

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta  
Katedra jakosti a spolehlivosti  
strojů**



**Bakalářská práce**

**Vliv biopaliv na palivový systém spalovacích motorů**

**Martin Kouba**

© 2015 ČZU v Praze

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

Katedra jakosti a spol. strojů

Technická fakulta

# **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Kouba Martin

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

**Vliv biopaliva na palivový systém spalovacích motorů**

Anglický název

**Impact of bioflues on fuel systém of contruction engines**

## **Cíle práce**

Cílem bakalářské práce je vytvořit přehled o vlivu biopaliv na materiálovou konstrukci palivového systému spalovacích motorů.

## **Metodika**

Na základě literárního rozboru bude pro zvolené druhy biopaliv vytvořen přehled jejich vlivu na spalovací motor. Zejména bude práce zaměřena na materiálovou konstrukci palivového systému motorů. Výsledky práce budou shrnuty v kapitole Závěr a finálním krokem bude svázání a odevzdání práce.

## **Osnova práce**

1. Úvod
2. Biopaliva pro spalovací motory
3. Konstrukce spalovacích motorů
4. Vliv biopaliva na materiálovou konstrukci spalovacího motoru
5. Závěr



### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv biopaliva na palivový systém spalovacích motorů" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 1. 4. 2015

.....

Martin Kouba

## **Poděkování**

Rád bych tímto poděkovala vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Martinovi Pexovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady, které mi poskytl při zpracování práce.

**Abstrakt:** Tato bakalářská práce, “Vliv biopaliva na palivový systém spalovacích motorů” se zabývá vlivem biopaliv na materiálovou konstrukci palivového systému spalovacího motoru. V první části jsou popsány jednotlivé biopaliva pro pohon spalovacích motorů. Největší důraz je kladen na bioethanol a rostlinné oleje. Dále je zde popsána výroba, legislativa a způsob skladování a distribuce jednotlivých biopaliv. Další část je věnována konstrukci palivového systému vznětového a zážehového motoru. Popsány byly moderní palivové jednotky a materiály využívané právě v těchto jednotkách. V poslední části je popsán pomocí jednotlivých výsledků testů vliv biopaliv na specifické materiálové vybavení palivového systému. Výsledky jsou podloženy řadou statických a dynamických testů prováděných na kovových a nekovových materiálech, pod vlivem jednotlivých palivových směsí. Práce je zakončena závěrem, kde jsou všechny výsledky diskutovány.

**Klíčová slova:** biopalivo, spalovací motor, konstrukční materiál, palivový systém

### **Impact of biofuels on fuel system of construction engines**

**Summary:** This bachelor thesis, “Impact of Biofuels on Fuel Systems of Construction Engines,” deals with the impact of biofuels on the material construction of the fuel system of the combustion engine. The first part of the thesis describes biofuels intended for the combustion engine. The main emphasis is placed on bioethanol and vegetable oil. A description of production, legislation, storage and distribution of biofuels follows. The next part deals with the construction of the diesel and petrol engine fuel systems. Modern fuel systems and materials used in these systems are dealt with. The last part focuses on the individual results of studies of the impact of biofuel on the specific material equipments of the fuel systems. The results are based on a number of statistic and dynamic studies performed on metal and non-metal materials under the influence of individual fuel mixtures. The thesis concludes with a discussion of the results.

**Key words:** biofuel, combustion engine, construction material, fuel system

# Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	1
<b>2. Biopaliva pro spalovací motory</b> .....	2
2.1. Legislativa pro oblast biopaliv .....	3
2.2. Alternativní paliva.....	5
2.3. Bioethanol .....	6
2.3.1. Výroba bioethanolu z biomasy obsahující jednoduché cukry .....	7
2.3.2. Výroba bioethanolu z biomasy obsahující škrob.....	8
2.3.3. Výroba bioethanolu z lignocelulózové biomasy .....	9
2.4. Rostlinné oleje a jejich estery.....	10
2.4.1. Výroba methylesteru řepky olejně.....	11
2.5. Skladování a distribuce bionafty a bioethanolu.....	12
2.6. Bioplyn .....	12
<b>3. Konstrukce spalovacích motorů</b> .....	13
3.1. Definice spalovacího motoru.....	13
3.2. Pracovní oběhy .....	13
3.3. Vznětový motor.....	14
3.3.1. Palivová soustava vznětového motoru .....	14
3.3.2. Vstřikování paliva .....	16
3.4. Zážehový motor.....	17
3.4.1. Palivová soustava zážehového motoru .....	17
3.4.2. Vstřikování paliva .....	17
3.5. Materiály využití v jednotlivých částech palivového systému .....	21
3.5.1. Části palivového systému – plast, elastomer.....	22
3.5.2. Části palivového systému – kov .....	23
<b>4. Vliv biopaliva na materiálovou konstrukci spalovacího motoru</b> .....	24
4.1. Vliv Bioethanolu na kovy.....	24

4.1.1. Dynamické testování .....	25
4.1.2. Statické testování.....	28
4.1.3. Porovnání čísla kyselosti a peroxidového čísla na jednotlivých materiálech.....	30
4.2. Vliv Bionafty na uhlíkovou ocel .....	30
4.2.1. Statické testování.....	31
4.2.2. Shrnutí .....	32
4.3. Vliv biopaliv na elastomery.....	32
4.3.1. Výsledky a diskuze.....	33
4.3.2. Testování pod zátěží .....	35
4.3.3. Testování pod vysokým tlakem.....	36
4.4. Vliv biopaliv na plast .....	36
4.4.1. Výsledky.....	37
4.4.2. Shrnutí polymerů .....	38
<b>5. Závěr.....</b>	<b>39</b>
<b>Použitá literatura.....</b>	<b>41</b>
<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>42</b>
<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>43</b>
<b>Seznam zkratk.....</b>	<b>43</b>



## 1. Úvod

Podíl dopravy na celkovém znečištění životního prostředí neustále stoupá a společně s růstem spotřeby ropy nutí společnost hledat alternativní zdroje dopravy, které by snížily negativní ekologickou stopu na životní prostředí. Ropa je neobnovitelná surovina, jejíž zásoby nejsou nevyčerpatelné a ceny této suroviny neustále stoupají. Snaha o snížení závislosti na ropě a snížení obsahu škodlivých zplodin a částic v ovzduší vede k hledání alternativních pohonů v dopravě. Jedním z možných řešení je využívání biopaliv jako alternativního paliva pro spalovací motory. Biopaliva jsou v současné době často diskutovaným tématem, už kvůli vysoké energetické náročnosti výroby, cenně a celkovému dopadu na zemědělství, společnost a krajinu. V současnosti se k pohonu spalovacích motorů využívají biopaliva I. generace, tedy biopaliva z potravinářské biomasy. Do budoucna, díky vysokým nárokům na snižování uhlíkové stopy, je zapotřebí využívat biopaliv II. generace, které se tvoří z odpadních materiálů.

Tato práce se zabývá otázkou vlivu biopaliv na materiálovou konstrukci palivového systému motorů se vstřikovacím ústrojím. Dále se tato práce zabývá konstrukcí a materiálovým vybavením spalovacích motorů, palivových systémů a rozdělením současných typů biopaliv, jak pro vznětová tak i pro zážehové motory.

Cílem práce je za pomoci dostupných informací zjistit, jaký vliv mají jednotlivá biopaliva a zda jsou současné materiály, vyskytující se v moderních palivových systémech, dostatečně odolné vůči působení agresivního prostředí způsobené současnými biopalivy. Informace potřebné pro tuto práci byly čerpány z odborné literatury, internetových zdrojů a technických norem.

V první části bakalářské práce jsou uvedeny informace o jednotlivých biopalivech podle platných norem. Dále je popsáno samotné fungování spalovacích motorů a převážně konstrukční a systémové vybavení palivového systému jak vznětových tak i zážehových motorů. Nejdůležitější částí této práce je zjištění samotného vlivu biopaliv na konstrukční parametry palivového systému. Na závěr práce je sepsáno shrnutí poznatků o vlivu jednotlivých paliv a uveden hlavní důvod negativního vlivu paliv na dané komponenty a materiály.

## 2. Biopaliva pro spalovací motory

V dnešní době se biopaliva řadí mezi jednu z nejdiskutovanějších skupin alternativních paliv. Hlavní otázkou této diskuze je, do jaké míry jsou biopaliva schopna snižovat produkci oxidu uhličitého. Při ideální konstelaci by se měla během pěstování surovin určených pro výrobu biopaliv, spotřebovat procentuální dávka oxidu uhličitého. Toto množství škodlivých látek se následně uvolní při spalování paliva v motoru. Tímto ideálním vztahem lze dosáhnout nulové produkce oxidu uhličitého, ale skutečnost není tak jednoduchá, jak se na první pohled zdá. Při procesu výroby biopaliva ze vstupní suroviny vzniká produkce CO<sub>2</sub>, jelikož tento proces je energeticky náročný a z toho vyplývá, že pokles oxidu uhličitého touto produkcí je značně snížen. Statistiky uvádějí, že biopaliva I. generace redukuje CO<sub>2</sub> o 50 % a biopaliva II. generace o 90 %. Zavádění biopaliv má i jiné důvody než pouze úspora CO<sub>2</sub>. Biopaliva lze zařadit mezi obnovitelné zdroje energie. Člověk je schopen samovolně vytvářet jejich zásobu, na rozdíl od fosilních paliv, které vznikají v úplně jiném časovém měřítku. Dále státy, které dokáží vhodně využívat biopaliva, omezí svojí závislost na dodávkách ropy a mohou ovlivňovat trh s pohonnými hmotami v dopravě. Dalším důležitým aspektem je pěstování biomasy, které přináší možnosti využití zemědělské půdy. S tím přicházejí další možnosti vytvoření nových pracovních míst jak v zemědělství tak i například v lesnictví.

Jak už bylo řečeno, biopaliva lze rozdělit na dvě základní skupiny, které se liší druhem zpracovávané suroviny. První generace biopaliv používá suroviny, které jsou primárně určeny k výrobě potravin. S tímto faktem je spojen jeden z hlavních problémů biopaliv první generace, a to je zvyšování ceny potravin. U druhé generace tento problém odpadá, jelikož suroviny určené pro zpracování jsou nepotravinářské plodiny a odpadní lignocelulózní materiál. Lze sem zařadit dřevo a dřevní odpad, slámu, různě rychle rostoucí druhy travin a bioodpad. Výhodou je, že tento druh surovin se ve světě vyskytuje ve velké míře, jenže výrobní technologie je náročnější a potrvá několik let, než se biopaliva druhé generace stanou běžnou součástí života. (4)

Pod pojmem biopalivo se rozumí kapalná, nebo plynná hmota vyrobená zpracováním biomasy a primárně určená pro dopravu. Výpis látek, které se řadí mezi biopaliva, nalezneme ve směrnici 2003/30/ES a jsou jimi:

- Bioethanol – ethanol vyrobený z biomasy nebo také z biologického rozkladu odpadů,

- Bionafta – methylester vyroben z živočišného nebo rostlinného oleje,
- Bioplyn – plynná hmota vyrobená z biomasy nebo biologického rozkladu odpadů, jejichž čistota může být po důkladném čištění srovnatelná s kvalitou zemního plynu a užívaná jako biopalivo nebo dřevoplyn,
- Biomethanol – methanol vyrobený z biomasy,
- Biodimethylether – dimehtylether vyrobený z biomasy,
- Bio-ETBE (ethyl-tercio-butyl-ether) – ETBE z bioethanolu, objemové procento biopaliva je 47 %,
- Bio-MTBE (methyl-tercio-butyl-ether) – vyrobený z biomethanolu, objemové procento biopaliva je 36 %,
- Syntetické biopalivo – syntetické uhlovodíky nebo jejich směsi z biomasy,
- Biovodík – vodík vyrobený z biomasy nebo biologického rozkladu odpadů,
- Čistý rostlinný olej – olej vyrobený z olejních rostlin, surový nebo rafinovaný, ale chemicky neupravovaný. (7)

## 2.1. Legislativa pro oblast biopaliv

Evropská komise se na základě určitých pochybností o skutečném přínosu biopaliv k celkovému snížení emisí CO<sub>2</sub> a ostatních skleníkových plynů během životního cyklu paliv rozhodla aktualizovat legislativní pravidla, konkrétně směrnice 2009/28/EC o obnovitelných zdrojích energie a 98/70/EC o kvalitě paliv. Tyto směrnice ještě před pár lety představovaly, významný dopad na strukturu výroby motorových paliv. V účinnost přicházejí nové zákonné požadavky, jejichž platnost je rozložena do více let a výrobci paliv mohou již dnes cítit problémy s jejich naplněním. Problémy jsou hlavně dány tím, že biosložky jsou mnohem nákladnější než fosilní paliva, a to cca o 10 Kč/kg paliva. Podle §19 zákona č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší musí osoby, které uvolňují motorovou naftu či benzín do volného daňového oběhu v ČR pro dopravní účely zajistit minimální obsah 4,1 % objemových biosložek v motorových benzínech a 6 % objemových složek v motorových naftách. Tuto povinnost lze také splnit i uvedením čistého směsného paliva nebo biopaliva. Pokuta za nedodané biopalivo je poměrně vysoká a činí 40 Kč/litr neuvolněné biosložky. Biopaliva a biosložky i nadále musí splňovat kritéria udržitelnosti, což znamená, že celkové emise skleníkových plynů vzniklé během životního cyklu, musí být nižší než u fosilních paliv

(benzínu nebo nafty). Výrobce, dovozce nebo prodejce biopaliva musí dodržení kritérii prokázat certifikátem udělený autorizovanou osobou. V současnosti se smějí používat v dopravě pouze biopaliva a biosložky, které mají emise skleníkových plynů minimálně o 35 % nižší než běžná fosilní paliva, a to znamená, že za celý životní cyklus dosahují hodnotu nižší než 54,5 g CO<sub>2</sub>/MJ. Pro příklad methylester řepkového oleje (MEŘO) má standartní hodnotu kritéria 38 %, takže během jeho životního cyklu je vyprodukováno 52 g CO<sub>2</sub>/MJ skleníkových plynů. Od 1.1 2017, se pro biopaliva a biosložku kritérium úspory emisí zvyšuje na 50 %, z čehož vyplývá, že výrobci využívající standartní způsob výroby biopaliv, budou muset prokázat, že skutečné emise z jejich výrobního procesu jsou nižší a kritérium úspory min. 50 % dosahují. V opačném případě pak budou muset vylepšit technologii nebo změnit suroviny nebo v nejhorším případě technologii zastavit. Výrobní zařízení, která zahajují výrobu po 1.1 2017, musejí podle směrnice RED od 1.1 2018 vyrábět biopaliva a bio kapaliny s úsporou emisí min. 60 %.

Čistá biopaliva a složky v směsných palivech jsou v ČR podle zákona o spotřebních daních č. 353/2003 Sb. osvobozeny od spotřební daně. Je stanoveno, že za rok 2014 je nutné snížit emise skleníkových plynů o min. 2 % za rok 2018 již o 4 % a za rok 2021 o 6 %. Aby bylo možné splnit požadavky pro rok 2018 respektive 2021, muselo by se množství biosložek s kritériem 50 % zvýšit o hodnoty uvedené v tabulce 1. Z této tabulky vyplývá, že s běžnými biosložkami by se nejenže významně zvýšily náklady, ale i cena paliv.

Palivo	Relativní snížení emisí	
	4 %	6 %
Motorové benzíny	11,5 % biosložky	16,8 % biosložky
Motorové nafty	8,7 % biosložky	12,9 % biosložky

Tab. 1 Obsah biosložek v motorových palivech odpovídající směrnici RED 2009/28/EC (11)

Řešením jak dosáhnout daných požadavků je jen v použití vyspělých biopaliv s vysokým kritériem udržitelnosti. Tato však nejsou na trhu, jejich technologie výroby nejsou v ČR zavedeny a tak nelze počítat se zavedením v krátkém časovém horizontu. Souhrnně řečeno, zákonem o ochraně ovzduší se uzákonily požadavky, které sice vyplývají z evropské směrnice, ale jejich naplnění neodpovídá reálným možnostem současného průmyslu. (11)

## 2.2. Alternativní paliva

Aby bylo možno alternativní paliva nazývat alternativními, musí nahrazovat automobilový benzín nebo motorovou naftu. U klasických pístových spalovacích motorů lze tento druh paliv použít několika způsoby, podle kterých se rozlišují nutné požadavky na palivo z hlediska konstrukce motoru.

První způsob je použití alternativního paliva bez jakékoli úpravy spalovacího motoru, palivové soustavy nebo zásahu do konstrukce vozidla. Aby bylo těchto požadavků dosaženo, kladou se na takové palivo vysoké nároky. Podobnost mezi konvenčním palivem musí být velice vysoká a velice důležité je, aby toto palivo minimálně ovlivňovalo vlastnosti spalovacího motoru. Rovněž by mělo splňovat podmínku libovolného stupně mísitelnosti s palivem, kterým je nahrazováno. Například použití motorové nafty a paliva s obsahem methylesterů řepkového oleje, použití emulgované nafty – emulze s obsahem 85 % motorové nafty, 13 % vody a 2 emulgačních činidel, které zajistí velmi malou velikost rozptýlené vody. U zážehového motoru se pak lze setkat se směsí ethanolu a benzínu.

Druhý způsob využití alternativního paliva pro spalovací motor je podmíněno potřebnou úpravou motoru. Tyto úpravy mohou být jednoduché, ale i složitější například kvůli instalaci další palivové soustavy. Mezi paliva, která vyžadují jednoduchou úpravu motoru, se řadí čistý methylester řepky olejné (MEŘO). Aby motor správně fungoval, je nutné pouze seřídit chod spalovacího motoru. Změna oproti továrnímu nastavení vznětového motoru spalující naftu není zásadní a motor může dokonce vykazovat lepší provozní a emisní parametry.

Složitější úpravy motoru vyžadují plynná paliva, u kterých je nutno nainstalovat řídicí jednotku, která se s využitím stávající jednotky a jejich snímačů stará o spalování alternativního paliva. Dále je nutné přidat další palivovou nádrž a úprava hlav válců, do kterých se vestavují zapalovací svíčky. To znamená, že vznětový motor je přestavěn na zážehový. Takto upravené motory jsou poté schopny fungovat na LPG, CNG nebo bioplyn. Nevýhodou je částečné zmenšení prostoru pro zavazadla, ve kterém se nachází náhradní palivová nádrž. Bioplyn je v současnosti používán převážně pro pohon stabilních motorů, využívaných pro výrobu elektrické energie. (2)

### 2.3. Bioethanol

Historicky výroba ethanolu ze zemědělských produktů a jeho následného použití v automobilové dopravě není tak velká novinka. Hojně se tento druh paliva využíval před druhou světovou válkou. Úpadek přišel po ovládnutí ropných polí. Znovu objevený zájem přišel až v osmdesátých letech díky zvýšení ceny ropy. V současné době se bioethanol využívá jako příměs do benzínu v několika koncentracích.

Podle ČSN EN 228 do benzínu lze přidávat do 10 obj. % a směs spalovat v neupraveném zážehovém motoru. Dále lze používat ve speciálně upravených motorech, kde se využívá vysokoprocentních směsí E85 (85 % bioethanol a 15 % benzín). Flexi-fuel vozidla jsou schopna míchat biopaliva a benzín v libovolném poměru. Další možnost jak využít bioethanol je směs E95 (95 % bioethanol a 5 % adetiva) používaná pro vznětové motory. (5)

Mezi základní charakteristiky bioethanolu patří vysoké oktanové číslo (107). Aby mohl motor fungovat, je nutné zvětšit dávky paliva z důvodu nízké výhřevnosti, s čímž souvisí zvýšení spotřeby paliva (u paliva E85 přibližně o 36 %). V současné době již každý větší výrobce dodává vozidla s označení FFV (Flexi Fuel Vehicle). Vozidla jsou nastavena, tak aby mohla fungovat na libovolnou směs benzínu a E85. Nevýhodou bioethanolu je nižší cetanové číslo (8) a jeho použití ve vznětovém motoru vyžaduje motorovou úpravu. Aby se bioethanol vznítil, je nutné zvýšení kompresního poměru na hodnotu 23 a výše a zvětšit dávkování pohonné kapaliny. Mezi další úpravy se řadí adetivace bioethanolu o složky, které podporují vznícení paliva. Toto palivo nese označení E95. V motorech které jsou upraveny na palivo E95, již není možno spalovat motorovou naftu.

K výrobě bioethanolu se používají suroviny, které obsahují jednoduché cukry nebo látky přeměnitelné na jednoduché cukry, jako je celulóza a škrob. Biomasy pro výrobu bioethanolu lze rozdělit do tří základních skupin:

- biomasa obsahující jednoduché cukry,
- biomasa s obsahem škrobu,
- biomasa lignocelulósová.

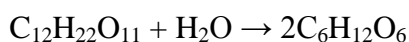
Biomasa skládající se z jednoduchých cukrů nebo škrobu v současné době představuje jedinou surovinu, z které je vyráběn bioethanol komerční cestou. Mezi plodiny, které se využívají pro výrobu lze uvést kukuřici, uplatňující se převážně v USA a cukrovou

třtinu, která se využívá v Brazílii. V České republice se využívá pro výrobu bioethanolu převážně obilí a cukrová řepa. (4)

Do budoucna se počítá s výrobou bioethanolu z lignocelulózové biomasy, která představuje perspektivní zdroj. Produkce by se mohla vyšplhat až na 492 miliard litrů bioethanolu za rok, což by bylo přibližně 16krát víc než současná světová produkce. Mezi další odpadní materiál se řadí rýžová sláma, jejíž roční produkce představuje 721 milionů tun a je rozvážena takřka po celém světě. Tímto ohromným množstvím rýžové slámy by bylo možno ročně vyprodukovat až 205 miliard litrů bioethanolu, čímž by se stala největším zdrojem pro výrobu bioethanolu. (1)

### 2.3.1. Výroba bioethanolu z biomasy obsahující jednoduché cukry

Výroba bioethanolu z cukrové třtiny nebo řepy je jednodušší, jelikož tyto suroviny obsahují sacharózu, která se pomocí následujícího vztahu 1 přeměňuje na jednoduché cukry, a ty se dále dají snadno oddělit a fermentovat.



Vztah 1 Výroba bioethanolu - přeměna na jednoduché cukry (4)

Před fermentací je cukrová třtina nebo řepa rozmělněna, cukry jsou odděleny pomocí vypírky vodou. Odpadem po zpracování je dužina a melasa. Následuje kvašení ve fermentoru, jak lze pozorovat ve vztahu 2, při kterém jsou vzniklé sacharidy zkvašovány kvasinkami na oxid uhličitý a bioethanol. (7)

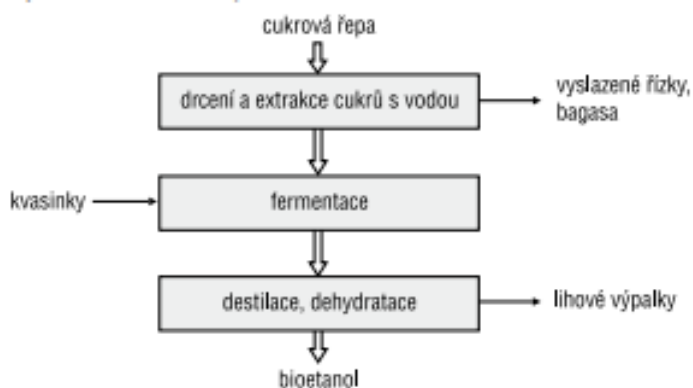


Vztah 2 Výroba bioethanolu – zkvašování sacharidů na bioethanol (4)

Pro správný průběh kvašení je zapotřebí dodržet vhodné pH (4 – 6) a dostatečnou teplotu okolního prostředí (27 – 32°C). Hraniční obsah ethanolu v kvasící zápaře je považováno 12 až 13 % objemových, experimentálně lze dosáhnout hodnoty až 24 % objemových.

Další fází výroby bioethanolu je proces destilace, při které dochází k oddělení destilátu a destilačního zbytku, jak je popsáno na obr. 1. Následující rafinace je zaměřena na odstranění vedlejších produktů fermentace, které mohou působit na jednotlivé součásti palivového systému automobilu. Výsledkem je tzv. rafinovaný bioethanol, který obsahuje

maximálně 95,5 % hmotnosti bioethanolu a zbytek tvoří voda. Je to dáno tím, že bioethanol s vodou tvoří směs o konstantním bodu varu, kterou nelze již destilací oddělit. Jelikož obsah vody je hlavním kvalitativním znakem palivového bioethanolu, je nutné použít další metody k dosažení co nejmenšího stopového zastoupení vody. V současné době se nejčastěji k odvodnění využívají molekulární síta. (4)



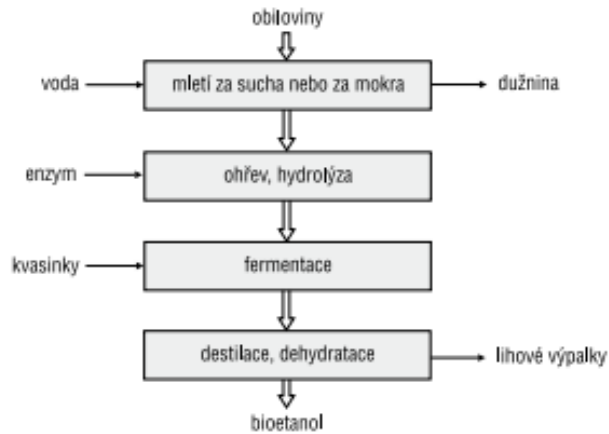
Obr. 1 Schéma výroby bioethanolu z biomasy obsahující jednoduché cukry (17)

### 2.3.2. Výroba bioethanolu z biomasy obsahující škrob

Přestože je nejvýhodnější plodinou pro výrobu kvasného lihu v ČR cukrová řepa, dává se přednost obilovinám. Důvodem k získávání bioethanolu jsou především relativní zemědělská nenáročnost, zavedená technologie sklizně a skladování a také vznikající přebytky. (7)

Prvním krokem výroby bioethanolu z obilovin je mechanická předúprava obilného zrna. Provádí se za mokra nebo za sucha. Díky tomu se surovina zpřístupní pro působení enzymů. Jako odpad vznikají vláknité slupky zrn a stébla. Jako další krok výroby se řadí příprava zápar. Při tomto procesu dochází k nabobtnání a zmazovávání zrn škrobu. Škrob je postupně převáděn působením kyselé hydrolýzy nebo enzymů na zkvasitelné sacharidy (glukóza). Následuje kvašení ve fermentoru, které probíhá v podobných podmínkách jako u výroby bioethanolu z biomasy obsahující jednoduché cukry. Také závěrečné úpravy surového bioethanolu (destilace, dehydratace) jsou shodné. Na následujícím obr. 2 je znázorněno schéma výroby bioethanolu z biomasy obsahující škrob. (4)

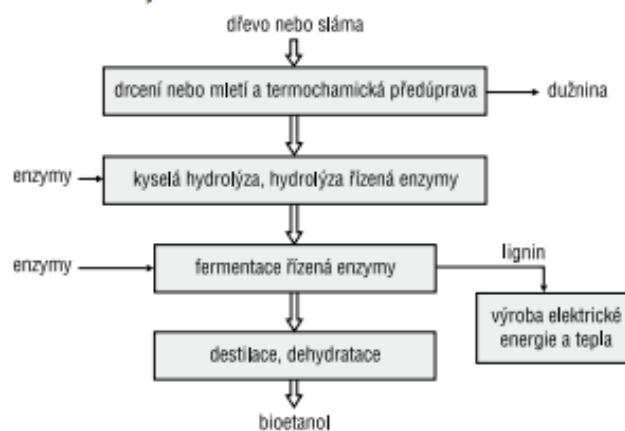




**Obr. 2 Schéma výroby bioethanolu z biomasy obsahující škrob (17)**

### 2.3.3. Výroba bioethanolu z lignocelulóзовé biomasy

Výroba bioethanolu z lignocelulóзовé biomasy je poměrně složitá. V současnosti je předmětem intenzivního výzkumu a komerční využití se předpokládá v rozmezí 10-15 let. Proces přeměny lignocelulóзовé biomasy na bioethanol, jak je znázorněno na obr. 3, je nejčastěji zahajován za využití hydrolyzy biomasy na jednoduché fermentovatelné cukry, která je mnohem obtížnější než hydrolyza škrobu u biomasy pro biopaliva I. generace. Jako nejvíce použitelným typem se zdá být kyselá hydrolyza a hydrolyza pomocí enzymů. (4)



**Obr. 3 Schéma výroby bioethanolu z biomasy z lignocelulóзовé biomasy (17)**

## 2.4. Rostlinné oleje a jejich estery

Rostlinné oleje a jejich estery se získávají lisováním olejních semen. Na území Evropy je to převážně řepka olejná a v tropickém a subtropickém pásmu palmový olej. Spalné teplo  $40,6 \text{ MJ.kg}^{-1}$  u řepkového oleje je poněkud nižší, ale v celku srovnatelné s motorovou naftou. Další parametry jako viskozita, bod vzplanutí však naznačují, že přímé použití v běžném naftovém motoru není proveditelné.

Viskozitu lze snížit zahříváním oleje a vhodnou úpravou průtokových poměrů vstřikovacích trysek. Hlavní problém však vyplývá z tvorby poměrně velkých kapek oleje a jeho nízké schopnosti odpaření. To má za následek tvorbu karbonu, který může ve velmi krátké době (50 až 100 hmt) u motoru s přímým vstřikováním znehybnit první, případně i druhý pístní kroužek s následným zadřením motoru. Střední průměr kapičky vstříkované do spalovacího prostoru při zahřátí na  $90^\circ\text{C}$ , je o cca 80 % větší než u běžné motorové nafty. Velikost kapek může být ovlivněna povrchovým napětím, proto je vhodné použít vhodná aditiva. Tato aditiva napomáhají snížení povrchového napětí kapaliny.

Čistý rostlinný olej se v současnosti využívá jen minimálně, a to ve speciálních motorech. Dnes již existuje řada firem, které nabízí možnost přestavby na řepkový olej. Jedná se převážně o dvoupalivové systémy, které používají na rozběh a doběh klasickou motorovou naftu, nebo neupravené rostlinné oleje jako palivo v Elsbettově duotermickém motoru. Tento typ motoru je chlazen pouze motorovým olejem, jehož píst má korunu vytvořenou z litiny. Na dně pístu je vytvořena kulová spalovací komora, jejíž stěna dosahuje teploty  $550\text{-}650^\circ\text{C}$ , což umožňuje odpaření kapiček vstříknutého oleje. (3)

Esterifikací odlišných druhů olejů jsou vyráběny methylestery mastných kyselin. Podle užitého oleje jsou označovány následujícími zkratkami:

- RME (Raps-methylester) – methylester řepkového oleje MEŘO,
- SME (Sunflower-Methylester) – methylester slunečnicového oleje,
- SOME (Soya-Methylester) – methylester ze sojových bobů,
- FAME (Fatty-acid-Methyl-Ester) – methylester z mastných kyselin,
- VUOME (Vaste Used Oil-Methylester) – methylester z použitých fritovacích olejů.

V České republice lze směs motorové nafty a MEŘO rozdělit na dva typy podle obsahu MEŘO v motorové naftě.

- Směsná motorová nafta – česká legislativa stanovuje minimální množství MEŘO na 30 % hm. Palivo má zákonem daný obsah 31 objemových procent methylesteru řepkového oleje a definovanou kvalitu podle normy ČSN 656508,
- Směs motorové nafty – přídavek MEŘO do 7 % objemu.

Při mísení motorové nafty a MEŘO, je z technického hlediska zajištěno bezproblémového použití v motorech a palivových soustavách. (7)

#### 2.4.1. Výroba methylesteru řepky olejné

Vstupní surovinou při výrobě methylesteru řepkového oleje je řepkový olej, který je získáván lisováním řepkových semen. Ve velkých výrobnách se olej lisuje za teploty 80 až 90 °C. V prvním fázi se provádí lisování kontinuálními šnekovými lisami, čímž se získá přibližně 50 % obsahu oleje. V dalších krocích jsou výlisky dopravovány do extraktoru, kde se pomocí organických rozpouštědel získává velká část zbytkového oleje. Následnou destilací se odděluje rozpouštědlo, které je recyklováno. Vzniklý olej je potřeba dále rafinovat, jelikož obsahuje velké množství rozpustných příměsí, jako např. sloučeniny fosforu, stopy kovů a síry. Po rafinaci má olej kvalitu oleje jedlého. Jako odpad vzniká tzv. filtrační koláč, ale protože disponuje vysokým obsahem proteinů, je dále využíván jako krmivo.

Na rozdíl od velkých závodů se v malých olej získává lisováním za studena tzv. bez předehřevu olejnatých semen i bez následné extrakce. Díky tomu je v oleji méně rozpustných příměsí a zároveň odpadá nutnost následné rafinace. Jako odpad vznikají řepkové výlisky s obsahem 10 až 15 % zbytkového oleje. Tyto výlisky mají stejné využití jako filtrační koláč, tedy jako složku krmných směsí. (4)

Methylester řepkového oleje vzniká chemickou reakcí triglyceridů rostlinného oleje při využití katalyzátorů. V prvním kroku se musí v ethanolu rozpustit daný katalyzátor, který obvykle bývá hydroxid draselný nebo sodný. Tato směs látek se s rostlinným olejem dávkuje do uzavřeného reaktoru k transesterifikaci. Reakční teplota se pohybuje v rozmezí 50 až 80°C a reakční doba se pohybuje mezi 1 až 8 hodinami. Po dokončení tohoto děje následuje oddělení glycerolu od methylesterů. Jelikož oba vzniklé produkty obsahují methanol, je nutné je oddělit. Oddělený methanol je dále recyklován. Methylester řepkového oleje zbavený methanolem je nutno promýt teplou vodou a odstranit tak zbytky katalyzátoru a mýdel. Konečný proces je oddělení vody. (4)

## 2.5. Skladování a distribuce bionafty a bioethanolu

Bionafta a její směsi s klasickou motorovou naftou se vyznačují horší odolností vůči změnám při déle trvajícím skladování. Výsledkem těchto změn je vznik úsad. Situace se ještě více zkomplikuje, když se do systému dostane voda. Ta napomáhá růstu mikrobů, kteří podporují tvorbu kyselých kalů ucpávajících palivové filtry stejně jako vzniklé úsady. Z toho vyplývá, že toto palivo nelze dlouhodobě skladovat ani přepravovat pomocí potrubního systému.

V úvahu přicházejí dvě varianty distribuce, a to doprava přímo z terminálu výrobce do maloobchodní sítě nebo oddělená doprava složek a následné promíchání palivových směsí. K podobným problémům jako při déletrvajícím skladování může dojít při delší odstavce vozidla s tímto palivem v nádrži. (8)

U bioethanolu je situace ještě komplikovanější. Ve skladovacích ani přepravních systémech nesmí být obsažena voda. I malé množství vody má totiž za následek, že směs ethanol-benzín se rozdělí na dvě fáze, přičemž ethanol přechází do vodné fáze a zhorší se kvalita paliva. Ethanol napomáhá přechodu malého množství vody do směsi. Tyto částičky vody mohou mít následně negativní vliv na kovové i nekovové materiály palivového ustrojí. Stejně jako u bionafty je vyloučena distribuce potrubím a je nutné dodržovat obdobný postup. (1)

## 2.6. Bioplyn

Aby bylo možné získat bioplyn, musí dojít k metanogennímu kvašení organických látek. Mezi nejčastěji využívané organické látky k tomuto druhu kvašení se používá chlévská mrva, prasečí kejta nebo odpady z městských čistíren (kalový plyn). Bioplyn se skládá ze směsi plynů: 55-75 % metan, 25-40 % oxid uhličitý a 1-3 % ostatní plyny (dusík, vodík a sirovodík). Tento druh paliva lze použít převážně pro pohon stabilních motorů, využívaných pro výrobu elektrické energie. Mezi nevýhody se řadí nestabilní produkce plynu, jelikož anaerobní fermentační procesy potřebují ideální teplotu okolo 40°C a v zimních měsících je potřeba část energie obětovat k vytápění fermentoru. Problémem u bioplynů je jejich čistota, která zásadně ovlivňuje životnost motorů. Čištění je velice nákladné, a proto je zde snaha nahradit spalovací motor, který je srdcem kogenerační jednotky, Stirlingovým motorem,

u něhož probíhá vnější spalování. Nedochozí zde ke kontaktu produktu spalování a kontaktních ploch válce, a proto nezáleží na čistotě bioplynu. (3)

### **3. Konstrukce spalovacích motorů**

Spalovací motory se rozdělují podle působení spalin na pístové, lopatkové a tryskové. Pro pohon automobilů se používají nejčastěji pístové spalovací motory, které při daném výkonu mají nejmenší hmotnost, jsou okamžitě provozuschopné a mají dobrou účinnost. Nevýhodou pístových spalovacích motorů je především jejich velká hlučnost a vytváření škodlivých výfukových plynů. (10)

#### **3.1. Definice spalovacího motoru**

Spalovací motor je tepelný stroj, který díky spalování paliva získává tepelnou energii a pomocí vhodného plynného media ji převádí na mechanickou práci. Energie plynného media je využívána buď jako potenciální energie (tlak spalin) u spalovacích motorů pístových, nebo energie kinetická (rychlost proudu spalin) u spalovacích turbín. (3)

#### **3.2. Pracovní oběhy**

V současnosti je u automobilů nejvíce rozšířen čtyřdobý motor. Je charakterizován tím, že cyklus se skládá ze čtyř zdvihů pístu. Píst ve spolupráci s ventilovým rozvodem zajišťuje cyklus výměny směsi ve válcích motoru. To platí pro spalovací motory s přímočarým vratným pohybem pístu. U tohoto typu motoru se píst pohybuje mezi horní a dolní úvratí. Vzdálenost mezi horním a dolní úvratí se nazývá zdvih a doba pohybu mezi úvratěmi je takt. Tlaková energie vzniklá při hoření směsi působí na horní díl pístu a výsledná síla, která při tom vznikla, je přenášena ojnicí na klikovou hřídel. Na klikové hřídeli vzniká točivý moment, který je dále pomocí převodovky a rozvodovky přenášen na hnaná kola. Čtyřtaktní proces, využívaný nejčastěji v moderních automobilech, se skládá ze čtyř zdvihů, tedy ze dvou otáček klikové hřídele. Jednotlivé takty tohoto procesu se nazývají sání, komprese, expanse a výfuk.

Uvedený proces se nazývá pracovním oběhem. Je to kruhový děj, který se periodicky opakuje a má stále stejný průběh. Lze jej popsat jako závislost tlaku na objemu během pracovního oběhu. Průběh je stanoven pomocí měření tlaku ve válcích v závislosti na poloze pístu nebo na čase od začátku oběhu. Tento kruhový děj ovšem vyžaduje obnovení počátečních tepelných, tlakových a objemových podmínek. Toho se dosahuje výměnou shořelých plynů za novou náplň.

Při kruhovém ději čtyřdobého pracovního oběhu jsou pro mechanickou práci motoru podstatné jen tlakové změny a s nimi spojené změny objemové. Produkce tepla a stavové změny pracovního média, směsi paliva se vzdušným kyslíkem, probíhají tak, aby práce vzniklá během expanze byla větší, než práce potřebná k výměně a kompresi náplně. (2)

### **3.3. Vznětový motor**

Název vznětového motoru je odvozen od toho, že se směs paliva ve válci samovolně vznítí vlivem zahřátí plynu způsobeného stlačením. Jako palivo je ve vznětovém motoru využívána motorová nafta. Vznětový motor musí odolávat vyšším tlakům než motor zážehový. Je proto těžší, má vyšší účinnost (38-50 %) a točivý moment. Pro tyto charakteristiky je často využíván k pohonu velkých a těžkých vozidel. V poslední době je kvůli nižší spotřebě a větší životnosti oproti benzínovému motoru využíván i v osobních automobilech. (10)

#### **3.3.1. Palivová soustava vznětového motoru**

Podle použitého systému vstřikování se palivové soustavy liší, ale základ je podobný. V současné době se nejvíce využívají soustavy se vstřikováním Common Rail, které využívá přímého vstřiku paliva do spalovacího prostoru. Mezi základní komponenty palivového ústrojí vznětového motoru se řadí:

- Palivová nádrž

Palivová nádrž slouží k uskladnění paliva. Nádrž musí být odolná vůči korozi a musí zaručovat těsnost při dvojnásobku provozního tlaku, tedy přetlaku nejméně 0,03 MPa. Vzniklý přetlak musí být schopný samočinně unikat vhodnými otvory nebo pojistnými

ventily. Při průjezdu zatáčkami, náklonech nebo nárazech, nesmí palivo unikat uzávěrem nádrže nebo ze zařízení pro vyrovnávání tlaku. Na výrobu palivových nádrží se využívá několik druhů materiálů. Nádrže z ocelového plechu jsou zevnitř i vně opatřeny protikorozní vrstvou, dále se vyrábějí nádrže z hliníkových slitin a z plastu.

- Palivové potrubí

Pro část s nižším tlakem mohou být využívány kromě kovových trubek také pružná vedení se ztíženou hořlavostí, opatřená kovovou výztuží. Musí být provedena tak, aby bylo zabráněno mechanickému poškození a aby se odpařující nebo odkapávající palivo nemohlo shlukovat a vznítit. Palivové potrubí nesmí být ovlivňováno při své funkci zatáčením vozidla, vibracemi a pohybem motoru nebo jinými podobnými vlivy. Veškeré díly, které slouží k vedení paliva, musí být tepelně chráněny proti teplu narušující provoz. U autobusu je například nutné se vyvarovat umístění palivového potrubí v prostoru řidiče a cestujícího. Palivo se nesmí dopravovat samospádem.

- Palivový filtr pro vznětové motory

Díly vstřikovací soustavy vznětových motorů jsou vyrobeny s vysokou přesností a jsou velmi citlivé i na nejmenší nečistoty, které by se mohly v palivu nalézat. Palivový filtr snižuje znečištění pevnými částicemi, a brání tak erozi působením pevných částí. Dále odlučuje emulgovanou a volnou vodu, a brání tak korozi. Palivový filtr musí být přizpůsoben danému vstřikovacímu systému.

- Palivové čerpadlo

palivové čerpadlo nasává palivo z palivové nádrže a dopravuje ho dále do vysokotlakého čerpadla. U radiálních a axiálních rotačních vstřikovacích čerpadel a částečně také u systému Common Rail je palivové čerpadlo součástí vysokotlakého čerpadla. Pro před dodávku paliva se u Common Rail systému stále více využívají elektrická palivová čerpadla (EKP). Elektrické čerpadlo se většinou dodává v provedení intank (vestavěné v palivové nádrži) nebo provedení inline (vestavěno v palivovém potrubí v přívodu k vysokotlakému čerpadlu). Elektrická palivová čerpadla mají oproti dříve používaným podávacím čerpadlům s mechanickým pohonem jisté výhody, související s jejich vlastnostmi při startování za tepla, prvním spouštění a opakovaném spouštění a zároveň funkční přednosti při nižších teplotách paliva. (4)

### 3.3.2. Vstřikování paliva

Neustálé snižování limitů plynných a pevných škodlivin ve výfukových plynech vede výrobce k vývoji vstřikovacích systémů s co nejvyššími vstřikovacími tlaky a vysokou variabilitou vstřikování. Právě variabilita průběhu mnoha vstřiků během jednoho procesního cyklu je jednou z příčin, proč je dnes nejvíce využíván systém Common Rail. Lze obtížně odhadovat vývoj další generace tohoto systému, který klade mimořádné nároky na čistotu paliva, diagnostiku a servis. Je jasné, že současné snahy o využitelnosti rostlinných olejů ve vznětových motorech, najdou odezvu v dalším vývoji modifikací systému Common Rail. Kromě tohoto nejmodernějšího systému jsou v palivových soustavách využívány i tyto další systémy: (14)

- řadová vstřikovací čerpadla,
- rotační čerpadla,
- sdružená vstřikovací jednotka UIS (unit injektor systém),
- sdružená vstřikovací systém UPS (unit pump systém),
- vstřikovací systém s tlakovým zásobníkem – systém Common Rail.

U vstřikování s tlakovým zásobníkem Common Rail je odděleno vstřikování a samotné vytváření tlaku. Vstřikovací tlak je vytvářen a regulován vysokotlakovým čerpadlem nezávisle na otáčkách a vstřikovaném množství. Tlak je připraven pro vstřikování v zásobníku tlaku. Tento tak nabízí maximální flexibilitu při procesu vstřikování paliva. Pro jednotlivý válec motoru je vestavěn vstřikovač. Vstřiku se dosáhne otevřením vysokotlakého elektromagnetického ventilu. Okamžik a množství jednotlivého vstřiku je vypočítáno pomocí elektronické řídicí jednotky. (3)

Jeden z hlavních přínosů systému Common Rail u vznětových motorů je v tichosti chodu, úspornosti paliva a plnění emisních limitů. Jak vysokotlaké čerpadlo tak hlavně vstřikovač nejen dopravuje palivo do válce pod vysokým tlakem, ale jsou rovněž palivem mazány. Vzhledem k malým průřezům regulačních částí a malých otvorů trysek jsou pro provoz palivového systému nežádoucí jakékoli nečistoty, zbytky benzínu nebo vody a rostlinných olejů, které vytvářejí lepkavé a karbonové úsady. Proto se výrobci k používání alternativních biopaliv vyjadřují obezřetně. (14)



### **3.4. Zážehový motor**

Čtyřdobé zážehové motory (rovněž nazývané benzínové) jsou používány převážně k pohonu osobních automobilů a motocyklů. Zážehové se nazývají proto, že palivo ve válci je zažehnuto jiskrou pomocí zapalovací svíčky. Jedná se o nejrozšířenější motor na světě, využívaný nejen v dopravě. Jeho účinnost se pohybuje okolo 30 %, ale za pomoci přeplňování lze tuto účinnost zvýšit až na 35 %. (10)

#### **3.4.1. Palivová soustava zážehového motoru**

Aby byly dodrženy podmínky pro spolehlivé zažehnutí a správný průběh hoření u zážehových motorů, je nutné vytvořit buď homogenní směs palivových par se vzduchem, nebo směsi vrstvené tak, aby bohatost směsi mezi elektrodami zapalovací svíčky v okamžiku přeskočení vysokonapěťového výboje umožnila její zažehnutí. Z hlediska regulace režimu motoru je nutné správné odměření množství paliva a vzduchu tak, aby byla zachována požadovaná hodnota přebytku vzduchu  $\lambda$ . U lehce odpařitelných paliv (benzín, alkoholy) se směs paliva se vzduchem tvoří pomocí karburátoru, vstřikováním paliva do sacího potrubí nebo přímo do válce motoru. (3)

#### **3.4.2. Vstřikování paliva**

Vstřikování lehkoodpařitelných paliv u zážehových motorů není záležitost týkající se pouze posledních let. Již na začátku vývoje spalovacích motorů mělo své uplatnění u leteckých motorů, u kterých kromě požadavků dobrého rozprášení paliva plnilo i další náležitosti, související s optimalizací provozu. Dávkování paliva by nemělo být závislé na tlaku vzduchu, zemské gravitaci nebo poloze motoru. Mezi první sériově vyráběná vozidla s přímým vstřikem paliva od firmy Bosch byly vozy Gutbrod Superior 600 a Goliath 700 GP. Jednalo se o malé vozy s dvoutaktním motorem. Využitím přímého vstřikování paliva se dosahovalo značné úspory paliva, ve volnoběžných režimech až 50 %. Obě vozidla byla k dostání i v karburátorovém provedení. Při porovnání těchto dvou variant bylo zjištěno, že díky vstřikování paliva došlo k úspoře paliva o 20 % a ke zvýšení výkonu také o 20 %. Také legendární okřídlený Mercedes 300 SL byl vybaven přímými vstřiky od firmy Bosch. V roce

1967 zavedla firma Bosch systém D-Jetronic, a tím byl zahájen nástup systému Jetronic. V roce 1973 byly zavedeny systémy L a K-Jetronic, které byly charakteristické již velmi přesnými vstřiky paliva a schopností krátké reakční doby při přechodných režimech. První systém s  $\lambda$ -sondou a třícestným katalyzátorem byl zaveden v roce 1976. První digitální jednotka řízení motoru s integrací vstřikování a zapalování (systém Motronic) se objevil v roce 1979. V roce 1982 byl tento model doplněn o elektronicko-mechanický systém dávkování paliva (KE-jetronic). V roce 2000 firma Bosch přichází se systémem přímého vstříku do válců. (3)

#### 1) Podle způsobů dávkování paliva

- Pulsní vstřík – při každém pracovním cyklu vstřikovací ventil odměří jednou nebo dvěma dávkami potřebné množství paliva do sacího potrubí před sací ventil. Jednotlivá dávka se reguluje délkou vstříku. Tento proces je řízen mikroprocesorem, který provádí korekce pro různé pracovní režimy motoru.
- Sekvenční vstřík – časovaný vstřík před sací ventil do jednotlivých válců v posloupnosti s pořadím zážehů. Impulzy vstříku jsou řízeny v závislosti na frekvenci zapalovacích impulsů (L-, LH-jetronic, LE).
- Kontinuální vstřík – neustálé dodávání paliva do sacího systému. Regulace dávky lze provést buď změnou tlaku, nebo častěji regulací průtočného průřezu dávkovacího zařízení v závislosti na průtočném množství vzduchu (K-, KE, Jetronic)
- Jednobodový (centrální) vstřík – dávkování paliva do sacího potrubí v místě společném pro všechny válce motoru, obvykle využíváno u startovacích vstřikovacích ventilů, později samostatný systém Mono motronic.
- Vícebodový vstřík – samostatné vstřikovací ventily pro každý válec, dávka paliva je odměřována přes sací ventil do potrubí, někdy také přímo do válce.

#### 2) Podle způsobu uspořádání regulačního obvodu

- Otevřený – směšovací poměr se nastavuje elektronickou řídicí jednotkou s naprogramovaným  $\lambda$ -polem, tato jednotka podle aktuálního režimu zatížení a otáček podává impulzy akčním členům pro korekci dávky paliva.
- Uzavřený – aby bylo možno dosáhnout výrazného snížení škodlivých exhalací ve výfukových plynech (CO, HC, NO<sub>x</sub>) se používá regulační obvod s třícestným katalyzátorem výfukových plynů a  $\lambda$ -sondou, která zajišťuje dodržení součinitele přebytku vzduchu v úzkém rozmezí v okolí hodnoty 1.

3) Podle způsobu dopravy paliva do spalovacího prostoru

- přímý vstřík,
- vstřík do sacího kanálu (nepřímé vstříkování),
- vstřík do sacího potrubí (nepřímé vstříkování).

#### **3.4.2.1. Přímé vstříkování paliva**

V současné době veškeré moderní zážehové motory využívají přímého vstříkování paliva. Motory s přímým vstříkováním benzínu vytváří směs paliva se vzduchem v prostoru, kde se směs následně spaluje. Otevřeným sacím ventilem proudí v době sání jenom vzduch nutný k hoření směsi. Palivo je vstříkováno přímo do spalovacího prostoru pomocí vstříkovacích ventilů. Vysoké nároky, které jsou kladeny na škodlivé emise a šetření paliva společně s vyřešením technických problémů přímého vstříkování, vedou k jeho značnému rozšíření mezi vstříkovacími systémy zážehových motorů

Mezi základní komponenty se řadí tlakový zásobník, vysokotlaké čerpadlo, ventil pro řízení tlaku, snímač tlaku v tlakovém zásobníku a vysokotlaký vstříkovací ventil.

- Tlakový zásobník

Tlakový zásobník má za úkol ukládat palivo dodávané vysokotlakým čerpadlem a dělit je mezi vysokotlaké ventily. Objem tlakového zásobníku musí být dostatečný k vyrovnání pulsací palivového okruhu. Tlakový zásobník se vyrábí z hliníku. Provedení zásobníku (objem, rozměry, hmotnost atd.) závisí na daném motoru a použitém systému. V tlakovém zásobníku jsou přípojky pro další komponenty vstříkovacího systému (ventil pro řízení tlaku, snímač vysokého tlaku, vysokotlaké čerpadlo, vysokotlaké vstříkovací ventily). Konstrukce vysokotlakého zásobníku zaručuje těsnost.

- Vysokotlaké čerpadlo

Vysokotlaké čerpadlo má za úkol stlačovat palivo, dodávané elektrickým palivovým čerpadlem s podávacím tlakem mezi 0,3-0,5 MPa v dostatečném množství, na tlak potřebný pro vysokotlaký vstřík, tedy 5-12 MPa. Při startování motoru je palivo jako první vstříknuto pod podávacím tlakem. Po zvýšení otáček motoru se vytvoří vysoký tlak.

Pulsace vytvořené vysokotlakým čerpadlem musejí být co nejmenší, aby se jednoduše odstranily v tlakovém zásobníku. Čerpadla vytvářející vysoký tlak musí být chlazena a mazána palivem, aby se dopravované palivo nemohlo smísit s mazivem. Na výběr je několik typů vysokotlakých čerpadel. Například radiální pístové čerpadlo se třemi válci HDP1. Pomocí vačkového hřídele motoru je poháněn hnací hřídel s excentrem, který zajišťuje pohyb pístu nahoru a dolů. Při pohybu pístu směrem dolů proudí palivo pod dodávacím tlakem 0,3-0,5 MPa z palivového vedení dutým pístem přes vstupní ventil až do válce. Při pohybu pístu nahoru se tekutina stlačuje. Při dosažení dostatečného tlaku se automaticky otevře výstupní ventil a palivo je dopravováno k vysokotlaké přípojce. Při použití tří válců pootočených o 120° se dosáhne malé zbytkové pulsace v tlakovém zásobníku. Dopravované množství je přímo úměrné otáčkám. Maximální dodávané množství je o něco menší než maximální spotřeba, aby bylo bezpečně dosaženo dostatečné množství a aby bylo ohřívání paliva v zásobníku udržováno na nízké úrovni. Ventil pro řízení tlaku odpouští nepotřebné palivo a směřuje je do zpětného vedení.

- Ventil pro řízení tlaku

Ventil pro řízení tlaku je umístěn mezi tlakovým zásobníkem a nízkotlakou částí vysokotlakého čerpadla HDP1. Tímto ventilem se nastavuje požadovaný tlak v tlakovém zásobníku změnou průtočného průřezu tak, že palivo, které je dodáno pomocí HDP1 navíc, dopravuje do nízkotlakého okruhu. Signál modulovaný šířkou impulsu ovládá cívku. Kulička se nadzdvihne ze sedla ventilu a mění podle potřeby průtočný průřez ventilu. Ventil pro řízení tlaku elektrické energie je zavřený, aby i během výpadku elektrického řízení byl zajištěn dostatečný tlak v tlakovém zásobníku. Aby nemohlo dojít k nepřípustně vysokému tlaku a porušení součástí je zde aktivní funkce k omezení tlaku.

- Snímač tlaku v tlakovém zásobníku

Snímače tlaku v tlakových zásobnících u systému MED-Motronic mění tlak paliva uvnitř tlakového zásobníku paliva. Přesnost dosažení předepsaného tlaku paliva v zásobnících má velký vliv na emise škodlivých látek ve výfukových plynech, hlučnost a výkon motoru. Tlak paliva je nastavován v regulačním okruhu. Případné nepřesnosti od požadované hodnoty jsou pomocí ventilu pro řízení tlaku vyrovnány. Povolena tolerance pro tento snímač je minimální. Při měření v hlavní pracovní oblasti vzniká chyba menší než 2 % měřicího rozsahu. Snímač tlaku systému MED-Motronic je velice podobný snímání tlaku u systému Common Rail. Jádrem snímače tvoří ocelová membrána, na které se nacházejí

tenzometrické rezistory v můstkovém propojení. Měřicí rozsah snímače je závislý na tloušťce membrány. Jestliže měřený tlak působí na jednu stranu membrány, změní roztažené rezistory na základě prohnutí membrány (cca. 20 $\mu$ m při 150 MPa) svůj odpor. Napětí vzniklé v můstku je propojovacími vodiči vedeno k vyhodnocovacímu obvodu ve snímači. Tím je zesílen signál můstku a vede jej k řídicí jednotce, kde je vypočítán tlak díky uložené charakteristice.

- Vysokotlaký vstřikovací ventil

Vysokotlaký vstřikovací ventil znamená, rozhraní mezi spalovacím prostorem a tlakovým zásobníkem. Hlavním úkolem je dávkovat palivo a jeho rozprášením dosáhnout cíleného promíchání se vzduchem v definované oblasti spalovacího prostoru. V závislosti na požadovaném režimu je palivo koncentrováno v okolí zapalovací svíčky nebo rovnoměrně rozprášeno v celém spalovacím prostoru. Vysokotlaký vstřikovací ventil je tvořen sedlem ventilu, jehlou trysky s kotvou, pružinou a cívkou. Proud, který prochází skrz cívku, vytváří elektrické magnetické pole. Jehla ventilu je zvedána ze sedla ventilu proti síle pružiny a uvolňuje výstupní otvor ventilu. Z důvodu rozdílných hodnot tlaků v tlakovém zásobníku a spalovacího prostoru válce je palivo vytlačováno do spalovacího prostoru. Při přerušení proudu se jehla ventilu zatlačí zpět do sedla a průtok paliva se zastaví. Rychlé otevření ventilu zajišťuje konstantní průřez otvoru, a zavírá se proti tlaku v tlakovém zásobníku. Vstřikované palivo je tedy závislé na velikosti tlaku v tlakovém zásobníku proti tlaku ve spalovacím prostoru a době otevření ventilu. Pomocí vhodně zvolené geometrie trysky na hrotu ventilu lze dosáhnout velmi dobrého rozprášení paliva. Vstřikováním paliva přímo do spalovacího prostoru, lze dosáhnout vyššího tlaku paliva a podstatně kratší čas, který je k dispozici k dopravení paliva do spalovacího prostoru. Při přímém vstřikování je k dispozici mnohem méně času. Při homogenním provozu se musí palivo vstřikovat již při sání. To znamená, že pro vstřikování vychází pouze polovina otáčky klikové hřídele. Při hodnotě 6000 otáček/min to odpovídá době vstřiku 5 ms. Mezi další výhodou přímého vstřiku se řadí snížení spotřeby ve volnoběhu oproti vstřikování do sacího potrubí. (3)

### **3.5. Materiály využité v jednotlivých částech palivového systému**

Volba správného materiálu pro fungování jednotlivých komponentů, je jedním z hlavních aspektů celkového fungování palivové soustavy. Současné materiálové vybavení

musí mít vyšší odolnost vůči teplotám, tlakům a agresivním vlivům různých druhů paliv. V následujících kapitolách jsou popsány nejčastěji využívané kovové a nekovové materiály, ze kterých jsou sestaveny jednotlivé komponenty palivového ústrojí.

### 3.5.1. Části palivového systému – plast, elastomer

Komponenty palivového systému musí odolat vlivu biopaliv, vysokým teplotám a mechanickému napětí po celou životnost stroje. Nicméně, biopaliva mohou být značně agresivní vůči elastomerům a plastovým komponentům použitých v palivovém systému (palivové hadičky, těsnění, O-kroužky, palivové potrubí, ventily a vymežovací vložka) mohou způsobit degradaci, ztrátu těsnicí síly a eventuálně i poruchu systému.

Paliva s obsahem ethanolu hlavně působí na hydrocarbonové pryže, jako např. nitril kaučuk, a tím mohou způsobit nestabilní emise a ztráty paliva. Bionafta je také agresivní vůči PVC, nitril kaučukům a dalším kaučukům široce využitých v palivovém ústrojí vznětového motoru. (6)

Kaučuk, jako surovina, je charakteristický neobvyklou kombinací fyzikálních vlastností (vysoká elasticita při malé tvrdosti a mimořádně velká tažnost). Látky, které vykazují kaučukové vlastnosti při normální teplotě, se nazývají elastomery. Právě kaučuky, resp. guma je používán jako materiál na těsnicí prvky motorů. Nejvíce se k přípravě gumy odolné vůči bobtnání používá butadien-akrylonitrilový kaučuk (NBR). Vyrábí se s různým obsahem akrylonitrilu (ACN). Kopolyméry s menším obsahem ACN odolávají olejům, uhlovodíkům a tukům. Kopolyméry s vyšším obsahem ACN mají nižší bobtnání v kapalinách aromatických a v chlorovaných uhlovodících. Všeobecně se přechází ke kopolymerům, které jsou polymerizované za studena. Mají lepší mechanické vlastnosti, především zpracovatelnost a větší odolnost proti vulkanizaci. Se stoupajícím obsahem ACN se zlepšuje odolnost gumy vůči bobtnání, zhoršuje se však odolnost vůči nízkým teplotám.

Odolnost pryžových směsí závisí podle toho, jaký druh kapaliny se využívá a podle podmínek působení. Jedním z kritérií odolnosti gumy proti účinkům minerálních olejů je i stupeň nabobtnání v oleji, který je určený při specifických podmínkách. Nejmenší odolnost, kdy je stupeň nabobtnání vyšší jak 100 % mají kaučuky s uhlovodíkovým řetězcem. Polárnější polymery jsou odolnější jako např. CR, NBR a nejvyšší odolnost mají kaučuky na bázi flourkaučuku. (10)

Jako příklad těsnicích prvků lze uvést O-kroužky. O-kroužky jsou těsnicí prvky kruhového průřezu, používané především k těsnění kapalin a plynů. Pro dosažení těsnicího účinku je nutné stlačit kruhový profil kroužku, opřeného v drážce. O-kroužky jsou univerzální těsnicí prvky, jelikož jsou jednoduché. Těsní oboustranně, nevyžadují velký zástavbový prostor a snadno se montují. (15)

Příklad materiálů O-kroužků:

- pryž NBR 3158 a 31582 pro pohyblivé spoje tvrdost 75 – 85 ShA, rozptyl použitelných teplot od -30°C do +80. Max tlak 10 MPa. Vhodný pro benzín, naftu, petrolej a oleje,
- polyuretanová pryž PU 8159 pro spoje pohyblivé a nepohyblivé: vysoká tvrdost až 90 ShA, rozptyl použitelných teplot od -30°C do +80°C. Kvůli vysoké tvrdosti se vyznačuje nízkou trvalou deformací. Vhodná pro oleje a benzíny,
- fluorkaučuková pryž FPM 80 (Viton) tvrdost 80 ShA, rozptyl použitelných teplot od -20°C do +200°C, střední mech. vlastnosti odolný vůči agresivním chemikáliím. (15)

Těsnění a O-kroužky nejsou jediné komponenty vyráběné na bázi polymeru. Současně využívané palivové hadice jsou primárně určené pro běžná paliva (benzín, nafta). Univerzální hadice pro paliva a oleje jsou používána v nízkotlakých i vysokotlakých palivových systémech a jsou vyrobeny z PVC, pryže NBR a jiných. Mohou být vyztuženy syntetickým kordem nebo vnějším ocelovým opletem nebo spirálou. Nejmodernější hadice by měly být schopny odolat vysokému tlaku, teplotám a agresivnímu prostředí biopaliv. Na trhu je k dostání velká škála typů hadic, určených pro specifické podmínky a úkoly (silikonové hadice, kompozitní hadice, nylonové hadice). (12)

### 3.5.2. Části palivového systému – kov

Stejně jak pryžové a plastové komponenty, tak i kovové příslušenství palivového systému musí odolávat agresivnějšímu prostředí biopaliv. Mezi tyto části lze zařadit (palivové čerpadlo, vstříkovací trysky, kovové části tlakového regulátoru paliva, kovové části palivové nádrže, části palivového filtru, palivové hadice, kovové spojky). Jednotlivé části musí odolávat jak vlivu biopaliv, tak i vysokým teplotám a tlakům.

Také některé kovy mají negativní vliv na vlastnosti biopaliv. Mosaz, bronz, měď, olovo, cín a zinek mohou urychlovat oxidaci paliv a v reakci s komponenty paliv mohou

tvorit nerozpustné gely a sraženiny. Doporučují se koncovky z hliníku, nerezi nebo uhlíkové oceli bez galvanizace. V dalších kapitolách lze pozorovat, jaký vliv mají biopaliva na jednotlivé materiály a zda využívání biopaliv má negativní efekt na materiálovou konstrukci spalovacích motorů.

#### **4. Vliv biopaliva na materiálovou konstrukci spalovacího motoru**

S ohledem na rostoucí využití biopaliv je problém volby správného materiálu velmi důležitý. O celkovém vlivu biopaliv na materiálovou konstrukci se vedou rozsáhlé debaty. V různých diskuzích se lze dočíst hodnocení samotných uživatelů, kteří využívají biopaliva ve vlastních vozech. Někteří tvrdí, že při dlouhodobém užívání biopaliv nejsou patrné jakékoli známky poškození a jiní zase tvrdí, že po ujetí 10 tisíc km byli nuceni vyměnit kompletní těsnění a palivové filtry. Faktem je, že některé firmy vynaložily nemalé finanční prostředky na výzkum biopalivům odolným materiálu, zejména částem pryžovým a plastovým.

V následujících kapitolách bude zkoumán vliv palivových směsí využívaných v zážehových, tak i ve vznětových motorech na samotné konstrukční materiály (pryž, plast, ocel, měď, hliník a jiné). Tyto materiály se ve velké míře nacházejí v komponentech palivového systému a tím pádem bude možné říci, jaký vliv mají biopaliva na části palivového systému.

##### **4.1. Vliv Bioethanolu na kovy**

Bioethanol zpracovaný z biomasy představuje jednu z alternativních náhrad automobilového benzínu v dopravě. V důsledku používání takto upravených směsí na bázi bioethanolu jsou kladeny vysoké nároky na materiálovou kompatibilitu a odolnost, které mohou být limitujícím faktorem pro jejich využívání.

Pro test jsou připraveny lihobenzínové směsi E10, E40, E60, E85 a E100, které byly uměle kontaminovány vodou a stopovým množstvím chloridu, síranu, kyselinou sírovou a kyselinou octovou jako zdroje možného znečištění. Korozní vlastnosti těchto paliv byly testovány na oceli, mědi, hliníku a mosazu ve statické a posléze i dynamickém systému kov-palivo. Všechny tyto druhy kovů se ve velké míře nacházejí v jednotlivých komponentech spalovacího ústrojí, a přichází do neustálého kontaktu s biopalivem. Z hmotnostních úbytků



kovového materiálu v závislosti na čase lze stanovit korozní účinky jednotlivých paliv na daný kov.

V ČR jsou využívány automobilové benzíny s obsahem ethanolu do 5 % obj. a také biopalivo E85. Tato paliva se řídí normou ČSN EN 228 a ČSN EN 65 6512. V důsledku zavádění čistých a směsných paliv jsou nároky na kvalitu a materiálovou kompatibilitu vysoké. Ethanol určený pro mísení s benzínem může obsahovat max. 0,3 % hm. vody, 0,007 % hm. kyselých látek a 20 mg/kg chloridu. Obsah těchto látek může být také ukazatelem korozních vlastností paliva. Zvýšená korozivita paliva je dána schopností alkoholu vázat vodu ve směsích. Korozivní účinky se projevují především na kovových součástech palivové soustavy a vnitřních částech motoru (palivové potrubí, čerpadlo, stěny válců). S rostoucím zastoupením ethanolu se snižuje kompatibilita jednotlivých materiálů. Benzíny s obsahem ethanolu do 10 % obj. by těmito problémy neměly být vůbec zasaženy.

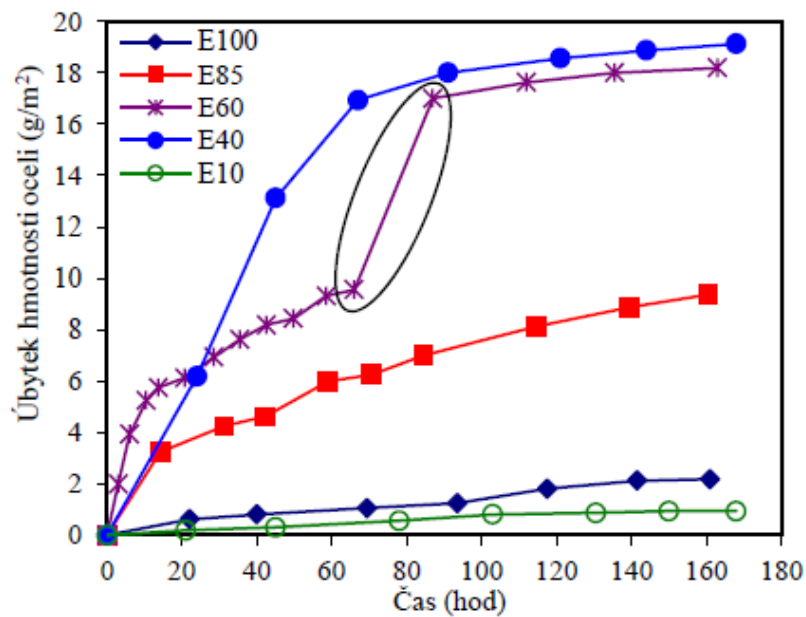
Obavy veřejnosti z negativního korozního působení motorových paliv obsahujících biosložky na palivový i výfukový systém a motor stále představují jeden z hlavních faktorů, které brání většímu využití těchto paliv v běžném provozu. (16)

#### **4.1.1. Dynamické testování**

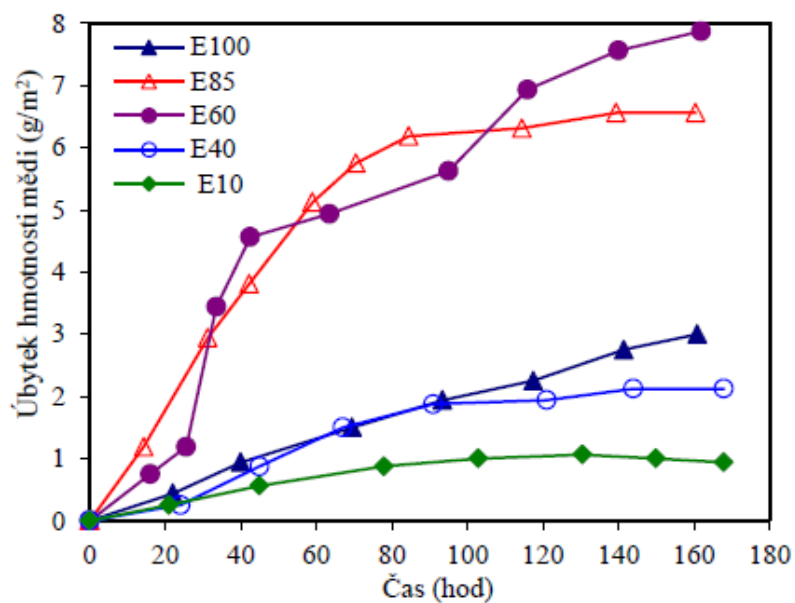
Aby bylo dosaženo prostředí, které nejvíce připomíná palivový systém, byla využita průtočná aparatura dynamického korozního testování a oxidační stability paliv. Aparaturou cirkuluje 500 ml paliva a průtoku 0,5 l/hod. a přitom palivem probublává vzduch o průtoku 2-3 ml/min. Palivo v aparatuře je temperováno na 40 °C za účelem urychlení korozních reakcí.

Kovové vzorky umístěné na závěsu v ohříváné části byly vyjímány, v časových intervalech opláchnuty acetonem a etanolem a posléze zváženy na analytických vahách. Z hmotnostního úbytku v závislosti na čase byla vypočtena korozní rychlost v jednotkách  $\mu\text{m}/\text{rok}$ . U paliv bylo před a po testu stanoveno číslo kyselosti a peroxidové číslo, které poskytuje informace o vlastnostech korozního prostředí.

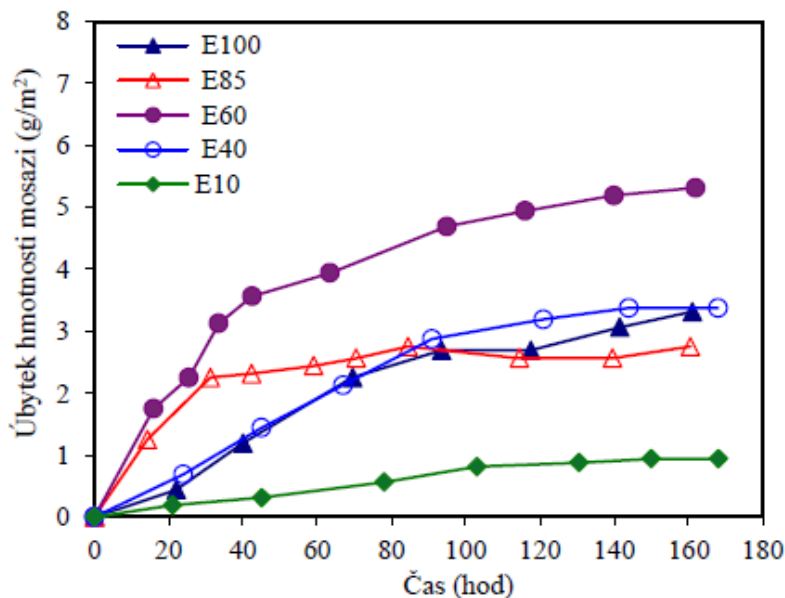
Korozní působení bioethanolových směsí na vybrané konstrukční kovové materiály (ocel, mosaz, měď) za dynamických podmínek přehledně dokumentují dále přiložená grafy na obr. 4, 5 a 6. Na těchto grafech jsou uvedeny časové závislosti hmotnostního úbytku vůči ploše testovaných kovových materiálů.



Obr. 4 Časová závislost úbytku hmotnosti vztaženého k ploše vzorku oceli v kontaminovaných palivech E10 až E100 při dynamickém testu (16)



Obr. 5 Časová závislost úbytku hmotnosti vztaženého k ploše vzorku mědi v kontaminovaných palivech E10 až E100 při dynamickém testu (16)



Obr. 6 Časová závislost úbytku hmotnosti vztaženého k ploše vzorku mosazi v kontaminovaných palivech E10 až E100 při dynamickém testu (16)

Z výše uvedených obr. 4, 5 a 6, je dobře patrné, že intenzita korozního působení těchto směsí na kovové materiály není přímo úměrná nárůstu obsahu ethanolu ve směsi, resp. obsahu rozpuštěné vody v palivu. Nejmenší hodnoty i časové gradienty hmotnostních úbytků ve všech případech lze nalézt u paliva E10. Čistý ethanol E100 k překvapení při dynamických testech nepatří k nejvíce problémovým. Z hlediska potenciálního korozního působení se zdají jako nejvíce problémové směsi E40 a E60, a to především ve styku s ocelí. V případě mědi a mosazi se významně negativně vyznačuje palivová směs E85.

Zajímavý je průběh časové závislosti úbytku oceli u paliva E60, kdy je patrné, že úbytek nejrychleji narůstá prvních 6 hodin a následných 60 hodin již jen pozvolna roste. Tento průběh lze vysvětlit počáteční pasivací oceli v důsledku přítomnosti vzdušného kyslíku, který znásobil vznik ochranné povrchové vrstvy tvořené oxidy železa. Z obr. 4 je patrné, že po 66 hodinách byla ochranná vrstva zřejmě porušena působením kyselých látek.

Vypočtené korozní rychlosti pro všechny tři testované kovové materiály a různá složení směsí jsou k porovnání v tab. 2. Nejvyšší hmotnostní úbytek a tedy nejvyšší korozní rychlost byla naměřena v prostředí kontaminovaného paliva E60, kde je nejvíce ohrožena ocel. Korozní rychlost je přibližně 2,5x vyšší než u mědi a 4x vyšší než v případě mosazi, která prokázala největší korozní odolnost. Zajímavé je, že v případě paliva E10 je ustálená korozní rychlost u všech kovů poměrně stejná. Nutno dodat, že testované směsi lze považovat za extrémní paliva s vysokým obsahem vody a kyselých kontaminantů, se kterými se

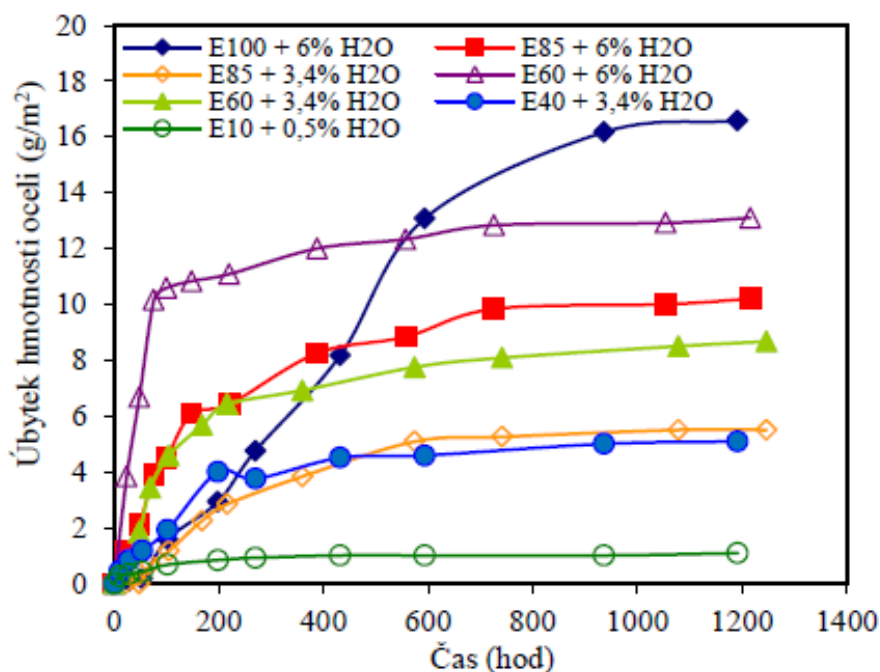
v běžném provozu nepřijde do styku, pokud budou dodržovány normované postupy při skladování a manipulaci. (16)

Palivo	Korozní rychlost ( $\mu\text{m}/\text{rok}$ )		
	Ocel	Měď	Mosaz
E10 + 0,5 % H <sub>2</sub> O	6,2	5,5	5,7
E40 + 3,4 % H <sub>2</sub> O	126,9	12,4	20,5
E60 + 6 % H <sub>2</sub> O	124,4	47,5	33,4
E85 + 6 % H <sub>2</sub> O	65,1	40,9	17,5
E100 + 6 % H <sub>2</sub> O	15,1	18,2	21,0

Tab. 2 Porovnání ustálené korozní rychlosti mosazi, mědi a oceli v jednotlivých palivech (16)

#### 4.1.2. Statické testování

Statické testování proběhlo jako doplňující metoda k dynamickému testu. Podstatou testu je ponechání kovového materiálu po určitou dobu ve zkoumaném vzorku při určitém poměru mezi objemem zkoumaného vzorku a plochou kovového materiálu. Touto metodou byla testována kontaminovaná paliva na oceli, mědi a mosazi. Kovové vzorky byly vyjímány v časových intervalech a váženy na analytických vahách, po opláchnutí acetylenem a etanolem. Z časové závislosti hmotnostních úbytků byla vypočtena korozní rychlost. Časové závislosti korozních úbytků oceli v kontaminovaných palivech, které byly testovány statickou metodou, lze nalézt na obr. 7. Vypočítané korozní rychlosti oceli, lze nalézt v tab. 3. Z výsledků je zřejmé, že k dosažení rovnováhy palivo-kov při statických testech byla k zapotřebí doba 1200 hodin (přibližně 10x větší než u dynamického testování).



Obr. 7 Časová závislost úbytku hmotnosti, vztáženého k ploše vzorku oceli při statickém ponorovém testu (16)

Jak je z obr. 7 patrné, nejvyšší nárůst úbytku oceli v krátkém čase (80 hod.), vykazuje palivo E60. U kontaminovaného paliva E100 docházelo k pozvolnému nárůstu korozní rychlosti, která byla po dobu 50 hodin téměř nulová. Toto lze vysvětlit pasivací oceli, při které nebyl naměřen téměř žádný úbytek oceli. U paliv E40 a E60 s obsahem 3,4 % obj. vody a kontaminované směsi E10 byl zaznamenán nárůst úbytku oceli v čase cca 200 hodin od počátku testu. V případě paliva E85 s 3,4 % obj. vody nastalo ustálení v čase 600 hodin od startu testu a u paliva E85 s 6 % obj. vody, až v čase 800 hodin. Rozdíl v průběhu u těchto dvou paliv byl v počátku průběhu koroze u směsi E85 s obsahem vody 3,4 obj., kdy byla počáteční korozní rychlost nízká po dobu trvání 50 hodin. To lze vysvětlit pasivací oceli podobně jako u paliva E100.

Z tab. 3 je zřejmé, že nejvyšších úbytků a korozní rychlosti bylo docíleno u kontaminovaného paliva E100. Dalším palivem, které vykazuje vyšší korozní rychlost, je palivo E60 s 6 % obj. vody. Je třeba konstatovat, že korozní rychlosti v případě statického experimentu jsou výrazně nižší než v případě dynamické zkoušky. (16)

Palivo	Korozní rychlost oceli (μm/rok)
E10 + 0,5 % H <sub>2</sub> O	0,5
E40 + 3,4 % H <sub>2</sub> O	2,4
E60 + 3,4 % H <sub>2</sub> O	3,9
E60 + 6 % H <sub>2</sub> O	6,1
E85 + 3,4 % H <sub>2</sub> O	2,5
E85 + 6 % H <sub>2</sub> O	4,8
E100 + 6 % H <sub>2</sub> O	7,8

Tab. 3 Korozní rychlosti oceli v ustáleném stavu naměřená v kontaminovaných palivech (16)

#### 4.1.3. Porovnání čísla kyselosti a peroxidového čísla na jednotlivých materiálech

Nejnižší hodnoty čísla kyselosti byly naměřeny v kontaminovaných palivech testovaných na oceli a hliníku. Toto lze vysvětlit spotřebou kyselých látek při korozi a pasivaci těchto materiálů. Při testování paliv na mědi a mosazi nedochází ke spotřebě kyselých látek v takové míře jako v případě hliníku a oceli. Při porovnání hodnot čísla kyselosti paliv před a po experimentu byl nejvyšší pokles čísla kyselosti u kontaminovaného paliva E60 a E40 u oceli a hliníku. Tento pokles čísla kyselosti mohl být způsoben větší spotřebou kyselých látek při vyšší korozní rychlosti.

Nižší peroxidové číslo bylo naměřeno u paliv testovaných na mosazi a mědi. Peroxidy mohou tvořit s mědí komplexní sloučeniny a napomáhat rozpouštění mědi v palivu. V případě paliv testovaných na hliník a oceli bylo naměřeno vyšší peroxidové číslo. (16)

#### 4.2. Vliv Bionafty na uhlíkovou ocel

Aby bylo možno zjistit vliv biopaliv na materiálovou konstrukci bylo zapotřebí porovnat běžnou automobilovou naftu se dvěma typy bionafty. První typ je methylester ze sojových bobů (SOME) a druhý typ je methylester slunečnicového oleje (SME). Paliva byla nejdříve ochlazená na -90 °C a poté ohřáta na 20 °C.

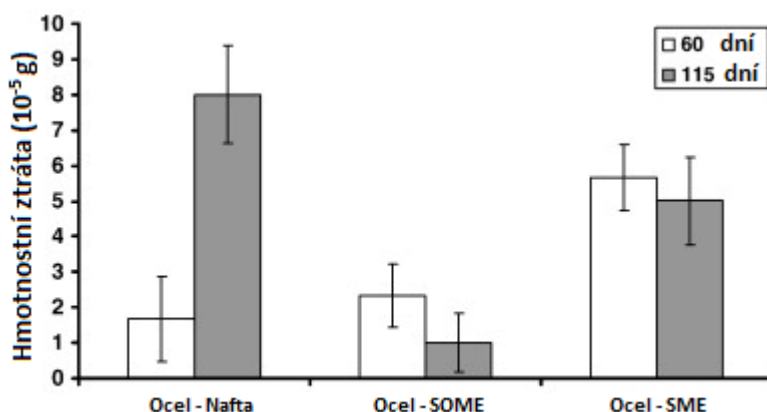
Testovaným materiálem byla uhlíková ocel (ASTM A36). Testovaný vzorek má tloušťku 4 mm a plochu 10 mm x 10 mm. Kovová plocha byla ošetřena brusným papírem

a následně byla provedena ultrasonická koupel v ethanolu. Posléze byl materiál očištěn acetonem a osušen vzduchem podle normy ASTM E3.

Testování proběhlo statickou formou, kdy jednotlivé vzorky byly umístěny na dně žlutě zbarvené nádoby obsahující 20 ml paliva, pod konstantní teplotou 60°C. Jednotlivé vzorky byly podrobně prozkoumány po časovém intervalu 60 a 115 dnech a následně prozkoumány několika testy (úbytek hmotnosti a porovnání optickým mikroskopem). (5)

#### 4.2.1. Statické testování

Obr. 8 ukazuje úbytek hmotnosti uhlíkové oceli po 60 a 115 dnech. Lze pozorovat, že časový rozestup je velmi podstatný u klasického naftového paliva. Naopak, hmotnost vzorků testovaných na bionaftu, se již po překročení 60 dnů nezměnila. Lze vyčíst, že SOME je více kompatibilní s uhlíkovou ocelí než běžná nafta a SME. Optické pozorování pod mikroskopem neprokázalo žádnou stopu po leptání povrchu oproti netestovanému materiálu.



Obr. 8 Úbytek hmotnosti na vzorku uhlíkové oceli po ponorném testu při použití tří paliv (14)

Tyto testy prokázaly, že bionafta způsobuje opačné stárnutí na rozdíl od ropné nafty. Vyšší degradace materiálu způsobena naftou, je pravděpodobně zapříčiněna výskytem nečistot v palivu. Uhlovodíky samy o sobě nezpůsobují korozi, ale přidané složky jako molekuly síry či výskyt vody v palivu může způsobit korozi. Tento jev pouze potvrzuje výsledky předchozího testu, kde paliva kontaminovaná vodou a jinými látkami byla méně kompatibilní s materiály, než paliva čistší. (5)

#### **4.2.2. Shrnutí**

Motorové benzíny s vysokým obsahem bioethanolu významně ovlivňují korozi železných a neželezných kovů, které s nimi přicházejí do styku. Nejvyšší korozní rychlost se projevila na oceli v kontaminovaných palivech E40 a E60 při dynamickém testu. Při statickém testu na oceli se projevila nejvyšší korozní rychlost u paliv E60 a E100. Při dynamickém testu na mědi a mosazi byla naměřena nejvyšší korozní rychlost u kontaminovaného paliva E60. Korozní rychlost zde byla ale mnohem nižší, než u oceli. Nejnižší korozní rychlost u oceli, mědi a mosazi byla při dynamickém testu zjištěna u paliv E10 a E100. Korozní rychlosti hliníku byly ve všech případech neměřitelné, zřejmě kvůli pasivaci hliníku. U hliníku byly pozorovány pouze povrchové změny v závislosti na obsahu etanolu, vody a anorganických látek.

Ukázalo se, že peroxidy mohou být hlavním korozním činidlem pro měď a mosaz. S rostoucím obsahem peroxidů v palivu bude stoupat i korozní rychlost mědi a mosazi. Naopak je to u paliv, která byla podrobena testu na ocel a hliník. Vznikající peroxidy se nespotřebovávají při korozi a dále oxidují na kyselé látky, které jsou hlavním korozním činitelem pro ocel a hliník. Nelze ale zapomínat, že testované směsi paliva byla extrémní paliva, se kterými se vůbec nepřichází do styku. A za poslední, nejhůře dopadly směsi (E40 a E60), které se na území ČR nevyskytují.

#### **4.3. Vliv biopaliv na elastomery**

Aby bylo dokázáno, jaký vliv mají biopaliva na kaučukové a plastové komponenty, bylo nutné provést testy jednotlivých biopaliv v porovnání oproti běžně prodávanému palivu na materiálech polymerového základu. Výběr testovaných palivových směsí je podrobně popsán na tab. 4. Tato paliva představují běžná automobilová paliva jak pro naftové tak i pro benzínové motory.



Testovaná paliva	složení
Nafta	EN590
B30	Nafta s 30% bionafty (RME)
E22	Fuel C s 22% ethanolu
E85	Fuel C s 85% ethanolu
FAM B	DIN 51604, 84,5 FAM A, 15% methanol, 0,5% voda

Tab. 4 Výběr biopaliv využitých v testu (9)

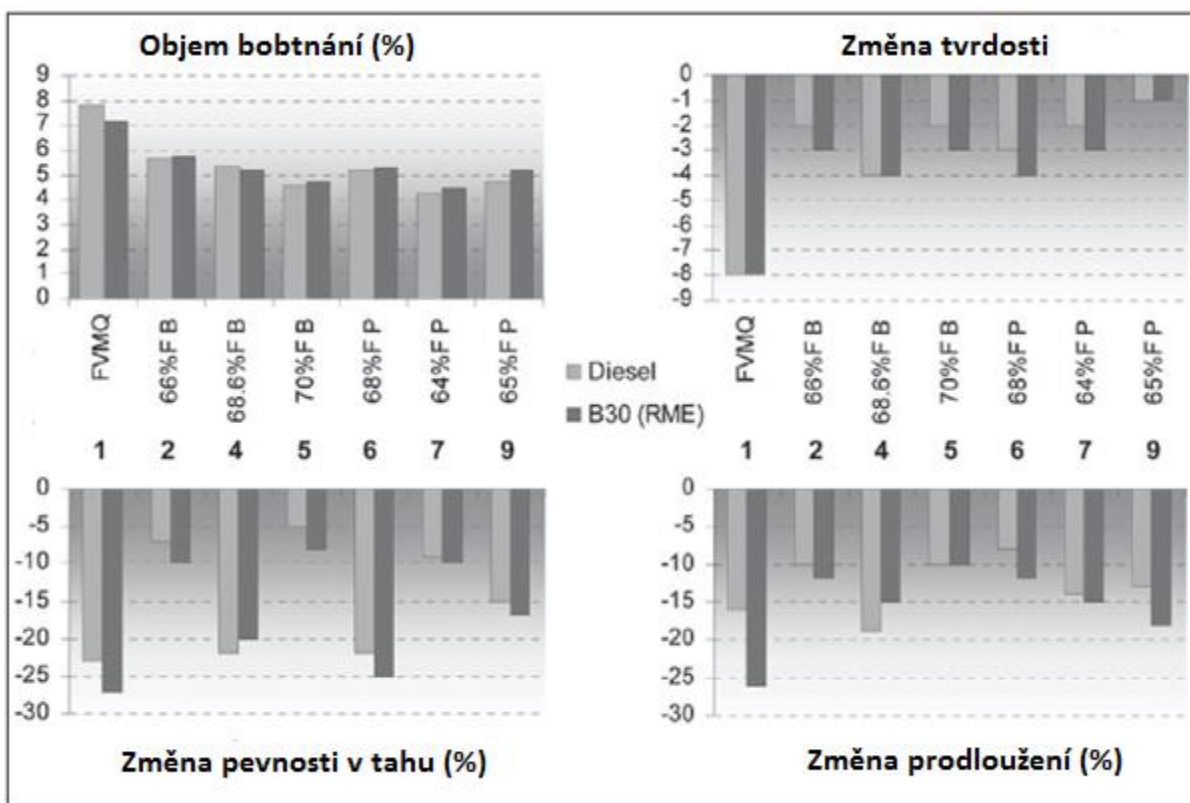
Použité testované materiály jsou podrobně popsány v tab. 5. Testované materiály o tloušťce 2 mm byly zahřáty po dobu 5 minut na teplotu 177 °C a následně v laboratorní peci vytvrzeny a nanesena ochranná vrstva fluoru. Kompatibilita jednotlivých materiálů s palivy byla zjištěna za pomoci využití urychlovačů v laboratorních podmínkách. (9)

číslo	popis	TR10 (°C)	Nafta	Benzín
1	FVMQ (floursilikon), využití: palivové konektory	-60	•	
2	FKM (flourcarbon)kopolymer, využití: palivové konektory	-15	•	•
3	FKM (terpolymer)66% F,bisfenol(B), využití: palivové vstřikovače	-18		•
4	FKM (terpolymer) 68,6% F,bisfenol (B), využití: čerpadlo	-13	•	
5	FKM (terpolymer)70% F,bisfenol (B) využití: palivové konektory	-7	•	•
6	FKM (tetrapolymer)68% F, peroxid (P), využití:čerpadlo	-16	•	
7	FKM (tetrapolymer)64% F,peoxid (P). využití: nízkotlaké palivové vstřikovače	-29	•	•
8	FKM (tetrapolymer)64% F,peoxid (P). využití: vysokotlaké palivové vstřikovače	-29		•
9	FKM (pentapolymer)64% F,peoxid (P). využití: vysokotlaké, nízkotepelné palivové vstřikovače	-40	•	•

Tab. 5 Popis jednotlivých materiálů využitých v testu (9)

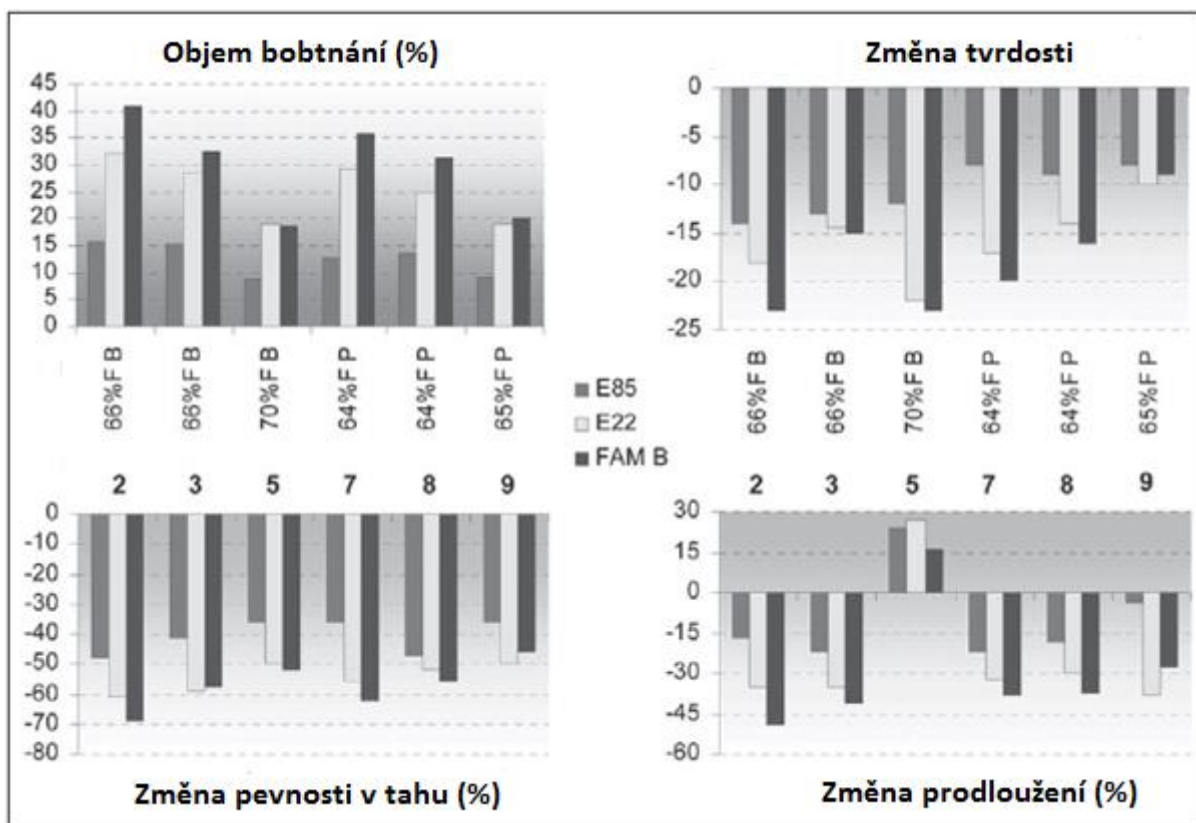
#### 4.3.1. Výsledky a diskuze

Výsledky testu pro vybrané materiály, které přišli do styku s běžným naftovým palivem a palivem B30 po dobu 336 hodin při teplotě 150°C lze nalézt na obr. 9. Odchytky úbytku jednotlivých materiálu u obou paliv jsou pod 10 %. Kromě toho, změna mechanické odolnosti a tvrdosti těchto materiálů se zdá dostatečně malá, aby bylo možné tyto materiály prohlásit za vhodné. Tyto testy ukazují, že všechny testované elastomery jsou vhodné pro palivo B30.



Obr. 9 Výsledky ponorného testu pro 7 elastomerů v naftě a B30 po 336 hodinách při 150 °C (9)

Obr. 9 ukazuje vliv biopaliv běžně využívaných v zážehových motorech. Test probíhal 168 hodin při teplotě 60°C. Na první pohled je zřejmé, že palivová směs E22 je agresivnější než směs E85. Dále tento test potvrzuje, že směs přibližně 25 % obj. ethanolu je jednou z nejagresivnějších směsí pro plastové komponenty palivového ústrojí. Nicméně směs obsahující 15 % obj. methanolu je dokonce ještě více agresivní než E22. Největší efekt byl u vytvrzených plastů s ochrannou vrstvou při testu objemového bobtnání. Ostatní testy prokázaly podobné výsledky. Horší výsledky byly celkově prokázány u zážehových motorů, jelikož benzínové motory pracují s vyššími tlaky. Test paliva E22 byl proveden pod tlakem 120 barů po dobu 168 hodin při teplotě 60°C. Výsledek můžeme nalézt na obr. 10 a nebyly nalezeny významné změny oproti testu při standardním atmosférickém tlaku. (9)



Obr. 10 Výsledky ponorného testu pro 6 elastomerů ve třech biopalivech po 168 hodinách při 60 °C (9)

#### 4.3.2. Testování pod zátěží

I když předchozí testy prokázaly, že vybraná biopaliva nezpůsobují neočekávané zhoršení jednotlivých plastových materiálů, dále je popsán problém kontaminace vodou u paliva B30 a důsledky rychlé dekomprese u O-kroužků při působení vysokého tlaku v palivovém systému.

Voda je běžným kontaminantem u běžně vyráběných vznětových motorů a jedním z hlavních důvodů je ukládání vody v palivové nádrži. Voda je podstatně více vázatelná u bionafty než u konvenční nafty. Výsledek ukazuje velké zhoršení u materiálů 2, 4 a 5 (viz tab. 5), které všechny byly ošetřeny vrstvou flourcarbonu. Bylo zjištěno, že vodný kontaminant způsobuje hydrolyzu esterů, a následnou tvorbu karboxylových kyselin. Ve spojení s oxidy kovů, způsobují zhoršení vlastností materiálu. Jediný flourosilikon, prokázal nejvyšší zhoršení (rozpadající se kousky) jakého lze dosáhnout. To dokazuje, jak je velice

důležité správně vybírat materiály, aby byly následně schopny pracovat při daných podmínkách. (9)

#### **4.3.3. Testování pod vysokým tlakem**

Dodávání paliva pod vysokým tlakem, je v současnosti nejrozšířenějším typem vstřikování. To přináší riziko náhlého poklesu tlaku v systému a vzniku dekompresního efektu. Efekt dekomprese byl testován na 2 materiálech (každý po 5 kusech) po dobu 168 hodin při teplotě 60°C. Materiály 7 a 8 (viz tab. 5) byly v neustálém styku s palivy (Fuel C a E22) pod tlakem. Po uplynutí 168 hodin byl tlak vyrovnán s atmosférickým tlakem a O-kroužky byly podrobně prozkoumány.

U běžného paliva Fuel C nedošlo k selhání ani u jednoho O-kroužku (materiál 7 viz tab. 5). U paliva E22 došlo k vnitřnímu prasknutí u všech testovaných kusů. Vyšší polarita a menší velikost molekul etanolu E22 způsobily vyšší bobtnání a značné snížení mechanických vlastností O-kroužků. Vše bylo také násobeno velikým dekompresním efektem. Pro srovnání O-kroužky z materiálu 8 byly testovány stejným způsobem ve styku s palivem E22. U tohoto materiálu nedošlo k vnitřnímu prasknutí ani jakémukoli poškození jako u materiálu 7 (viz tab. 5). Tyto dva materiály mají stejný základ polymeru, jenže materiál 8 byl specificky upraven na provoz v prostředí s rapidním dekompresním efektem. (9)

#### **4.4. Vliv biopaliv na plast**

V předchozí kapitole bylo zjištěno, jaký vliv mají biopaliva na elastomery, a dále bude popsán vliv biopaliv na plastové komponenty např. palivové nádrže, které jsou většinou vyrobeny z polyethylenu (PE). Polyethylen je termoplast a vzniká polymerací ethanu.

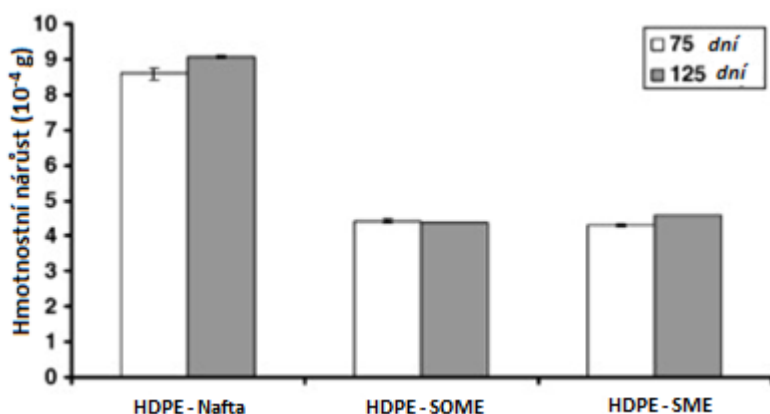
Termoplastový materiál bude podroben statické zkoušce 3 druhy paliva (ropná nafta, methylester ze sojových bobů a methylester slunečnicového oleje). Paliva byla nejdříve ochlazená na -90 °C a poté ohřáta na 20 °C.

Testovaným materiálem byl polyethylen s vysokou hustotou (HDPE). Testovaný vzorek má tloušťku 3 mm a plochu 20 mm x 20 mm. Vzorek polymeru byl očištěn v ultrasonické koupeli s tekutými detergenty a zředěn destilovanou vodou, a následně omyt samotnou destilovanou vodou a osušen. Testování proběhlo statickou formou, kdy jednotlivé

vzorky byly umístěny na dně žlutě zbarvené nádoby obsahující 20 ml paliva, pod konstantní teplotou 60°C. Jednotlivé vzorky byly podrobně prozkoumány po časovém intervalu 75 a 125 dnech a následně proběhlo několik testů (změna hmotnosti a porovnání optickým mikroskopem). (5)

#### 4.4.1. Výsledky

Na rozdíl od kovových vzorků, které pod vlivem paliv ztrácí svojí váhu, tak polymery prokazují hmotnostní nárůst, jak je možno pozorovat na obr. 11. V tomto případě, obě bionafty prokázaly stejný efekt na polymer. Při optickém zkoumání bylo patrné nažloutnutí materiálu způsobené ponořením materiálu do jednotlivých paliv. Oba testy prokázali určitý hmotnostní nárůst a barevné zbarvení, a to vypovídá o absorpčním jevu, který lze interpretovat jako bobtnání. Bobtnání je běžné u polymerů, převážně pak u elastomeru.



Obr. 11 Nárůst hmotnosti na vzorku HDPE po ponorném testu při použití tří paliv (5)

Testy prokázaly, že nárůst hmoty jednotlivých vzorků je velice malý, přibližně  $10^{-4}$  g, a že vzorky byli i po 75 dnech stabilní. Ropná nafta způsobila větší nárůst hmoty, tedy bobtnání, než biopaliva. Při zkoumání pod optickým mikroskopem, nebyl zaznamenán významný rozdíl mezi povrchy HDPE vzorků před a po ponorném testu. (5)

#### 4.4.2. Shrnutí polymerů

Jak z testů vyplývá, standartní laboratorní testy naznačují, že FKM elastomery a PE plasty jsou kompatibilní s biopalivy. Díky specifickému složení, jsou tyto polymery vysoce odolné vůči proměnlivému prostředí. Výhodou těchto materiálů je nízká objemová proměnlivost v kontaktu s biopalivy. Mechanické vlastnosti těchto materiálů zůstávají stále a velikost bobtnání je v přijatelné míře. Na druhou stranu, testy které simulují skutečné pracovní prostředí, prokazují odlišné výsledky oproti laboratorním podmínkám. (16)

Kontaminace vodou a jinými složkami u biopaliv je vysoce pravděpodobná a následný vznik karboxylových kyselin, které způsobují degenerativní efekt na oxidy kovu zahrnující fluorcarbonové materiály. Dalším problémem je vstřikování biopaliv pod vysokým tlakem a možnost vzniku dekompresního efektu. Výsledkem může být narušení sktruktury těsnění, O-kroužků a palivových trubic a dalších plastových nebo pryžových částí palivového systému, jelikož zatím všechny materiály nejsou dimenzovány pro biopaliva. (9, 13)

## 5. Závěr

Výzkumu alternativních paliv pro využití v moderních spalovacích motorech je v současnosti věnován velký důraz. To hlavně z důvodu hledání nových alternativních energetických cest a způsobů snižování koncentrace škodlivých plynů v ovzduší. Jedním z možných alternativních zdrojů jsou právě biopaliva, kterým se tato bakalářská práce věnuje.

Využití biopaliv po celém světě stále roste a není tomu jinak ani v České republice. Z legislativy je jasné, že do budoucna se počítá se stálým nárůstem přidávání rostlinných složek do ropných paliv, aby bylo možné dosáhnout plánovaného snížení skleníkových plynů v ovzduší. O celkovém efektu biopaliv se vedou rozsáhlé debaty a jejich budoucnost závisí na schopnosti a technické vyspělosti zpracování biopaliv II. generace.

V této práci byla popsána nejpoužívanější biopaliva pro dopravu a popsány technologie výroby. V České republice jsou prozatím k dostání převážně biopaliva I. generace vyráběná z potravinářské biomasy a proto je jim v této práci kladen větší důraz.

Jelikož se tato práce zabývá hlavně vlivem biopaliv na palivový systém, tak z tohoto důvodu byly podrobně popsány jednotlivé komponenty a materiálové konstrukce palivového systému jak zážehového tak i vznětového motoru.

Tato práce nezahrnovala experimentální část, proto bylo nutné využít výsledky již provedených výzkumů a testů kompatibility biopaliv a jednotlivých materiálů využitých v palivovém systému. Mezi testovanými materiály lze nalézt různé druhy kovových a nekovových materiálů od elastomeru a plastů až po měď a uhlíkovou ocel. Jednotlivé testy byly prováděny jak dynamickým tak i statickým zatěžováním jednotlivých zkušebních prvků. Testované vzorky byly zkoumány pod vlivem několika druhů biopaliv.

Z většiny testů vyplývá, že kompatibilita jednotlivých materiálů není převážně závislá na procentuální koncentraci biopaliva, ani na procentuálním zastoupení kontaminantů v palivu. Na druhou stranu kombinace vysokoprocenního biopaliva, které má vysoký obsah kontaminantů, většinou patřila mezi směsi nejvíce škodlivé. Z toho vyplývá, že při dodržení výrobních, skladovacích a distribučních norem a správné volbě materiálů je kombinace biopaliv a spalovacího motoru dlouhodobě provozuschopná.

Efektivní budoucnost pro biopaliva tkví, ve vytváření nízko objemových palivových směsí s obsahem biosložek do 10 %. Hlavním problémem vysoko procentních směsí je prozatím v ceně a náročnosti celkového procesu získávání biopaliv z potravinářské biomasy. Je také možné, že biopaliva v krátké budoucnosti úplně zaniknou, kvůli nedostatku zemědělské půdy vhodné pro pěstování biomasy.



## Použitá literatura

- (1) Biofuels. 1st pub. Editor Wim Soetaert, Erick J Vandamme. Chichester: Wiley, 2009, xiv, 242 s. Wiley series in renewable resource. ISBN 978-0-470-02674-8.
- (2) FERENC, Bohumil. Spalovací motory: karburátory, vstříkávání paliva a optimalizace parametrů motoru. Vyd. 3. Brno: Computer Press, 2009, 388 s. Auto-moto-profi (Computer Press). ISBN 978-80-251-2545-8.
- (3) HROMÁDKO, Jan. Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 296 s. ISBN 978-80-247-3475-0.
- (4) HROMÁDKO, Jan. Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 158 s. ISBN 978-80-247-4455-1.

## Internetové zdroje

- (5) Fuel Processing Technology: Biodiesel compatibility with carbon steel and HDPE parts [online]. 2009, 1175–1182 [cit. 2015-03-23]. ISBN 0378-3820.
- (6) Fuel System Components and Aggressive Biofuel Environments. [online]. 2015. vyd. [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: <http://www.dupont.com/industries/automotive/fuel-systems/articles/materials-biofuels-bp.html>
- (7) HÖNIG, Vladimír. Přednášky z předmětu Paliva a maziva. Česká zemědělská univerzita v Praze
- (8) Chemické listy [online]. Praha: Česká společnost chemická, 2006 [cit. 2015-03-23]. ISSN 1213-7103. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2006\\_s1\\_s30-s35.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2006_s1_s30-s35.pdf)
- (9) MICALLEF, Gordon. Elastomer selection for bio-fuel requires a systems approach: Sealing Technology [online]. 2009. vyd. Elsevier, s. 7-10 [cit. 2015-03-23].
- (10) Multimedialni ročenka životního prostředí. [online]. [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: [http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vznetove\\_motory&site=doprava](http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vznetove_motory&site=doprava)
- (11) Paliva a biopaliva – Hledání řešení: Jiří Plitz [online]. [cit. 2015-10-2] dostupné z: <http://paliva.vscht.cz/cz/archiv-clanku/detail/23>
- (12) Průmyslové hadice a aparatury. [online]. [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: [http://www.tubes-international.cz/prumyslove\\_hadice\\_kompenzatory.html](http://www.tubes-international.cz/prumyslove_hadice_kompenzatory.html)

- (13) Sealing Technology: Which elastomer seal materials are suitable for use in biofuels? [online]. 2007 [cit.2015-03-23]. Dostupné : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350478907704099>
- (14) SCHOLZ, Celestýn. FS ČVUT. MODERNÍ SYSTÉMY VSTŘIKOVÁNÍ PALIVA VHODNÉ PRO VZNĚTOVÉ MOTORY [online]. 2008. vyd. [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: [http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2008/2008\\_021\\_01.pdf](http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2008/2008_021_01.pdf)
- (15) Technická guma. [online]. [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: <http://www.guma.cz/o-krouzky.htm>
- (16) TESTOVÁNÍ KOROZIVNÍCH VLASTNOSTÍ LIHOBENZÍNOVÝCH SMĚSÍ NA OCELI, HLINÍKU, MĚDI A MOSAZI [online]. Praha, 2013 [cit. 2015-03-23]. ISSN 1804-2058. Dostupné z: <http://paliva.vscht.cz/cz/o-casopisu/>
- (17) Výroba biopaliva: Hromádka, Hromádka, Miler, Höning, Štěrba: Výroba bioetanolu [online]. [cit. 2015-10-2] 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)

## Seznam obrázků

<u>Obr. 1</u> Schéma výroby bioethanolu z biomasy obsahující jednoduché cukry.....	8
<u>Obr. 2</u> Schéma výroby bioethanolu z biomasy obsahující škrob.....	9
<u>Obr. 3</u> Schéma výroby bioethanolu z biomasy z lignocelulózové biomasy.....	9
<u>Obr. 4</u> Časová závislost úbytku hmotnosti vztaženého k ploše vzorku oceli v kontaminovaných palivech E10 až E100 při dynamickém testu.....	26
<u>Obr. 5</u> Časová závislost úbytku hmotnosti vztaženého k ploše vzorku mědi v kontaminovaných palivech E10 až E100 při dynamickém testu.....	26
<u>Obr. 6</u> Časová závislost úbytku hmotnosti vztaženého k ploše vzorku mosazi v kontaminovaných palivech E10 až E100 při dynamickém testu.....	27
<u>Obr. 7</u> Časová závislost úbytku hmotnosti, vztaženého k ploše vzorku oceli při statickém ponorovém testu.....	27
<u>Obr. 8</u> Úbytek hmotnosti na vzorku uhlíkové oceli po ponorném testu při použití tří paliv.....	31
<u>Obr. 9</u> Výsledky ponorného testu pro 7 elastomerů v naftě a B30 po 336 hodinách při 150 °C.....	34
<u>Obr. 10</u> Výsledky ponorného testu pro 6 elastomerů ve třech biopalivech po 168 hodinách při 60 °C.....	35
<u>Obr. 11</u> Nárůst hmotnosti na vzorku HDPE po ponorném testu při použití tří paliv.....	37

## Seznam tabulek

<u>Tab. 2</u> Obsah biosložek v motorových palivech odpovídající směrnici RED 2009/28/EC.....	8
<u>Tab. 2</u> Porovnání ustálené korozní rychlosti mosazi, mědi a oceli v jednotlivých palivech.....	28
<u>Tab. 3</u> Korozní rychlosti oceli v ustáleném stavu naměřená v kontaminovaných palivech.....	30
<u>Tab. 4</u> Výběr biopaliv využitých v testu.....	33
<u>Tab. 5</u> Popis jednotlivých materiálů využitých v testu.....	33

## Seznam zkratk

ACN	akrylonitril
ASTM E3	uhlíková ocel
B30	směs tvořená z 30 % MEŘO a 70 % nafta
CNG	stlačený zemní plyn
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
E10	směs tvořená z 10 % ethanol a 90 % natural 95
E100	směs tvořená ze 100 % ethanol
E40	směs tvořená z 40 % ethanol a 60 % natural 95
E60	směs tvořená z 60 % ethanol a 40 % natural 95
E85	směs tvořená z 85 % ethanol a 15 % natural 95
E95	směs tvořená z 95 % ethanol a 5 % adetiva
FAME	methylester z mastných kyselin
FKP	flourový elastomer
FPM	fluorkaučuková pryž
HDPE	polyethylen s vysokou hustotou
LPG	zkapalněný ropný plyn
MEŘO	methylester slunečnicového oleje SME
NBR	butadien-akrylonitrilový kaučuk
PE	polyethylen

PVC	polyvinylchlorid
RME	methylester řepkového oleje
SME	methylester slunečnicového oleje
SOME	methylester ze sojových bobů
VUOME	methylester z použitých fritovacích olejů