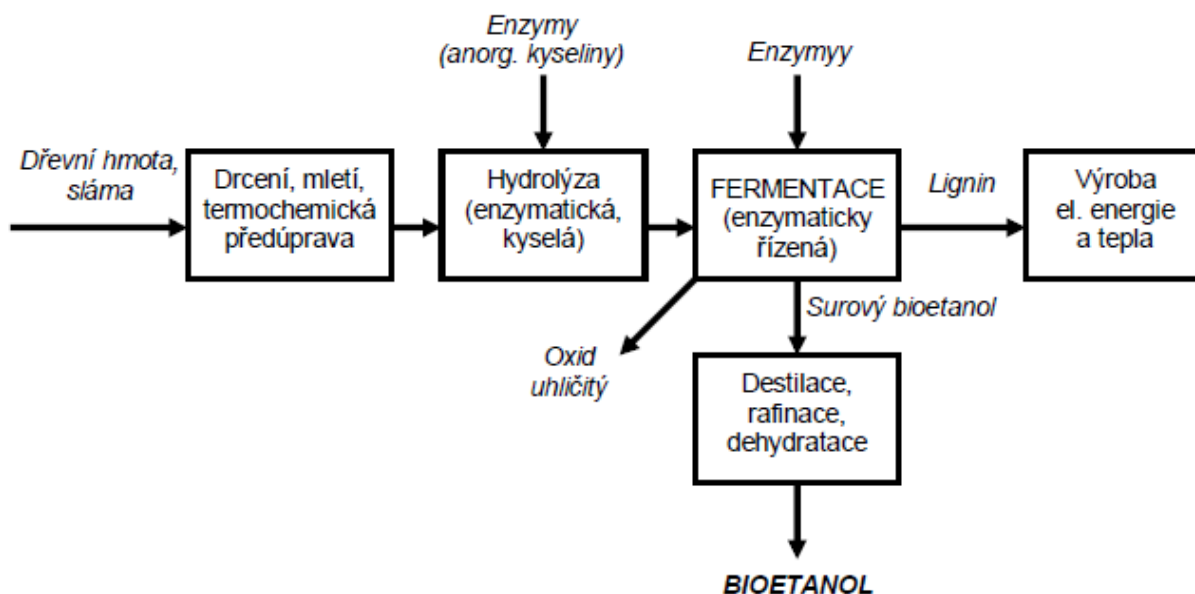


Obr. 2: Výroba bioetanolu z cukrové řepy a cukrové třtiny [15 Šebor]

Nejprve musíme cukrovou řepu nebo třtinu rozmělnit a oddělit cukry pomocí vypírky vodou. Poté se působením kvasinek zkvasí ve fermentoru na bioetanol. Podmínky jsou skoro stejné jako u výroby bioetanolu z obilovin. Odpad z této výroby je dužnina a melasa, která se dále používá na výrobu lihu, kyseliny citrónové, droždí, k dalšímu vycukernění nebo na zkrmení.

#### Výroba bioetanolu z lignocelulózové hmoty

Lignocelulózová biomasa jsou zemědělské zbytky například dřeviny (vrby, topoly, olše), obiloviny (celé rostliny), travní porosty a ostatní rostliny (konopí seté, šťovík krmný). Jelikož jsou tyto zbytky dosažitelné ve velkém množství, představují perspektivný zdroj suroviny pro výrobu bioetanolu. Odpadní materiál - rýžová sláma je dostupná po celém světě a její roční produkce je 731 mil. tun. Z takového množství rýžové slámy je možné vyrobit až 205 mld. litrů bioetanolu ročně. Lignocelulózová biomasa je nadějný vstupní materiál pro výrobu bioetanolu díky vysokým výnosům, nízkým nákladům a nízké enviromentální zátěži (čím je i to, že se dá pěstovat na méně kvalitních půdách). Výroba je ovšem technologicky komplikovaná a zatím se tedy nerozšířila. Je obtížné přeměnit lignocelulózovou biomasu na jednoduché cukry, které by bylo možné fermentovat. V současné době probíhá intenzivní výzkum technologie v USA a předpokládá se její využití v horizontu 10-15 let. Způsob výroby je znázorněn na schématu níže (Obr. 3).



Obr. 3: Výroba bioetanolu z lignocelulózové hmoty [15]

Nejprve se musí dřevo nebo sláma rozmělnit drcením nebo mletím na malé části, které se musí termochemicky předupravit. Díky čemuž dojde k narušení struktury celulózy a usnadní se tak přístup kyselině a enzymům. Dále probíhá přeměna na jednoduché cukry. V posledním kroku probíhá rafinace, rektifikace (mnohonásobná částečná destilace) a nakonec dehydratace bioetanolu.

### 2.1.2 Optimalizace výroby bioetanolu

Nyní můžeme přeměnit asi jen jednu třetinu biomasy cukrové třtiny na energii. Je to tedy velmi neefektivní proces. Abychom zvýšili účinnost přeměny na energii na dvojnásobek, museli bychom získávat bioetanol i z nepoživatelných částí rostlin. K tomu by bylo zapotřebí dozvědět se více o struktuře rostlin. Tomuto problému se věnuje biolog Marcus Buckenridge z University of Sao Paulo, kde řídí program Biogen v rámci státního výzkumného střediska. Biologií buněčných stěn se zabývá již 20 let a domnívá se, že se podaří během krátké doby vyvinout technologii výroby fermentačních cukrů z nepoživatelných částí rostlin. V odborných kruzích se tento výzkumný program označuje jako „Projekt Manhattan“ v oblasti výroby „etanolové bomby“.

Velké prostředky se dnes vynakládají na výrobu celulózového bioetanolu. Většina biomasy je tvořena dřevnatou nepoživatelnou směsí ligninu a celulózy. Lignin sice hoří, ale jeho přeměna na kapalné palivo je problematická. Dobrou zprávou je, že celulóza, podobně jako škrob, je tvořena dlouhými řetězci glukózy, kterou lze fermentovat a tak vyrábět bioetanol. Špatnou zprávou je, že oddělení celulózy od ligninu je obtížné a nákladné. Náklady na výrobu celulózového bioetanolu z kukuřice jsou například o 50 % vyšší než při výrobě bioetanolu ze škrobu. Prioritou je proto hledání cest ke snížení nákladů. Na tyto účely se jen v USA vynakládají stovky milionů dolarů a existuje zde na 30 projektů zaměřených na výrobu celulózového bioetanolu. Vláda USA poskytla pro tyto účely 385 milionů dolarů. [17]

### **2.1.3 Výroba biobioetanolu**

Biobioetanol můžeme vyrobit buď z biomasy, nebo z některých fosilních paliv (zemní plyn, uhlí). Výroba z biomasy je stejná, jako výroba bioetanolu. Avšak v případě výroby z biomasy je cena výroby dvojnásobná než při použití zemního plynu. Z biobioetanolu je možné také vyrobit benzín, ale tento proces je s energetickou ztrátou, tudíž se nepoužívá.

Biobioetanol je možné převést na vysoce oktanové palivo při nízkých nákladech. Výhodou je, že takové palivo neobsahuje síru, a znečištění ovzduší vlivem jeho spalování je tak velmi nízké. Při výrobě biobioetanolu jsou důležité dvě otázky: jaké množství biomasy je potřeba na výrobu a jaký je poměr získané a vložené energie z takové výroby. Ze zkušeností vyplývá, že z jedné tuny suché biomasy lze vyrobit 700 litrů biobioetanolu. Na druhou otázku je možné odpovědět tak, že poměr získané energie (biobioetanol) a vložené energie na jeho produkci je závislý hlavně na způsobu výroby. Při výrobě biobioetanolu z obnovitelných zdrojů je tento poměr velmi příznivý. [19]

Automobily, které jezdí na biobioetanol mají podobný výkon a dojezd jako vozidla spalující benzín. Můžeme použít jak čistý biobioetanol, tak i jeho směs. U dieselových motorů je zapotřebí vozidla vybavit pomocným zapalovacím systémem, jelikož cetanové číslo biobioetanolu je nízké. V případě směsi mohou tyto motory spalovat směs biobioetanolu a nafty.

#### **2.1.4 Výroba biobutanolu**

Výroba biobutanolu je podobná jako výroba bioetanolu. Vyrábí se fermentací jednoduchých zkvasitelných cukrů tzv. ABE za působení mikroorganismů. V případě běžného ABE procesu je podíl butanolu ve výsledném produktu velmi nízký a to většinou do 15% obj. ve výjimečných případech až 25% obj. Ve směsi se také nachází aceton (28%) a etanol (14%). Mezi hlavní omezení této výroby patří nutnost průběžného odstraňování butanolu ze zpracovávaného materiálu během výroby. Jelikož butanol, již při nízké koncentraci cca 1,5%, zastavuje růst a funkci mikroorganismů a zastavuje tak celý fermentační proces.

Zásadní změna ve výrobě biobutanolu přišla s objevem nového druhu mikroorganismů, které ve fermentovaném roztoku působí i při vyšší koncentraci butanolu a také umožňují maximální výtěžek butanolu. V porovnání s technologií výroby ABE tato nová technologie eliminuje vedlejší tvorbu nežádoucích produktů jako například aceton, bioetanol, isopropanol a další. Proces výroby probíhá ve dvou fermentorech, na které navazuje aparát pro separaci butanolu od ostatního materiálu a velké části vody. Ke konečné destilaci přichází butanol pouze s 10% -ním obsahem vody. V první fázi výroby také vzniká velmi cenný vodík, který by mohl zlepšit energetickou výtěžnost procesu až o 18%.

#### **2.2 Vlastnosti alkoholů**

Alkoholy nižších skupin mají podobné vlastnosti jako konvenční paliva – ropa, zemní plyn. Abychom mohli používat alkoholy jako paliva, jsou zapotřebí konstrukční úpravy motorů. Lze je ovšem použít jak pro zážehové tak i pro vznětové motory. Výhřevnost alkoholů je nižší než u benzínu, ovšem spalování je rychlejší a dokonalejší.

Mezi nejvýznamnější zástupce alkoholů pro spalovací motory je bioetanol a biometanol a zároveň jsou nejrozšířenější po celém světě. Biometanol se vyrábí z fosilních paliv (ropa, zemní plyn, částečně i biomasa suchou destilací dřeva). Bioetanol je produktem zemědělských plodin obsahující cukr, celulózu nebo škrob a vyrábí se kvašením cukrové i krmné řepy, cukrové třtiny, kukuřice, brambor, ovoce a obilovin.

Tab. 1: Porovnání vlastností alkoholů (bioetanolu a biometanolu) s fosilními palivy.

	Bioetanol	Biometanol	Butanol	Benzín	Nafta
Výhřevnost [ $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ ]	26,9	21,3	33,1	43,7	42,5
Bod varu [ $^{\circ}\text{C}$ ]	78,3	64,5	117,7	30-210	160-360
Oktanové číslo	108	111	94	91-100	-
Cetanové číslo	-	-	-	-	<51

### 2.2.1 Vlastnosti bioetanolu

Bioetanol má vysoké oktanové číslo, vyšší než benzin, a je proto z tohoto pohledu vhodným alternativním palivem pro zážehové motory. Oproti tomu jeho cetanové číslo je nízké, proto se obtížně vzněcuje, a je tedy podstatně méně vhodným palivem pro vznětové motory, přestože se o tomto jeho využití stále uvažuje. Tlak par podle Reida, který je mírou těkavost paliva je u čistého bioetanolu velmi nízký. Velkým problémem je však chování bioetanolu ve směsi s benzinem. Alkoholy totiž vytvářejí s přítomnými uhlovodíky azeotropickou směs s nižším bodem varu a tedy s vyšším tlakem nasycených par. Aby byly splněny požadavky na limitní tlak par lihobenzinových směsí, musí být v benzínovém základu zmenšen podíl těkavé uhlovodíkové frakce. Větší hustota alkoholů ve srovnání s benzinem nemůže kompenzovat jejich výrazně menší energetický obsah na jednotku objemu, který odpovídá u bioetanolu cca 2/3 energetického obsahu benzínu. To se promítá do větší spotřeby jejich směsí s benzinem. Bioetanol samozřejmě vyžaduje při stechiometrickém spalování méně vzduchu než benzin.



## 2.2.2 Vlastnosti bioetanolu pro vznětové motory

V porovnání s motorovou naftou mají alkoholy nízké cetanové číslo, což je jejich největší překážkou, jelikož způsobuje malou vznětlivost paliva. Zvýšit cetanové číslo můžeme přidáním aditiv. Avšak abychom zvýšili cetanové číslo na 50 je zapotřebí přidat aditiva v řádu procent. Aditiva musíme přidat, abychom zvýšili mazací schopnosti alkoholů. Alkoholy mají také nízkou výhřevnost, tudíž musíme upravit palivový systém. Tato úprava zajistí 1,7 násobné zvýšení dodávky paliva.

Výhody bioetanolu spočívají v tom, že ve světě existuje několik výrobních kapacit, které využívají ověřenou technologii výroby (lihovary jsou i ve velmi málo rozvinutých zemích). Bioetanol má vyšší oktanové číslo než benzín (asi 108), což umožňuje využití vyššího kompresního poměru a poté je lepší účinnost motoru. Ovšem cetanové číslo je rozhodující pro vznětové motory. Kdy v případě nižšího cetanového čísla potřebujeme delší čas pro kompresní zapálení směsi. Bioetanol i biometanol mají nižší cetanové číslo než nafta.

Nevýhodou bioetanolu je, že způsobuje rychlejší korozi kovových materiálů, má detergentní účinek (odstraňuje oleje) a napadá plastické hmoty. Jeho výpary mají negativní účinek na lidský organismus a ovlivňují řidičovu schopnost řídit motorové vozidlo. Tyto výpary mohou být problémem hlavně při čerpání pohonných hmot. Bioetanol se vlivem vyšší zápalné teploty (425°C), vyznačuje horší startovatelností motoru při nízkých teplotách. [19]

Další nevýhodou je to, že vozidla mají při použití bioetanolu, vyšší spotřebu a to kvůli nižší výhřevnosti (bioetanol 26,8 MJ·kg<sup>-1</sup>, benzín 42,9 MJ·kg<sup>-1</sup>.) Při spalování také dochází k vyšší tvorbě aldehydů ve výfukových plynech. Koncentraci aldehydů můžeme snížit až o 80% pomocí katalyzátorů.

## 2.2.3 Vlastnosti biometanolu

Biometanol, který se vyrábí ze dřeva a nahrazuje benzín má nižší emise všech škodlivin (v průměru o 20-70%). Také při nahrazení nafty biometanolem znamená podstatné snížení emisí. Snížení emisí jednotlivých škodlivin je shrnuto v tab. 3.

Tab. 2: Snížení emisí při použití biometanolu místo nafty u nákladního automobilu. [19]

	Snížení emisí
NO <sub>x</sub>	- 65 %
CO	- 95 %
HC	- 95 %

Výhodou také je, že biometanol má vysokou energetickou hustotu, umožňující vyšší účinnost spalování motoru, má nižší teplotu hoření, produkuje méně škodlivin. Všeobecně představuje menší riziko – manipuluje se s ním snadněji než s benzinem, protože je méně prchavý, je bezpečnější při dopravních nehodách a případný požár se dá uhasit i vodou. Biometanol je rozpustný ve vodě. Požár je možné velmi rychle zlikvidovat u na malou vzdálenost od ohně, což je důsledek nízké teploty plamene. [19]

Jeho hlavní nevýhodou toxicita biometanolu při vdechnutí nebo při působení na kůži. Tento problém může vzniknout hlavně při čerpání paliva. Další jeho velká nevýhoda je, že hoří neviditelným plamenem, což může způsobovat velké riziko. Biometanol má detergentní účinky (odstraňuje oleje z míst, kde jsou potřebné), způsobuje rychlejší korozi kovových materiálů a také má negativní vliv na plastové materiály.

Energetická hustota biometanolu je asi o polovinu nižší než nafty, proto vozidla na biometanol potřebují zhruba dvakrát tolik paliva na dosažení stejného dojezdu. Podle analýzy uskutečněné v Japonsku, zahrnujících 32 nákladních a dodávkových vozidel s hmotností 2 tuny jezdících na biometanol po silnicích Tokia, byla průměrná spotřeba biometanolu 50 l/100 km. Porovnatelné vozidlo s pohonem na naftu mělo spotřebu 21 l/100 km. [19]

#### **2.2.4 Vlastnosti biobutanolu**

V současné době se butanol používá jako průmyslové rozpouštědlo a ředidlo. Nyní není používán jako pohonná hmota pro motory.

Biobutanol má v porovnání s benzinem i naftou nízkou výhřevnost. Viskozita biobutanolu je přibližně stejná jako viskozita nafty, ale několikanásobně vyšší než viskozita benzínu. Body varu n-butanolu 117°C i i-butanolu 108°C se nacházejí v rozmezí bodů varu uhlovodíků

obsažených v benzínu a jsou nižší než body varu uhlovodíků v naftě. V porovnání s benzínem je tlak par n-butanolu i i-butanolu nižší. Oktanové číslo n-butanolu je přibližně stejné jako oktanové číslo benzínu, oktanové číslo i-butanolu je vyšší, až 113. Cetanová čísla n-butanolu a i-butanolu jsou výrazně nižší než cetanové číslo nafty. Obsah kyslíku v butanolu 21,6% hm. mnohonásobně převyšuje obsah kyslíku přípustný podle příslušných norem v benzínu 2,7 % hm. a v naftě 0,6% hm. [8]

Tab. 3: Porovnání vlastností butanolu, benzínu a motorové nafty.

	Jedn.	Bioetanol	n-butanol	i-butanol	Benzin	Nafta
Chemický vzorec		C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	CH <sub>1,8</sub>	CH <sub>1,9</sub>
Hustota při 15 °C	kg·m <sup>-3</sup>	796	810	802	720-775	800-845
Kin. visk. při 20 °C	mPa.s	1,52	2,9	3,95	0,5	> 3
Bod varu	°C	78	117	113	30-210	160-360
Výhřevnost	MJ·kg <sup>-1</sup>	26,8	33	33	42-43,5	42,5
Výparné teplo	kJ·kg <sup>-1</sup>	904	570	570	290	180
Tlak par	kPa	21	18,6		45-90	< 1
Obsah kyslíku	% hm	34,8	21,6	21,6	< 2,7	< 0,6
Oktanové číslo		108	96	113	91-100	-
Cetanové číslo		7	12	9	-	> 51

Mezi nevýhody biobutanolu patří, že může způsobit korozi některých součástí v motoru a to zejména palivového příslušenství motoru. Ke zmírnění vzniku koroze se může používat inhibitor koroze. Inhibitor ovšem nedokáže zabránit agresivitě vůči některým plastům a pryžím.

Benzinové motory mohou v jakémkoliv poměru spalovat směsi benzínu s biobutanolem. Ovšem spotřeba směsi je vyšší než spotřeba benzínu a to kvůli nižší výhřevnosti biobutanolu.

V případě, že by směs měla vyhovovat podmínkám ČSN EN 228 „Motorová paliva – Bezolovnaté automobilové benziny – Technické požadavky metody zkoušení“, která připouští obsah kyslíku v benzínu max. do 2,7% hm., bylo by možné do benzínu přidávat až 11,7% obj. butanolu. V případě přimíchávání bioetanolu je to pouze 7,3% obj. Pro palivové směsi s vysokým podílem butanolu a nízkým podílem benzínu jsou potřebné technické úpravy usnadňující spouštění studeného motoru. [8]

Biobutanol je možno přidávat za určitých podmínek i do nafty. Je mísitelný s naftou téměř v jakémkoliv poměru a směsi jsou stabilní i při nízkých teplotách až minus 20 °C, aniž by došlo k rozdělení složek. U směsi nafty s biobutanolem je třeba vzít v úvahu nízkou výhřevnost a mazací schopnost biobutanolu, ale hlavně jeho malou vznětlivost vyjádřenou cetanovým číslem u n-butanolu 12 a u i-butanolu 9. Nízkou vznětlivost, mazivost, ale i korozní agresivitu lze úspěšně ovlivnit přísadami na bázi organických dusičnanů a dusitanů, např. cyklohexylnitratů, izopropylinitratů, oktilnitratů a izopentilnitratů. [8]

Přidání butanolu do nafty ovlivňuje produkci škodlivých výfukových emisí z motoru. Podle údajů v literatuře podíl přibližně 30 % hm. biobutanolu v naftě přináší v porovnání s naftou mírné snížení obsahu oxidu uhelnatého a oxidů dusíku, výrazné snížení obsahu pevných částic, až o 50 % a výrazné zvýšení obsahu uhlovodíků o 40 až 70 %. [8]

## **2.3 Směs bioetanolu s benzinem**

### **2.3.1 Palivo E 85**

Bioetanolové palivo E85 obsahuje 85% bioetanolu a 15% klasického bezolovnatého benzínu. Automobily, které jezdí na palivo E85 musí mít speciálně uzpůsobený zážehový motor. Jelikož má bioetanol horší zápalnost, z toho důvodu se do něj přidává benzín.

Výhody paliva E85. Lepší výkon motoru (o 10-15%) - bioetanol má vyšší oktanové číslo oproti benzínu (oktanové číslo je součástí názvu, např. natural 95). Proto při spalování bioetanolu má motor o 10-15% vyšší výkon.

Nevýhodou bioetanolu E85 je, že při teplotě nižší než 10°C se ve směsi bioetanolu a benzínu snižuje poměr bioetanolu na 70%. Dochází k horší zápalnosti bioetanolu. Ta se projevuje nejvíce při teplotách pod bodem mrazu.

### **2.3.2 Způsoby distribuce směsi bioetanolu s benzinem**

Přeprava, skladování a distribuce bioetanolu a motorových paliv, je mnohem náročnější než v případě bionafty. V nádobách na přepravu a skladování nesmí být přítomna žádná voda. Již při malém množství vody se směs bioetanol/benzin rozdělí na dvě fáze. Bioetanol přejde do vodné fáze a tím dojde k významné změně kvality paliva.

Aby se zabránilo uvedeným problémům s vodou, je nutné vyloučit dopravu paliva potrubními přepravními systémy. Optimální postup distribuce je tedy opět doprava vyrobeného paliva přímo z terminálu výrobce do maloobchodní sítě. Nebo se distribuční společností dopraví obě složky, bioetanol i benzin, odděleně a ta pak palivo namíchá a následně je toto palivo dopraveno do maloobchodní sítě. Při tomto míchání je však situace odlišná, než při míchání FAME a motorové nafty. Bioetanol a benzin mají rozdílné vlastnosti, a tak benzin dodávaný distribuční společností musí mít „zvláštní specifikaci“, jinými slovy musí mít takové vlastnosti, aby po jeho smíchání s bioetanolem vyrobené palivo splňovalo požadavky normy. [15]

### **2.4 Bioetanol pro vznětové motory**

Použití bioetanolu ve vznětových motorech má několik technických problémů. Jedním z nich je nízké cetanové číslo bioetanolu, které způsobuje špatné vznícení paliva. V porovnání s běžným palivem potřebuje více než 1,5 krát vyšší teplotu pro vznícení (zhruba 420°C oproti 250°C pro vznícení motorové nafty). Z tohoto důvodu je potřeba konstrukčně upravit vznětové motory nebo přidat do bioetanolu vhodná palivová aditiva, která podporují vznícení (zejména pro tzv. „studené starty“). Bioetanol není příliš vhodný k mísení s motorovou naftou vzhledem k obtížné mísitelnosti obou paliv a nestálosti vzniklé směsi. Avšak tyto emulze nabízí možnost snížení kouřivosti motoru a pokles emisí škodlivých látek ve výfukových plynech.

Využití bioetanolu jeho přimícháváním do motorové nafty a dvoupalivového systému přináší možnost nahrazení 20-40% motorové nafty. Palivo E95 pak představuje možnost, jak ve vznětovém motoru nahradit 95% motorové nafty, a tím více přispět k evropskému závazku do roku 2020 nahradit 10% spotřebovaných pohonných hmot v dopravě biopalivy. Kromě výrazného přínosu v podobě poklesu produkce oxidu uhličitého přináší palivo E95 také možnost, jak snížit emise oxidů dusíku a pevných částic. V roce 2010 bylo palivo E95 používáno ve více než 200 městských autobusech ve švédském Stockholmu. [7]

## **2.5 Směsi biobutanolu s benzinem**

Benzinové motory jsou schopny spalovat směs benzínu s biobutanolem v jakémkoliv poměru těchto dvou složek. Ovšem spotřeba směsi biobutanolu s benzinem je vyšší než spotřeba benzínu a to v důsledku nižší výhřevnosti biobutanolu.

Pokud se jedná o porovnání množství škodlivých výfukových emisí oxidu uhelnatého, uhlovodíků a oxidů dusíku při provozu motoru na benzin a při provozu na směsi benzínu s butanolem, jsou výsledky zkoušek provedených a publikovaných jednotlivými autory poněkud odlišné. Odlišnost výsledků emisních měření lze přičítat tomu, že byla prováděna na motorech s různými konstrukčními parametry, vybavených různým příslušenstvím a při různých zkušebních režimech. Přesto se ukazuje, že přimíchání pouhých 11,7 % obj. butanolu do benzínu výsledky emisních testů v porovnání s provozem motorů pouze na benzin téměř neovlivnilo. [7]

Na Technické univerzitě v Liberci byla provedena řada zkoušek několika motorů osobních automobilů Škoda Auto s tříložkovými katalytickými reaktory, provozovaných na směsi benzínu jednak s n-butanolem, jednak s i-butanolem. Emisní měření byla prováděna se směsmi benzínu s 10, 50 a 85 % obj. n-butanolu a i-butanolu. V případě směsí s vyššími podíly butanolu docházelo oproti benzinu k mírnému snížení produkce oxidu uhelnatého, hodnoty uhlovodíků zůstávaly přibližně na stejné úrovni a oxidy dusíku vzrostly zhruba 1,5 krát. [7]

Butanol má v porovnání s benzinem nižší tlak par a vyšší výparné teplo, což má u směsí s menším podílem benzínu nepříznivý vliv na spouštění studeného motoru obzvláště za nižších atmosférických teplot. Motory provozované na směsi s obsahem butanolu (cca nad 60 obj.) je třeba vybavit systémem usnadňujícím spouštění, např. ohřevem v sání. [7]

## 2.6 Směsi biobutanolu s motorovou naftou

Butanol je možno přidávat za určitých podmínek i do nafty. Je mísitelný s naftou téměř v jakémkoliv poměru a směsi jsou stabilní i při nízkých teplotách až minus 20 °C, aniž by došlo k rozdělení složek. U směsí nafty s butanolem je třeba vzít v úvahu nízkou výhřevnost a mazací schopnost butanolu, ale hlavně jeho malou vznětlivost vyjádřenou cetanovým číslem u n-butanolu 12 a u i-butanolu 9. Nízkou vznětlivost, mazivost, ale i korozní agresivitu lze úspěšně ovlivnit přísadami na bázi organických dusičnanů a dusitanů, např. cyklohexylnitratů, izopropylinitratů, oktilnitratů a izopentilnitratů. [7]

Přidání butanolu do nafty ovlivňuje produkci škodlivých výfukových emisí z motoru. Podle údajů v literatuře podíl přibližně 30 % hm. biobutanolu v naftě přináší v porovnání s naftou mírné snížení obsahu oxidu uhelnatého a oxidů dusíku, výrazné snížení obsahu pevných částic až o 50 % a výrazné zvýšení obsahu uhlovodíků o 40 až 70 %. [7]

### 3.0 ÉTERY

Jako složka benzinů může být použit metyltercbutyléter (MTBE) případně etyltercetyléter (ETBE), jako palivo pro vznětové dimetyléter (DME).

#### 3.1 Výroba éterů

ETBE se vyrábí reakcí izobutenu a bioetanolu. Reakce probíhá při nízké teplotě na kyselém katalyzátoru. V případě MTBE je výroba stejná jako ETBE, pouze se místo bioetanolu používá biometanol. MTBE má velkou nevýhodu a tou je jeho značná rozpustnost ve vodě, čímž může dojít k velké kontaminaci spodních vod v případě havárie. Oproti tomu ETBE má menší rozpustnost ve vodě, tudíž je jeho nebezpečí kontaminace menší. V Kalifornii a dalších státech v USA je používání MTBE jako paliva zakázáno. Přítomnost éterů v benzínu podporuje jeho dokonalejší spalování, což vede ke snížení emisí uhlovodíků a CO. Ve srovnání s alkoholy se s benzinem lépe mísí, vzniklá směs je stabilnější.

#### 3.2 Methyltercbutyléter a etyltercbutyléter

##### Porovnání ETBE a MTBE:

- Z reakce biometanolu a bioetanolu s isobutenem vyplývá, že výtěžek ETBE je v porovnání s výtěžkem MTBE o 15% hm. větší
- Obsah kyslíku v ETBE (15,7 % hm.) je relativně menší než v MTBE (18,2 % hm.), což znamená, že pro splnění maximálního povoleného obsahu kyslíku 2,7 % hm. by bylo možné do benzinu přidat 17,2 % hm. ETBE oproti 14,8 % hm. MTBE (norma ČSN EN 228 ovšem povoluje maximálně 15% obj.). Oktanové číslo ETBE je nepatrně větší než u MTBE.
- ETBE má vyšší bod varu a nižší tlak par oproti MTBE, což je významné s ohledem na zpříšňující se limity na těkavost automobilových benzinů především v letním období. Za výhodnou se považuje v rafineriích kombinace ETBE s izomerizátem, odpadá tak nutnost snižovat obsah C<sub>5</sub> uhlovodíků v autobenzínu v letním období.
- ETBE ve srovnání s MTBE je podstatně méně rozpustný ve vodě a rychleji se biologicky rozkládá.



### Problémy použití ETBE v benzínu:

- Podstatně vyšší nákupní cena bioetanolu v porovnání s biobioetanolom znamená, že jeho zpracování v rafinerii je možné pouze za cenu finanční podpory státu (dotace, úprava spotřební daně), která eliminuje rozdíl v ceně bioetanolu a biobioetanolu.
- Riziko vyššího obsahu vody a dusíkatých látek v bioetanolu přírodního původu ve srovnání s biobioetanolom, jako příčiny rychlejšího stárnutí katalyzátoru v reaktoru.
- Složitá manipulace s bioetanolom, související se speciálním charakterem této komodity.
- Přítomnost bioetanolu v ETBE ve vyšší koncentraci oproti biobioetanolu v MTBE, může být zdrojem problémů typických pro bioetanol-benzínové směsi.

### **3.3 Dimethyléter**

Převážná část dimethyléteru (90%) se používá jako hnací plyn při výrobě aerosolových náplní. DME tak nahradil dříve používané, nyní zakázané a pro ozónovou vrstvu nebezpečné freony (chlorfluorované uhlovodíky).

DME lze vyrábět z různých surovin, např. ze zemního plynu a biomasy (biodimethyléter). Pro výrobu 1 t DME je potřeba 4 t dřeva. DME se v současné době vyrábí katalickou dehydratací biometanolu, probíhající podle rovnice:  $2 \text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$

DME je bezbarvý plyn a má bod varu  $-24,8^\circ\text{C}$ . Není jedovatý, mírně dráždí dýchací cesty a působí narkoticky. Se vzduchem, kyslíkem, chlorem a chlorovodíkem tvoří výbušnou směs. Používá se například jako chladicí médium nebo jako hnací plyn ve sprejích.

Tab. 4: Porovnání vlastností DME s motorovou naftou a propanem.

Parametr	Jednotka	DME	Propan	Nafta
Hustota při $20^\circ\text{C}$	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	665	501	835
Obsah kyslíku	% hm.	34,8	-	0,004
Bod varu	$^\circ\text{C}$	-24,8	-42,6	160 -360
Zápalná teplota	$^\circ\text{C}$	240	540	270
Cetanové číslo		57	-	52

DME má vysoké cetanové číslo, a proto je vhodný jako palivo pro vznětové motory. Kompresní poměr naftového motoru vyhovuje i pro DME. V porovnání s motorovou naftou neobsahuje síru a má následující výrazněji odlišné vlastnosti:

- nízký bod varu, DME je nutné skladovat v nádržích pod tlakem
- menší měrná hmotnost a nízký obsah energie v objemové jednotce kapaliny, DME má nízkou výhřevnost
- velká závislost měrné hmotnosti na teplotě
- vysoký obsah kyslíku příznivě ovlivňující průběh spalování
- nízká viskozita klade vysoké nároky na těsnost palivové instalace
- vysoká stlačitelnost
- nízká mazací schopnost vyžadující mazivostní přísadu
- agresivita vůči pryžím a některým plastům
- nižší teplota zapálení
- krátký průtah vznícení ve spalovacím prostoru, vysoké cetanové číslo

#### Provozní parametry motorů na DME

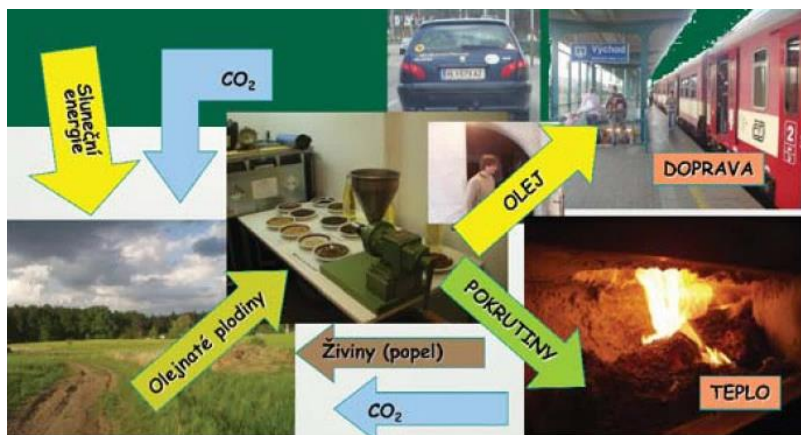
Publikované výsledky experimentálních prací ukázaly, že výkonové parametry a účinnost motoru při provozu na DME jsou srovnatelné s parametry stejného motoru provozovaného na naftu.

Při spalování DME vzniká v porovnání se spalováním nafty ve stejném motoru výrazněji nižší množství oxidů dusíku a pevných částic, obsah CO ve výfukových plynech je v případě DME vyšší, ale snadno se sníží pomocí oxidačního katalyzátoru.

DME je vhodným palivem pro vznětové motory a lze ho považovat za jednu z perspektivních náhrad nafty. Přejít na palivo DME vyžaduje poměrně složité a nákladné palivové příslušenství, původní kompresní poměr naftového motoru zůstane zachován. Výkonové parametry motoru na DME mohou být stejné jako v případě naftového motoru. V porovnání s naftovým motorem produkuje motor na DME výrazně nižší emise oxidů dusíku a pevných částic. Nároky na transport, uskladnění, distribuci a na bezpečnost jsou u DME podobné jako v případě LPG pro zážehové motory.

## 4.0 ROSTLINNÉ OLEJE

Rostlinné oleje je možné poměrně jednoduše vyrábět z různých olejnatých plodin pěstovaných v mnoha regionech světa a s vynaložením malého zlomku energie obsažené v získaných produktech. Řepka je nejvíce používaná plodina pro výrobu palivových olejů v ČR. Na kultivaci 1 ha řepky je potřeba 53-90 l nafty a celková energie potřebná na získání 1 MJ energie obsažené v řepkovém, slunečnicovém a sójovém oleji je pak v rozmezí 0,15-0,36 MJ, tedy 15-36 % energie obsažené v palivu a to při současném stavu, který ještě není optimální. Ovšem nejde o situaci, kdy se na výrobu spotřebuje více energie z fosilních zdrojů, než energie v palivu obsažené. Při vhodném řešení energetického řetězce viz. Obr. 4. se vylisovaný olej využije jako palivo a zbytek rostliny pro přípravu krmiva nebo jako palivo pro výrobu tepla. Zbytek, který se nedá spálit, což jsou důležité minerály, můžeme ve formě hnojiva vrátit zpět na pole.



Obr. 4: Koloběh rostlinného oleje [20]

### 4.1 Výroba rostlinných olejů

Rostlinné oleje nelze použít pro vznětové motory bez úprav. Je potřeba motor konstrukčně přestavět nebo upravit olej. Například řepkový olej se esterifikací (reakce alkoholu s kyslíkatou kyselinou nebo jejím derivátem) upravuje na metylester řepkového oleje (MEŘO). Ekonomicky výhodnější je varianta úpravy oleje.

V případě neupraveného rostlinného oleje jej lze použít pouze v Elsbethově duotermickém motoru, který je chlazený pouze motorovým olejem, jehož píst má korunu z litiny. V

litinovém dně pístu je kulová spalovací komora. Její stěna má teplotu až 550-600°C díky čemuž se odpařují kapičky vstříknutého oleje.

Oleje můžeme získat z více než 300 druhů rostlin. Více než 80% světové produkce rostlinných olejů je ze 4 olejů - řepkový, slunečnicový, palmový a sójový. Olej se v nich ukládá v semenech nebo v plodech. V ČR i Evropě se nejvíce používá řepkový olej.

Úprava rostlinného oleje pro běžné vznětové motory spočívá v úpravě vylisovaného a vyčištěného oleje esterifikací. Jelikož rostlinné oleje mají vyšší viskozitu než motorová nafta, což neumožňuje dobré rozprášení oleje, který se vstříkuje do spalovacího motoru. Během procesu úpravy dochází pomocí alkoholů ke štěpení velkých molekul oleje na menší. Tím se sníží viskozita a vytvoří se směs paliva se vzduchem, která odpovídá použití motorové nafty.

#### **4.2 Řepkový olej**

Řepka olejná se využívá na výrobu bionafty, která se vyrábí transesterifikací nenasycených mastných kyselin rostlin. Řepkový olej je nejpoužívanějším olejem k výrobě bionafty v České republice a jeho methylester se může používat jako čisté palivo, bez žádných příměsí nebo se může přidávat do běžné motorové nafty (minimálně 5%). Z jednoho hektaru plochy je možné získat asi 1,2 t řepkového oleje. Ovšem je také nutno uvážit, že množství získané energie ve vztahu ke spotřebě je poměrně malé.

Bionafta při spalování lépe hoří, má vysokou mazací schopnost, téměř nulový obsah oxidů síry a polycyklických aromatických uhlovodíků ve výfukových plynech a je ekologicky snadno odbouratelný. Zásadní nevýhodou ovšem je, že při samotném pěstování rostlin k výrobě biopaliv vzniká více skleníkových plynů, než při spalování bionafty. Dochází k tomu především díky používání dusíkatých hnojiv. [6]

## 5.0 ESTERY MASTNÝCH KYSELIN ROSTLINNÝCH OLEJŮ

### 5.1 Výroba esterů

Metylester řepkového oleje se vyrábí reakcí řepkového oleje a biometanolu za přítomnosti katalyzátoru. Produkt, který vznikne reakcí je potřeba vyčistit. Musí se odstranit vzniklý glycerin, přebytečný biometanol, zbytky katalyzátoru a další vedlejší produkty. Metylestery, které se používají pro vznětové motory musí obsahovat co nejméně fosforu. Proto je nutné, aby se před esterifikací provedla tzv. defosfatizace.

### 5.2 Metylester řepkového oleje

V případě, kdy máme sto procentní MEŘO, jedná se o tzv. bionaftu první generace. Ta se ovšem v České republice nepoužívá. Naopak používá se například v Rakousku a Německu. Esterifikací různých olejů můžeme vyrobit bionaftu první generace. Dle použitého oleje označujeme bionaftu těmito zkratkami:

RME	Raps-Methyl-Ester	metylester řepkového oleje (MEŘO)
SME	Sunflower-Methyl-Ester	metylester slunečnicového oleje
SOME	Soya-Methyl-Ester	metylester ze sóji
FAME	Falty-acid-Methyl-Ester	metylester z živočišných tuků
VUOME	Vaste Used Oil-Methyl-Ester	metylester z použitých fritovacích olejů

Tab. 5: Vlastnosti MEŘO

Vlastnost	MEŘO
Hustota [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ] při 15°C	870-890
Výhřevnost [ $\text{MJ}\cdot\text{kg}$ ]	38,5
Teplota vznícení [°C]	300
Cetanové číslo	~58
Bod varu [°C]	320-360

## **5.3 Vliv metylesteru řepkového oleje**

### **Na vstřikovací čerpadla**

Za nízkých teplot se viskozita metylesterů zvyšuje. MEŘO má negativní vliv na těsnicí materiály vstřikovacích čerpadel. Nejprve se těsnicí materiály vyráběly z nitrilového kaučuku. Ten ovšem v metylesterech bobtná a tím ztrácí schopnost těsnit. Z tohoto důvodu se nedoporučuje používání metylesterů vozům staršího typu, která mají rotační čerpadla.

Později se začala vyrábět čerpadla s těsněním z pryže na bázi polytetrafluoretylenu (PTFE). Ta metylesterům dobře odolává, takže je jejich použití ve vozidlech možné.

### **Na motorový olej**

Negativní vliv na olej může mít palivo obsahující metylestery a to tím, že pronikají do olejové náplně. V zimním období, kdy se používaly metylestery, došlo k proniknutí 25 i více % metylesterů do motorového oleje (počítáno k objemu olejové náplně).

V extrémních případech došlo také k tzv. "želatinizaci oleje". Vytvořila se tedy netekutá a nečerpatelná hmota. Tím pádem selhal motor kvůli nedostatečnému mazání.

Tyto problémy se vyskytovaly u zemědělských strojů. V případě osobních nebo nákladních automobilů toto nebezpečí nehrozí, ale řidiči těchto vozů by měli i tak sledovat měрку oleje. Zda nedochází k jeho přibývání a nedostane se nad značku na měrci max., kdyby se tomu tak stalo je potřeba neprodleně vyměnit olejovou náplně.

## **5.4 Směsné motorové nafty**

Směsná nafta obsahuje více než 31% MEŘO a zbylých 70% je běžná motorová nafta. V případě, že mluvíme o bionaftě v České republice, myslíme tím bionaftu 2. generace, tedy směsnou naftu.

Jestliže používáme bionaftu druhé generace, tak není problém, když jí smícháme v nádrži auta s běžnou motorovou naftou, jelikož jí bionafta také obsahuje. Výhoda bionafty je v tom, že více rozpouští. Takže případné nečistoty "rozpustí" a odplaví usazeniny, které vznikly během používání běžné motorové nafty. Usazeniny se po odplavení usadí zejména v palivo-

vém filtru, je tedy nutné ho vyměnit dříve než v případě používání motorové nafty. Tím zaručíme průchodnost paliva a nezhorší se běh motoru.

### Požadavky na stabilitu SMN 30

Jelikož SMN je nestabilizovaná a má malou chemickou a oxidační stálost, je nutné ji používat jen pro krátkodobou spotřebu. Zcela nevyhovující je její použití v sezónních a záložních vozidlech. V případě použití v sezónních vozech bylo zapotřebí celou nádrž spotřebovat před odstavením vozu a naplnit jí běžnou motorovou naftou. Aby v soustavě nezůstaly žádné zbytky metylesterů, doporučovalo se provést ještě jednu obměnu nádrže. V případě, že by tam zůstaly nějaké zbytky, mohlo by se stát, že by v nádrži po delší době odstavení vznikla pryskyřice, která by zalepila pohyblivé části. Znemožnila by jejich pohyb a motor by nebylo možné uvést do provozu. Kdyby se tomu tak stalo, musela by se provést demontáž a nákladné čištění.

### Požadavky ČSN 65 6508

Podle této normy se SMN vyrábí pouze smísením motorové nafty (pro mírné klima dle ČSN EN 590) a MEŘO (dle ČSN EN 14 214 + AC). V normě je také psáno upozornění, které varuje před dlouhodobým skladováním vzhledem ke zvýšené biologické odbouratelnosti. Pro regulaci emisí a zabránění zhoršení jízdních vlastností je povoleno a doporučuje se používat vhodné přísady.

Tab. 6: Kvalitativní požadavky na směsné motorové nafty, ČSN 65 6508:2003 [9 Matějovský]

Vlastnost	Jednotka	Mezní hodnoty	
		min.	max.
cetanové číslo		51	
polycyklické aromatické uhlovodíky	% (m·m <sup>-1</sup> )		11
bod vzplanutí	°C	>55	
karbonizační zbytek (vztaženo na 10% destilační zbytek)	% (m·m <sup>-1</sup> )		0,3
popel			0,01
celkový obsah nečistot	mg·kg <sup>-1</sup>		24

korozivní působení na měď (3 hod při 50°C)	stupeň koroze	třída 1			
oxidační stabilita	$\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$		25		
mazivost (wsd1,4 při 60°C)	$\mu\text{m}$		460		
viskozita při 40°C	$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	2	4,5		
destilační zkouška při 250°C predestiluje při 350°C predestiluje 95 % (V/V) predestiluje při	% (v/v) °C	85	<65 360		
filtrovatelnost (CFPP) třída B třída D třída F	°C		0 -10 -20		
Cloud Point, třída F	°C		-8		
<b>druh SMN</b>		<b>SMN 30</b>		<b>SMN 5*</b>	
		min.	max.	min.	max.
obsah MEŘO	% (v/v)	31			
hustota při 15°C	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	820	860		
voda	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$		300		
síra od 1. 1. 2003 od 1. 1. 2005	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$		250 40		
číslo kyselosti	$\text{mg KOH/g}$		0,2		
fosfor (inf.)	$\text{mg/kg}$		4		
alkalické kovy (inf.)	$\text{mg/kg}$		2		

\* druh SMN 5 zrušen od 1. 9. 2004, mezní hodnoty nejsou proto uváděny



## 6.0 BIOPALIVA DRUHÉ A TŘETÍ GENERACE

Od výroby biopaliv první generace se v současné době pomalu upouští a to zejména proto, že se vyrábí z potravinářských plodin. Pro výrobu bioetanolu se používá obilí, cukrová řepka, cukrová třtina, kukuřice, škrob. Dalšími plodinami pro výrobu biopaliv první generace jsou: řepka olejná, palmový olej, slunečnicový olej a další. Mezi biopaliva první generace patří bioetanol, metylester řepkového oleje, metylester mastných kyselin.

Druhá generace biopaliv se již nevyrábí z potravinářských plodin, ale zejména z lesní biomasy včetně těžebních odpadů, zemědělského odpadu (sláma, seno, kukuřičné, řepkové a jiné zbytky) či biologického odpadu z domácností. Mezi biopaliva druhé generace patří například bioetanol, motorová nafta, biometanol a další.

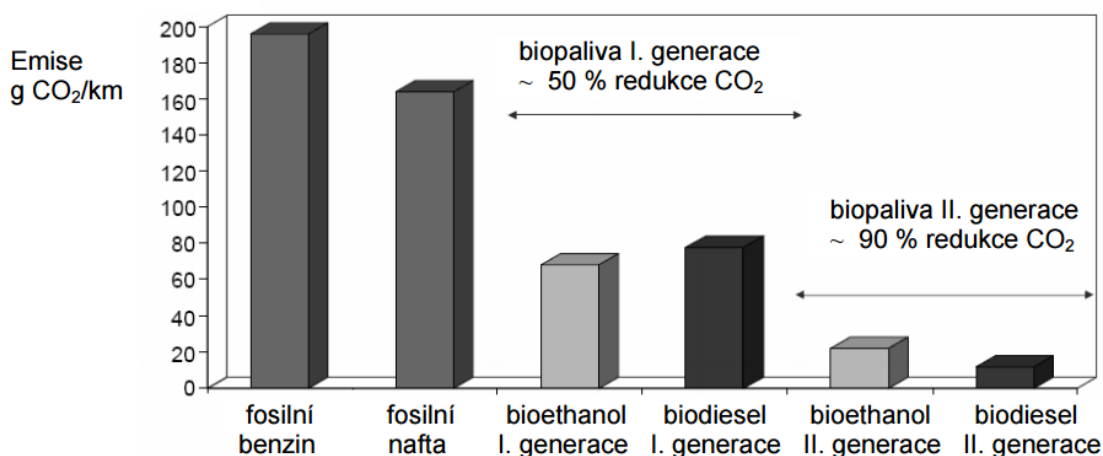
Plodiny druhé generace mají výrazně vyšší transformační potenciál na biopaliva než plodiny první generace. Ovšem technologický proces výroby je mnohem složitější a náročnější než je tomu tak u výroby biopaliv první generace (fermentací, esterifikací). Konverzní poměr je obvykle 5:1 (z 5 tun biomasy lze vyrobit 1 tunu biopaliva).

Třetí generace využívá mikroby, které mohou žít na plochách nevhodných pro pěstování potravinářských plodin a také mohou produkovat chemikálie, které se dají skoro přímo využít v motorech.

Během několika příštích let se ukáže, zda vývoj biopaliv zkolabuje nebo díky rozvoji biopaliv druhé a třetí generace uspěje. Geneticky upravené enzymy nebo chemické katalyzátory mohou být v krátké době schopny laciným způsobem rozbít celulózu v dřevnatých zemědělských odpadech na cukry vhodné ke zkvašení (fermentaci). Velký pokrok by mohl být zaznamenán i v oblasti pěstování a zpracování řas v umělých nebo přirozených nádržích a v oceánech na bioetanol nebo butanol. Pokud elektrárny využívající obnovitelné zdroje energie (OZE) nebo jadernou energii budou hlavními zdroji elektřiny a pokud budoucí auta budou moci být napájena přímo ze sítě, pak by se biopaliva mohla využít v námořní dopravě nebo v aplikacích nevhodných pro síťové napájení. [17]

## 6.1 Biopaliva druhé generace

Biopaliva druhé generace se od biopaliv první generace odlišují svým vlivem na životní prostředí a především druhem biomasy jako suroviny pro jejich výrobu. Biopaliva I. generace vykazují nízkou produkci CO<sub>2</sub> během celého životního cyklu (analýza Life Cycle Assessment) a jsou vyráběna z „potravinářské biomasy“. Biopaliva II. generace vykazují významný pozitivní rozdíl v produkci CO<sub>2</sub> během životního cyklu a jsou vyráběna z „nepotravinářské“ lignocelulosové biomasy (dřevo, těžební zbytky, seno, sláma, rostlinné odpady, rychle rostoucí dřeviny apod.). Mohou se také vyrábět hydrogenací rostlinných olejů [16 Váchová, Vozka] nebo Fisher-Tropschovou syntézou [18 Vitvar]. Biopaliva druhé generace mají až 90% potenciál snížení emisí CO<sub>2</sub> ve srovnání se svou fosilní alternativou. Potenciál ve snížení emisí oxidu uhličitého biopalivy první a druhé generace je znázorněn na Obr. 5. [3]



Obr. 5: Potenciál snížení emisí CO<sub>2</sub> biopalivy první a druhé generace [3]

## 6.2 Biopaliva vyrobená z řas

Biopaliva vyrobená z řas jsou tzv. biopaliva třetí generace. Řasy znamenají v současné době velkou příležitost k výrobě biopaliv a to zejména proto, že mohou produkovat obnovitelnou energii a zároveň absorbovat CO<sub>2</sub>. Do budoucna by mohla produkovat biopaliva, která by byla srovnatelná s palivy na bázi konvenční surové ropy.

Výroba biopaliv z řas má několik kroků. V prvním kroku se mění struktura řas tak, aby produkovaly uhlovodíky. Vědci se snaží CO<sub>2</sub> využít k přeměně řas na ropu. Druhým krokem je

samotné zpracování surové ropy z řas, které probíhá v existujících rafinériích a ve výrobě stejných produktů získávaných z konvenční ropy (benzinu, nafty a leteckého paliva). Výzkumný program řídí americký vědec Craig Venter a realizace tohoto záměru si vyžádá asi 10 let. Na jeho realizaci jsou k dispozici velké finanční prostředky i technické a technologické zázemí společností ExxonMobile (těžební společnost) a také grant amerického ministerstva energetiky.

Prvním cílem je výroba suroviny na bázi celulózy, která by měla mít vyšší výnosy než například kukuřice. Navíc, vyrobený biobutanol má oproti bioetanolu větší energetickou hustotu a může být proto přidáván do benzínu ve větší koncentraci. Problém je zatím v tom, že se nepodařila přeměna řas na základní cukry, ani jejich následné zpracování na biobutanol s použitím biokatalyzátoru. Pokud se ale podaří pěstovat řasy na 12,5% příbřežních vod v USA, mohl by vyrobený biobutanol ročně nahradit 26 miliard litrů benzínu. [17 Vaněk]

Po dodání CO<sub>2</sub> rostou zelené řasy velmi rychle a pokud se je podaří přeměnit na biopalivo, jsou stonásobně výnosnější na hektar než kukuřice, sója nebo cukrová třtina. Porovnání vyrobeného biopaliva z některých plodin ukazuje srovnání: Sojové boby – 470 l/ha, řepka olejka 1200 l/ha, řasy 66 000-49 000 l/ha. [17]

## 7.0 Zkoušky vlastností paliv a význam výsledků

V tabulkách jsou uvedeny, proč se jednotlivé zkoušky provádějí a jaký mají význam.

Tab. 7: Zkoušky benzinů. [9]

<b>název zkoušky</b>	<b>význam výsledků</b>
destilační zkouška	Zkouška stanoví, v jakém teplotním rozmezí destilují v benzínu přítomné uhlovodíky a další složky, i velikost nedestilujícího zbytku. Výsledky charakterizují benzin z hlediska těkavosti, která ovlivňuje start a chod motoru a dokonalé spalování paliva. Odhalí také kontaminaci vysoce vroucími látkami, například znehodnocení benzínu naftou.
tlak par	Tlak par je další charakteristikou těkavosti benzínu. Jeho hodnota je ovlivněna hlavně množstvím nejtěkavějších složek, tj. uhlovodíků s nízkým bodem varu, těkavost zvyšují i přítomné alkoholy. Pro zimní provoz se požaduje vyšší hodnota tlaku par, pro letní období nižší, aby se minimalizovalo množství nejlehčích podílů benzinů odpařených do ovzduší.
oktanová čísla -výzkumnou metodou, OČVM -motorovou metodou, OČMM	Vyjadřují odolnost benzinů proti klepání při spalování v zážehovém motoru. Zkoušení obou čísel, tzn. výzkumného i motorového, se provádí na stejném jednoválcovém motoru, ale za různých zkušebních podmínek. Pro přibližné hodnocení lze použít i jednodušší metodiku na základě IČ – spektrometrie.
obsah benzenu	Benzen jako složka benzínu má negativní vliv na spalování, emise, mimo jiné i na emise PAU, na životní prostředí, může vážně poškozovat zdraví.
obsah aromatických uhlovodíků	Mají velká oktanová čísla, ale jejich obsah je postupně omezován, z obdobných důvodů jako obsah benzenu.
obsah olefinů	Jsou nestabilní složkou benzínu se sklonem k tvorbě prys-

	kyřic, jejich obsah je omezován také z důvodů snížení odpařovaného množství do ovzduší, kde se podílí na tvorbě peroxidů.
korozí na mědi	Zkouškou se kontroluje, zda benzin neobsahuje siričné sloučeniny, způsobující korozí mědi a jejich slitin.
obsah síry	Je postupně omezován až téměř k nule z důvodu emisí oxidu siřičitého a snižování účinnosti katalyzátoru.
pryskyřice (promyté)	Jejich obsah vyjadřuje sklon benzínu k tvorbě pryskyřičných úsad tvořících se v místech, kde dochází k odpařování benzínu. Při větším obsahu může dojít až k zalepení vstříkovačů a sacích ventilů ve vodítkách.
oxidační stabilita	Zkouška sleduje rychlost reakcí s kyslíkem. Výsledek vyjadřuje, za jakou dobu se spotřebuje pro oxidační reakce určitý objem kyslíku. Důsledkem oxidační nestability je tvorba pryskyřic, pro mimořádně dlouhé skladování je třeba, aby měl benzin větší oxidační stálost, 2-3 násobnou než běžné dodávky.
obsah draslíku	Týká se pouze benzínu Special, ostatní druhy draslík neobsahují. Zkouškou se ověřuje, zda benzin obsahuje dostatečné množství přísad, která chrání netvrzená sedla výfukových ventilů u starších typů motorů proti opotřebení.
obsah olova	Stanovuje se z důvodu škodlivého vlivu na životní prostředí a na katalyzátor.
hustota	Je základní charakteristikou benzínu, ze které lze usuzovat na jeho frakční a chemické složení. Udává hmotnost objemové jednotky, vyjadřuje se v kg na m <sup>3</sup> a slouží mj. pro přepočítání objemu na hmotnost. Je závislá na teplotě, proto musí být vždy uveden i teplotní údaj. Současný požadavek je 720-775 kg·m <sup>-3</sup> při 15°C.
obsah kyslíkatých látek	Zlepšují kyslíkaté číslo a spalování benzínu, biometanol a

	bioetanol, pokud nejsou bezvodné, mohou přinášet problémy s koroze, s mísitelností a odlučováním vody, vyšší alkoholy působí jako stabilizátory, tj. proti odlučování vody a vzniku vodní fáze.
obsah kyslíku	Je součtem obsahů kyslíku všech přítomných kyslíkatých látek, žádoucí je z hlediska zlepšení spalování, nežádoucí z hlediska snižování výhřevnosti.

Tab. 8: Zkoušky nafty, směsné motorové nafty a MEŘO. [9]

<b>název zkoušky</b>	<b>význam výsledků</b>
bod vzplanutí	Požárně bezpečnostní charakteristiky, je požadována hodnota nad 55°C, odpovídající 3. třídě hořlavých látek podle ČSN 65 0201. Je citlivým ukazatelem kontaminace nafty benzinem.
destilační zkouška	Stanoví, v jakém teplotním rozmezí destilují v naftě přítomné uhlovodíky, případně další složky. Odhalí jednak kontaminaci benzinem (ale s menší citlivostí, citlivější je bod vzplanutí), jednak přítomnost těžko odpařitelných podílů olejového charakteru. Z objemu destilujícího do 250°C se odhaduje velikost podílu petrolejové frakce v naftě.
CFPP – filtrovatelnost	Přibližně charakterizuje, při jakém poklesu venkovních teplot lze očekávat ztrátu provozní schopnosti vozidla v důsledku ucpání palivového filtru parafíny vyloučenými ve velkém množství. Dodávky nafty pro mírné klima mají filtrovatelnost pro letní období pod 0°C, pro zimní období pod -20°C. Nafty pro arktické klima dosahují filtrovatelnost až kolem -44°C.
Cloud Point – teplota vylučování parafinů	Teplota, při které lze při ochlazování nafty pozorovat začátek vylučování parafinů, což se projeví počínajícím zákalem. Malé množství vyloučených parafinů nezpůsobuje provozní problémy.
obsah síry	Je postupně omezován až téměř k nule z důvodů emisí oxidu siřičitého, vlivu na větší tvorbu částic a poškozování katalyzátorů

	a filtrů částic.
hustota	Je základní charakteristikou nafty, ze které lze usuzovat na její frakční a chemické složení. Udává hmotnost objemové jednotky, vyjadřuje se v kg na m <sup>3</sup> a slouží mj. na přepočet objemu na hmotnost. Je závislá na teplotě, proto musí být vždy uveden i teplotní údaj. Současný požadavek je 820-845 kg·m <sup>-3</sup> , u arktických naft minimálně 800 kg·m <sup>-3</sup> při 15°C.
cetanové číslo a cetanový index	Jsou charakteristikami schopnosti vznícení, současné požadavky jsou minimálně 51, respektive 46 jednotek, velikost záleží na chemickém složení. Cetanové číslo se stanoví na jednoválcovém motoru, cetanový index, který až na výjimky vychází menší než cetanové číslo, se vypočte z hustoty a z výsledků destilační zkoušky.
karbonizační zbytek	Stanovuje se 10% destilačního zbytku, poskytuje informaci, zda nejméně těkavé podíly nemají při tepelném rozkladu nadměrný sklon k tvorbě úsad koksovitého charakteru.
popel	Je ukazatelem množství nespalitelných látek minerální povahy obsažených v naftě, tvořících úsady v okolí otvoru trysek a ve spalovacím prostoru.
nečistoty	Nečistoty v naftě podle množství a charakteru mohou způsobit ucpání palivového filtru a zvýšené opotřebení nebo poškození citlivých hydraulických prvků palivové soustavy. Výsledek zkoušky slouží pro kontrolu množství, nikoli charakteru nečistot.
voda	V naftě je voda podstatně méně rozpustná než v benzínu, rozpustnost se dále snižuje při poklesu teplot. Pokud by došlo k vyloučení vody, například i jen ve formě zákalu, vzniká nebezpečí rezivění hydraulických prvků palivové soustavy. Proto je požadováno, aby obsah rozpuštěné vody v naftě byl podstatně nižší, než je hranice rozpustnosti za normální teploty, aby ani při větším ochlazení nedocházelo k vyloučení rozptýlené nebo volné vody. Má negativní vliv na mazivost.

oxidační stabilita	Hodnotí odolnost nafty proti chemickým změnám doprovázeným tvorbou úsad při dlouhodobém skladování a při vystavení zvýšeným teplotám. Z výsledků zkoušky lze usuzovat, jak velkou tvorbu nerozpustných látek a následně úsad lze očekávat za výše uvedených podmínek.
korozivní působení na měď	Zkouškou se kontroluje, zda nafta neobsahuje korozivní sírní sloučeniny.
viskozita	Ovlivňuje velikost kapiček vstřikovaného paliva do spalovacího prostoru a mazivost, při nízkých teplotách i čerpatelnost. Malá viskozita je signálem, že by mazivost mohla být nedostatečná, pokud není zlepšena přísadou.
mazivost	Proces ekologizace nafty charakterizovaný soustavným snižováním obsahu síry a koncových bodů destilační křivky měl za následek postupné zhoršování mazivosti, takže musela být zavedena už při výrobě aditivace současných „ekologických naft“ mazivostní přísadou a také zkouška hodnotící, zda úroveň mazivosti není pod únosným minimem.
polycyklické aromatické uhlovodíky	Jejich obsah je omezován, protože se špatně spalují a jsou zdrojem PAU v emisích.
obsah metylesterů	Od roku 2004 povoluje norma ČSN EN 590 přidávat MEŘO v množství do 5% obj.



## **8.0 KRITICKÉ HODNOCENÍ BIOPALIV**

V následujících kapitolách je stručně uveden souhrnný pohled na výhody a nevýhody spojené s výrobou a používáním automobilových biopaliv první generace. Uveden je vliv výfukových plynů vozidel s motory na biopaliva na životní prostředí a provedeno porovnání nákladů na výrobu biopaliv s náklady na výrobu paliv ropného původu benzínu a nafty.

### **8.1 Obecné hodnocení přínosu a negativních stránek kapalných automobilových biopaliv**

Za přínos výroby biopaliv a jejich využití jako automobilových paliv lze považovat:

- biopaliva se získávají z biomasy, která je obnovitelným zdrojem energie,
- snižování negativního vlivu dopravy na životní prostředí,
- plnění požadavků EU týkajících se využívání alternativních paliv v dopravě,
- využívání zemědělské půdy, která by nebyla obdělávána, k pěstování biomasy pro výrobu biopaliv,
- snižování spotřeby paliv ropného původu,
- snižování závislosti na dovozu ropy,
- vznik pracovních příležitostí v zemědělství a ve výrobě biopaliv,
- ekonomický přínos pro společnosti vyrábějící biopaliva.

Za negativa spojená s výrobou biopaliv a jejich využitím jako automobilových paliv lze považovat:

- relativně vysoké výrobní náklady v porovnání s náklady na výrobu motorové nafty a benzínu,
- zabránění zemědělské půdy pro výrobu biomasy na úkor potravinářských plodin,
- poškozování přírodních ekosystémů a narušování biodiverzity
- znečišťování životního prostředí v důsledku používání syntetických hnojiv,
- problémy vyskytující se při provozu vozidel na biopaliva, ale i při skladování a distribuci biopaliv - některé z nich byly ukázány u popisu vlastností jednotlivých biopaliv.

## 8.2 Výfukové emise při spalování biopaliv a klasických automobilových paliv

Emisní předpisy Evropské hospodářské komise stanovují pro homologace vozidel přípustné limity obsahu následujících škodlivin ve výfukových plynech: oxidu uhelnatého, uhlovodíků, oxidů dusíku a pevných částic. Aby vozidla splňovala požadavky předpisů úrovně EURO 5 a EURO 6, jsou jejich motory vybavovány různými emisní snižujícími příslušenstvími: katalytickými reaktory, zachycovači částic, systémy recirkulací výfukových plynů. Limity emisí jsou shodné pro vozidla s motory spalujícími klasická automobilová paliva i biopaliva, a proto by porovnávání emisí motorů na různá paliva bylo zbytečné.

## 8.3 Emise oxidu uhličitého

V současné době je využívání biopaliv pro dopravní účely podporováno zdůrazňováním vlivu skleníkových plynů (hlavně oxidu uhličitého), vznikajících v důsledku lidských činností, na probíhající změny klimatu. Nahrazováním uhlovodíkových paliv ropného původu biopalivy by mělo docházet ke snížení množství oxidu uhličitého produkovaného spalovacími motory. Princip snížení koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře při spalování biopaliv rostlinného původu má spočívat v tom, že oxid uhličitý vznikající při spalování v motoru je spotřebován při fotosyntéze probíhající u rostlin.

Množství oxidu uhličitého vzniklého spálením 1 kg paliva a množství oxidu uhličitého připadajícího na jednotku energie obsažené v jednotlivých palivech, jsou v tabulce 9. V uvedených hodnotách není započtena bilance oxidu uhličitého v řetězci od výroby biomasy až po dopravu biopaliva do nádrže vozidla. Lze konstatovat, že při spálení paliva obsahujícího 1 MJ energie, vznikne v případě biopaliv mírně nižší množství oxidu uhličitého než u klasických paliv. Např. u etanolu  $71,2 \text{ g} \cdot \text{MJ}^{-1}$  a u benzínu  $73,7 \text{ g} \cdot \text{MJ}^{-1}$  oxidu uhličitého

Tab 9: Oxid uhličitý uvolněný při spalování paliv

Palivo	Výhřevnost [MJ.kg <sup>-1</sup> ]	CO <sub>2</sub> [kg.kg <sup>-1</sup> ]	CO <sub>2</sub> [g.MJ <sup>-1</sup> ]
Benzin BA 95	43	3,17	73,7
Motorová nafta	42,5	3,16	74,3
Etanol	26,8	1,91	71,2
MEŘO	38,5	2,83	73,5

Omezování produkce oxidu uhličitého má v Evropě zajistit příslušná legislativa Evropské unie (EU), která je implementována do legislativy členských států. Zásadním dokumentem v této oblasti je směrnice Evropského parlamentu a Rady č.2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů. Směrnice ukládá členským státům EU, aby nejpozději do roku 2020 dosáhl podíl obnovitelných zdrojů 20 % na celkové produkci energie, přičemž v dopravě mají obnovitelné zdroje činit 10 % celkového objemu energie v dopravě spotřebované.

#### 8.4 Náklady na výrobu automobilových paliv

Výrobní náklady na automobilová paliva odmítají výrobci sdělit. Jako orientační údaje o cenových relacích mohou posloužit ceny, za které nakupovala paliva společnost ČEPRO, a.s., koncem června 2016. Lze usuzovat, že náklady na výrobu MEŘO jsou přibližně dvakrát vyšší než náklady na výrobu nafty a náklady na výrobu etanolu přibližně dvakrát vyšší než náklady na výrobu benzínu.

Tab. 10: Nákupní ceny paliv

Palivo	Nákupní cena [Kč·dm <sup>-3</sup> ]	Výhřevnost [MJ·dm <sup>-3</sup> ]	Cena [Kč·MJ <sup>-1</sup> ]
Benzin BA 95	9,6	31,3	0,306
Motorová nafta	9,80	35,3	0,277
Etanol (pšenice)	14,50	21,17	0,685
MEŘO	18,50	33,44	0,554

## 9.0 ZÁVĚR

Bakalářská práce uvádí řadu informací o automobilových biopalivech první generace, zejména o palivech na bázi alkoholů, éterů a esterů mastných kyselin rostlinných olejů vyráběných z biomasy v ČR. Pojednává o jejich výrobě, fyzikálních, chemických a motorkářských vlastnostech a jejich vlivu na provoz motorů i na životní prostředí. Hodnotí přínos i negativní stránky výroby a využití kapalných automobilových biopaliv i z hlediska tvorby oxidu uhličitého a porovnává je s klasickými palivy ropného původu benzinem a naftou. Poukazuje na vysokou výrobní cenu biopaliv. Zmiňuje se o budoucích biopalivech druhé a třetí generace, která by měla být vyráběna z nepotravinářské biomasy, mj. hydrogenací rostlinných olejů a Fischer-Tropschovou metodou.

Lze očekávat, že na trhu automobilových paliv v ČR budou ještě několik desítek let výrazně převažovat klasická kapalná paliva benzin a motorová nafta. Ekonomicky těžitelná ložiska ropy by měla za předpokladu současného objemu spotřeby vydržet ještě déle než 50 let [1 BP]. Jako automobilové palivo bude používán zemní plyn, který bude možné ekonomicky těžít ještě delší dobu než ropu [1].

Budoucnost biopaliv v současné době není možné odhadnout. Podle mého názoru to závisí zejména na dotacích a jejich výši, které jsou dotovány EU, státem, městy i soukromými subjekty. Další vlivem, který ovlivní budoucnost biopaliv je vývoj nových i stávajících biopaliv, případně vývoj nových obnovitelných zdrojů energie.

## Použitá literatura

1. BP. *BP* [online]. [cit. 2016-07-06]. Dostupné z: <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
2. CIMPL, Pavel. *Vysokoobjemová paliva v ČEPRO, a.s. v kontextu legislativních změn* [online]. Praha [cit. 2016-07-06]. Dostupné z: [http://www.icct.cz/2016/abstrakta/1\\_FULL\\_PAPERS/03\\_Ropa/029\\_Cimpl.pdf](http://www.icct.cz/2016/abstrakta/1_FULL_PAPERS/03_Ropa/029_Cimpl.pdf)
3. HROMÁDKO, Jan, Jiří HROMÁDKO, Petr MILER, Vladimír HÖNIG a Martin CINDR. *TECHNOLOGIE VÝROBY BIOPALIV DRUHÉ GENERACE* [online]. Praha, 2009 [cit. 2016-07-01]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2010\\_08\\_784-790.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2010_08_784-790.pdf)
4. HROMÁDKO, Jan, Jiří HROMÁDKO, Petr MILER, Vladimír HÖNIG a Pavel ŠTĚRBA. *Výroba bioetanolu* [online]. Praha [cit. 2016-07-06]. Dostupné z: [http://www.cukr-listy.cz/on\\_line/2010/PDF/267-271.PDF](http://www.cukr-listy.cz/on_line/2010/PDF/267-271.PDF)
5. HROMÁDKO, Jan, Jiří HROMÁDKO, Petr MILER a Pavel ŠTĚRBA. *Využití paliva E95 ve vznětových motorech* [online]. 2011 [cit. 2016-07-01]. Dostupné z: [http://www.cukr-listy.cz/on\\_line/2011/PDF/63-66.pdf](http://www.cukr-listy.cz/on_line/2011/PDF/63-66.pdf)
6. KROČKOVÁ, Taťána. *Řepka olejná: Biomasa, díky níž česká pole zežloutla* [online]. 2010 [cit. 2016-07-01]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/repka-olejna-biomasa-diky-niz-ceska-pole-zezloutla.aspx>
7. LAURIN, Josef. Biobutanol – motorové palivo druhé generace. In: *Energie 21*. Roč. 8, 2015, č. 5, str. 46-47. ISSN 1803-0394.
8. LAURIN, Josef. *Étery získávané z biomasy jako alternativní automobilová paliva* [online]. 2012 [cit. 2016-07-01]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/clanek/ekoauto/92143/butanol-jako-motorove-palivo2>
9. MATĚJOVSKÝ, Vladimír. *Automobilová paliva*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2005.
10. MAXA, Daniel. *POUŽITÍ PALIVA E85 V PALIVOVÉ SOUSTRAVĚ ZÁŽEHOVÝCH MOTORŮ KONSTRUOVANÝCH PRO AUTOMOBILOVÝ BENZIN* [online]. Praha [cit. 2016-07-06]. Dostupné z: [paliva.vscht.cz/download.php?id=10](http://paliva.vscht.cz/download.php?id=10)

11. MUŽÍK, Oldřich a Zdeněk ABRHAM. *EKONOMICKÁ A ENERGETICKÁ EFEKTIVNOST VÝROBY BIOPALIV* [online]. Praha [cit. 2016-07-06]. Dostupné z: <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2011/032.PDF>
12. POSPÍŠIL, Milan, Jakub ŠIŠKA a Gustav ŠEBOR. *Biobutanol jako pohonná hmota v dopravě* [online]. Praha [cit. 2016-07-06]. Dostupné z: <http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/biobutanol-jako-pohonn-hmota-v-doprav.pdf>
13. POŘÍZEK, Vít. *Využití paliv z obnovitelných zdrojů a odpadů* [online]. Brno, 2015 [cit. 2016-07-06]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=104414](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=104414). Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Pavel Skryja.
14. SVĚTLÍK, Marek. *Posouzení paliv na bázi rostlinných olejů pro využití ve spalovacích motorech* [online]. Brno, 2011 [cit. 2016-07-06]. Dostupné z: <https://is.mendelu.cz/lide/clovek.pl?zalozka=7;id=22691;studium=29528;zp..> Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Doc. Ing. Jan Červinka, CSc.
15. ŠEBOR, Gustav, Milan POSPÍŠIL a Jan ŽÁKOVEC. *Technicko-ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě*. Praha, 2006.
16. VÁCHOVÁ, Veronika a Petr VOZKA. *Hydrogenace rostlinných olejů na paliva pro vznětové motory* [online]. Praha, 2015 [cit. 2016-07-06]. Dostupné z: [www.paliva.vscht.cz/download.php?id=141](http://www.paliva.vscht.cz/download.php?id=141)
17. VANĚK, Václav. *Biopaliva druhé a třetí generace* [online]. 2012 [cit. 2016-07-01]. Dostupné z: <http://www.3pol.cz/cz/rubriky/obnovitelne-zdroje/987-biopaliva-druhe-a-treti-generace>
18. VITVAR, Milan. Vyspělá biopaliva v dopravě. In: *Česká asociace petrolejářského průmyslu a obchodu* [online]. Praha: ČAPPO, 2013 [cit. 2016-07-06]. Dostupné z: <http://www.cappo.cz/res/archive/000145.pdf?seek=1386338600>
19. VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2004.
20. VOJTÍŠEK, Michal: Jezdíme na rostlinný olej. *Biom.cz* [online]. 2010-11-10 [cit. 2016-07-01]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/jezdime-na-rostlinny-olej>>. ISSN: 1801-2655.

## Seznam obrázků

Obr. 1 Výroba bioetanolu z obilovin.....	9
Obr. 2 Výroba bioetanolu z cukrové řepy a cukrové třtiny.....	11
Obr. 3 Výroba bioetanolu z lignocelulózové hmoty .....	12
Obr. 4 Koloběh rostlinného oleje .....	27
Obr. 5 Potenciál snížení emisí CO <sub>2</sub> biopalivy první a druhé generace .....	34

## Seznam tabulek

Tab. 1: Porovnání vlastností alkoholů (bioetanolu a biometanolu) s fosilními palivy. ....	15
Tab. 2: Snížení emisí při použití biometanolu místo nafty u nákladního automobilu. ....	17
Tab. 3: Porovnání vlastností butanolu, benzínu a motorové nafty. ....	18
Tab. 4: Porovnání vlastností DME s motorovou naftou a propanem. ....	24
Tab. 5: Vlastnosti MEŘO.....	29
Tab. 6: Kvalitativní požadavky na směsné motorové nafty, ČSN 65 6508:2003. ....	31
Tab. 7: Zkoušky benzinů. ....	36
Tab. 8: Zkoušky nafty, směsné motorové nafty a MEŘO. ....	38
Tab. 9: Oxid uhličitý uvolněný při spalování paliv.....	41
Tab. 10: Nákupní ceny paliv .....	42