

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

TECHNICKÁ FAKULTA



**VYUŽITÍ TRIBODIAGNOSTIKY K VYJÁDŘENÍ VLIVU
BIOPALIV NA OLEJOVOU NÁPLŇ SPALOVACÍHO
MOTORU**

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů

Doktorská disertační práce

Doktorand: Ing. Kateřina Veselá

Školitel: doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto disertační práci vypracovala samostatně pod vedením školitele doc. Ing. Martinem Pexou, Ph.D., a uvedla jsem veškerou použitou literaturu. Tištěná a elektronická verze práce se doslovně shodují.

JMÉNO A PŘÍJMENÍ: KATEŘINA VESELÁ

PODPIS:

DATUM:

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému školiteli doc. Ing. Martinovi Pexovi, Ph.D. za odbornou pomoc, vedení a cenné rady při zpracování této disertační práce. Dále bych ráda poděkovala celému kolektivu katedry Jakosti a spolehlivosti strojů.

Abstrakt

Disertační práce se zabývá využitím tribodiagnostiky k vyjádření vlivu biopaliv na olejovou náplň spalovacího motoru. Jako nejpoužívanější náhradou fosilního paliva, které pokrývá většinovou část energetické spotřeby v dopravě, konkrétně v automobilovém průmyslu, se v současnosti považuje biopalivo E85. Evropská unie směřuje ke snaze podpory používání biopaliv a snížení závislosti na fosilních palivech, které se řadí do neobnovitelných zdrojů energie. Vliv použití biopaliva E85 je sledován na osobních vozidlech značky Saab, které disponují motorem flexi fuel vehicle. Druhým analyzovaným biopalivem je butanol.

Klíčová slova: Tribodiagnostika, Opotřeбенí, Motorový olej, Etanol, Butanol

Abstract

The dissertation deals with the use of tribodiagnostics to express the influence of biofuels on the motor oil of the internal combustion engine. As the most widely used substitute for fossil fuel, which covers most transport energy consumption, particularly in the automotive industry, are currently considered biofuel E85. The European Union is moving towards an effort to promote the use of biofuels and reducing dependence on fossil fuels, which belong to the non-renewable energy sources. Effect of using biofuel E85 is monitored on personal vehicles brand Saab, which have an engine flex-fuel vehicle. The second analyzed the biofuel is butanol.

Key words: Tribodiagnostics, Wear, Engine oil, Ethanol, Butanol

Obsah:

Prohlášení	i
Poděkování	ii
Abstrakt	iii
Abstract	iv
Obsah.....	v
Seznam obrázků	vii
Seznam tabulek	ix
Seznam zkratk	xi
1 Úvod.....	1
2 Přehled o současném stavu poznání.....	2
2.1 Motorové oleje do spalovacích motorů	2
2.1.1 Klasifikace motorových olejů	2
2.1.2 Vliv nečistot a hodnocení fyzikálně-chemických vlastností motorových olejů... 3	
2.1.3 Dílčí souhrn – motorové oleje.....	5
2.2 Alkoholová paliva pro spalovací motory.....	5
2.2.1 Bioetanol a palivo E85	5
2.2.2 Biobutanol	7
2.2.3 Porovnání prezentovaných biopaliv	9
2.2.4 Dílčí souhrn – biopaliva	9
2.3 Souhrn.....	10
3 Cíle práce a hypotéza	12
4 Metodika vlastní práce	13
4.1 Analýzy motorového oleje.....	13
4.2 Vliv biobutanolu na olejovou náplň	16
4.3 Vyhodnocení naměřených hodnot z analýz.....	17
4.4 Statistické zpracování dat	17
5 Výsledky	20
5.1 Výsledky – analýza motorového oleje.....	20
5.1.1 Viskozita olejové náplně spalovacího motoru	20
5.1.1.1 Statistické zhodnocení	22
5.1.1.2 Dílčí závěr.....	26
5.1.2 Změna mazivosti olejové náplně spalovacího motoru	26

5.1.2.1	Dílčí závěr	28
5.1.3	Bod vzplanutí olejové náplně spalovacího motoru	29
5.1.3.1	Dílčí závěr	31
5.1.4	Koncentrace vody olejové náplně spalovacího motoru.....	31
5.1.4.1	Dílčí závěr	32
5.2	Vlivu biobutanolu na olejovou náplň spalovacího motoru.....	33
5.2.1	Dílčí závěr	34
5.3	Vyhodnocení naměřených hodnot	35
	Diskuse	37
6	Závěr	39
7	Seznam odborné literatury	40
8	Publikační činnost.....	44
9	Přílohy.....	45

Seznam obrázků

Obr. 1 Závislost změny dynamické viskozity na teplotě oleje [12]	3
Obr. 2 Měřicí stanoviště s generátorem ProMax 3500A	15
Obr. 3 Změna kinematické a dynamické viskozity v závislosti na teplotě v době provozu 8000 km – mimoměstský provoz	20
Obr. 4 Změna kinematické a dynamické viskozity v závislosti na teplotě v době provozu 8000 km – městský provoz	21
Obr. 5 Grafické vyjádření kinematické viskozity párového t-testu pro závislé vzorky, pro 40 °C a dobu provozu 8000 km – mimoměstský provoz	22
Obr. 6 Grafické vyjádření dynamické viskozity párového t-testu pro závislé vzorky, pro 40 °C a dobu provozu 8000 km – mimoměstský provoz	23
Obr. 7 Grafické vyjádření kinematické viskozity párového t-testu pro závislé vzorky, pro 40 °C a dobu provozu 8000 km – městský provoz	24
Obr. 8 Grafické vyjádření dynamické viskozity párového t-testu pro závislé vzorky, pro 40 °C a dobu provozu 8000 km – městský provoz	25
Obr. 9 Velikost otěrové plochy A v závislosti na ujeté vzdálenosti – mimoměstský provoz	26
Obr. 10 Velikost otěrové plochy A v závislosti na ujeté vzdálenosti – městský provoz	27
Obr. 11 Hodnoty bodu vzplanutí závislé na době provozu pro paliva BA95 a E85 – mimoměstský provoz	29
Obr. 12 Změna bodu vzplanutí v závislosti na dynamické viskozitě pro paliva BA95 a E85 – mimoměstský provoz	29
Obr. 13 Hodnoty bodu vzplanutí závislé na době provozu pro paliva BA95 a E85 – městský provoz	30
Obr. 14 Střední hodnoty koncentrace vody motorového oleje pro paliva E85 a BA95 – městský provoz	31
Obr. 15 Procentní podíl paliva v závislosti na době provozu generátoru ProMax 3500A	33

Seznam tabulek

Tab. 1 Vlastnosti biopaliv a fosilního paliva BA95 [28, 38, 39]	9
Tab. 2 Základní údaje odběru vzorků	14
Tab. 3 Odběry vzorků motorového oleje automobilů Saab	16
Tab. 4 Kinematická a dynamická viskozita v době provozu 8000 km – mimoměstský provoz	19
Tab. 5 Kinematická a dynamická viskozita v době provozu 8000 km – městský provoz	20
Tab. 6 Statistické zhodnocení kinematické a dynamické viskozity pro paliva BA95 a E85, pro 40 °C a dobu provozu 8000 km – mimoměstský provoz	22
Tab. 7 Statistické zhodnocení kinematické a dynamické viskozity pro paliva BA95 a E85, pro 40 °C a dobu provozu 8000 km – městský provoz	23
Tab. 8 Reichert test – velikost otěrové plochy – mimoměstský provoz	26
Tab. 9 Reichert test – velikost otěrové plochy – městský provoz	27
Tab. 10 Procentuální rozdíl otěrových ploch u obou provozů při použití BA95 a E85	27
Tab. 11 Hodnoty měření bodu vzplanutí pro palivo BA95 a E85 – mimoměstský provoz	28
Tab. 12 Hodnoty měření bodu vzplanutí pro palivo BA95 a E85 – městský provoz	31
Tab. 13 Procentní podíl paliva v motorovém oleji Generátoru ProMax 3500A	32
Tab. 14 Střední hodnoty provedených analýz u automobilů vzorku 3	35

Seznam zkratk

E85	palivo tvořené 85 % etanolu, určeno pro zážehové motory
BA95	Benzin Natural 95
MEŘO	Metylester řepkového oleje
ETBE	Etyl-terc. Butyléter
ČR	Česká republika
FFV	Flexi – fuel vehicle (vozidla)
SAE	profesní sdružení odborníků z oblasti leteckého, automobilového a dopravního průmyslu (Society of Automotive Engineers)
API	Norma výkonnostní specifikace motorových a převodových olejů (American Petroleum Institute)
ACEA	Association des Constructeurs Européens Automobile (Asociace evropských výrobců automobilů)
ASTM	American Society for Testing and Materials (Americká společnost pro testování a materiály)
ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
EU	Evropská unie
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizace
RON	Výzkumné oktanové číslo
MON	Motorové oktanové číslo
CN	Cetanové číslo

1 Úvod

Poruchy provozu strojů, jsou vyvolány celou skupinou vnějších i vnitřních vlivů a procesů, jež působí a probíhají přímo ve strojích. Tyto vlivy mají za efekt změny vlastností strojních součástí. Souhrn těchto procesů se nazývá mechanismus poruch. Podle rozdílné kombinace činitelů se rozlišují tyto kategorie – opotřebení, koroze, otláčení, deformace, trhliny a lomy, ostatní poškození. Na základě vhodné analýzy použitého maziva je možné stanovit, jaký druh opotřebení na funkčních plochách součástí probíhá a jestli hrozí havarijní porucha. Zároveň je možno za užití dalších vhodných tribodiagnostických metod zhodnotit v jakém stavu je používaná olejová náplň, jestli ještě může být ve stroji využívána anebo je již nezbytné ji vyměnit za novou. Obecně je možno charakterizovat zvýšený podíl znečištění olejů ve dvou intervalech, a to období záněhu a období počátku iniciace poškození [1].

Žádná konstrukce (systém, vytvořený lidskou rukou) nemůže pokračovat v provozu věčně. Provozovatel musí počítat s tím, že během provozu stroje dojde k opotřebení některých součástí a bude vyžadována oprava nebo náhrada některé opotřebované součásti (subsystému). Může to být bezpochyby ovlivněno nejen volbou konstrukčního materiálu, dokonalostí výroby a montáže, nýbrž i provozním zatížením a provozním prostředím [2].

Díky neustálému tlaku na redukcii provozních nákladů spatřuje společnost oblast údržby (častější výměny olejové náplně spalovacího motoru, v práci používán pojem motorový olej) jako zátěž, která spotřebovává prostředky. Navíc další náklady přichází v odezvě na vzniklou poruchu, o nákladech na prostoje a rozběhnutí provozu nemluvě. Tato otázka se více stupňuje s rozšířením využívání biopaliv.

Spolehlivost a životnost spalovacích motorů závisí nejen na režimu a podmínkách jejich provozu, ale i na volbě použitého motorového oleje a jeho aktuálních vlastnostech. Největší podstatu mají u motorových olejů ty faktory, které ovlivňují jak spolehlivost a životnost motoru, tak i ekonomickou stránku jeho provozu.

2 Přehled o současném stavu poznání

Podpora biopaliv jako zdroj energie pro dopravu vznikla v průmyslových zemích na základě obav z vyčerpání ložisek ropy, jak uvádí ve svém článku autor Gnansounou [3]. Pokud se ovšem vezme v potaz udržitelnost omezením, biopaliva nahradí pouze 10–15 % fosilních kapalných paliv v dopravě. Úplné nahrazení konvenčních fosilních paliv – benzin, nafta – je v dnešní společnosti reálné, ovšem podmínky udržitelnosti jsou překážkou, které by měli být omezeny globálním trhem, kde podíl biopaliv bude 10–15 %, a to v dlouhodobém horizontu.

Z výše uvedeného odstavce vyplývá, že hlavním podnětem pro rozšíření výroby a používání biopaliv v celosvětovém měřítku je potenciální nezávislost na ropě a také daný přínos pro životní prostředí. Přínos životnímu prostředí je dán z hlediska úspory neobnovitelných zdrojů, ale zároveň snižování skleníkových plynů, které vedou ke globálnímu oteplování, jak je uvedeno v práci autora Dukulise [4].

Evropská unie podpořila rozvoj biopaliv již v roce 2005, konkrétně projektem „Čisté pohledy na čistá paliva“. Tento projekt se zabýval konvenčními biopalivy, a to především přímými rostlinnými palivy, které zůstávají podle EU nejméně nákladnou alternativou a také zvyšují svůj podíl na trhu, což uvádí i ve své práci autor Wakker [5].

2.1 Motorové oleje do spalovacích motorů

Oleje mají podstatný vliv na provoz spalovacího motoru. Základní funkcí motorového oleje je snížení tření, tedy mazání, další funkce je odvod tepla neboli chlazení, ochrana proti korozi, dotěsnění spalovacího motoru, především v oblasti pístních kroužků, tlumení hluku a dále vynášení mechanických nečistot, jako jsou otěrové a prachové částice. Aby toto mohl olej splnit, jsou do základových olejů míchána aditiva [6, 7].

Vhodnost motorového oleje pro konkrétní stroj je stanovena příslušnou viskozitní třídou podle SAE J300 anebo podle mezinárodních výkonových klasifikací a samozřejmě specifikací motorových olejů a výrobců příslušných strojů. Vhodnost motorového oleje se také vztahuje k jeho analýze a tím také stanovení výměnných intervalů [8, 9, 10].

2.1.1 Klasifikace motorových olejů

Klasifikace motorových olejů vychází ze dvou hlavních kritérií. Prvním je klasifikace viskozitní a druhým je klasifikace výkonnostní.

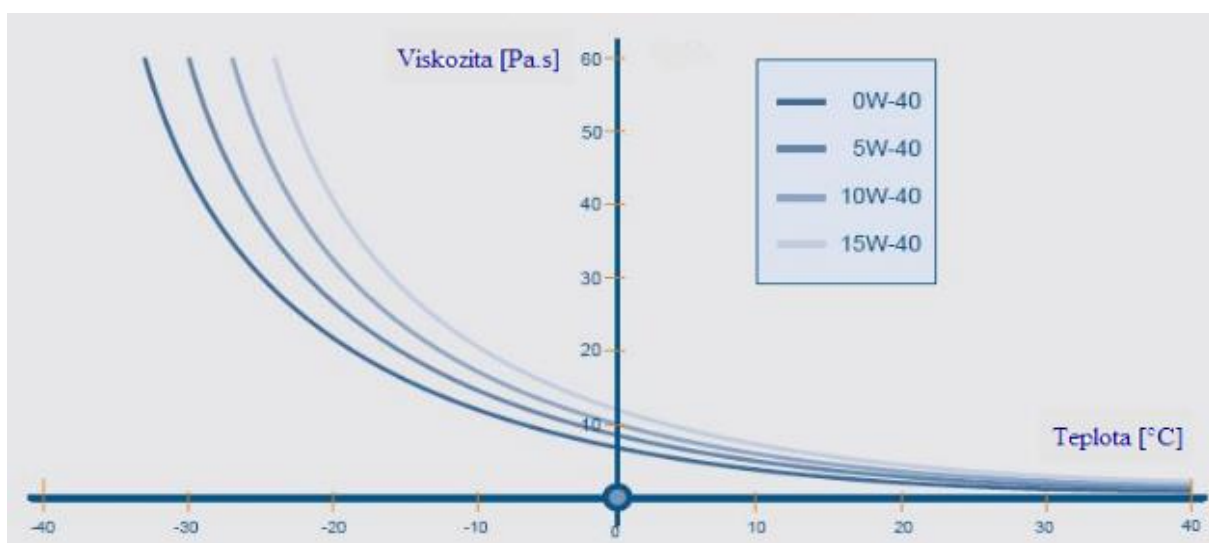
Viskozitní klasifikace popisuje změnu viskozity motorového oleje v závislosti na teplotě a dělí oleje na 6 zimních tříd a od roku 2015 8 letních tříd. [10].

Výkonnostní klasifikace označuje jak dlouhodobé, tak okamžité vlastnosti motorových olejů v různých podobách zatížení. Hodnoceny jsou různé vlastnosti motorových olejů, jako je například ochrana proti oxidaci, proti otěru, proti korozi, proti tvorbě úsad ve vysokých teplotách, proti pění nebo úspora paliva. Pro označení výkonnostní kategorie motorových olejů se používají normy API, ACEA, firemní normy (VW, MAN atd.) apod. [7].

2.1.2 Vliv nečistot a hodnocení fyzikálně-chemických vlastností motorových olejů

Detailní informace o motorových olejích je možné získat z produktových listů výrobce. Nejdůležitější informace uvádějí výrobci ve stručnější podobě přímo na obalech (viskozita, oblast použití, opatření proti poškození zdraví), [11, 12].

Fyzikální vlastnost viskozita je jednou z hlavních vlastností, kterou je zapotřebí zvážit při výběru vhodného motorového oleje. Viskozita je míra vnitřního tření tekutiny, tedy jakýsi odpor, kterým tekutina reaguje na síly, které se snaží posunout její nejmenší částice. Tato vlastnost tedy zásadně ovlivňuje tokové vlastnosti látek. Viskozita se rozděluje na dynamickou η a kinematickou ν . U většiny tekutin je jak dynamická, tak kinematická viskozita závislá na teplotě a tlaku. Při stálém tlaku se s rostoucí teplotou viskozita snižuje z důvodů snižování přitažlivých sil mezi molekulami tekutiny. Proto se stanovená viskozita motorového oleje nepředepisuje jako konkrétní hodnota, ale jako rozhraní hodnot, ve kterých se může viskozita pohybovat, viskozitní třídy [13]. Závislost viskozity oleje na jeho teplotě je na obrázku č. 1.



Obr. 1 Závislost změny dynamické viskozity na teplotě oleje [12]

Motorový olej při provozu degraduje v několika směrech. Na rozsah a hloubku degradace motorového oleje mají vliv zejména tyto okolnosti [14, 15, 16, 17]:

- Oxidační stabilita oleje – Olej je při svém provozu oxidačně namáhán, v některých motorech více, jinde méně, ale vždy k oxidaci motorového oleje dochází. Oxidačně degradovaný olej ztrácí některé své důležité vlastnosti, např. nechrání motor proti korozi, zhoršují se viskozitní vlastnosti apod. Všechny motorové i jiné mazací oleje jsou chráněny proti oxidaci přísadami, tzv. antioxidanty.
- Množství zbývajících mazivostních a protioděrových aditiv – Mazivostní přísady působí tak, že určitým způsobem reagují s povrchem mazaného kovu. Při nadbytku běžné přísady či při silném působení extrémně účinné mazivostní přísady pak může být povrch kovu napaden do té míry, že hrozí nebezpečí vzniku koroze. A z tohoto vyplývají další vlastnosti oleje, které musí chránit motor proti korozi. Hlavní příčinou koroze jsou kyselé produkty ze spalování paliva, které se vždy částečně kumulují v oleji. Olej tak při svém provozu zvyšuje svoji kyselost, která je v motoru nebezpečným zdrojem koroze.
- Kyselost a zbývající alkalická rezerva oleje – Kyselost nových motorových olejů vychází z některých aditiv (např. antioxidanty nebo mazivostní přísady), které i proto, že jsou mírně kyselé, mají ty rysy, které jsou od přísady požadovány. Další kyselé látky vznikají v průběhu provozu motorového oleje a vznikají jednak ze spalování paliva a jednak vznikají i v samotném oleji během jeho oxidační degradace.
- Změna viskozitních vlastností – Při provozu motorového oleje může docházet k velkým změnám jeho viskozity. Za nárůst viskozity oleje při provozu zodpovídá především termická a oxidační degradace oleje. Snížení viskozity způsobuje přílišný obsah paliva v oleji.
- Množství mechanických nečistot v oleji (saze, prach apod.) – Každý motorový olej musí udržet motor v čistotě. Olej nesmí připustit usazování jakýchkoliv úsad nebo karbonových nánosů kdekoliv v motoru. K tomu slouží detergentní přísady, které neustále čistí povrch mazaného povrchu a uvolňují na povrchu zachycené částičky nečistot. Disperzantní přísady udržují potom tyto uvolněné částičky nečistot neustále ve vznosu a nedovolí jejich usazení kdekoliv v motoru.

2.1.3 Dílčí souhrn – motorové oleje

V oblasti motorových olejů panuje mnoho předsudků. O správnosti výběru oleje leckdy rozhoduje obal, cena nebo doporučení servisního odborníka, ale již se nedbá na parametry a vhodnost oleje pro konkrétní automobil a pro konkrétní provoz. Problematika motorových olejů je rozsáhlá a relativně složitá a obzvláště pokud je vozidlo provozováno na biopalivo. V každém motoru dochází k pronikání paliva do klikové skříně a tím do motorového oleje. Běžný obsah paliva v motorovém oleji je do 2–3 %. Takové množství paliva a biopaliva již významně ovlivňuje jak viskozitu a mazací schopnosti, tak i další vlastnosti motorového oleje. To se projeví mnohem rychlejším procesem stárnutí a degradace motorového oleje, kterými se zabývá nemálo odborníků, jako například Jaroslav Černý z Vysoké školy chemicko-technologické v Praze. Degradace motorových olejů znamená pro výrobce automobilů, které disponují motorem FFV, doporučení na zkrácení výměnných intervalů motorového oleje, a ne zachování dnešního trendu co nejdelších intervalů výměny. Ovšem biopalivům se přizpůsobuje i vývoj nových motorových olejů, který je v posledních 10 letech zaměřen téměř výhradně na zvýšení odolnosti proti účinkům biopaliv.

2.2 Alkoholová paliva pro spalovací motory

Alkoholová paliva mají obdobné vlastnosti jako paliva konvenční – zemní plyn, nafta, benzin. Použití alkoholových paliv jako paliva vyžaduje konstrukční úpravy stávajících motorů. Alkoholová paliva lze použít jak pro motor zážehový, tak i vznětový. U vznětových motorů se motor musí upravit. Výhřevnost alkoholových paliv je sice nižší než u benzínu, ale spalování je rychlejší a dokonalejší. Mezi nejčastěji používaná alkoholová paliva ve spalovacích motorech se využívá etanol, metanol a propanol. Dalším alkoholovým palivem, které přichází v úvahu hlavně u zážehových motorů je butanol [18].

2.2.1 Bioetanol a palivo E85

Bioetanol může být produkován z jakékoliv látky, která obsahuje cukr nebo materiál jako škrob, celulóza, které se mohou přetvořit na cukr. Hlavním zdrojem je pšenice, kukuřice, cukrová řepa, sláma, piliny a strom vrby a topolu, tedy vše, co lze přetvořit na jednoduchý cukr, jako je škrob a celulóza. Biomasu sloužící k výrobě bioetanolu je možné rozdělit do tří skupin [19]:

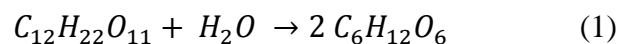
- biomasa obsahující jednoduché cukry (cukrová řepa a cukrová třtina),
- biomasa obsahující škrob (obiloviny, brambory, kukuřice),

- lignocelulózová biomasa (sláma, rychle rostoucí dřeviny, štěpky, odpad biologického původu, papír apod.).

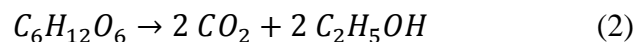
Jedním z hlavních podnětů pro rozšíření celosvětové produkce a využívání biopaliv je potenciální přínos pro životní prostředí, který lze získat z nahrazení ropných paliv [20].

Budoucnost výroby bioetanolu, a tedy paliva E85, je ve výrobě z lignocelulózové biomasy, která prezentuje perspektivní zdroj suroviny pro výrobu bioetanolu, který je na zemi dostupný v hojném počtu. Lignocelulózová biomasa by mohla vytvářet až 492 miliard litrů bioetanolu ročně. Tato produkce bioetanolu je zhruba 16krát větší než současná světová produkce bioetanolu [21, 22].

Výroba bioetanolu z biomasy obsahující jednoduché cukry, podle vztahu (1) z cukrové řepy nebo třtiny je nejprimitivnější. Tyto suroviny zahrnují sacharózu, která se podle vztahu (1) přemění na jednoduché cukry, které se potom dají lehce oddělit a fermentovat [23].



Následuje kvašení ve fermentoru, při kterém jsou vzniklé sacharidy, viz vztah (2) zkvašovány kvasinkami na bioetanol a oxid uhličitý [23].



V současné době jsou v ČR vymezeny požadavky na pohonné hmoty pro provoz vozidel na pozemních komunikacích vyhláškou č. 278/2011 Ministerstva průmyslu a obchodu. Ve Vyhlášce jsou vymezeny i složky těchto paliv z obnovitelných zdrojů, tj. bioetanol a z něho vyrobený E85, ETBE a MEŘO.

Vzhledem k nižšímu směšovacímu poměru (palivo : vzduch) přináší spalování E85 v běžných zážehových motorech problém se spalováním chudé směsi. Aby docházelo ke spalování stechiometrické směsi, je nutné zvýšit dávku paliva přibližně o 30 %. Tento rozdíl je patrný z porovnání výhřevnosti automobilového benzínu BA95 a biopaliva E85. Vozidla schopná bezproblémově spalovat biopalivo E85 jsou nazývána FFV. Tato vozidla jsou již od výroby upravena ke spalování obou paliv a jak je z anglického názvu patrné, mohou bezproblémově spalovat jakýkoliv poměr bioetanolu a benzínu. [24].

Bioetanol má vysoké oktanové číslo (107), a jeho aplikace v zážehových motorech nepředstavuje velký problém. Na druhou stranu má bioetanol nízké cetanové číslo (8) a jeho aplikace ve vznětových motorech požaduje úpravu motoru, pokud není FFV. Pro vznícení

bioetanolu je nezbytné zvětšit kompresní poměr na hodnotu 23, popřípadě více, a zvýšit dávku paliva [20].

Použití biopaliva E85 má obecně čistící vlastnosti (pročištění a nezanášení vstřikovacích trysek), při spalování nevznikají karbonové usazeniny, hoření je za nižší teploty než u klasického fosilního paliva BA95 [25]. Pokud se biopalivo E85 používá bez přestavbové jednotky, a ne v motorech FFV, dochází ke spalování chudé směsi, k poklesu výkonu a hrozí vysoké riziko poškození motoru (propálení sedla ventilů, válce, pístů).

2.2.2 Biobutanol

Bioetanol a bionafta se v dnešní době vyrábějí v průmyslovém měřítku, ale již několik technologií z druhé generace se blíží ke komercializaci. Zejména fermentace biobutanolu se jeví jako nadějná alternativa k prozatímní výrobě biopaliv [26].

Bioetanol má řadu nevýhod, kterým se je možné vyhnout při použití biobutanolu jako biopaliva. Důvodem, proč se v současné době více používá bionafta a bioetanol, přes řadu jejich nevýhod je jednoduše skutečnost, že jsou v současné době k dispozici ve velkých množstvích [27].

Zatímco nealkoholická paliva mají téměř stejné vlastnosti jako fosilní palivo – BA95, biobutanol se v tomto ohledu jeví jako vhodná alternativa fosilního paliva, a to více než doposud používané biopalivo E85. Biobutanol vykazuje vlastnosti, které jsou podobné fosilnímu palivu – BA95 a některé i převyšuje. Mezi tyto vlastnosti patří hustota energie, která je u biobutanolu výrazně vyšší, což vede ke zvýšení počtu ujetých kilometrů. Další vlastností je poměr vzduch-palivo, které je u biobutanolu také vyšší, což znamená, že se může toto palivo provozovat při bohatší směsi, a tím produkuje více energie. Biobutanol má nižší tlak par a je proto bezpečnější pro manipulaci. Kromě toho, entalpie odpařování biopaliva E85 je více než dvojnásobná než u biobutanolu, což může vést k nedostatečnému odpařování a způsobovat problémy při startech v chladném počasí. Míchání fosilního paliva – BA95 s bioetanolem (E85) musí být prováděno krátce před jeho použitím. Není tedy možné danou směs hotového biopaliva E85 připravit předem ve výrobním zařízení v rafinérii. Z důvodu dodatečného míchání biopaliva E85 může vzniknout vysoké riziko kontaminace podzemními vodami v případě rozlití. Biobutanol může být smíchán s fosilním palivem BA95 v dostatečném předstihu před distribucí a může být přepravován existující infrastrukturou. Zatímco biopalivo E85 může být mícháno pouze do 85 % s fosilním palivem BA95, biobutanol může být míchán v jakékoliv koncentraci a bude jej možné použít v existujících automobilových motorech bez jakýchkoliv úprav, jak prezentuje autor Köpke ve své studii [27].

Biobutanol může být vyroben pomocí fermentace nebo petrochemicky, dnes také může být vyroben z biomasy [28, 29]. Biobutanol je možné tedy získat pomocí několika chemických technologií. Biobutanol je rovněž možné získat pomocí kvasného procesu za použití bakterií rodu *Clostridium*. Kvasný proces probíhá za anaerobních podmínek. [30, 31]. Mezi nejpoužívanější druhy bakterií pro fermentaci jsou *Clostridium acetobutylicum*. Toto kvašení se nazývá tzv. ABE (aceton-butanol-etanol), typický poměr této sloučeniny je 3:6:1. Konečná koncentrace biobutanolu je asi 3 % [32].

V průběhu průmyslové výroby biobutanolu pomocí procesu fermentace je třeba vzít v úvahu tři faktory, které ovlivňují nákladovost výroby:

- náklady na suroviny a jejich předzpracování,
- relativně malé množství získaného produktu pro svoji významnou toxicitu,
- náklady na stabilizaci produktu z fermentačního média.

Clostridium acetobutylicum patří k amylolytickým bakteriím, které dokáží s dobrým substrátem vyprodukovat škrob, ze kterého se poté vyrobí biobutanol. Z tohoto důvodu jsou pro výrobu butanolu běžně používané zemědělské odpady (sláma, listí, tráva nebo zkažené obilí a ovoce), které jsou mnohem výhodnější z ekonomického hlediska [33, 34].

Moderní výzkum se zaměřuje při výrobním procesu biobutanolu pomocí výše zmíněných bakterií na hledání nejlepšího druhu substrátu, který poskytne efektivní prostředí pro bakterie a následný fermentační proces. Potenciálně je možné použít veškeré odpady obsahující monosacharidy a polysacharidy a odpadní glycerol [35].

Biobutanol je čistý alkohol s podobným energetickým obsahem (hustotou) jako fosilní palivo BA95. Nemusí být skladován v tlaku odolných nádržích jako stlačený zemní plyn a může být míchán s fosilním palivem BA95 od 10 do 99 % i používán jako výhradní palivo (100%). Může být dopravován stávajícím potrubím a cisternami bez problémů. Biobutanol je také velice bohatý na vodík. Získání takto vzniklého prvku by mohlo pomoci k řešení problémů s výrobou a distribucí v infrastruktuře, kde se využívá v souvislosti se zaváděním palivových článků na výrobu elektřiny. Tímto se obsluha palivových článků dostane na potřebnou bezpečnostní úroveň. Rostoucí spotřebitelský přístup a zvyšující se zájem o biobutanol jako palivo, podněcují zemědělství a průmysl k zaměření na jeho produkci. Zvýšení zájmu, a tedy produkce výroby biobutanolu bude mít vliv na růst objemu výroby a tím snižování výrobních nákladů. Jelikož dlouhodobý trend ukazuje, že ceny fosilních paliv a daň z nich stále roste, očekává se tímto zvýšení objemu výroby biobutanolu, jak pro jeho přijatelné náklady na výrobu, tak jeho nízké emise při spalování [36].

2.2.3 Porovnání prezentovaných biopaliv

Biobutanol je čtvrtý v řadě základních alkoholů (metanol, bioetanol, propanol, biobutanol). Jeho molekula má čtyři uhlíky, tedy dvakrát více než bioetanol, což znamená vyšší energetickou hustotou a asi o 25 % vyšší výhřevnost. Biobutanol neprodukuje škodlivé emise, např. SO_x, NO_x a CO, jako fosilní palivo BA95, které způsobují skleníkový efekt. Biobutanol při spalování produkuje pouze CO₂ a H₂O, které se přirozeně vrací do ovzduší, ale také např. No_x a HC. Biobutanol není tak hydroskopický jako bioetanol (a hotové biopalivo E85) a je tedy i méně korosivní pro kovové nádrže a potrubí. Biobutanol je z hlediska manipulace bezpečnější oproti biopalivu E85. Jako motorové palivo je vhodný zejména pro teplejší oblasti. Biobutanol může být, jak přimícháván do fosilních motorových paliv, tak používán samostatně jako pohonné palivo v motorech s vnitřním spalováním. Svými vlastnostmi se přibližuje k fosilnímu palivu BA95 více, než biopalivo E85 [37].

Srovnání některých vlastností biopaliv a fosilního paliva BA95 je v tabulce č. 1.

	BA95	E85	Biobutanol
Výhřevnost [MJ/l]	32–35	21,2	29,2
Kilometrový výkon [%]	100	61–66	83–91
Poměr vzduch-palivo	14,6	9,0	11,2
Výzkumné oktanové číslo (RON)	91–99	129	96
Motorové oktanové číslo (MON)	81–89	102	78
Cetanové číslo (CN)	–	–	–
Tlak páry [hPa]	35–90 (at 20 °C)	58 (at 20 °C)	6,7 (at 20 °C)
Bod vzplanutí [°C]	<– 20	12	35–37
Entalpie odpařování [MJ/kg]	0,36	0,92	0,43
Kinematická viskozita [mm ² /s]	0,4 – 0,8 (at 20 °C)	1,5 (at 20 °C)	3,6 (at 20 °C)
Chemický vzorec	Směs uhlovodíků	C ₂ H ₅ OH	C ₄ H ₉ OH

Tab. 1 Vlastností biopaliv a fosilního paliva BA95 [28, 38, 39]

2.2.4 Dílčí souhrn – biopaliva

Biopaliva v dnešní době představují jednu z nejdiskutovanějších skupin alternativních paliv. Obavy z vyčerpání zásob fosilních paliv, energetické bezpečnosti a změny klimatu vedly k vytvoření legislativ, které požadují, aby automobily používaly více obnovitelných paliv, tedy biopaliv [40]. Hlavním důvodem zájmu veřejné společnosti a výzkumu ohledně biopaliv je nalezení odpovědi na otázku, do jaké míry jsou biopaliva schopná snižovat produkci oxidu uhličitého, což zmiňoval ve své publikaci Jan Hromádka [23]. S využitím biopaliv vyvstává

také ekonomické hledisko, jelikož dosavadní výroba bioetanolu je daňově zvýhodněné. Otázkou také zůstává, zda skutečně biopaliva mají negativní vliv na motorový olej, čímž se zabývá tato práce.

2.3 Souhrn

Jedním z hlavních podnětů pro rozšíření výroby a používání biopaliv v celosvětovém měřítku je tedy komplexní potenciální přínos pro životní prostředí, a to ať již z hlediska šetření neobnovitelných zdrojů, tak snižování skleníkových plynů. Biopaliva mohou být získána z obnovitelných zdrojů a biomasy, což ve své práci uvádí autor Dukulis et al [4]. Výroba automobilů poháněných biopalivem E85 byla zahájena v roce 1981 v Brazílii, která byla globálním průkopníkem propagace biopaliva E85 ve velkém měřítku jako pohonné hmoty a dnes je druhým největším světovým výrobcem tohoto biopaliva. Při použití alternativních paliv typu E85, je zapotřebí u osobních vozidel upravit motor nebo komponenty palivového systému, jelikož spalování těchto alternativních biopaliv je odlišné oproti fosilnímu palivu – BA95. Další alternativou je pořízení automobilu s motorem Flexi Fuel Vehicle (FFV) [41].

Obnovitelné zdroje energie, a zejména biopaliva, jsou tedy celosvětově propagovány jako možná řešení globálního oteplování a vyčerpání neobnovitelných zdrojů využívající se pro dopravní průmysl. Nicméně existují významné rozpory, pokud jde o skutečný přínos biopaliv, která mají nahradit fosilní paliva, jak je ukázáno pomocí velkého počtu studií životního cyklu biopaliv, které mají různé a někdy protichůdné závěry [42].

Současné studie autorů, zabývající se životním cyklem biopaliv a jejich vlivem na životní prostředí, se zabývají množstvím produkce emisí do ovzduší, složením těchto emisí, vlivem na výkonové parametry a spotřebu daných biopaliv. Výsledky získané z těchto studií ukazují [43], že používání vysokoprocenních směsí bioetanolu s fosilním palivem BA95 (nejčastěji E85) mají negativní vysokou produkci emisí, a tedy negativní vliv na životní prostředí [44, 45, 46, 47, 48, 49].

Při prosazování biopaliv na dopravním trhu je ale nezbytné také hodnotit ekonomické efekty, které se týkají různých účinností a v neposlední řadě také náročnost a nákladnost jejich výroby a skladování. Prokázat, že biopaliva mají pozitivní energetickou bilanci, tedy více energie obsažené v palivu, a nižší náklady na výrobu a celkový životní cyklus jsou složité. Touto studií ekonomické bilance se zabývá například autor Malca ve své studii Renewability and life-cycle

energy efficiency of bioethanol and bio-ethyl tertiary butyl ether (bio ETBE): Assessing the implications of allocation [20].

Vlivem biopaliv (bioethanol, biobutanol) na výkonové parametry motoru, konkrétně točivý moment se zabýval autor Pechout a kol. ve svém článku. Autoři zhodnotily, že motor byl provozován na směs s vysokým obsahem biobutanolu a také bioetanolu (E85). Došlo k nárůstu produkce oxidů dusíku a byl pozorován nárůst teploty výfukových plynů, proto šlo očekávat zvýšené tepelné namáhání některých součástí motoru. Jednoduchou úpravou karburátoru, která spočívá v záměně trysek v karburátoru s větším průměrem. Větší průměr způsobí, že budou sníženy teploty výfukových plynů a bude snížena produkce znečišťujících látek. Při zvětšení průměru by měli být též zachovány výkonové parametry, kterých motor dosahoval při použití fosilního paliva – BA95 [39].

S těchto informací vyplývá, že je nezbytné zhodnotit dopady biopaliv (E85 a biobutanol) na provozní části motoru, v případě této práce motorového oleje. Vlivem biopaliva E85 na olejovou náplň spalovacího motoru se také zabývali ve svých studiích autoři L. S. Khuong et al, F. Gili et al. a Henara L. Costa [40, 41, 50], kteří došli k závěru, že přidání již malého množství bioetanolu do fosilního paliva E85 ovlivňuje viskozitu motorového oleje. Čím vyšší koncentrace bioetanolu, tím nižší viskozita oproti novému motorovému oleji. Z těchto závěrů vycházejí i cíle a hypotézy pro tuto práci.

3 Cíle práce a hypotéza

Práce se zabývá využitím tribodiagnostiky k vyjádření vlivu biopaliv na olejovou náplň spalovacího motoru. Obecným cílem práce je určit, jakým způsobem se mění vlastnosti motorového oleje během provozu a jakým způsobem dochází k její degradaci. Sekundárně může práce přispět i k bezpečnosti provozu. Obecného cíle práce bude dosaženo prostřednictvím dílčích cílů:

- analýzy motorového oleje (viskozita, Reichert test, Coulometrická titrace, bod vzplanutí) při použití E85 jako paliva pro spalovací motor,
- sledovat změnu viskozity doplněnou o kód čistoty a přítomnost paliva pomocí zařízení Fuel Sniffer olejové náplně spalovacího motoru při použití butanolu jako biopaliva,
- vyhodnocení naměřených hodnot, vyslovení závěru a doporučení pro použití paliva E85.

Vzhledem k vlastnostem analyzovaných paliv a prozatímním výsledkům autorů Khuong, L. S. et al a Costa H. L. [41, 42], kteří zkoumali ve svých pracích vliv E85 na mazací vlastnosti komerčního motorového oleje a dále účinky kontaminace motorového oleje palivem E85 na tření a tloušťku elastohydrodynamického filmu, byly stanoveny následující hypotézy:

- Při použití alkoholových biopaliv – konkrétně biopaliva E85 – nastane změna viskozity motorového oleje.
- Zvýší se při využívání biopaliva E85 koncentrace vody a paliva v motorovém oleji.

4 Metodika vlastní práce

Metodika disertační práce je rozdělena do podkapitol, které odpovídají stanoveným dílčím cílům práce. V kapitole 4.1 (analýzy motorového oleje pro paliva E85 a BA95) jsou popsány použité metody pro sledování vlastností motorového oleje, v kapitole 4.2 (vliv biobutanolu na olejovou náplň) je sledován vliv biobutanolu na olejovou náplň motoru generátoru ProMax 3500A, kapitola 4.3 zabývající se vyhodnocením naměřených hodnot zvolených analýz a kapitola 4.4 (statistické zpracování dat) popisuje použité statistické metody, které jsou zpracovány u opakovaných měření (viskozita E85, BA95).

4.1 Analýzy motorového oleje

Analýza použitých motorových olejů je zaměřena na viskozitu (Stabinger SVM 3000, měření probíhá v souladu s normou ASTM D7042 [51], ASTM D 2270/ISO 2909 [52, 53, 12], princip měření, viz příloha č. 1 a 2, test opotřebenosti (Reichert test dle normy IP 240, 326, ASTM D 2782, D 2509, DIN 51434 [54], princip viz příloha č. 2, bod vzplanutí (Pensky-Martens, postup a princip dle normy ČSN EN ISO 2719, kde měření probíhalo dle starší verze 2004 [55] a ne dle novely z února 2017), obsah vody (Coulometer WTD, princip je uveden v příloze č. 3, kód čistoty a počet a druh částic v motorovém oleji (LNF-C, charakteristika viz příloha č. 4 a obsah paliva (Fuel sniffer pracující na základě principu Henryho zákona, kde koncentrace palivové páry je přímo vztažena k obsahu paliva v olejovém vzorku [56]).

Pro vypracování této práce byl zvolen pro spolupráci při odběrech a dodání vzorků pro analýzy autorizovaný servis vozidel Saab, který sídlí v pražských Modřanech.

Ve vozidlech byl použit plně syntetický motorový olej Mobil 1 0W-40. Specifikace analyzovaného motorového oleje je SAE 0W/40, ACEA A3/B3/B4, API SJ/SL/SM/CF, VW 502.00/505.00.

Vzorky byly odebírány otvorem, který vznikne po odstranění měřky hladiny motorového oleje, stále ze stejné hloubky a ihned po zastavení vozidla, aby byl motorový olej zahřátý na provozní teplotu a důkladně promíchán. Vzorky měly objem cca 100 ml, aby bylo možné provést zvolené analýzy. V tabulce č. 2 jsou prezentovány hodnoty požadovaných množství motorového oleje nezbytné pro provedení zvolených analýz, jaké typy automobilů byly použity a druh provozu daných automobilů.

Vzorky pro vybrané druhy analýz byly odebírány v průběhu autorova studia v období od října 2012 až do června 2015 odborným pracovníkem autorizovaného servisu Saab – Modřany, který byl pro sběr vzorků řádně proškolen, aby sběr vzorků splňoval podmínky ČSN EN ISO 3170.

Servisem byla poskytnuta vozidla, která disponovala přeplňovanými motory FFV o objemu 2,3, 2,0 a 1,8 litru. Tyto vozy se pohybovaly v modelových letech od 2002 do 2007.

Frekvence odběru vzorků, údaje o automobilech a druh provozu jsou prezentovány v tabulce č. 3.

Skupina vozidel	Automobil	Provedená analýza	Potřebný objem vzorku	Provoz
1.	Saab 9-5, 2,3 turbo, r. v. 2004	Viskozita	5 ml (2ml nástřík do přístroje)	Kombinovaný
	Saab 9-3, 2,0 turbo, r. v. 2003			
	Saab 9-5, 2,0 turbo, r. v. 2002			
2.	Saab 9-5, 2,3 turbo, r. v. 2004	Viskozita	5 ml (2 ml nástřík do přístroje)	Kombinovaný
	Saab 9-5, 2,0 turbo, r. v. 2003	Reichert test	25 ml	
	Saab 9-3, 1,8 turbo, r. v. 2003			
3.	Saab 9-5, 2,3 turbo, r. v. 2006	Viskozita	5 ml (2 ml nástřík do přístroje)	Oddělený městský a mimoměstský
	Saab 9-5, 2,0 turbo, r. v. 2005	Reichert test	25 ml	
	Saab 9-3, 1,8 turbo, r. v. 2007	Obsah vody Bod vzplanutí	2 ml 60 ml	

Tab. 2 Základní údaje odběru vzorků

Vzorky 1 olejových náplní ze spalovacího motoru byly analyzovány na Stabingerově viskozimetru, kde měření byla prováděna pro teplotu 40 a 100 °C, tyto automobily jezdily v kombinovaném provozu. U vzorků č. 2 byla viskozita měřena při teplotě 40 °C, tato měření byla doplněna o analýzu opotřebení na Reichertově testu. Teplota 40 °C byla zvolena podle normy ISO 8217, kde tato teplota je ideální jako srovnávací [57]. Automobily ze vzorku 2 také jezdily v kombinovaném provozu. Na základě výsledků vzorků 1, 2 byly analýzy vzorků 3 rozšířeny o obsah vody a bod vzplanutí. Měření viskozity u vzorků 3 bylo prováděno pro teploty 0–100 °C, navyšování teplot bylo vždy o 10 °C. Automobily vzorků 3 nejprve jezdily v městském a poté mimoměstském provozu.

Skupina vozidel	Automobil	Frekvence odběru (km)	Provoz
1.	Saab 9-5, 2,3 turbo, r. v. 2004	8000	Kombinovaný
	Saab 9-3, 2,0 turbo, r. v. 2003	7000	
	Saab 9-5, 2,0 turbo, r. v. 2002	7000	
2.	Saab 9-5, 2,3 turbo, r. v. 2004	2000–16000 (vždy po 2000)	Kombinovaný
	Saab 9-5, 2,0 turbo, r. v. 2003	2000–16000 (vždy po 2000)	
	Saab 9-3, 1,8 turbo, r. v. 2003	2000–16000 (vždy po 2000)	
3.	Saab 9-5, 2,3 turbo, r. v. 2006	34, 2000–12000 (po prvním odběru vždy po 2000)	Oddělený městský a mimoměstský
	Saab 9-5, 2,0 turbo, r. v. 2005	34, 2000–12000 (po prvním odběru vždy po 2000)	
	Saab 9-3, 1,8 turbo, r. v. 2007	34, 2000–12000 (po prvním odběru vždy po 2000)	

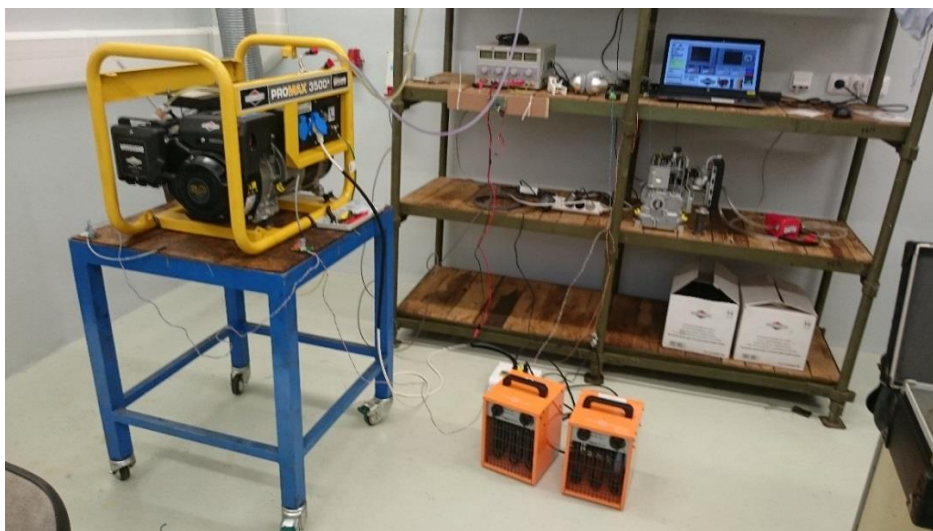
Tab. 3 Odběry vzorků motorového oleje u automobilů Saab

V tabulce č. 3 zmíněná vozidla jezdila v kombinovaném, městském a mimoměstském provozu, nejprve danou část frekvence odběru na fosilní palivo BA95, poté došlo k výměně motorového oleje a filtru a vozidla jezdila se stejnou frekvencí odběru vzorku oleje na biopalivo E85. Automobily ze skupiny vozidel jezdily na kombinovaný provoz (městský a mimoměstský), automobily ze vzorku 2 jezdily také na kombinovaný provoz, automobily ze vzorku 3 měly již provoz oddělený na městský a mimoměstský.

Odběry vzorků z generátoru ProMax 3500A, při použití biopaliva butanol, byly uskutečněny po motohodinách (mth). První vzorek byl odebrán při době provozu 5 mth až do hodnoty 106 mth. Odběry vzorků byly z olejové nádrže generátoru.

4.2 Vliv biobutanolu na olejovou náplň

Pro realizaci experimentů s **biobutanolem** byl zvolen generátor ProMax 3500A (obr. 2) poháněný jednoválcovým motorem s přípravou palivové směsi s karburátorem. Generátor elektrické energie ProMax 3500A je vybaven motorem Briggs & Stratton Vanguard OHV o maximálním elektrickém výkonu 2700 wattů [58].



Obr. 2 Měřicí stanoviště s generátorem ProMax 3500A

Při měření na generátoru ProMax 3500A byl použit výrobcem doporučený motorový olej od společnosti Briggs & Stratton 5W30. Výměnný interval je výrobcem předepsán na 50 motohodin. Pouze v období záběhu je interval pro první výměnu stanoven na 5 motohodin. Vzorek motorového oleje byl odebírán v pravidelném intervalu cca 10 motohodin o objemu 20 ml (větší objem vzorku není možný vzhledem k celkovému objemu motorového oleje 0,7 litru.

Generátor byl během provozu zatížen dvěma odpory o celkovém odběru 2000 W, což představuje přibližně 80 % jeho efektivní hodnoty. Vzhledem k parametrům paliva biobutanol je nutné motor generátoru ProMax 3500A spouštět na nejprve na fosilní palivo BA95 a po jeho krátkém zahřátí se přechází na testované palivo – biobutanol. Spalování testovaného biopaliva probíhalo blízko stechiometrickému poměru 12:1 (součinitel přebytku vzduchu 1). Aby bylo možné této hodnoty dosáhnout, bylo nutné škrtnit sání spalovacího motoru generátoru a to tak, aby se součinitel přebytku vzduchu pohyboval v blízkosti 1. Během provozu spalovacího motoru generátoru byla sledována řada provozních parametrů jako výkon, proud, napětí, teplota motoru a teplota okolí, otáčky motoru pomocí měřicího zařízení. Vliv biopaliva biobutanol na motorový olej byl posuzován na základě analýzy viskozity, kódu čistoty, množství částic v motorovém oleji a obsahu biopaliva v motorovém oleji.

4.3 Vyhodnocení naměřených hodnot z analýz

Vyhodnocení naměřených hodnot ze zvolených analýz (viskozita, Reichert test, bod vzplanutí, koncentrace vody) bude formou tabulky, kde budou porovnány hodnoty fosilního paliva BA95 a biopaliva E85 a vysloveno doporučení pro provoz automobilů, které budou spotřebovávat biopalivo E85.

4.4 Statistické zpracování dat

Z hlediska statistického zpracování dat práce směřuje k určení směrodatné odchylky a průměrné hodnoty, které jsou součástí krabicového grafu v programu Statistika. Statistické zpracování dat bude provedeno u analýzy viskozity, při použití biopaliva E85 a fosilního paliva BA95 u skupiny vozidel 3 (viz tab. č. 3), jelikož tato analýza byla opakována pro každou ujetou vzdálenost 5x. Toto zpracování bude provedeno pro naměřená data viskozity (kinematické a dynamické) při teplotě 40 °C, (obvyklá hodnota technických listů maziv). Další provedené analýzy (Reichert test, bod vzplanutí, koncentrace vody) byly provedeny pouze 1x (vzhledem k omezené velikosti vzorku) tudíž nelze aplikovat statistické zpracování.

Statistické zpracování krabicového grafu vychází z postupu, kdy jsou nejprve stanoveny průměrné hodnoty podle vztahu číslo (3).

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (3)$$

\bar{X} – průměrná hodnota

X_1 až X_n – jednotlivé hodnoty 1 až n

n – počet hodnot

Dále je proveden odhad rozptylu a ten je stanoven podle vztahu číslo (4).

$$S^2 = \frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n - 1} \quad (4)$$

S^2 – rozptyl hodnot

S – směrodatná odchylka

\bar{X} – průměrná hodnota

X_1 až X_n – jednotlivé hodnoty 1 až n

n – počet hodnot

K ověření první hypotézy bylo použito studentovo rozdělení s testem uvedeným ve vztahu číslo (5). Tento je aplikován na první skupinu vozidel.

$$\frac{\bar{X} - \mu}{\sqrt{\frac{S^2}{n}}} \approx t_{n-1} \quad (5)$$

S^2 – rozptyl hodnot

S – směrodatná odchylka

\bar{X} – průměrná hodnota

μ – hodnota nulové hypotézy

n – počet hodnot

Studentovo rozdělení je použito tak, aby byly stanoveny průměrné hodnoty, směrodatná odchylka, testové kritérium t a hodnota p . Hladina testu byla zvolena 0,95, tudíž hodnota $\alpha = 0,05$. Studentovo rozdělení by mělo potvrdit či vyvrátit hypotézu, zda se střední hodnoty viskozity oleje při použití paliva BA95 a E85 významně liší.

$$\frac{|\bar{X} - \mu|}{\sqrt{\frac{S^2}{n}}} \geq \frac{\varepsilon}{\sqrt{\frac{S^2}{n}}} \quad (6)$$

$$\frac{\varepsilon}{\sqrt{\frac{S^2}{n}}} = t_9(0,025) = 2,262 \quad (7)$$

S^2 – rozptyl hodnot

S – směrodatná odchylka

\bar{X} – průměrná hodnota

μ – hodnota nulové hypotézy

n – počet hodnot

Aby bylo možné použít t-test studentova rozdělení je zapotřebí, aby sledované hodnoty byly normálního rozdělení. Pro toto posouzení byl použit Kolmogoro-Smirnovův test rozdělení, a to pro zvolenou teplotu 40 °C jak u kinematické, tak u dynamické viskozity olejových vzorků při použití obou paliv (BA95 a E85). Pro ověření normálního rozdělení byl využit automobil Saab 9-5, 2,3 turbo, r. v. 2006. U ostatních vozidel se předpokládá, že taktéž platí normální rozdělení.

Nulová hypotéza říká, že se rozdělení vzorků výrazně neodlišuje od normálního rozdělení. Z testů bylo patrné, že hodnota p byla větší než hodnota $\alpha = 0,05$ (hladina významnosti). Což

znamená, že nulovou hypotézu nelze zamítnout, a tudíž se data neodlišují od normálního rozdělení. Je tedy možné pro statistické zhodnocení použít párový t-test pro závislé vzorky. Normálního rozdělení dle Kolmogorova-Smirnovova testu byly hodnoty jak kinematické, tak dynamické viskozity.

5 Výsledky

5.1 Výsledky – analýza motorového oleje

Během experimentu byly průběžně odebírány vzorky oleje podle metodiky popsané v kapitole 4.1. Analýzy vzorků motorových olejů byly zaměřeny na změnu viskozity, mazivost, na koncentraci vody a bod vzplanutí.

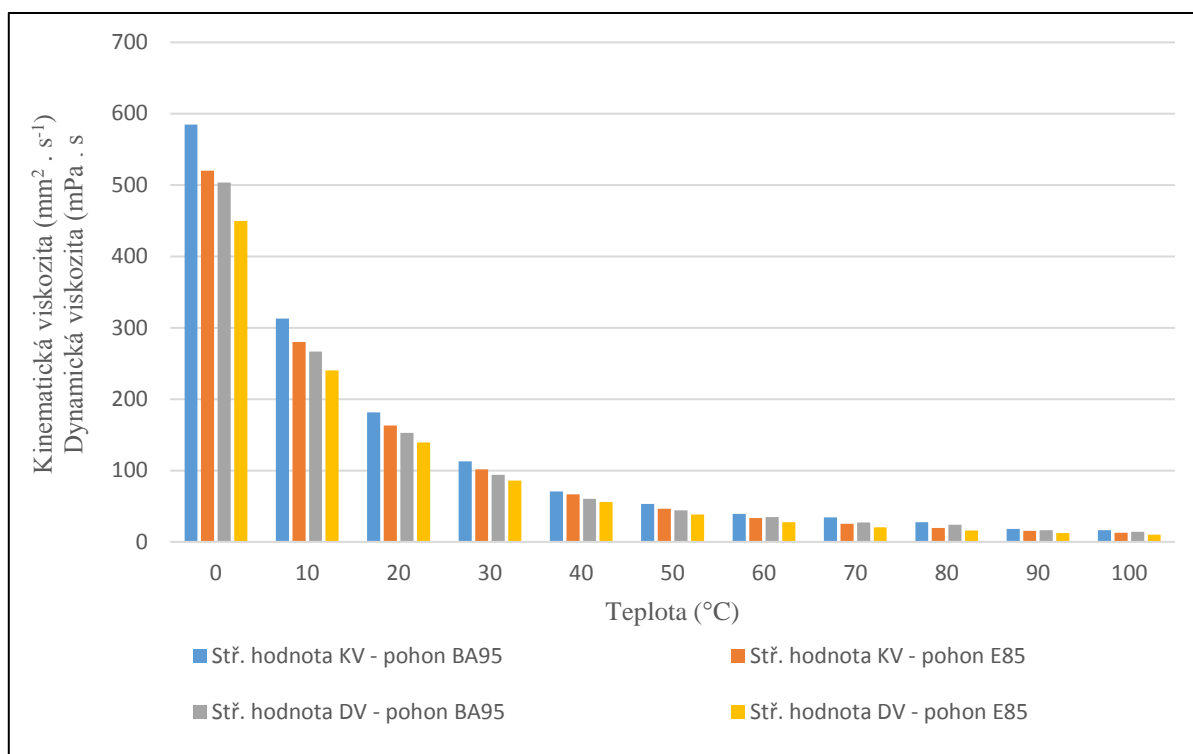
5.1.1 Viskozita olejové náplně spalovacího motoru

Viskozita olejové náplně spalovacího motoru, jak kinematická, tak dynamická byla měřena a publikována v komentovaných člancích, viz příloha 1, 2. Tato část práce bude rozšířena o měření kinematické a dynamické viskozity u skupiny vozidel 3 (viz tab. č. 3). Toto měření bude doplněno o statistické zhodnocení dat (průměrná hodnota, směrodatná odchylka, t-test).

Jako vzorek hodnot pro demonstraci kinematické a dynamické viskozity byly zvoleny hodnoty automobilu Saab 9-5, 2,3 turbo, r. v. 2006. Pro vyhodnocení byla zvolena doba provozu 8000 km, a to u městského i mimoměstského provozu. Důvodem volby byly na základě předchozích dat uvedených v příloze 1, 2 stanovené vhodné intervaly výměny. Závislost viskozity na teplotě 0–100 °C je uvedena pro mimoměstský provoz v tabulce č. 4, grafické znázornění pak na obrázku č. 3.

Ujetá vzdálenost (km)	Teplota (°C)	Střední hodnota KV BA95	Střední hodnota KV E85	Střední hodnota DV BA95	Střední hodnota DV E85
8000	0	584,640	520,050	503,387	449,760
	10	312,715	280,063	266,560	240,333
	20	181,550	163,260	152,943	139,104
	30	112,744	101,430	94,113	85,765
	40	70,833	66,436	60,422	55,740
	50	52,943	46,304	44,004	38,553
	60	39,443	33,577	34,551	27,746
	70	34,443	25,161	27,045	20,622
	80	27,599	19,366	23,970	15,795
	90	18,289	15,410	16,375	12,433
	100	16,254	12,680	14,300	10,150

Tab. 4 Kinematická a dynamická viskozita v době provozu 8000 km – mimoměstský provoz

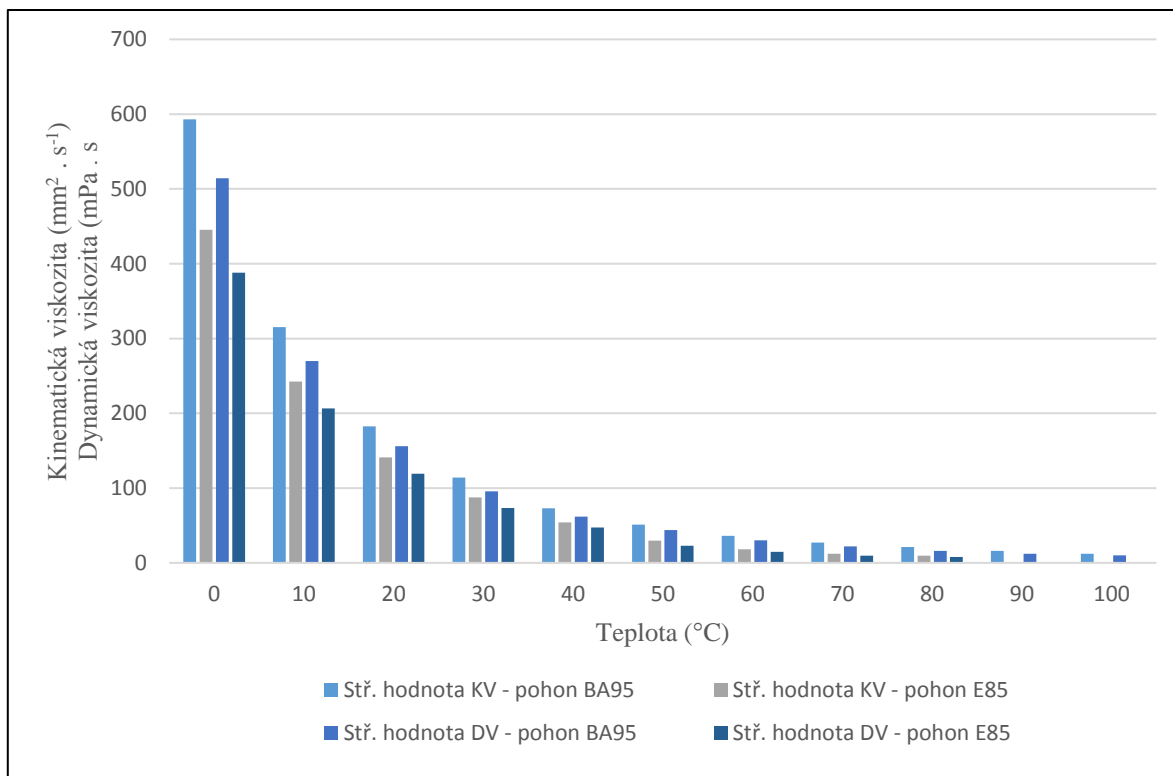


Obř. 3 Změna kinematické a dynamické viskozity v závislosti na teplotě v době provozu 8000 km – mimoměstský provoz

Hodnoty pro městský provoz, pro stejné vozidlo Saab 9-5, 2,3 turbo, r. v. 2006 a době provozu 8000 km, jsou znázorněny v tabulce č. 5, doplněné o grafické znázornění na obrázku č. 4.

Ujetá vzdálenost (km)	Teplota (°C)	Střední hodnota KV BA95	Střední hodnota KV E85	Střední hodnota DV BA95	Střední hodnota DV E85
8000	0	593,234	445,184	514,201	387,852
	10	315,391	242,272	270,038	206,324
	20	182,526	140,850	155,953	119,318
	30	113,956	87,424	95,847	73,475
	40	72,851	53,994	62,044	47,217
	50	51,055	29,889	43,972	23,059
	60	36,051	18,002	30,172	14,952
	70	27,039	12,089	22,081	9,563
	80	21,038	9,541	16,165	7,919
	90	16,035	nelze	12,186	nelze
	100	12,309	nelze	10,261	nelze

Tab. 5 Kinematická a dynamická viskozita v době provozu 8000 km – městský provoz



Obr. 4 Změna kinematické a dynamické viskozity v závislosti na teplotě v době provozu 8000 km – městský provoz

Hodnotu kinematické viskozity pro teplotu 90 a 100 °C nebylo možné změřit při použití biopaliva E85. Při dalších teplotách měřená kinematická i dynamická viskozita při použití biopaliva E85 dosahují nižší hodnoty než při použití fosilního paliva BA95. Z toho je možné konstatovat, že biopalivo E85 má vliv na snížení viskozity motorového oleje. Toto tvrzení budou dále doplňovat dále zvolené analýzy.

5.1.1.1 Statistické zhodnocení

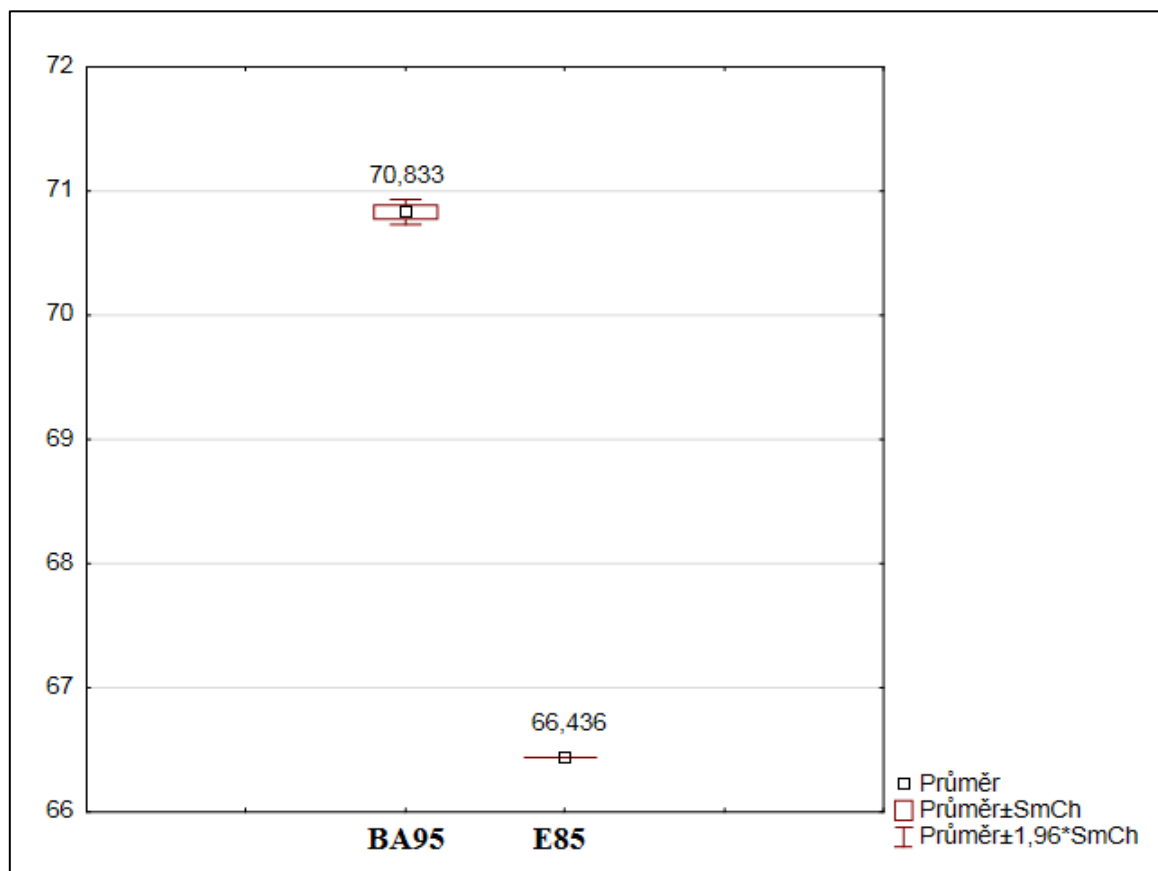
Pro statistické zhodnocení kinematické i dynamické viskozity byl zvolen párový t-test pro závislé vzorky. Testovány byly data z kapitoly 5.1.1., jak pro mimoměstský, tak pro městský provoz. Zvolená teplota pro testování byla 40 °C, hodnota 100 °C v těchto případech nebyla hodnocena, jelikož u městského provozu nebylo možné tyto hodnoty viskozity naměřit, doba provozu byla opět zvolena 8000 km. Hodnocen byl opět automobil Saab 9-5, 2,3 turbo, r. v. 2006.

Hodnoty kinematické a dynamické viskozity pro mimoměstský provoz jsou znázorněny v tabulce č. 6. Krabicový graf, který zobrazuje hodnoty průměrů a směrodatných odchylek jsou zobrazeny na obrázku č. 5 pro kinematickou viskozitu a obrázku č. 6 pro dynamickou viskozitu.

	Průměr	Směrodatná odchylna	Rozdíl	t	p
KV při použití BA95	70,833	0,117261	4,397000	83,77442	0,000000
KV při použití E85	66,436	0,002280			
DV při použití BA95	60,422	0,162985	4,682000	63,70569	0,000000
DV při použití E85	55,740	0,001924			

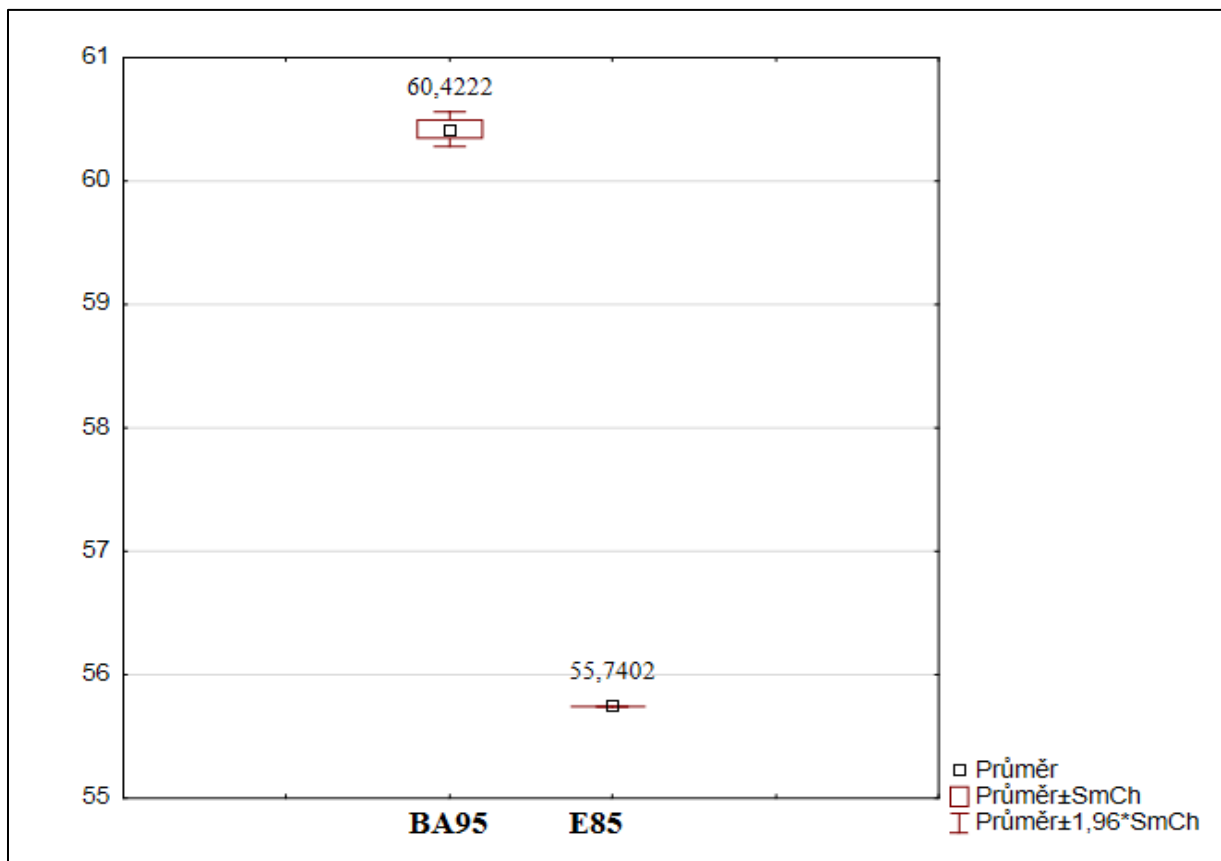
Tab. 6 Statistické zhodnocení kinematické a dynamické viskozity pro paliva BA95 a E85, pro 40 °C a dobu provozu 8000 km – mimoměstský provoz

Párový t-test pro závislé vzorky říká, že hodnota p u kinematické viskozity je menší než hodnota α ($\alpha = 0,05$), a tudíž je možné zamítnout nulovou hypotézu, která říká, že ve skupině vzorků se neobjevil rozdíl průměrů, a tedy je možné konstatovat, že rozdíly hodnot biopaliva E85 a fosilního paliva BA95 jsou významné. Obdobný výsledek byl také u dynamické viskozity, kde hodnota p byla opět nižší než hodnota α ($\alpha = 0,05$) a rovněž je možné zamítnout nulovou hypotézu a konstatovat, že průměry dynamické viskozity u fosilního paliva BA95 a biopaliva E85 mají významný rozdíl.



Obr. 5 Grafické vyjádření kinematické viskozity párového t-testu pro závislé vzorky, pro 40 °C a dobu provozu 8000 km – mimoměstský provoz

Na obr. č. 5 jsou graficky znázorněny průměrné hodnoty kinematických viskozit pro fosilní palivo BA95 a pro biopalivo E85, kde hodnoty vykazují významný rozdíl. Průměrné hodnoty pro toto statistické hodnocení byly počítány z 5 opakovaných měření kinematické a dynamické viskozity.



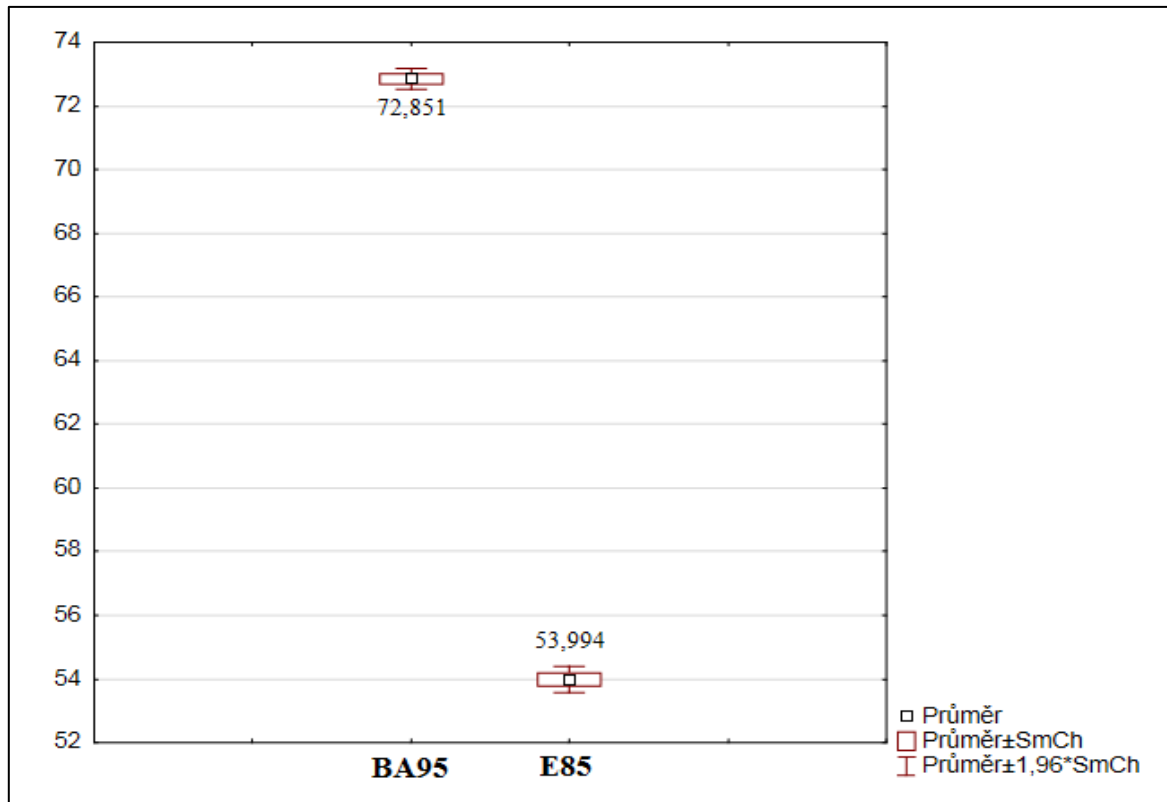
Obr. 6 Grafické vyjádření dynamické viskozity párového t-testu pro závislé vzorky, pro 40 °C a dobu provozu 8000 km – mimoměstský provoz

Hodnoty kinematické a dynamické viskozity pro zvolený automobil při městském provozu, zvolenou teplotu 40 °C a ujetou vzdálenost 8000 km jsou znázorněny v tabulce č. 7. Krabicový graf, je zobrazen na obrázku č. 7 pro kinematickou viskozitu a obrázku č. 8 pro dynamickou viskozitu.

	Průměr	Směrodatná odchylka	Rozdíl	t	p
KV při použití BA95	72,851	0,367292	18,85720	92,89257	0,000000
KV při použití E85	53,994	0,469461			
DV při použití BA95	62,044	0,191687	14,82700	119,8535	0,000000
DV při použití E85	47,217	0,284183			

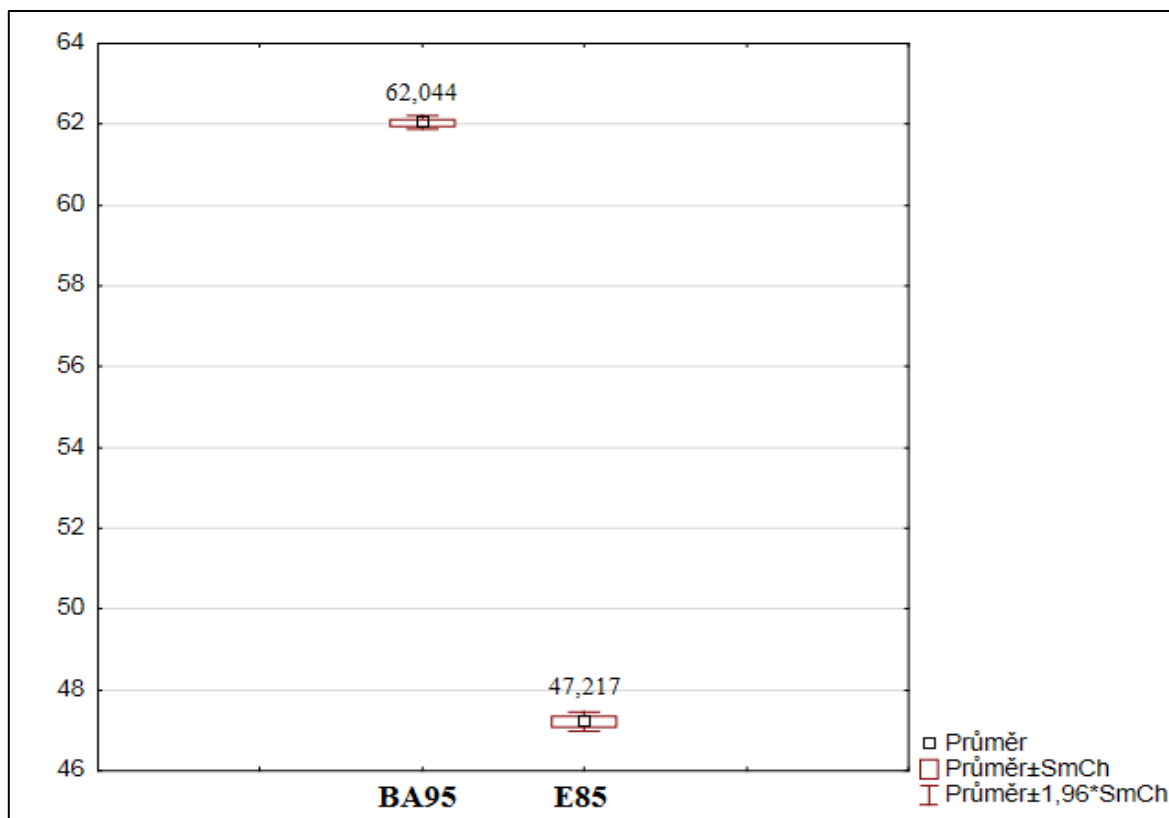
Tab. 7 Statistické zhodnocení kinematické a dynamické viskozity pro paliva BA95 a E85, pro 40 °C a dobu provozu 8000 km – městský provoz

Párový t-test pro závislé vzorky u městského provozu rovněž potvrdil, že hodnota p je menší než hodnota α ($\alpha = 0,05$), a tudíž je možné opět zamítnout nulovou hypotézu, a tedy je možné konstatovat, že rozdíly průměrných hodnot biopaliva E85 a fosilního paliva BA95 jsou významné.



Obr. 7 Grafické vyjádření kinematické viskozity párového t-testu pro závislé vzorky, pro 40 °C a dobu provozu 8000 km – městský provoz

Graficky znázorněny průměrné hodnoty kinematických viskozit (obr. č. 7) pro fosilní palivo BA95 a pro biopalivo E85 vykazují významný rozdíl. Průměrné hodnoty pro toto statistické hodnocení byly počítány opět z 5 opakovaných měření kinematické a dále dynamické viskozity (obr. č.8).



Obr. 8 Grafické vyjádření dynamické viskozity párového t-testu pro závislé vzorky, pro 40 °C a dobu provozu 8000 km – městský provoz

5.1.1.2 Dílčí závěr

Výsledky analýz viskozity, které byly provedeny na Stabingerově viskozimetru potvrdily hypotézu, že použití biopaliva E85 má vliv na změnu viskozity motorového oleje. Tento dílčí závěr byl potvrzen také v komentovaných člancích, které jsou prezentovány v Příloze č. 1 a 2. Významné rozdíly viskozit při použití fosilního paliva BA95 a biopaliva E85 potvrdil také párový t-test pro závislé vzorky, který rozdíly průměrných hodnot jak kinematické, tak dynamické viskozity pro fosilní palivo BA95 a biopalivo E85 zhodnotil jako významné.

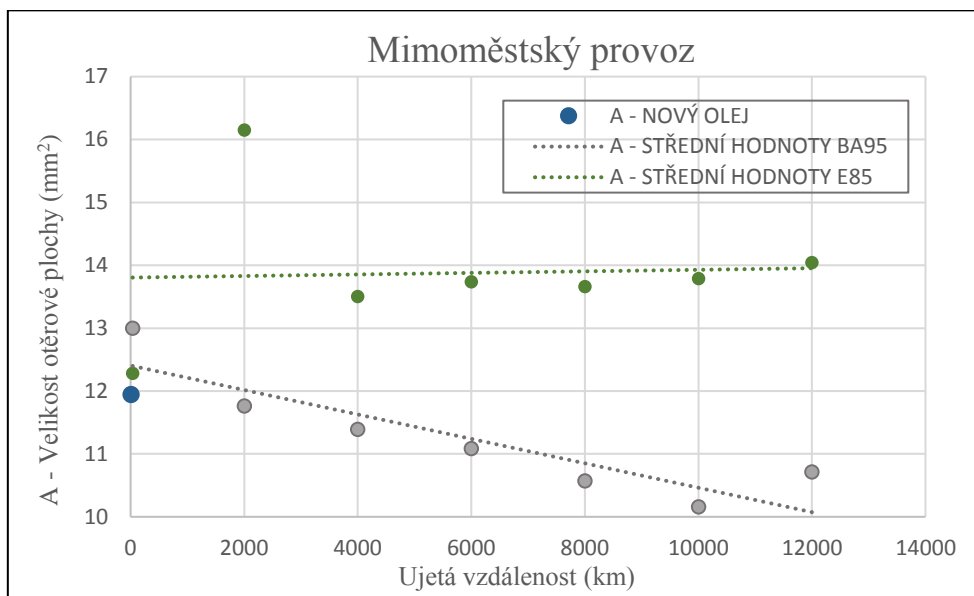
5.1.2 Změna mazivosti olejové náplně spalovacího motoru

Test mazivosti pomocí Reichert testu byl pro skupinu vozidel 2 součástí komentovaného článku, viz Příloha č. 2. Pro experimentální část této práce byla pro tuto analýzu zvolena skupina vozidel 3 (viz tab. č. 3), které navazují na předešlou analýzu viskozit a doplňují tak její výsledky. Skupina vozidel 3 jsou v této práci rozlišeny na městský a mimoměstský provoz. Naměřené hodnoty mimoměstského provozu jsou znázorněny v tabulce č. 8, grafické znázornění tohoto provozu je na obrázku č. 9, kde první hodnota ujeté vzdálenosti pro odběr

vzorku byl 34 km, tato hodnota se pro analýzu bere jako počáteční, tedy nulová (jedná se o odběr vzorku po krátké testovací jízdě).

Ujetá vzdálenost (km)	Otěrová plocha BA95 (mm ²)				Otěrová plocha E85 (mm ²)				Nový olej
	Saab 9.5 2,3t (2006)	Saab 9.5 2,0t (2005)	Saab 9.3 1,8t (2007)	A Střední hodnota	Saab 9.5 2,3t (2006)	Saab 9.5 2,0t (2005)	Saab 9.3 1,8t (2007)	A Střední hodnota	
34	13,766	13,001	12,222	12,996	12,180	12,576	12,087	12,281	11,942
2000	12,218	11,602	11,459	11,760	16,945	15,940	15,556	16,147	
4000	11,673	11,499	10,992	11,388	13,053	14,062	13,391	13,502	
6000	11,172	11,167	10,916	11,085	13,736	14,012	13,452	13,733	
8000	10,912	10,404	10,389	10,568	12,750	14,839	13,391	13,660	
10000	10,144	10,152	10,181	10,159	13,142	14,041	14,183	13,789	
12000	10,519	10,469	11,153	10,714	13,639	14,254	14,226	14,039	

Tab. 8 Reichert test – velikost otěrové plochy – mimoměstský provoz



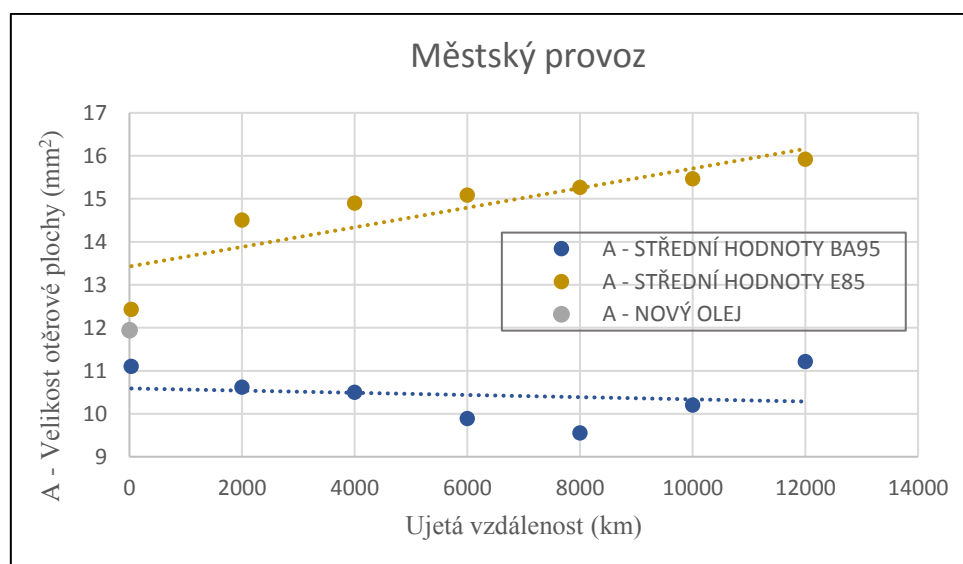
Obr. 9 Velikost otěrové plochy A v závislosti na ujeté vzdálenosti – mimoměstský provoz

Grafické znázornění (obr. č. 9) bylo proloženo lineárním trendem, a to z důvodu malého počtu vzorků a má pouze demonstrovat zvětšení otěrové plochy při vyšší ujeté vzdálenosti pro biopalivo E85 a fosilní palivo BA95. Z tab. č. 8 a obr. 9 byly potvrzeny závěry z komentovaného článku, Příloha č. 2, že s klesající viskozitou při použití biopaliva E85 roste také otěrová plocha a olejová náplň spalovacího motoru ztrácí svou mazivost.

Městský provoz pro skupinu vozidel 3 je prezentován v tabulce č. 9 a obrázku č. 10.

Ujetá vzdálenost (km)	Otěrová plocha BA95 (mm ²)				Otěrová plocha E85 (mm ²)				Nový olej
	Saab 9.5 2,3t (2006)	Saab 9.5 2,0t (2005)	Saab 9.3 1,8t (2007)	A Střední hodnota	Saab 9.5 2,3t (2006)	Saab 9.5 2,0t (2005)	Saab 9.3 1,8t (2007)	A Střední hodnota	
34	11,070	11,247	10,977	11,098	12,477	12,097	12,706	12,427	11,942
2000	10,982	10,607	10,254	10,614	14,494	14,612	14,416	14,507	
4000	10,762	10,522	10,199	10,494	14,749	14,681	15,264	14,898	
6000	9,980	9,894	9,776	9,884	14,854	15,110	15,282	15,082	
8000	8,790	9,889	9,977	9,552	15,006	15,314	15,480	15,267	
10000	10,560	10,072	9,963	10,198	15,253	15,465	15,672	15,463	
12000	11,452	11,390	10,803	11,215	15,904	15,946	15,914	15,921	

Tab. 9 Reichert test – velikost otěrové plochy, mimoměstský provoz



Obr. 10 Velikost otěrové plochy A v závislosti na ujeté vzdálenosti – městský provoz

Grafické znázornění (obr. č. 10) bylo opět proloženo lineárním trendem, pro demonstraci zvětšení otěrové plochy při vyšší ujeté vzdálenosti pro biopalivo E85 a fosilní palivo BA95. Z tab. č. 9 a obr. č. 10 je také patrné, že otěrová plocha se rovněž zvětšuje při použití biopaliva E85 s najetou vzdáleností a poklesem viskozity.

5.1.2.1 Dílčí závěr

Při aplikaci Reichertova testu bylo jasně prokázáno zvětšení otěrové plochy na zkušebním válečku. Výsledky jsou zobrazeny v tab. č. 8, 9 a na obr. č. 9, 10. Při používání biopaliva E85 roste otěrová plocha s počtem najetých kilometrů, kdežto při použití fosilního paliva BA95 klesá, což je způsobeno především rozpuštěnými úsadami. Těsně před výměnou motorového

oleje je otěrová plocha při použití biopaliva E85 o značné procento větší než při použití fosilního paliva BA95, a to jak v mimoměstském, tak městském provozu, viz tabulka č. 10.

Doba provozu (km)	% rozdíl středních hodnot A BA95 x E85 Mimoměstský provoz	% rozdíl středních hodnot A BA95 x E85 Městský provoz
34	11,5 %	12,7 %
2000	6,8 %	32,0 %
4000	18,6 %	37,0 %
6000	30,1 %	48,8 %
8000	36,5 %	70,1 %
10000	50,5 %	44,4 %
12000	50,1 %	38,9 %

Tab. 10 Procentuální rozdíl otěrových ploch u obou provozů při použití BA95 a E85

Jako možné, aby při používání biopaliva E85 nedocházelo ke zvýšenému opotřebení spalovacího motoru, se jeví významné zkrácení výměnného intervalu motorového oleje, a to až na jeho jednu třetinu.

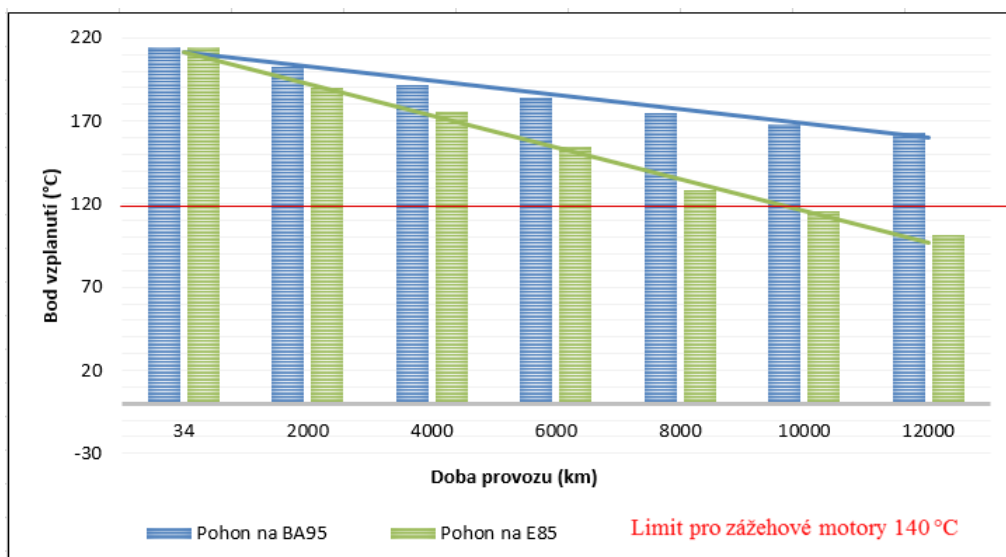
5.1.3 Bod vzplanutí olejové náplně spalovacího motoru

Výše bodu vzplanutí bývá důležitým kvalitativním i bezpečnostním ukazatelem, proto byla tato analýza zařazena k experimentu této práce. V tabulce č. 11 jsou znázorněny hodnoty měření bodu vzplanutí automobilů ze skupiny vozidel 3 (viz tab. č. 3) závislé na době provozu motorového oleje pro mimoměstský provoz.

Doba provozu (km)	Bod vzplanutí BA95 (°C)	Bod vzplanutí E85 (°C)	Limit pro zážehové motory (°C)
34	214	214	140
2000	203	190	
4000	191	175	
6000	184	154	
8000	175	128	
10000	168	116	
12000	163	101	

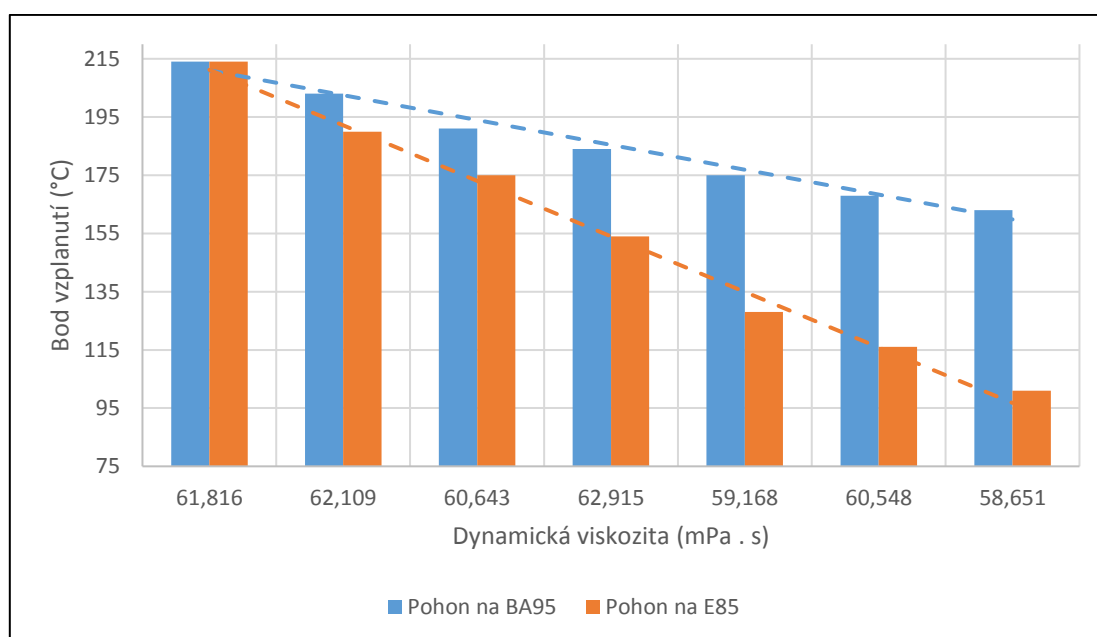
Tab. 11 Hodnoty měření bodu vzplanutí pro palivo BA95 a E85 – mimoměstský provoz

Naměřené hodnoty z tab. č. 11 ukazují, že při použití biopaliva E85 klesl bod vzplanutí pod limit při době provozu 10000 km. Grafické znázornění je na obrázku č. 11.



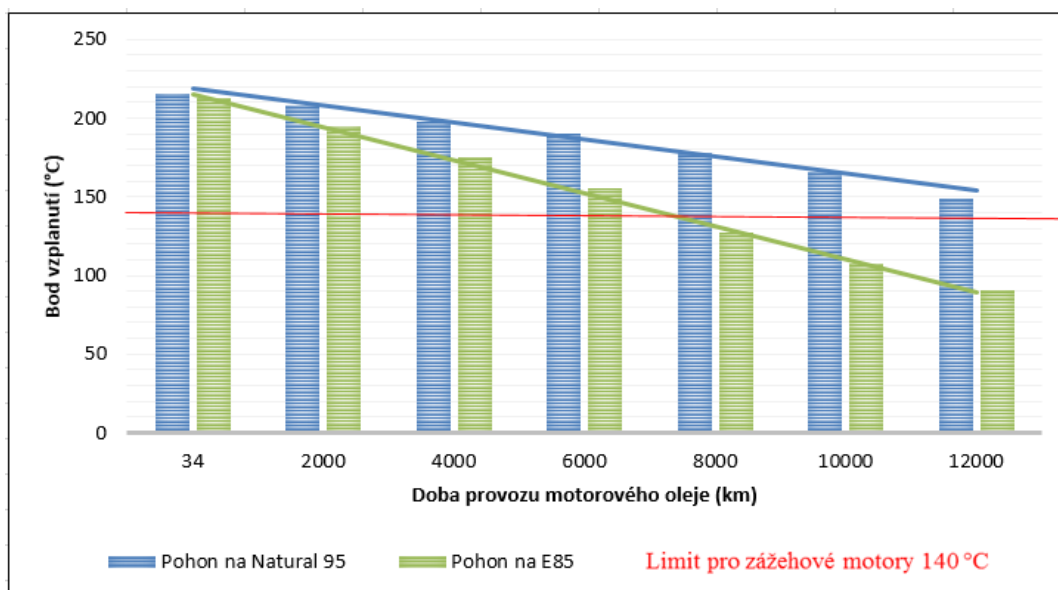
Obr. 11 Hodnoty bodu vzplanutí závislé na době provozu pro paliva BA95 a E85 – mimoměstský provoz

Na obrázku č. 12 byl prezentován pokles bodu vzplanutí v závislosti na dynamické viskozitě, opět byly použity střední hodnoty bodu vzplanutí i dynamické viskozity z automobilů skupiny vozidel 3.



Obr. 14 Změna bodu vzplanutí v závislosti na dynamické viskozitě pro paliva BA95 a E85 – mimoměstský provoz

Z obr. č. 12 je patrné, že s klesající dynamickou viskozitou také klesá bod vzplanutí u biopaliva E85. U městského provozu klesal také bod vzplanutí u fosilního paliva BA95, jelikož automobil jezdil v provozu typu studené starty a krátké trasy. Hodnoty bodu vzplanutí v závislosti na ujeté vzdálenosti pro biopalivo E85 a fosilní palivo BA95 pro městský provoz jsou prezentovány na obrázku č. 13.



Obr. 13 Hodnoty bodu vzplanutí závislé na době provozu pro paliva BA95 a E85 – městský provoz

Pod limitní hranici se v městském provozu dostal bod vzplanutí při ujeté vzdálenosti 8000 km při použití biopaliva E85. Při použití fosilního paliva BA95 se v době výměny olejové náplně motorového oleje hodnota bodu vzplanutí blížila k limitní hodnotě.

5.1.3.1 Dílčí závěr

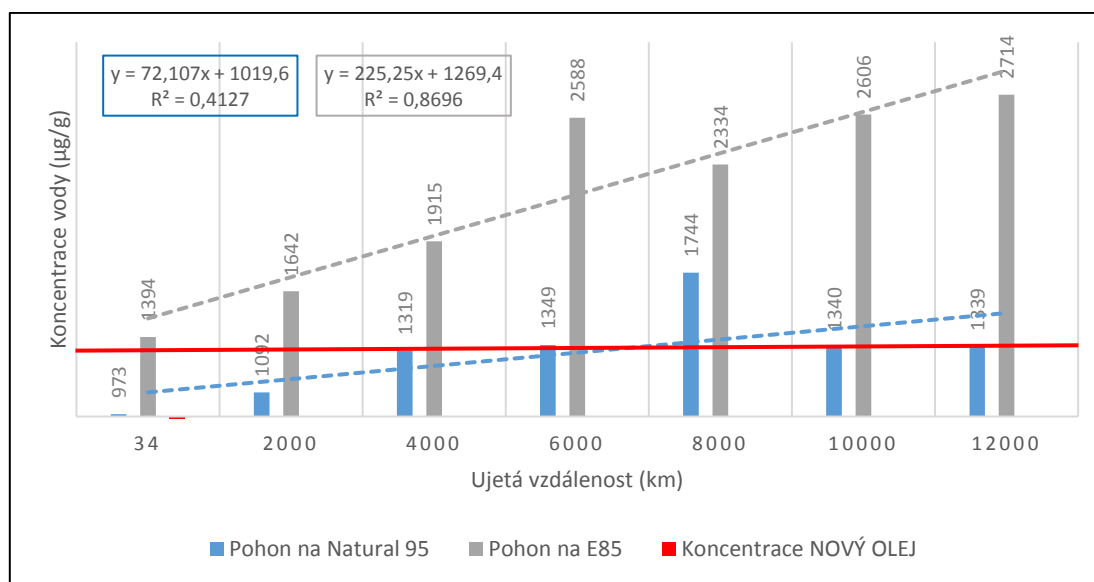
Výsledky analýzy bodu vzplanutí potvrzují negativní účinek biopaliva E85 na motorový olej. S rostoucí najetou vzdáleností se zhoršují vlastnosti motorového oleje, klesá dynamická viskozita, zvětšuje se otěrová plocha a klesá bod vzplanutí. Při městském provozu na biopalivo E85 je nutné počítat s rychlejší degradací motorového oleje, jelikož bod vzplanutí klesl pod limitní hranici již v ujeté vzdálenosti 8000 km. Při mimoměstském provozu hodnota bodu vzplanutí byla pod limitem při ujeté vzdálenosti 10000 km.

5.1.4 Koncentrace vody olejové náplně spalovacího motoru

Analýza koncentrace vody v motorovém oleji byla publikována v komentovaném článku – Příloha č. 3., kde vozidla jezdila v mimoměstském provozu. Hodnoty koncentrace vody v motorovém oleji pro městský provoz jsou prezentovány v tabulce č. 12, grafické znázornění hodnot v obrázku č. 14, hodnoty jsou pro skupinu vozidel 3 (viz tab. č. 3).

Ujetá vzdálenost (km)	Koncentrace vody BA95 (µg/g)				Koncentrace vody E85 (µg/g)			
	Saab 9.5 2,3t (2006)	Saab 9.5 2,0t (2005)	Saab 9.3 2,0t (2008)	Koncentrace vody Střední hodnota	Saab 9.5 2,3t (2006)	Saab 9.5 2,0t (2005)	Saab 9.3 2,0t (2008)	Koncentrace vody Střední hodnota
34	971,0	976,0	973,0	973,3	1389,5	1395,2	1397,5	1394,1
2000	1087,3	1092,6	1096,2	1092,0	1637,3	1646,5	1642,3	1642,0
4000	1316,5	1321,2	1317,9	1318,5	1907,9	1921,4	1916,9	1915,4
6000	1305,3	1298,8	1443,5	1349,2	2786,6	2591,1	2386,5	2588,1
8000	1935,5	1941,2	1356,1	1744,3	1610,9	2753,2	2638,5	2334,2
10000	1326,6	1332,3	1362,4	1340,4	2357,4	2733,5	2726,7	2605,9
12000	1317,8	1322,4	1375,8	1338,7	2856,9	2461,5	2823,3	2713,9

Tab. 12 Hodnoty koncentrace vody motorového oleje pro paliva E85 a BA95 – městský provoz



Obr. 14 Hodnoty koncentrace vody motorového oleje pro paliva E85 a BA95 – městský provoz

I v městském provozu byla koncentrace vody v motorovém oleji při použití biopaliva E85 vyšší než koncentrace vody nového motorového oleje (1357 µg/g). Je nutné konstatovat, že hodnota koncentrace vody nového motorového oleje již vykazovala množství vody, i když by čistý motorový olej měl mít nulovou koncentraci vody. Tato skutečnost byla přiřazena nevhodnému skladování, proto tato hodnota byla považována za počáteční. Koncentrace vody při použití fosilního paliva BA95 byla velice obdobná hodnotě nového oleje, pouze v ujeté vzdálenosti 8000 km byla hodnota překročena. Tato odchylka byla přiřazena chybě v měření.

5.1.4.1 Dílčí závěr

Z analýz koncentrace vody při použití biopaliva E85, jak v mimoměstském (Příloha č. 3), tak v městském provozu, vyplývá, že je motorový olej trvale vystaven účinkům vody. Tento jev je

důsledkem nepravidelného provozu s dlouhými časovými prodlevami (mimoměstský provoz) a studenými starty (městský provoz) a je velmi pravděpodobné, že se tím postupně mění i kvalita motorového oleje a podstatně se zkracuje také jeho životnost.

Dílní hypotéza práce byla, zda dochází při používání biopaliva E85 k vyšší koncentraci vody v motorovém oleji. Z tabulky č. 12 a Přílohy č. 3 je patrné, že při použití biopaliva E85 koncentrace vody explicitně stoupá.

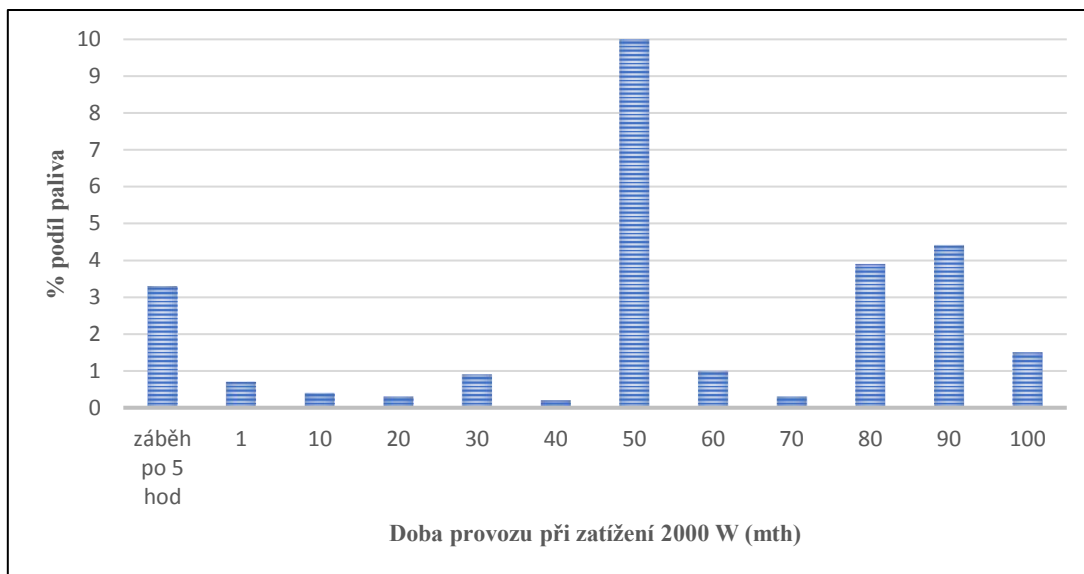
5.2 Vlivu biobutanolu na olejovou náplň spalovacího motoru

Výsledné hodnoty naměřené viskozity jsou zaznamenány během dvou (při započtení doby záběhu tří) výměnných intervalů olejové náplně spalovacího motoru doplněné o kód čistoty a jsou prezentovány v komentovaném článku v Příloze č. 4. Vliv biobutanolu na motorový olej byl doplněn o analýzu procentního podílu paliva na přístroji Fuel Sniffer. Naměřené hodnoty jsou prezentovány v tabulce č. 13.

Doba provozu (h)	procentní podíl paliva (%)
záběh po 5 hod	3,3
1	0,7
10	0,4
20	0,3
30	0,9
40	0,2
50	10
60	1
70	0,3
80	3,9
90	4,4
100	1,5

Tab. 13 Procentní podíl paliva v motorovém oleji generátoru ProMax 3500A

Grafické znázornění naměřených hodnot procentního podílu paliva v motorovém oleji spalovacího motoru generátoru ProMax 3500A je prezentováno na obrázku č. 15.



Obr. 15 Procentní podíl paliva v závislosti na době provozu generátoru ProMax 3500A

Z tab. č. 13 a obr. č. 15 je patrné, že ke zvýšenému podílu paliva biobutanol došlo při době záběhu, dále potom v době provozu 50 mth a poté v dobách provozu 90–100 mth. Výkyv v 50 mth provozu je přiřazen chybě v měření.

5.2.1 Dílčí závěr

V příspěvku z Přílohy č. 4 a kapitoly 5.2 byl sledován vliv biobutanolu na parametry motorového oleje. Motorem je v tomto případě generátor ProMax 3500A, který pracuje na palivo, kterým je 100% biobutanol. Pro bezproblémové spalování biobutanolu je upraven směšovací poměr tak, aby byl blíže k stechiometrickému poměru. Během prvních 106 hodin provozu (při zatížení 2000 W–80 %) byly zjištěny tyto závěry:

- Vzhledem k parametrům paliva biobutanol (nízké viskozitě) se očekával výrazný vliv paliva na snížení viskozity motorového oleje. Očekávání se však nepotvrdilo, viz Příloha č. 4. Ke změně viskozity sice došlo, ale rozdíl nejvyšší a nejnižší naměřené hodnoty činil při 40 °C 9 % a při 100 °C 13 %. Během prvního výměnného intervalu motorového oleje viskozita mírně rostla a ve druhém intervalu zase klesala. Aby byl vyloučen vliv vlhkosti, bylo provedeno měření množství vody ve vzorku oleje, a to titrační metodou. Všechny vzorky obsahovaly méně než 0,2 % vody.
- Se změnou viskozity se očekávalo také zvýšené opotřebení částí spalovacího motoru. Proto byl měřen kód čistoty. Kromě prvního vzorku bylo dosaženo vyrovnané hodnoty kódu čistoty (viz Příloha č. 4). Přičemž u prvního vzorku se vyšší počet očekával, protože se jednalo o období záběhu.

- Z analýzy procenta podílu paliva v olejové náplni spalovacího motoru se vyšší % koncentrace objevilo při záběhu spalovacího motoru a poté v době provozu 80–100 hodin. Výkyv v době provozu 50 mth byl přiřazen chybě měření, a tedy je z měření vyloučen. Lze tedy konstatovat, že v průběhu doby provozu generátoru ProMax 3500A byl procentní podíl paliva v olejové náplni spalovacího motoru konstantní.

Na základě provedených sledování a následných prvních analýz se zdá, že palivo biobutanol nemá zásadní vliv na olejovou náplň spalovacího motoru, ale aby mohl být vysloven jednoznačný závěr, je zapotřebí v měřeních pokračovat. Očekávalo se, že biobutanol bude mít podobný vliv jako biopalivo E85 a bude ovlivňovat životnost motorového oleje. V případech prvních měření se toto očekávání nepotvrdilo. Důvodem mohou být i rozdílné provozní podmínky. Generátor ProMax 3500A pracoval v uzavřeném prostoru se stálou teplotou, kdežto biopalivo E85 bylo testováno v běžném silničním vozidle, kde za provozu značně kolísají provozní a okolní podmínky spalovacího motoru.

5.3 Vyhodnocení naměřených hodnot

Tato práce byla zaměřena na využití tribodiagnostiky k vyjádření vlivu biopaliv na olejovou náplň spalovacího motoru. Jako tribodiagnostické metody byly zvoleny analýzy měření viskozity, Reichert test, bod vzplanutí a koncentrace vody pro posouzení vlivu biopaliva E85 na motorový olej. Naměřené hodnoty provedených analýz pro automobily vzorku 3 porovnané s fosilním palivem BA95 jsou shrnuty v tabulce č. 14.

Analýza		BA95		E85		Vliv biopaliva E85
		mimoměstský	městský	mimoměstský	městský	
Viskozita	Kinematická při 40 °C, ujeté vzdálenosti 8000 km	72,271 mm ² /s	53,994 mPa.s	64,414 mm ² /s	53,463 mPa.s	Významný vliv
	Dynamická při 40 °C, ujeté vzdálenosti 8000 km	59,168 mm ² /s	62,374 mPa.s	53,495 mm ² /s	46,468 mPa.s	Významný vliv
	Reichert test při ujeté vzdálenosti 8000 km	10,568 mm ²	9,552 mm ²	13,660 mm ²	15,267 mm ²	Významný vliv
	Bod vzplanutí při ujeté vzdálenosti 8000 km	175 °C	178 °C	128 °C	127 °C	Významný vliv
	Koncentrace vody při ujeté vzdálenosti 8000 km	1352,2 µg/g	1744,3 µg/g	3109,1 µg/g	2334,2 µg/g	Významný vliv

Tab. 14 Střední hodnoty provedených analýz u automobilů vzorku 3

Všechny provedené analýzy potvrdily značný vliv biopaliva E85 na motorový olej. Z tohoto vyplývá doporučení, že při použití biopaliva E85 je nezbytné změnit intervaly výměny motorového oleje. Tyto intervaly by měly být značně zkráceny na dobu provozu 6000–8000 km. Se zkrácením intervalů výměny motorového oleje také stoupají náklady na provoz automobilů, které jezdí na biopalivo E85. K obdobným hodnotám tribotechnických analýz dospěli autoři Khuong, L. S. et al a Costa H. L. ve svých studiích, které budou diskutovány v následující kapitole.

Diskuse

Autor L. S. Khuong se ve své studii zabýval experimentem provedeným za účelem posouzení vlivu směsí bioetanolu a fosilního paliva BA95 na tribologický výkon motorového oleje ve vybraných podmínkách provozu. Pro své experimenty využil plně syntetický motorový olej SAE 5W40. Výsledky provedených tribotechnických analýz byly následující [40]:

- Přidání již 6 % bioetanolu do fosilního paliva BA95 mělo na plně syntetický olej významný vliv a snížilo viskozitu motorového oleje přibližně o 30 % ve srovnání s viskozitou nového oleje, viskozita byla měřena na Stabingerově viskozimetru pro teplotu 40 °C.
- Naředěný motorový olej směsí bioetanolu a fosilního paliva BA95 vykazoval o něco vyšší číslo kyselosti než nový motorový olej, což může zvyšovat degradaci motorového oleje.
- Přidáním bioetanolu do fosilního paliva BA95 neukazuje dle autora L. S. Khuonga žádný jasný trend nebo přesvědčivou indikaci toho, že každá směs motorového oleje je při všech zatížení horší, nicméně během zkoušky bylo prokázáno, že bioetanol se rychle a zcela odpařuje z oleje při teplotě 75 °C. Tento minimální účinek na třecí chování je také způsoben skutečností, že testy byly prováděny v režimu hraničního mazání.
- Celkově lze z experimentu L. S. Khuonga dospět k závěru, že 6 % obsah bioetanolu může snížit vlastnosti motorového oleje (viskozita a kyselost) a také jeho tribologické chování. Přimícháním bioetanolu do fosilního paliva BA95 může snížit tření v porovnání s čistým fosilním palivem BA95, a to kvůli jeho polaritě a kyselosti. Vysoká hodnota kyselosti v motorovém oleji však způsobuje vysoké opotřebení kvůli korozi na povrchu, což naznačuje, že by měl být vyráběn motorový olej odolný vůči bioetanolu, aby se zabránilo vážnému opotřebení z použití tohoto biopaliva při jakékoli koncentraci.

Obdobným tématem vlivu různých koncentrací bioetanolu na motorový olej se také zabýval autor H. L. Costa. Ten se konkrétně zabýval účinky kontaminace etanolem na tření a tloušťku elastohydrodynamického (EHD) filmu v motorových olejích. Ve své práci prokázal, že přidání poměrně malého podílu bioetanolu snižuje viskozitu jak základního, tak motorového oleje, což má také za následek mírné snížení tloušťky mazacího filmu, a tedy i EHD. Pro měření viskozity byl také použit Stabingerův viskozimetr. V základním oleji byla přítomnost bioetanolu podporována tvorbou hraniční vrstvy, která nebyla přítomna v základních olejích bez bioetanolu. H. L. Costa předpokládal, že tato hraniční vrstva může být způsobena oxidací bioetanolu, když je v kontaktu s horkým třecím kovovým povrchem. V motorovém oleji

narušovala přítomnost bioetanolu tvorbu okrajového filmu, což snížilo jeho tloušťku o cca 9 nm až cca 2-3 nm.

Tito autoři tedy potvrzují svým výzkumem výsledky této práce, že biopalivo E85 má vliv na motorový olej spalovacího motoru. Práce potvrdila snížení viskozity, která měla za následek zvětšení otěrové plochy, dále analýzy potvrdily přítomnost biopaliva E85 v motorovém oleji a rovněž koncentraci vody. Z výsledků vyplývá, že vhodnost biopaliva E85 jako náhrada za fosilní palivo BA95 není příliš vhodná a další výzkumy by se měly zaměřit na testování jiného biopaliva, například zkoumání biobutanolu v reálném provozu v různých koncentracích. V příloze č. 4 bylo již palivo biobutanol provozováno v generátoru ProMax 3500A, ale z výsledků není možné zatím konstatovat jednoznačné závěry.

6 Závěr

Disertační práce se zabývala využitím tribodiagnostiky k vyjádření vlivu biopaliv na olejovou náplň spalovacího motoru. Dosavadní výzkum použití biopaliv a jejich dopadů na provoz, se zabývaly množstvím a koncentrací emisí, analyzovala se spotřeba daného biopaliva oproti fosilnímu palivu BA95 a možné změny výkonových parametrů při použití biopaliv. Dosavadní výzkumy potvrzují, že při použití biopaliva E85 došlo ke ztrátě základních vlastností motorového oleje.

Provedené analýzy potvrdily všechny stanovené hypotézy a je tedy možné říci, že biopalivo E85 negativně působí na stav motorového oleje spalovacího motoru. První analýza, kterou bylo měření viskozity, jak kinematické, tak dynamické prokázala, že biopalivo E85 snižuje viskozitu motorového oleje. Druhá analýza – Reichert test – potvrdila zhoršení kvality motorového oleje při použití biopaliva E85. Na testovaném válečku se oproti novému oleji a analyzovaným vzorkům při použití fosilního paliva BA95 zvětšila otěrová plocha, což mělo za následek nižší mazivost oproti novému motorovému oleji a oleji při použití fosilního paliva BA95. Třetí analýzou byl bod vzplanutí, který potvrdil přítomnost biopaliva v motorovém oleji. Přítomnost biopaliva v motorovém oleji zapříčiňuje ztrátu mazivosti, a tudíž ztrátu jejích základních vlastností. Čtvrtou analýzou byla koncentrace vody. Z analýz koncentrace vody při použití biopaliva E85 vyplynulo, že je motorový olej trvale vystaven účinkům vody. Tento jev byl přisouzen nepravidelnému provozu s dlouhými časovými prodlevami a je tedy velmi pravděpodobné, že se tím postupně měnila i kvalita motorového oleje. Z této analýzy vychází závěr, že při použití biopaliva E85 je zapotřebí hodnotit celkový provoz daného osobního automobilu, tedy v jakém prostředí a jak často automobil vyjíždí, na jak dlouhé cesty, protože tyto aspekty při použití biopaliva E85 výrazně ovlivňují koncentraci vody v motorovém oleji.

Z výsledků analýz vlivu biopaliva E85 na motorový olej je možné konstatovat, že velmi podstatným aspektem k jeho dalšímu globálnímu využití je potřeba úprav provozních parametrů automobilů, ke kterým se řadí také údržbářské intervaly, aby se vlivem snížení viskozity, mazivosti, bodu vzplanutí a zvýšenou koncentrací vody při nevhodném provozu nedocházelo k haváriím spalovacího motoru.

Druhým testovaným biopalivem této práce byl biobutanol. V práci bylo toto biopalivo testováno v provozu generátoru ProMax 3500A. Provedené analýzy tohoto biopaliva nepotvrdily zásadní vliv na změnu motorového oleje, jak tomu bylo u biopaliva E85. Důvodem mohou být rozdílné provozní podmínky a také menší množství testovaných vzorků.

7 Seznam odborné literatury

- [1] POŠTA, J., VESELÝ, P., DVOŘÁK, M. *Degradace strojních součástí*. [Monografie]. Praha, ČZU, 2002, 67 s., ISBN 80-213-0967-9.
- [2] VÁCLAVÍK, V. *Spolehlivost automobilů*. Praha: Dům techniky ČVTS Praha, 1973, sborník, II. část. 299 s. 60/601/73.
- [3] GNANSOUNOU, E., DAURIAT, A., VILLEGAS, J., PANICHELLI, L. Life cycle assessment of biofuels: Energy and greenhouse gas balances. *Bioresource Technology*, Volume 100, Issue 21, November 2009, p. 4919–4930.
- [4] DUKULIS, I. ET AL. Exhaust Emissions from Vehicles Operating on Rapeseed Oil Fuel. *Agronomy Research*. 2010. s. 39–46.
- [5] WAKKER, A., EGGING, R., VAN THUIJL, E., VAN TILBURG, X., DEURWAARDER, E. P., DE LANGE, T. J., BERNDES, G. & HANSSON, J. 2005. Biofuel and bioenergy implementation scenarios. Final report of VIEWLS WP5 modelling studies. Energie onderzoek Centrum, Netherland, 104 p.
- [6] CANTER, N. Inorganic nanolubricant additive. *Tribology and Lubrication Technology*, 66, 2010 (7), s. 12-13.
- [7] VLK, F. *Paliva a maziva motorových vozidel*. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6461-5.
- [8] MAHMOUD, S. A., DARDIR, M. M. Synthesis and evaluation of a new cationic surfactant for oil-well drilling fluid. *Journal of Surfactants and Detergents*, 14, 2011 (1), s. 123-130.
- [9] SINGH, A. K., SINGH, R. K. A search for ecofriendly detergent/dispersant additives for vegetable-oil based lubricants. *Journal of Surfactants and Detergents*, 15, 2012 (4), s. 399-409.
- [10] ČERNÝ, J. Nízkoviskozitní motorové oleje. *Řízení & Údržba průmyslového podniku*. 12/2015. ISSN 1803–4535.
- [11] SUŁEK, M. W., OGORZALEK, M., WASILEWSKI, T., KLIMASZEWSKA, E. Alkyl polyglucosides as components of water based lubricants. *Journal of Surfactants and Detergents*, 16, 2013 (3), s. 369-375.
- [12] ZHANG, X. F., DONG, H. X., XU, Z. Y., LI, K. W., QIN, M. Synthesis, physicochemical, and tribological characterization of nano lubricant contained Cu nanocolloid as additive. *In 3rd International Conference on Energy, Environment and Sustainable Development, EESD 2013*; Shanghai; China; 2013, s. 1828-1833.
- [13] GRODA, B., VÍTĚZ, T. *Mechanika tekutin I.*, 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 2009. 211 s. ISBN 978-80-7375-283-5.
- [14] ČORŇÁK, Š. *Řízení a ekonomika provozu BSV II*. Brno: Univerzita obrany v Brně, fakulta vojenských technologií, 2010. ISBN 978-80-7231-737-0.
- [15] HOŠEK, F. *Mazací soustava PSM*. Brno: Univerzita obrany v Brně, fakulta vojenských technologií.
- [16] VLK, F. *Vozidlové spalovací motory*. 1. vyd. Brno: Vlk František, 2003. ISBN 80-238-8756-4.
- [17] ČERNÝ, J., BUČKO, L., VÁCLAVÍČKOVÁ, I. Mazivostní a protioděrové vlastnosti motorových olejů. *Aprochem*, 2007, s. 1433–1438.

- [18] PANÁČEK, R., KROUPA, V. *Alkoholová paliva pro udržitelnou dopravu*. Praha: Technologické centrum AV ČR, 2001. ISBN 80-902689-3-5.
- [19] HROMÁDKO, J., HROMÁDKO, J., MILER, P., HÖNIG, V., ŠTĚBRA, P. Výroba bioetanolu. *Listy cukrovarnické a řepařské*, 126, 7-8, červenec-srpen 2010. s. 267–270. ISSN 1805-9708.
- [20] MALCA, J., FREIRE, F. Renewability and life-cycle energy efficiency of bioethanol and bio-ethyl tertiary butyl ether (bioETBE): Assessing the implications of allocation. *Sciencedirect, Energy*, 31 (2006), p. 3362–3380.
- [21] BOHLMANN, G. M. Industrial Biotechnology. Process economic considerations for production of ethanol from biomass feedstocks. *Ind. Biotechnology*, 2, 2006, p. 14–20. ISSN 1550–9087.
- [22] KARIMI, K., EMTIAZI, G., TAHERZADEH, M. J. Etanol production from dilute-acid pretreated rice straw by simultaneous saccharification and fermentation with *Mucor indicus*, *Rhizopusoryzae*, and *Saccharomyces cerevisiae*. *Enzyme and Microbial Technology* 40, (2006), pp. 138–144. ISSN 0141-0229.
- [23] HROMÁDKO, J. *Speciální spalovací motory an alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 158 s. ISBN 978-80-247-4455-1.
- [24] KOTEK, M. ET AL. Aplikace paliva E85 v motoru 1.2 HTP. *Listy cukrov. řepař.*, 129, 2013 (7–8), s. 258–261.
- [25] MATĚJOVSKÝ, V. *Automobilová paliva*. Praha: Grada Publishing a.s., 2004, 228 s. ISBN 8024762404.
- [26] YUQIANG, L., MENG, L., NITHYANANDAN, K., TIMOTHY, H. L., LIN, Y., CHIA-FON, F. L., SHENGMING, L. Combustion, performance and emissions characteristics of a spark-ignition engine fuelled with isopropanol-n-butanol-ethanol and gasoline blends. *Fuel*. 184 (2016), p. 864–872.
- [27] KÖPKE, M., NOACK, S., DÜRRE, P. The Past, Present, and Future of Biofuels – Biobutanol as Promising Alternative. *Biofuel Production-Recent Developments and Prospects*. 2011, p. 451–456. ISBN 978-953-307-478-8
- [28] PECHOUT, M., DITTRICH, A., MAZAC, M., AND VOJTISEK-LOM, M. "Real Driving Emissions of Two Older Ordinary Cars Operated on High-Concentration Blends of N-Butanol and ISO-Butanol with Gasoline," SAE Technical Paper 2015-24-2488, 2015, doi:10.4271/2015-24-2488.
- [29] DÜRRE, P. Biobutanol: An attractive biofuel. *Biotechnology journal*. 2007, 2, 1525–1534. DOI 10.1002/biot.200700168
- [30] QURESHI N., SAHA B. C., HECTOR R. E., HUGHES S. R. AND COTTA M. A. *Butanol production from wheat straw by simultaneous saccharification and fermentation using Clostridium beijerinckii: Part I – Batch fermentation*. *Biomass Bioener.*, 2008, 32, 168-175.
- [31] DÜRRE P. *Fermentative butanol production bulk chemical and biofuel*. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 2008, 1125, 353-362.
- [32] QURESHI N. AND MADDOX I. S. *Continuous production of acetone-butanol-ethanol using immobilized cells of Clostridium acetobutylicum and integration with product removal by liquid-liquid extraction*. *J. Ferment. Bioeng.*, 1995, 80(2), 185-189.

- [33] CHRISTI Y. *Biodiesel from microalgae beats bioethanol*. Trends Biotechnol., 2008, 26(3), 126-131.
- [34] CHRISTI Y.: *Biodiesel from microalgae*. Biotechnol. Advan., 2007, 25, 294-306.
- [35] KAMINSKI, W., TOMCZAK, E., GÓRAK, A. Biobutanol – Production and purification methods. *Ecological chemistry and engineering*, vol 18, No. 1, 2011. p. 31–37.
- [36] SLADKÝ, V. Biobutanol – vhodnější náhrada benzínu. *Biom.cz* [online]. 2007-07-04 [cit. 2016-09-21]. Dostupné z www: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biobutanol-vhodnejsi-nahrada-benzinu>>. ISSN: 1801-2655.
- [37] SLADKÝ, V. Biobutanol jako kvalitní náhrada benzínu. *Biom.cz* [online]. 2010-05-19 [cit. 2016-09-21]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biobutanol-jako-kvalitni-nahrada-benzinu>>. ISSN: 1801-2655.
- [38] HA S. H., NGOC MAI N. L. AND KOO Y. M. *Butanol recovery from aqueous solution into ionic liquids by liquid-liquid extraction*, Process Biochem., 2010, 45, 1899-1903.
- [39] PECHOUT, M., TRNKA, M., NOVOTNÝ, M., VOJTÍŠEK, M. Úprava malého zážehového motoru pro provoz na alkoholová paliva. *Listy cukrovarnické a řepařské*, 130, č. 7–8, 2014. s. 262–267. ISSN 1805-9708.
- [40] KHUONG, L. S.; MASJUKI, H. H.; ZULKIFLI, N. W. M.; ET AL. Effect of gasoline-bioethanol blends on the properties and lubrication characteristics of commercial engine oil. *The Royal Society of Chemistry*, 2017, 7, p. 15005–15019. ISSN: 2046-2069.
- [41] COSTA, H. L., SPIKES, H. Effects of Ethanol Contamination on Friction and Elastohydrodynamic Film Thickness of Engine Oils. *Tribology transaction*, 58/1, 2015, p. 158–168. ISSN: 0569-8197.
- [42] MALCA, J., FREIRE, F. Life-cycle studies of biodiesel in Europe: A review addressing the variability of results and modeling issues. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15 (2011), p. 338–351.
- [43] SUAREZ-BERTOIA, R., ZARDINI, A. A., PLATT, S. M., HELLEBUST, S., PIEBER, S. M., HADDAD, I. EL., TEMIME-TOUSSEL, B., BALTENSBERGER, U., MARCHAND, N., PRÉVOT, A. S. H., ASTORGA, C. Primary emissions and secondary organic aerosol formation from the Exhaust of a flex-fuel (ethanol) vehicle. *Atmospheric Environment*, 117 (2015), p. 200–211.
- [44] CORDEILO DE MELO, T. C., MACHADO, G. B., BELCHIOR, C. R. P., COLAÇO, M. J., BARROS, J. E. M., DE OLIVEIRA, E. J., ET AL. *Hydrous ethanol-gasoline blends – combustion and emission investigations on a flex-fuel engine*. Fuel, 97 (2012), pp. 796–804.
- [45] KARAVALAKIS, G., T. D. DURBIN, M. SHRIVASTAVA, Z. ZHENG, M. VILLELA, H. JUNG. *Impacts of ethanol fuel level on emissions of regulated and unregulated pollutants from a fleet of gasoline light-duty vehicles*. Fuel, 93 (2012), pp. 549–558.
- [46] CLAIROTTÉ, M., ADAM, T. W., ZARDINI, A. A., MANFREDI, U., MARTINI, G., KRASENBRINK, A., ET AL. *Effects of low temperature on the cold start gaseous emissions from light duty vehicles fueled by ethanol-blended gasoline*. Appl Energy, 102 (2013), pp. 44–54.
- [47] GRAHAM, L. A., BELISLE, S. L., BAAS, C. L. *Emissions from light duty gasoline vehicles operating on low blend ethanol gasoline and E85*. Atmos Environ, 42 (2008), pp. 4498–4516.

- [48] DE MELO, T., MACHADO G, DE OLIVEIRA E, PEREIRA BELCHIOR C, ET AL. *Different hydrous ethanol–gasoline blends – FTIR emissions of a flex-fuel engine and chemical properties of the fuels*. SAE Technical Paper, 36; 2011.
- [49] ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *E15 (a blend of gasoline and ethanol)*. Fuels and Fuel Additives. [online] 2014 [cit. 2016-01-02]. Available form: <<http://www3.epa.gov/otaq/regs/fuels/additive/e15/index.htm>>
- [50] GILI, F., IGARTUA, A., LUTHER, R., WOYDT, M. The impact of biofuels on engine oil performance. *Lubrication science*, 2011, p. 313–330. ISSN 1557-6833.
- [51] ASTM D 7042, 2016 Edition, May 15, 2016, Standard Test Method for Dynamic Viscosity and Density of Liquids by Stabinger Viscometer (and the Calculation of Kinematic Viscosity).
- [52] ASTM D2270, 10/2016, Standard Practice for Calculating Viscosity Index from Kinematic Viscosity at 40 °C and 100 °C.
- [53] ČSN ISO 2909:2004, Ropné výrobky – výpočet viskozitního indexu z kinematické viskozity.
- [54] SEJKOROVÁ, M. *Metody tribotechnické diagnostiky*. 1. Vyd. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava/Univerzita Pardubice, 2013, 111 s. CZ.1.07/2.2.00/15.0462.ISBN: 978-80-248-3280-7.
- [55] ČSN EN ISO 2719. *Stanovení bodu vzplanutí v uzavřeném kelímku podle Penskyho-Martense*. Český normalizační institut, 2004.
- [56] PAVLŮ, J. *Využití analýzy částic v tribotechnické diagnostice*. Praha: ČZÚ v Praze, KJSS, 2015 – disertační práce. 137 s.
- [57] ISO 8217: Petroleum products – Fuels (class F) – Specifications of marine fuels (2012).
- [58] ENERGY GENERATOR SALES. *Briggs & Stratton ProMax 3500A AVR 3.5KVA/2.7kW Framed Petrol Generator*. [online] 2016 [cit. 2016-09-22]. Dostupné z: <<http://www.energygeneratorsales.co.uk/briggs-stratton-generator-sales/product-detail/briggs-stratton-promax-3500a-avr-35kva27kw-framed>>

8 Publikační činnost

VESELÁ, K. – PEXA, M. – MAŘÍK, J. Analysis of particle abrasive wear of engine oil when using lasernet fines analyzer. In *5th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2013, TAE 2013 03.09.2013, Prague*. Prague: Czech University of Life Sciences Prague, 2013. s. 637-641.

VESELÁ, K. – PEXA, M. – MAŘÍK, J. – ALEŠ, Z. ANALÝZA OPOTŘEBENÍ A SPOTŘEBY PALIVA SPALOVACÍHO MOTORU – LASEROVÝ ANALYZÁTOR ČÁSTIC LNF. *Penner's Contacts.*, 2013, roč. 8, č. 3, s. 193-201. ISSN: 1801-674X.

PEXA, M. – MAŘÍK, J. – KUBÍN, K. – VESELÁ, K. Impact of biofuels on characteristics of the engine tractor Zetor 8641 Forterra. *Agronomy Research*, 2013, roč. 11, č. 1, s. 197-204. ISSN: 1406-894X.

VESELÁ, K. – PEXA, M. – MAŘÍK, J. – VALÁŠEK, P. Effect of biofuels on quality of engine oil. In *2nd International Conference on Materials, Transportation and Environmental Engineering, CMTEE 2014 30.07.2014, Kunming; China*. Kunming; China: Trans Tech Publications Ltd, 2014. s. 414-417.

VESELÁ, K. – PEXA, M. – MAŘÍK, J. The effect of biofuels on the quality and purity of engine oil. *Agronomy Research*, 2014, roč. 12, č. 2, s. 425-430. ISSN: 1406-894X.

VESELÁ, K. – PEXA, M. – MAŘÍK, J. Změna viskozity motorového oleje při použití paliva E85. *Listy cukrovarnické a řepařské*, 2016, roč. 132, č. 7-8, s. 241-245. ISSN: 1210-3306.

VESELÁ, K. – PEXA, M. – PAVLŮ, J. The water content in the engine oil by using E85. *Agronomy Research*, 2016, roč. 14, č. 1, s. 297-302. ISSN: 1406-894X.

PETERKA, B. – PEXA, M. – ALEŠ, Z. – PAVLŮ, J. – VESELÁ, K. – ČEDÍK, J. Vliv n-butanolu na olejovou náplň spalovacího motoru. *Listy cukrovarnické a řepařské*, Příloha č. 4. Přiloženo potvrzení o přijetí, viz Příloha č. 4.

9 Přílohy

Příloha 1

Agronomy Research 12(2), 425–430, 2014

The effect of biofuels on the quality and purity of engine oil

K. Veselá*, M. Pexa and J. Mařík

Faculty of Engineering, CULS-Czech University of Life Sciences Prague, Kamycka 129, 16521, Prague 6, Czech Republic; *Correspondence: kvesela@tf.czu.cz

Abstract. The European Union aims to promote the use of biofuels and thus set a commitment to the expansion of biofuels in transport. Biofuels replace fossil fuels mainly in part, the creation of biodiesel. For gasoline engines, the most widely used biofuel is E85, a fuel containing 85% ethanol and 15% gasoline. The more bio-components are contained in a fuel, the more oil filling the combustion engine suffers. Therefore, in this paper, a comparison of the properties of oil filling when using fossil fuels (currently contains a small amount of the fuel ethanol) and the E85 biofuel is provided. The cars Saab 95 and 93 are monitored, namely the motors B235 R, B207 L, and B205 L. For each car, the total of 10 samples of engine oil were taken. One part of the samples was collected during operation of the internal combustion engine on the biofuel E85 and the second during operation of the internal combustion engine on the fossil fuel BA95. Both vehicles used the same engine oil, Mobil 1 0W-40, for lubrication of the internal combustion engine. The analyses of the engine oil are focused on the evaluation of the kinematic viscosity and density at 40 and 100°C.

Key words: biofuel, oil, viscosity.

INTRODUCTION

In recent years, the European Union has devoted increasing attention to the possibility of using biofuels as a source of energy for transportation. The main requirements for bio include the requirement for similar chemical and physical properties to conventional fuel.

The E85 fuel is currently promoted as the most widely used substitute to fossil fuels, which cover most of the energy consumption in the transport sector, particularly in the automotive industry.

E85 is a fuel mixture, which contains 85% ethanol and 15% BA95. The composition of ethanol may vary depending on the season. The E85 fuel is exempted from excise duty in the Czech Republic (AUTO INZAT, 2014).

The standard ethanol component of E85 can be made of any crop which contains carbohydrates, i.e. grass over potatoes, cereals to beet. The raw material can be any lignocelluloses-containing biomass such as wood, sawdust or waste in the manufacture of pulp and paper (AUTO INZAT, 2014).

The aim of this paper is to compare the influence of fossil fuel and the biofuel E85 on the quality and cleanliness of engine oil. Measurements were carried out on the private car brand Saab 95 and 93, namely the motors B235 R, L and R B205, L. For each car, the total of 10 oil samples were taken. One part of the ethanol samples was from a driven vehicle and the other from a motor operated on fossil fuel.

The analysis of the motor oil is focused on the viscosity, which is a measure of the flow ability of liquids. Oils with lower viscosity are more fluid (less dense) and have a smaller internal flow resistance against the flow. Higher oil viscosity (thicker oil) turn means higher resistance and thus a slower rate, figuratively, and higher resistance to movement between two lubricated parts. The viscosity of motor oil is very important and is probably the best-known property of oil (Černý, 2006).

The viscosity (or the rate of internal friction) of lubricating oil is not a constant value, but depends on the environmental conditions. During engine operation, there are changes in temperature and pressure and it is desirable that the viscosity of the oil under these conditions changes as little as possible. The dependence of oil viscosity on temperature is expressed by the so-called viscosity index (VI). The higher the VI, the less the viscosity changes with temperature changes in the engine. The viscosity index is given in the catalogues of the manufacturers of automotive lubricants. For common designation, the viscosity properties of engine oil are used exclusively in the classification of the SAE (Society of Automotive Engineers, USA). This standard is used for classifying oils into 6 winter classes marked with a number and the letter 'W' (from the English word "Winter") and 5 summer classes with designated numbers. The number is dimensionless and does not relate to any physical quantity. Nevertheless, it is an analogy to viscosity. Thus, if the value is higher, the oil is viscous at the designated temperature (Černý, 2006). The viscosity index is a value calculated from the kinematic viscosity, usually at 40°C and 100°C (Anton Paar, 2014). In Fig. 1, there is an example of viscosity and temperature.

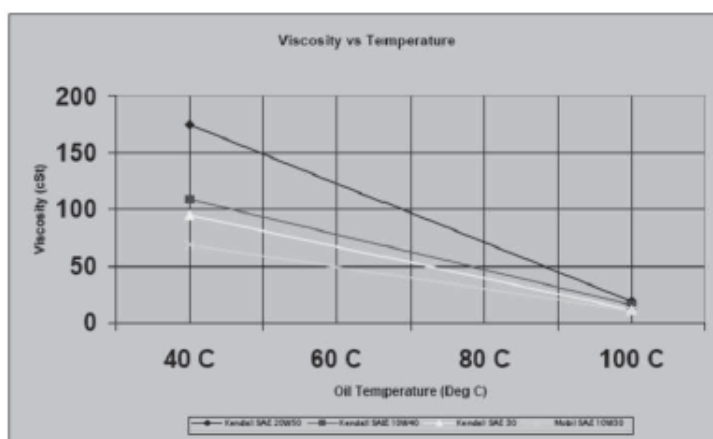


Figure 1. Dependence between viscosity and temperature (Toepfer, 2014).

The classification of the oils by the viscosity classes of the SAE and ISO-VG is performed by measuring the viscosity in new, unused oil. However, several tens of hours of operation may change the viscosity of oil. The viscosity of oil can reduce with intense mixing or increase by the force of oxidation. The change in the viscosity may be so significant that the oil classifies into a different viscosity class of the SAE or ISO-VG. This can have a very negative impact on the durability of the device, which is lubricated with the oil (Toepfer, 2014).

MATERIALS AND METHODS

The oils of the abovementioned combustion engines were analysed using a Stabinger viscometer. The viscometer SVM 3000 Stabinger is a modified rotary viscometer, which is used for measuring the viscosity and density of oils and liquid fuels in accordance with ASTM D7042. From the measured values of dynamic viscosity (mPa·s) and liquid density (kg m^{-3}), the unit automatically calculates the kinematic viscosity ($\text{mm}^2 \text{s}^{-1}$) and viscosity index according to ASTM D 2270/ISO 2909 (Sejkorová, 2013).

The principle for determining the dynamic viscosity is determination of the stable rotational speed for measuring of the rotor with an integral magnet that floats in the sample, which is a filled tube rotating at a constant speed. The stable measuring speed of the rotor is achieved when the braking effects of the eddy electric field and shear stress generated in the sample are balanced. The small volume of sample required for the analysis allows extremely rapid temperature changes and a very short time to reach the equilibrium (Sejkorová, 2013). An example of a Stabinger viscometer is provided in Fig. 2.



Figure 2. Stabinger viscometer (IRTEK, 2008).

Measurement of the viscosity is based on measurement of torsion and viscosity. The rotating magnet in 3000 SVM generates an eddy electric field with the exact dependence brake torsion. The swirl braking field is measured with high accuracy. In combination with an integrated thermoelectric thermostat, this provides extremely accurate results. The resolution when measuring the voltage is only 50 pico Nm. Therefore, it only requires a very compact measuring cell (Anton Paar, 2014).

The accuracy obtained by the SVM 3000 in the laboratory study of the ASTM subcommittee D02.07A has been shown to be equivalent to the accuracy achieved in the measurements made according to the ASTM D445. No significant bias can be found between the methods. The extremely high sensitivity of the eddy current torque measuring thermoelectric temperature control system provides unparalleled precision. The resolution moment is unmatched: 50 pico – Nm. This is comparable with the torque resulting from dust particles to 1 cm lever arm and allows minimization of the measuring cell (IRTEK, 2008).

In the observed passenger car brand Saab, engine oil with Mobil 1 0W-40 designation was used. Table 1 shows the specific parameters of the new engine oil from the safety data sheet of the indicated manufacturer.

Table 1. Parameters analysed for the new Mobil 1 0W-40

Oil – Mobil 1 0W40	40°C	100°C
Viscosity ($\text{mm}^2 \text{s}^{-1}$)	71.0	13.5
Density (g cm^{-3})	0.865	Unknown

RESULTS

First, we analysed the viscosity and density of pure oil Mobil 1 0W40 to determine whether the data provided in the manufacturer's safety data sheet corresponded to reality. For the measured values, see Table 2. The measurements for statistical control were performed 10 times and Table 2 shows the average of these values.

Table 2. Average of net oil Mobil 1 0W-40

Oil – Mobil 1 0W40	40°C	100°C
Viscosity ($\text{mm}^2 \text{s}^{-1}$)	75.127	13.516
Density (g cm^{-3})	0.833	0.795

The viscosity of pure oil at 40°C was measured $4.127 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ higher than the value given in the safety data sheet of the manufacturer. The density at 40°C of the pure sample was 0.032 g cm^{-3} lower. These differences between the safety data sheet and the analysis of pure oils are negligible and it can be said that the analysed pure oil at 40°C corresponds to reality. When measuring the viscosity at the temperature of 100°C, the values were almost equal, the difference was about 0.016 higher for pure oil; again, the values correspond to the reality.

Furthermore, for measuring the viscosity of the engine oil of the first automobile 95 with an engine Saab Turbo 2.3, with performance 184 kW, engine identification B235 R and vintage 2004, the samples were taken after 7,000 km. The data of the viscosity and density at measured temperatures 40 to 100°C are presented in Table 3.

Table 3. Viscosity and density at 40 and 100°C in the car Saab 95

	Saab 95	
	Fuel E85	Fuel BA95
Viscosity at 40°C	$69.379 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$	$70.993 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$
Viscosity at 100°C	unmeasurable	$13.010 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$
Density at 40°C	0.698 g cm^{-3}	0.853 g cm^{-3}
Density at 100°C	unmeasurable	0.814 g cm^{-3}

The measured values show that the viscosity and density of the engine oil when using E85 decreased by up to 20%. The measured kinematic viscosity at 40°C was about $5.748 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ lower than that of pure oil. The density was about 0.135 g cm^{-3} lower compared to pure oil. It was not possible to measure the viscosity and density at 100°C, since the device's value could not be recorded.

Regarding the use of the fossil fuel BA95, the viscosity and density at both the engine oil temperature of 40°C and for the temperature of 100°C deviate within the maximum of percent units, i.e. it can be stated that it corresponds to pure oil.

The second type of car was the Saab 93 with the engine volume 2.0 Turbo, performance 129 kW, engine identification B207 L, and vintage 2003, where the samples were taken after 7,000 km. The data of the viscosity and density measured at the temperatures 40 to 100°C are given in Table 4 below.

Table 4. Viscosity and density at 40 and 100°C in the car Saab 93

	Saab 93	
	Fuel E85	Fuel BA95
Viscosity at 40°C	69.263 mm ² s ⁻¹	70.561 mm ² s ⁻¹
Viscosity at 100°C	unmeasurable	12.986 mm ² s ⁻¹
Density at 40°C	0.648 g cm ⁻³	0.842 g cm ⁻³
Density at 100°C	unmeasurable	0.786 g cm ⁻³

From the measured values, it again appears that the viscosity and density of the engine oil decreased by more than 20% when using E85. The viscosity measured at 40°C was about 5.864 mm² s⁻¹ lower than that of pure oil. The density was 0.185 g cm⁻³ lower than that of pure oil. It was again not possible to measure the viscosity and density at 100°C.

Regarding the use of the fossil fuel BA95, the viscosity and density at both the engine oil temperature of 40°C and for the temperature of 100°C deviate within the maximum of percent units, i.e., again, it can be noted that the values correspond to clear oil.

The third type of car was the Saab 95 with the volume of engine 2.0 Turbo, performance 110 kW, engine identification B205 L and vintage 2002, where the samples were taken after 7,000 km. The data of the viscosity and density of the vehicle were measured at measured the temperatures 40 to 100°C and are shown in Table 5.

Table 5. Viscosity and density at 40 and 100°C in the car Saab 95

	Saab 95	
	Fuel E85	Fuel BA95
Viscosity at 40°C	68.873 mm ² s ⁻¹	70.243 mm ² s ⁻¹
Viscosity at 100°C	unmeasurable	12.763 mm ² s ⁻¹
Density at 40°C	0.624 g cm ⁻³	0.824 g cm ⁻³
Density at 100°C	unmeasurable	0.782 g cm ⁻³

From the measured values, it again appears that the viscosity and density of the engine oil decreased by more than 20% when using E85. The viscosity at 40°C was about 6.254 mm² s⁻¹ lower than that of pure oil. The density was about 0.209 g cm⁻³ lower compared to pure oil. It was again not possible to measure the viscosity and density at 100°C.

The engine oil when using fossil fuel BA95 has the viscosity and density at both the temperature of 40°C and the temperature of 100°C with the deviation of an acceptable percentage, thus, again, it can be noted that the values correspond to clear oil.

CONCLUSIONS

We used the Viscometer SVM 3000 Stabinger with which the kinematic viscosity and density of the engine oil were measured. These two values were measured at temperatures from 40 to 100°C. The measured values were compared with those of clean engine oil Mobil 10W-40, which had the same characteristics with the manufacturer's safety data sheet for that type of motor oil.

The analysis of engine oil was carried out on three types of cars of the brands Saab, which ran on two different fuels. The sampling interval of the oils was about 7,000 km. The measured results are shown in Tables 2, 3, 4 and 5.

From the measured values, it is clear that using E85 decreases the viscosity and density of the engine oil at 40 and at 100°C for all three cars and by more than 20%. When using a fuel with 95 octane values, the difference in the viscosity and density compared to pure engine oil in hundredths of a percent can be considered satisfactory. However, a change of more than 20% is regarded as critical in order to change the engine oil.

The lower viscosity and density when running on the E85 fuel reduce the lubricity of the engine oil and cause the risk of damage to engine components. To prevent or at least limit this, it is necessary to operate the engine running on E85 with a significantly shorter replacement interval, and it must also be halved.

REFERENCES

- Anton Paar. Anton Paar. *Viskozimetr podle Stabingera*. [online][cit. 2014-01-20]. Dostupné z: <<http://www.anton-paar.com/?eID=documentsDownload&document=53280&L=0>>
- AUTO INZAT. *E85: 85% ethanol*. [online][cit. 2014-01-20]. Available from: <http://www.autoinzat.cz/renewalt/servis/e85-biopalivo/>
- Černý, J. 2006. Properties of motor oil: Viscosity. *AUTOEXPERT* (in Czech).
- Dukulis, I., Birzietis, G., Pirs, V., Birkavs, A. & Jesko, Z. 2010. Exhaust Emissions from Vehicles Operating on Rapeseed Oil Fuel. *Agronomy Research* 8, 39–46.
- FLEX CARS. 2008–2012. *Vše o ethanolu E85*. [online] [cit. 2014-01-20]. Available from: <<http://www.flexcar.cz/vse-o-ethanolu-e85>>
- IRTEK. 2008. Lighthouseparticlecounters. Designed by jirryb(at)post.cz, 2008. [online][cit. 2014-01-20]. Dostupné z: <<http://www.irtek.sk/products.php>>
- Pirs, V. & Gailis, M. 2013. Research in use of fuel conversion adapters in automobiles running on bioethanol and gasoline mixtures. *Agronomy Research* 11(1), 205–244.
- Sejkorová, M. 2013. *Metody tribotechnické diagnostiky* 1. Iss. VSB – Technical University of Ostrava / University of Pardubice, pp. 111. CZ.1.07/2.2.00/15.0462 (in Czech).
- Toepfer, S. 2014. *Understanding the SAE Motor Oil Viscosity Standard*. Ideas 4. [online][cit. 2014-01-25]. Available from: <http://www.ideas4aged.com/uploads/3/7/0/4/3704787/stan_toepfer_understanding_motor_oil_viscosity.pdf> (in Czech).

Změna viskozity motorového oleje při použití paliva E85

CHANGE VISCOSITY OF THE ENGINE OIL WHEN USING E85 FUEL

Kateřina Veselá, Martin Pexa, Jakub Mařík – Česká zemědělská univerzita v Praze

Jedne z hlavních podnětů pro rozšíření celosvětové produkce a využívání biopaliv spočívá v potenciálním přínosu pro životní prostředí, který lze získat náhradou ropných paliv (1). Dalším důvodem, proč se biopalivům věnuje taková pozornost, je, že nízká příměs (do 10 %) může být použita přímo do stávajících vozidel, bez úpravy motoru, a že zásobovací infrastruktura je naprosto stejná, jako u běžných vozidel (běžné čerpací stanice). To je výhoda oproti ostatním alternativním zdrojům, jako je vodík nebo elektřina, které si žádají úpravy jak na vozidle, tak i nový distribuční systém (2).

Pro zážehové spalovací motory je nejrozšířenějším palivem bioetanol, a to v podobě nízkoprocentuálního přimíchávání do automobilového benzínu. Jednu z možností však představuje palivo E85 skládající se z 85 % bioetanolu a 15 % benzínu (3).

K výrobě bioetanolu je možné použít výchozí suroviny obsahující jednoduché cukry nebo látky, které lze přetvořit na jednoduchý cukr, jako je škrob a celulóza. Biomasa sloužící k výrobě bioetanolu můžeme rozdělit do tří skupin:

- biomasa obsahující jednoduché cukry (cukrová řepa a cukrová třtina),
- biomasa obsahující škrob (obiloviny, brambory, kukuřice),
- lignocelulózová biomasa (sláma, rychle rostoucí dřeviny, štěpky, odpad biologického původu, papír apod.) (4).

Vzhledem k nižšímu směšovacímu poměru (palivo : vzduch) přináší spalování E85 v běžných zážehových motorech problém se spalováním chudé směsi. Aby docházelo ke spalování stechiometrické směsi, je nutné zvýšit dávku paliva přibližně o 30 %. Tento rozdíl je patrný z porovnání výhřevnosti automobilového benzínu a paliva E85. Vozidla schopná bezproblémově spalovat palivo E85 jsou nazývána FFV (Flexi Fuel Vehicle). Tato vozidla jsou již od výrobce upravena ke spalování obou paliv a jak je z anglického názvu patrné, mohou bezproblémově spalovat jakýkoliv poměr výše uvedených paliv (5).

Stejně jako jsou kladeny požadavky na palivo, jsou u spalovacích motorů kladeny vysoké požadavky také na motorový olej. Ten má zajistit především dostatečné mazání třecích ploch tak, aby byla zajištěna dlouhá životnost motoru. Významným

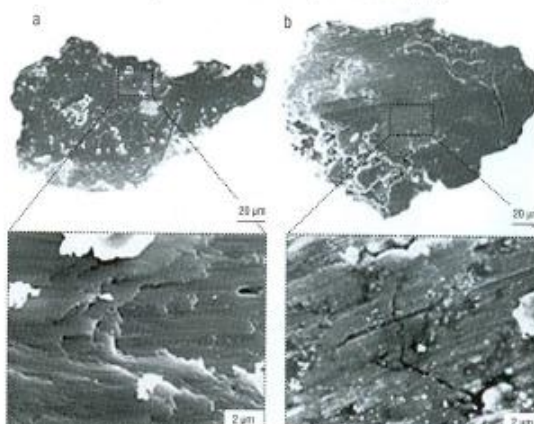
parametrem oleje ovlivňujícím velikost opotřebení, a tím životnost motoru, je viskozita. Snižování viskozity maziv se projevuje snížením únosnosti mazací vrstvy. (6) Aby nedocházelo vlivem snižování únosnosti mazací vrstvy ke zvyšování opotřebení, jsou oleje vhodně aditivovány, a to i nejmodernějšími nanotechnologiemi (7, 8, 9, 10, 11). Zrychlené opotřebení (obr. 1) se projevuje sníženou životností funkčních ploch strojů (12, 13, 14).

Cílem příspěvku je prokázat změnu viskozity motorového oleje při dlouhodobém používání paliva E85 a její vliv simulovat v rámci Reichertova třecího testu, což je simulovaný kontakt brusného prstence a válečku.

Materiál a metody

Měření byla uskutečněna na třech vozidlech značky Saab (Saab 9-5, r. v. 2004; Saab 9-3, r. v. 2003; Saab 9-5, r. v. 2003), která byla vybavena zážehovými přeplňovanými motory. Měření bylo provedeno Kateřinou Veselou v laboratoři jakosti a spolehlivosti strojů na České zemědělské univerzitě v Praze v roce 2014 a v první polovině roku 2015. Prvky palivové soustavy včetně řídicí jednotky byly plně přizpůsobeny ke spalování běžného paliva BA95 (Natural 95) a alternativního paliva E85. Pro mazání spalovacího motoru byl použit olej Mobil 1 o viskozitní klasifikaci 0W-40, který je určen pro studené starty. K určení vlivu paliva (BA95 a E85) na motorový olej byly použity dva základní testy zaměřené na analýzu viskozity (Stabingrův viskozimetr) a z toho plynoucí vliv na mazací schopnosti oleje (Reichertův test).

Obr. 1. Částice opotřebení: a – nikl, b – železo (17)



Tab. 1. Vybrané parametry viskozimetr Stabinger SVM 3000

Parametr	Rozsah měření	Reprodukovatelnost
Viskozita	0,2 až 20 000 (mm ² .s ⁻¹ , mPa.s)	±0,35 % z měřené hodnoty v pracovním rozsahu, ±1 % mimo tento rozsah
Hustota	0,65 až 3,0 (g.cm ⁻³)	±0,0005 g.cm ⁻³ od 0,65 do 1,5 g.cm ⁻³ , ±0,0020 g.cm ⁻³ mimo tento rozsah

Tab. II. Kinematická viskozita motorového oleje při použití paliva BA95 a E85

Ujetá vzdálenost (km)	Kinematická viskozita BA95 (mm ² .s ⁻¹)				Kinematická viskozita E85 (mm ² .s ⁻¹)			
	KV – Saab 9-5 (2004) BA95	KV – Saab 9-3 (2003) BA95	KV – Saab 9-5 (2003) BA95	KV – Střední hodnota BA95	KV – Saab 9-5 (2004) E85	KV – Saab 9-3 (2003) E85	KV – Saab 9-5 (2003) E85	KV – Střední hodnota E85
2 000	72,86	72,86	72,19	72,64	71,35	72,03	70,48	71,29
4 000	72,36	72,36	71,76	72,16	70,98	71,76	70,05	70,93
6 000	71,89	71,89	71,26	71,68	70,46	71,27	69,74	70,49
8 000	71,43	71,43	70,65	71,17	69,84	70,97	69,27	70,02
10 000	70,98	70,98	70,25	70,73	69,38	70,56	68,88	69,61
12 000	70,56	70,56	69,93	70,35	68,87	70,21	68,33	69,14
14 000	70,03	70,03	69,54	69,86	68,46	69,89	67,90	68,75
16 000	69,74	69,74	69,16	69,54	67,89	69,44	67,46	68,27

Stabingerův viskozimetr (obr. 2.) je modifikovaný rotační viskozimetr, který slouží pro měření dynamické viskozity a hustoty olejů a kapalných paliv podle ASTM D7042 (15). Principem měření dynamické viskozity je stanovení stabilní rychlosti měřicího rotoru s integrovaným magnetem, který plave ve vzorku, jímž je naplněna trubice rotující konstantní rychlostí (16). Základní parametry viskozimetru Stabinger SVM 3000 jsou uvedeny v tab. I.

Reichertův test (obr. 3.) je řazen do skupiny přístrojů, které simulují reálný třecí kontakt. Třecí kontakt je hodnocen (podle norem firmy Petrotest) únosností mazacího filmu při definované dráze pevně uloženého válečku z definované oceli na otáčejícím se brusném prstenci ze speciální legované oceli a dále tlaku, který je vyvozován závažím uloženým prostřednictvím pákového mechanismu. Brusný prstenec je svou spodní třetinou ponořen do zkoušeného vzorku maziva, jeho otáčením se dostatečně množství oleje dostává do kontaktu s testovacím válečkem. Čím má mazivo (v testovaném případě motorový olej) lepší mazací schopnost, tím menší je elipsovitá plocha vzniklá na opotřebovaném válečku (obr. 5) (16). Velikost vzniklé plochy elipsovitého tvaru A se vypočte podle vztahu:

$$A = \pi \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{d}{2} = 0,785 \cdot l \cdot d \quad (1),$$

kde l je délka eliptické plochy v mm, d šířka eliptické plochy v mm, A povrch elipsovitě otěrové plochy v mm² (16).

Rozsah a přesnost měření jsou dány použitým měřidlem délky l a šířky d eliptické plochy, na jejichž základě se po výpočtu plochy A hodnotí únosnost mazacího filmu.

Vzorky motorového oleje byly odebrány každých ujetých 2000 kilometrů až do jeho výměny. V prvním sledovaném intervalu výměny oleje byla vozidla provozována na běžné palivo BA95. Následoval další výměnný interval, kdy vozidla byla provozována na alternativní palivo E85.

Výsledky

Uvedená vozidla byla provozována během dvou následujících výměnných intervalů motorového oleje stále stejným způsobem, z cca 80 % v městském provozu. Nejprve byla pozornost zaměřena na viskozitu a její změny v souvislosti se změnou paliva ve spalovacím motoru. Nový motorový olej Mobil I o viskozitní klasifikaci 0W-40 vykazoval střední hodnotu kinematické viskozity

Obr. 2. Analýza – Stabingerův viskozimetr



Obr. 3. Analýza – Reichertův test



Tab. III. Dynamická viskozita motorového oleje při použití paliva BA95 a E85

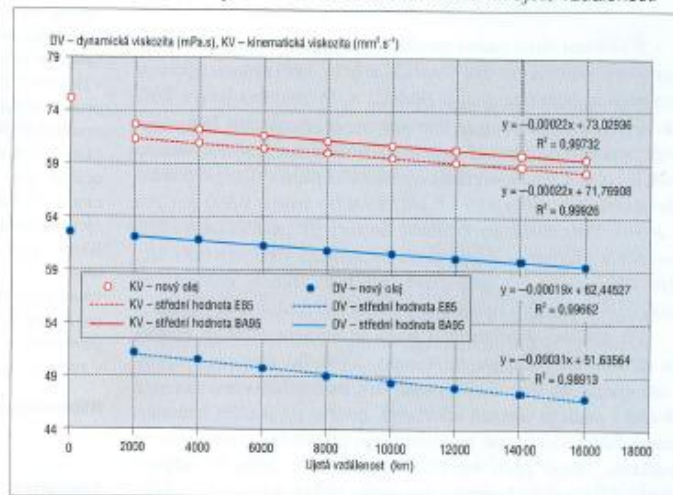
Ujetá vzdálenost (km)	Dynamická viskozita BA95 (mPa.s)				Dynamická viskozita E85 (mPa.s)			
	DV – Saab 9-5 (2004) BA95	DV – Saab 9-3 (2003) BA95	DV – Saab 9-5 (2003) BA95	DV – Střední hodnota BA95	DV – Saab 9-5 (2004) E85	DV – Saab 9-3 (2003) E85	DV – Saab 9-5 (2003) E85	DV – Střední hodnota E85
2000	62,15	62,04	62,03	62,07	50,75	52,37	50,43	51,18
4000	61,73	61,75	61,85	61,78	50,33	51,67	49,63	50,54
6000	61,04	61,39	61,35	61,26	49,27	50,56	49,23	49,69
8000	60,81	60,82	60,89	60,84	48,87	49,44	48,80	49,03
10000	60,53	60,53	60,52	60,53	48,42	48,37	48,31	48,37
12000	59,93	60,33	60,16	60,14	47,99	47,86	47,96	47,94
14000	59,56	60,17	59,76	59,83	47,36	47,26	47,49	47,37
16000	59,21	59,79	59,27	59,43	46,97	46,93	46,98	46,96

75,13 mm².s⁻¹, hustotu 0,833 g.cm⁻³ a dynamickou viskozitu 62,54 mPa.s při 40 °C. V tab. II. a III. jsou uvedeny hodnoty kinematické a dynamické viskozity pro použitý olej za použití běžného paliva BA95 a alternativního paliva E85 při teplotě 40 °C.

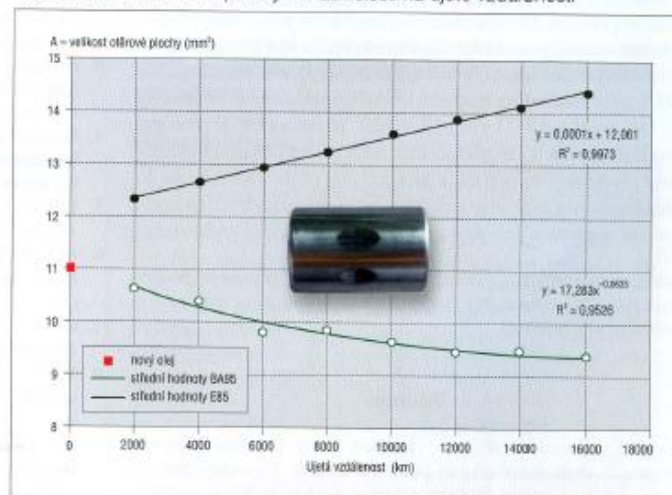
Z naměřených hodnot kinematické a dynamické viskozity je zcela patrné, že trend u všech vozidel je totožný. V grafickém porovnání (obr. 4.) jsou tak zakresleny střední hodnoty odpovídající danému proběhu kilometrů v rámci výměnného intervalu motorového oleje. Z obr. 4. je zřejmé, že kinematická viskozita s ujetou vzdáleností klesá. Rozdíl mezi kinematickou viskozitou při použití paliva B95 a E85 je minimální a pohybuje se mezi 2–3 %. V případě dynamické viskozity je také patrný pokles s ujetou vzdáleností, ale rozdíl při použití paliva BA95 a E85 je významný a překračuje 20 %, a to ihned po ujetí 2000 km. Pokles viskozity o více jak 20–30 % je obvykle signálem k výměně motorového oleje. Tento významný pokles dynamické viskozity motorového oleje je dán změnou jeho hustoty. Hustota nového oleje je 0,833 g.cm⁻³, u použitého oleje při palivu BA95 obvykle stoupá vlivem rozpuštěných úsad v mazací soustavě na 0,847 g.cm⁻³ a u použitého paliva E85 významně klesá až na 0,687 g.cm⁻³.

S významným poklesem dynamické viskozity souvisí také pokles únosnosti mazacích schopností motorového oleje testovaného na Reichertově testu. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tab. IV. Z této tabulky a z obr. 5. je zřejmé, že se potvrdilo očekávání předpokládající, že použitý olej při spalování běžného paliva BA95 vykazuje lepší mazací vlastnosti, což potvrzuje postupně klesající velikost otěrové plochy na Reichertově testu. Při provozu spalovacího motoru na alternativní palivo E85 je tomu přesně opačně a velikost otěrové plochy se vlivem ředění oleje palivem E85 zvětšuje směrem k bližící se výměně motorového oleje. Těsně před výměnou je velikost otěrové plochy při použití paliva E85 větší o více než 50 % oproti velikosti plochy při použití paliva BA95.

Obr. 4. Kinematická a dynamická viskozita v závislosti na ujeté vzdálenosti



Obr. 5. Velikost otěrové plochy A v závislosti na ujeté vzdálenosti



Tab. IV. Reichert test – velikost otěrové plochy A

Ujetá vzdálenost (km)	A – Otěrová plocha BA95 (mm ²)				A – Otěrová plocha E85 (mm ²)			
	DV – Saab 9-5 (2004) BA95	DV – Saab 9-3 (2003) BA95	DV – Saab 9-5 (2003) BA95	DV – Střední hodnota BA95	DV – Saab 9-5 (2004) E85	DV – Saab 9-3 (2003) E85	DV – Saab 9-5 (2003) E85	DV – Střední hodnota E85
2000	10,87	10,32	10,69	10,63	11,98	12,62	12,36	12,32
4000	10,53	10,51	10,12	10,39	12,46	12,93	12,61	12,67
6000	10,02	9,58	9,83	9,81	12,87	13,12	12,84	12,94
8000	9,83	10,02	9,71	9,85	13,25	13,25	13,21	13,24
10000	9,62	9,61	9,69	9,64	13,62	13,63	13,56	13,60
12000	9,21	9,57	9,54	9,44	13,98	13,94	13,73	13,88
14000	9,15	9,59	9,68	9,47	14,34	14,05	13,92	14,10
16000	9,05	9,60	9,52	9,39	14,75	14,28	14,15	14,39

Závěr a diskuse

K ověření vlivu paliva použitého ve spalovacím motoru na motorový olej byla použita 3 vozidla značky Saab s plnou úpravou pro provoz běžného paliva BA95 a alternativního paliva E85. Ve všech případech bylo prokázáno, že používání E85 mělo negativní vliv na použitý motorový olej: Kinematická viskozita (tab. II., obr. 4.) motorového oleje měřená při 40 °C se při použití alternativního paliva E85 liší od běžného paliva BA95 jen cca o 2–3 %. Vlivem skokové změny hustoty při použití paliva E85 dochází k významnému poklesu dynamické viskozity (tab. III., obr. 4.), a to již po ujetí 2000 km. Toto snížení viskozity se projevuje zvýšeným opotřebením součástí spalovacího motoru.

Při aplikaci Reichertova testu se zvýšení otěrové plochy na zkušebním válečku prokázalo. Výsledky jsou zobrazeny v tab. IV. a na obr. 5. Při používání paliva E85 roste otěrová plocha s počtem ujetých kilometrů, kdežto při použití běžného paliva BA95 klesá, což je způsobeno především rozpuštěnými úsadami. Těsně před výměnou motorového oleje je otěrová plocha při použití alternativního paliva E85 o více než 50 % větší než při použití běžného paliva BA95.

Jako možné, aby při používání paliva E85 nedocházelo ke zvýšenému opotřebení spalovacího motoru, se jeví významné zkrácení výměnného intervalu oleje, a to až na jeho jednu třetinu. Alternativně lze použít olej s vyšší viskozitou, než je doporučeno výrobcem, s tím, že během krátké chvíle dojde vlivem paliva E85 k jeho zředění na hodnoty blízké doporučeným výrobcem.

Na první pohled by se mohlo zdát, že palivo E85 je proti palivu BA95 pouze v nevýhodě. Přednosti paliva E85 jsou uplatňovány především na poli ekologickém, kdy přidavek ethanolu do běžného paliva ovlivňuje produkci emisí ze spalovacích motorů, a to jak u zážehových motorů, tak také u motorů vznětových.

Odkaz na grant CIGA: Příspěvek byl vytvořen s grantovou podporou CIGA ČZU v Praze 2015/3001 – Využití butanolu ve spalovacích motorech generátorů.

Souhrn

Poruchy provozu strojů, jsou vyvolány celou skupinou vnějších i vnitřních vlivů, které působí přímo ve strojích. Tyto vlivy mají za efekt změny vlastností strojních součástí. Souhrn těchto procesů se

nazývá mechanismus poruch. Tento mechanismus poruch a jejich vliv na vlastnosti strojních součástí se mění s novými technologiemi, ke kterým se řadí využití biopaliva. Jako nepoužívanější náhrada fosilního paliva, které pokrývá většinou část energetické spotřeby v dopravě, konkrétně v automobilovém průmyslu, se v současnosti prosazuje biopalivo E85. Evropská unie směřuje k úsilí na podporu používání biopaliv. Biopaliva jsou náhrady fosilních paliv pouze částečně. Vyrábějí se smíšením fosilního paliva a biopaliva. Vliv použití E85 byl sledován na typu osobního vozidla Saab 9-5, motor B235R. Z automobilu byly odebrány vzorky motorového oleje během provozu na E85 a během provozu na fosilní palivo BA95. Spalovací motor v analyzovaném automobilu využívá jako motorový olej Mobil 1 0W-40. Provedené analýzy odebraných vzorků potvrdily velký vliv paliva E85 na viskozitu oleje, a tím také na zhoršení mazivosti a zvýšení opotřebení motoru. Měření bylo provedeno v laboratoři jakosti a spolehlivosti strojů na ČZU v Praze v roce 2014 a první polovině roku 2015.

Klíčová slova: palivo, ethanol E85, motorový olej, viskozita, mazivost.

Literatura

1. DUKULIS, J. ET AL.: Exhaust Emissions from Vehicles Operating on Rapeseed Oil Fuel. *Agronomy Research*, 2010, s. 39–46.
2. MACKENZIE, L. ET AL.: Aviation biofuels: Can biotech make a difference? *Industrial Biotechnology*, Canada: *Industrial Biotechnology Journal*, 7, 2011 (3), s. 172–179.
3. FRIDELL, E. ET AL.: A modelling study of the impact on air quality and health due to the emissions from E85 and petrol fuelled cars in Sweden. *Atmospheric Environment*, 82, 2014, s. 1–8.
4. MALCA, J.; FREIBE, F.: Renewability and life-cycle energy efficiency of bioethanol and bio-ethyl tertiary butyl ether (bio-ETBE): assessing the implications of allocation. *Energy*, 31, 2006 (15), s. 3362–3380.
5. KOTEK, M. ET AL.: Aplikace paliva E85 v motoru 1.2 HTP. *Listy cukrov. řepař.*, 129, 2013 (7–8), s. 258–261.
6. BAIR, S.: The First Normal Stress Difference in a Shear-Thinning Motor Oil at Elevated Pressure. *Tribology Transactions*, 58, 2015 (4), s. 654–659.
7. CANTER, N.: Inorganic nanolubricant additive. *Tribology and Lubrication Technology*, 66, 2010 (7), s. 12–13.
8. MAHMOUD, S. A.; DARDIR, M. M.: Synthesis and evaluation of a new cationic surfactant for oil-well drilling fluid. *Journal of Surfactants and Detergents*, 14, 2011 (1), s. 123–130.
9. SINGH, A. K.; SINGH, R. K.: A search for ecofriendly detergent/dispersant additives for vegetable-oil based lubricants. *Journal of Surfactants and Detergents*, 15, 2012 (4), s. 399–409.

10. SULEK, M. W. ET AL.: Alkyl polyglucosides as components of water based lubricants. *Journal of Surfactants and Detergents*, 16, 2013 (3), s. 369–375.
11. ZHANG, X. F. ET AL.: Synthesis, physicochemical, and tribological characterization of nano lubricant contained Cu nanocolloid as additive. In *3rd International Conference on Energy, Environment and Sustainable Development, EESD 2013*, Shanghai, China; 2013, s. 1828–1833.
12. KUMBÁR, V.; GLOS, J.; VOTAVA, J.: Monitoring of chemical elements during lifetime of engine oil. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 62, 2014 (1), s. 155–159.
13. PETRÁSEK, S.; MÜLLER, M.: Setting of angle of soil flow on ploughshare at traditional processing of soil. *Manufacturing Technology*, 14, 2014 (3), s. 407–412.
14. VALÁSEK, P.; MÜLLER, M.: Influence of bonded abrasive particles size on wear of polymeric particle composites based on waste. *Manufacturing Technology*, 12, 2012 (13).
15. *Viskozimetr podle Stabingera. Stabinger Messtechnik – vyvíjeno ve spolupráci s LaborföhrMesstechnik Dr. H. Stabinger GmbH, Graz*. Anton Paar, [online] <http://www.anton-paar.com/?elD=documents/download&document=53280&L=4>, cit. 16. 6. 2014.
16. SEJKOROVÁ, M.: *Metody tribotechnické diagnostiky*. 1. vyd., Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava / Univerzita Pardubice, 2013, 111 s., ISBN: 978-80-248-3280-7
17. RYNO, C. ET AL.: On the physical nature of tribolayers and wear debris after sliding wear in a superalloy/steel tribosystem at 25 and 300 °C. *Wear*, 317, 2014 (1–2), s. 26–38.

Veselá K., Pexa M., Mařík J.: Change Viscosity of the Engine Oil when Using E85 Fuel

Disorders of operation machines, are caused by a whole group of internal and external influences and processes that act and under way directly in machines. These influences have the effect of changing the properties of machine parts. A summary of these processes is called a mechanism of failures. This mechanism failures and their effect on the properties of machine parts is changed with new technologies, which include the use of biofuels. As the most widely used substitute of fossil fuels, which covers the majority of the energy consumption in the transport sector, particularly in the automotive industry, is in currently enforced ethanol biofuel E85. The European Union is heading to efforts on promote the use of biofuels. Biofuels are substitute's fossil fuels only partially. They are produced by blending fossil fuels and biofuels. Effect of using E85 was studied on the type of passenger car Saab 9-5, engine B235R. From the car is taken sampled of engine oil during operation on E85 and during operation of fossil fuel BA95. The internal combustion engine in the analyzed vehicle uses motor oil of type Mobil 1 0W-40. From analyzes of samples is confirmed a great influence E85 on the viscosity of motor oil and therefore also to the deterioration of lubricity and increased engine wear. Measurements were performed in the laboratory of quality and reliability of the machines at CULS in 2014 and the first half of 2015.

Key words: fuel, ethanol E85, engine oil, viscosity, lubricity.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Kateřina Veselá, Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Katedra jakosti a spolehlivosti strojů, Kamýčská 129, 165 21 Praha 6 – Suchbát, Česká republika, e-mail: katerina86@email.cz

ROZHLEDY

Chen M., Zhao Y., Chen F., Zhao Z., Yu S., Abbasi A. M. HPLC-DPPH metoda stanovení antioxidační aktivity v třtinové melase (An HPLC-DPPH method for antioxidant activity from sugarcane molasses)

Studie je věnována optimalizaci experimentálních podmínek ultrazvukové extrakce sloučenin s antioxidačním účinkem z třtinové melasy. Jako nejvhodnější podmínky pro metodu HPLC-DPPH je použití etanolu o koncentraci 85 % (v/v), teplota 58–59 °C a doba 47–50 min. Katechin, kyselina vanilová, isorhamnetin-3-O-glukosid, eugenol, schaftoside, diosmetin-7-O-β-D-glukopyranosid, ferulová kyselina a kafeoilquinová kyselina byly identifikovány pomocí HPLC-MS/MS. Mezi antioxidačními sloučeninami byl nejrozšířenější schaftoside (92,081 μg.g⁻¹ sušiny), zatímco ferulová kyselina se vyznačovala nejvyšší antioxidační aktivitou. Výsledky potvrdily, že metoda HPLC-DPPH je specifitější, je přesná a není časově náročná a může sloužit jako kontrolní metoda.

Zuckerind./Sugar Ind., 140, 2015, č.10, s. 632–639.

Kadlec

Larsen K. G., Jensen A. S.

Poslední dosažené pokroky při sušení řepných vyloužených řízků přehřátou parou (Latest development in steam drying of beet pulp)

Jeden z neefektivnějších způsobů úspory energie v řepném cukrovaru s bubnovou sušárnou řízků je zavedení sušení s přehřátou parou. Nevyžaduje to změny v kotelně, ale výkon kotelný bude částečně snížen, což lze kompenzovat instalací ekonomizéru do parní sušárny. S odkazem na zkušenosti s provozem parních sušáren EnerDry v cukrovarch v Evropě a Japonsku lze dosáhnout snížení spotřeby energie o třetinu. Instalací sušárny EnerDry se rovněž zabrání ztrátám sušiny řízků ve srovnání s bubnovými sušárnami.

Int. Sugar Journal, 117, 2015, č.1396, s. 274–280.

Kadlec

Jensen P. S., Davis S. B., Love D. J., Rassol A.

Přímo získaná čirá šťáva – produkce čiré šťávy na extraktoru třtiny v cukrovaru Maidstone (Direct clear juice – the production of clear juice in a sugarcane diffuser at Maidstone factory)

Výzkumný ústav Sugar Milling Research Institute (SMRI) ve Velké Británii vyhodnotil provozní pokusy s přímým získáním čiré šťávy v třtinovém extraktoru. Na základě těchto slibných výsledků byl v cukrovaru Maidstone upraven běžný protiproudý skrápěcí extraktor tak, aby mohl pracovat jak v normálním provozu, tak i v režimu DCJ (Direct Clear Juice) s přímým získáním čiré šťávy. V režimu DCJ byl extraktor provozován v kampani 2013/2014 několik dní. Kvalita získané šťávy z extraktoru byla srovnatelná s kvalitou šťávy po čefení. Článek popisuje provedené úpravy extraktoru, výsledky provedených pokusů a výhody přímého získávání čiré šťávy.

Int. Sugar Journal, 117, 2015, č.1397, s. 332–345.

Kadlec

The water content in the engine oil by using E85

K. Veselá*, M. Pexa and J. Pavlů

Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Engineering, Department for Quality and Dependability of Machines, Kamycka 129, CZ 16521, Prague 6, Czech Republic

*Correspondence: katerina86@email.cz

Abstract. The European Union adopted a decision to achieve by 2020 at least 20% reduction in greenhouse gas emissions. To fulfill this task, the EU proposed in 2020 binding targets - further improve energy efficiency by 20%, achieving a 20% share of renewable energy and a 10% share of biofuels in the fuel market. One of the most widely used biofuel in the automotive industry is bioethanol. Bioethanol can be used on low-percentage blending into petrol, which is governed by European Directive 2003/30/EC, and on high-blend bioethanol mixture, particularly E85 consists of 85% bioethanol and 15% petrol BA95. But in recent years, increasingly demonstrating opinions, that biofuels do not produce nearly as much effect as was propagated. This paper deals with the concentration of water in the engine oil with using biofuel E85. The water in the engine oil significantly affects its parameters (especially viscosity). How measurement results demonstrated the use of bioethanol in the fuel increases the concentration of water in the engine oil.

Key words: biofuel, oil, concentration, water.

INTRODUCTION

In recent years the European Union has devoted increasing attention to the possibility of the use of biofuels as an energy source for transportation. The main requirements for biofuel include a requirement to its similarity of chemical and physical properties with conventional fuels.

As the most widely used the reimbursement of fossil fuels, which covers most of the energy consumption in the transport sector, particularly in the automotive industry, is currently biofuel E85.

Fuel E85 is a type of biofuel which has a characteristic mixture. E85 consists of 85% ethanol and 15% BA95. This ratio is possible under various seasonal of conditions to change, but a minimum proportion of ethanol have to be 70% (G7–pohonné hmoty, 2014).

Several studies have examined the effects and emissions of different concentrations of ethanol in the fuel mixture FFV (Flexi Fuel Vehicle) gasoline engines, which significantly differed. Concentrations were mixed in proportions under the names E5 (5% ethanol–i.e. winter mixture), E85 (85% ethanol–called. summer mixture), E75 (75% ethanol–i.e. winter mixture), (Graham et al., 2008; De Melo et al., 2011; Cordeilo de Melo et al., 2012; Karavalakis et al., 2012; Clairotte et al., 2013; Environmental Protection Agency, 2014).

Biofuel E85 is most used In Europe, concretely in Sweden, where it operates more than 16,000 vehicles FFV (Flexi Fuel Vehicle–Motor to which it is possible to refuel BA95 and also biofuel E85). Automobiles brand The Saab with FFV engines are manufactured since 2000 and the number of filling stations with E85 is higher than 250th (West et al., 2007; Flexcar, 2008–2012).

The raw material for the production of E85 may be any biomass lignocellulose–containing e.g. wood, sawdust or waste in the production of pulp and paper (IP Dsignation).

The target of this paper is detection of water concentration in engine oil with using biofuel E85. The values E85 were compared with values of engine oil with using fossil fuel BA95. Measurements were performed on the cars of brand Saab 95, concretely the engines B235, 2.3 liter Turbo. From each car were taken a total of 7 samples of oil. The first part of the samples was from a car driven by biofuel E85 and the second part from engine operating on fossil fuel BA95. The cars rode in urban traffic with the few days to week parking.

MATERIALS AND METHODS

One of the basic parameters of quality oils in terms of tribotechnology is water content. For water determination was proposed many physical, chemical and physic-chemical methods. In the area of tribotechnical diagnostics but most commonly used method of coulometric titration (IP Dsignation) shown in (Fig. 1).

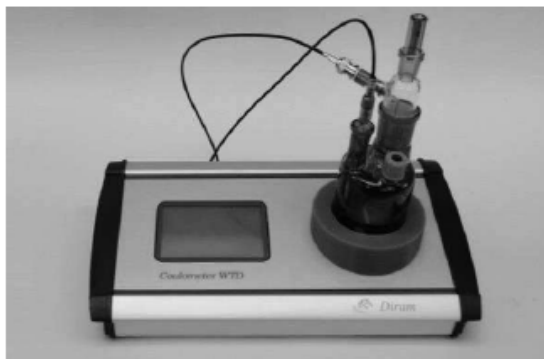


Figure 1. Coulometer WDT (Diram).

This is a design of fully automated apparatus with using coulometry. The passage of flow of electrochemical container on the platinum anode is formed from present iodine the elemental iodide which is the titrant agent. Its amount is proportional pass charge, i.e. the integral of current over time. The unit charge is the coulomb, which is formed a current of one ampere for one second. A simple relationship according to Faraday's law of electrolysis can be express amount of substance analyzing of compound, in this case water (Podhajecky, 2011).

Basic parameters of measurements such as the current of indicator circuit, end point of titration, timing of start, time of extraction or times of distillation, the stirring speed and others, can be set through a touch screen or with help of computer connected via a USB interface. On the display and on the computer is then depicted the progress of the titration and results measuring of water concentration (Diram), as shown on (Fig. 2).

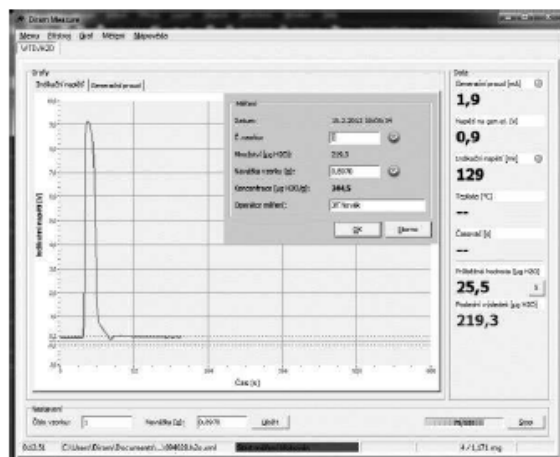


Figure 2. The course of titration (Diram).

Into titration flask of coulometric apparatus Karl Fischer is injected weighed sample. In the collecting flask is formed on the anode the coulometric iodine for the reaction Karl Fischer. After titration of the all water is detected the excess of iodine with electromotive detector of ends of titrations and the titration is terminated. On the base of stoichiometry one mole of iodine reacts with one mol of water, and therefore Faraday's law says that the amount of water is directly proportional to the total integrated current. The result of measurement is always the total quantity of water in the sample in micrograms (Torbacke et al., 2014).

The calculation of the water content using a coulometer WTD is represented of relationship (1).

$$C_s = \frac{m_2}{m_1 \cdot 10^4} \quad (1)$$

where: C_s – water content of the sample ($\mu\text{g g}^{-1}$); m_1 – mass of the test sample in grams (g); m_2 – water weight, expressed on a titrator apparatus, expressed in micrograms (μg) (CSN EN ISO 15489, 2008).

RESULTS AND DISCUSSION

To monitor of state the oil was selected vehicles which have a similar mode of ride. Especially such vehicles, where time is often interspersed with longer driving time without traffic load, which is a standard family vehicle with weekend traffic. Due to the function of the internal combustion engine it is not possible to completely prevent

contact of engine oil with air humidity. The humidity then may cause a number of problems under unfavorable operating modes of the internal combustion engine, between which the faster impairment of the properties of motor oil. Current values of the water in the engine oil varies at internal combustion engines of road vehicles in to 0.2%, and do not cause major problems. When the amount of water in the oil approaching 0.5%, so it no longer indicates improper operation, and when the value of 1–2% is already a defect, especially leak in the cooling system of the internal combustion engine. Measured values of water concentration when using fossil fuels BA95 and biofuels E85, the percentage differences in the concentration of water of new oil are listed in (Table 1). From the values it is clear that when using fuel BA95 concentration of water in the engine oil is below 0.2%, whereas E85 is already approaching 0.5%, which corresponds to the improper operation of the combustion engine. Water content of new oil was needed to be measured only one time, before adding it to engine.

Table 1. The concentration of water in use of fossil fuel BA95, biofuel E85 compared with the concentration of water of new oil

Time of operating	Water concentration BA95	Water concentration E85	% difference BA95 to new oil	% difference E85 to new oil
Concentration before adding oil to engine	1,357 $\mu\text{g g}^{-1}$		0%	
34 km	1,295 $\mu\text{g g}^{-1}$	1,449 $\mu\text{g g}^{-1}$	4.6%	6.8%
2,000 km	1,314 $\mu\text{g g}^{-1}$	2,334 $\mu\text{g g}^{-1}$	3.2%	72.0%
4,000 km	1,336 $\mu\text{g g}^{-1}$	1,503 $\mu\text{g g}^{-1}$	1.5%	10.8%
6,000 km	1,373 $\mu\text{g g}^{-1}$	2,028 $\mu\text{g g}^{-1}$	1.2%	49.4%
8,000 km	1,363 $\mu\text{g g}^{-1}$	3,241 $\mu\text{g g}^{-1}$	0.4%	138.8%
10,000 km	1,379 $\mu\text{g g}^{-1}$	2,419 $\mu\text{g g}^{-1}$	1.6%	78.3%
12,000 km	1,397 $\mu\text{g g}^{-1}$	3,601 $\mu\text{g g}^{-1}$	2.9%	165.4%

From (Table 1) it is evident that when using fossil fuel BA95 the concentration of water was in the engine oil in order to comparing the concentration of the new engine oil. In three instances during the time of operation 34, 2,000, and 4,000 km was measured at lower water concentrations as compared to the new engine oil. In other times of operation, traffic concentration was approximately at the same level as the new engine oil, level concentrate was not changed by more than 3%. The values of the concentration of water using fossil fuels BA95, it is possible to say that reaching a normal level, which does not affect the trouble-free operation of this petrol engine. A different situation occurred when using biofuel E85. The water concentration in this biofuel was at time of operation 12,000 km about 2.5 times higher than the concentration of water with new engine oil. Higher water concentrations above 30% was noted already at the time of operation of 2,000 km, where the difference in water concentration E85 and new oil was 72%. This jump occurred due to a 14-day break between journeys. Another value of the concentration of water decreased as it was partially evaporated, then the car again stood for several weeks and the concentration of the water continues to increase.

The cause high concentrations of water for biofuel E85 is its hygroscopicity in combination with prolonged standing of petrol engine. The longer stall of the engine was, the higher the concentration of water which due to its mode of operation already wasn't evaporated. Liquid water is then accumulated in the engine oil, which was vigorously stirred, and created the emulsions of water in oil, which is deposited on the cap of the oil pan. The concentration of water depending on the time of operating of the engine oil, using fossil fuel BA95 and biofuel E85 is shown in (Fig. 3).

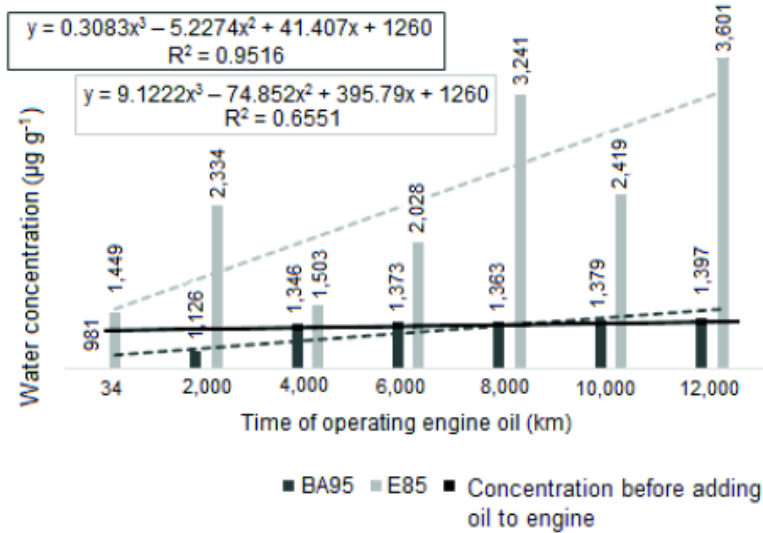


Figure 3. The concentration of water in the engine oil when using fossil fuels BA 95 and biofuels E85.

CONCLUSIONS

The presence of water in the oil is a reversible phenomenon. Water can, if it is not too much in the oil due to a malfunction, re-evaporate in the longer run the warmed up engine. Nevertheless, water in oil and after evaporation leaves traces. At a time when the oil was in contact with excess water, there may be some reactions that may change additives oil. Water may cause e.g. precipitation of certain additives in the form of sediments or sludge or hydrolysis and impairment of other additives (typical of detergents).

From Analyses of water concentration when using biofuels implies that the engine oil is constantly exposed of effect water. This phenomenon is due to hygroscopicity biofuel E85 and irregular operation with long parking time.

In comparison to commonly using of fuel BA95 with biofuel E85 occurred in engine oil of ignition internal combustion after driving 12,000 km an increase in water concentration. The amount of water in the motor oil was up to 2.5 times higher when using E85 than when using fuel BA95 and the same driving mode.

ACKNOWLEDGEMENTS. The paper was created with the grant support project CIGA CULS Prague 20153001 – Utilization of butanol in internal combustion engines of generators.

REFERENCES

- Environmental protection agency. 2014. <http://www3.epa.gov/otaq/regs/fuels/additive/e15/index.htm>. Accessed 2.1.2016.
- Cordeiro De Melo T.C., Machado, G.B., Belchior, C.R.P., Colaço, M.J., Barros, J.E.M. & De Oliveira, E.J. 2012. Hydrous ethanol–gasoline blends – combustion and emission investigations on a flex-fuel engine. *Fuel* **97**, 796–804.
- Clairotte, M., Adam, T.W., Zardini, A.A., Manfredi, U., Martini, G. & Krasenbrink, A. 2013. Effects of low temperature on the cold start gaseous emissions from light duty vehicles fueled by ethanol-blended gasoline. *Appl Energy* **102**, 44–54.
- Čsn En Iso 15489. 2008. Ethanol as a blending component for petrol – *Stanovení obsahu vody – Coulometrická titrační metoda podle Karl Fischera*. Český normalizační institut. (in Czech).
- De Melo, T., Machado, G., De Oliveira, E. & Belchior, P.C. 2011. *Different hydrous ethanol–gasoline blends – FTIR emissions of a flex-fuel engine and chemical properties of the fuels*. SAE Technical Paper, pp. 36.
- Diram. <http://www.diram.cz/wp-content/uploads/h2o-en.pdf>. Accessor 11.1.2016
- Flexcar. 2008–2012. <http://www.flexcar.cz/vse-o-ethanolu-e85>. Accessed 3.1.2016.
- G7–pohonné hmoty. 2014. <http://www.g7.cz/bioethanol-e85>. Accessed 2.1.2016.
- Graham, L.A., Belisle, S.L. & Baas, C.L. 2008. Emissions from light duty gasoline vehicles operating on low blend ethanol gasoline and E85. *Atmos Environ* **42**, 4498–4516.
- Ip designation. 2015. http://www.astm.org/FULL_TEXT/D93/HTML/D93.htm#t00400. Accessed 30.11.2015
- Karavalakis, G., Durbin, T.D., Shrivastava, M., Zheng, Z., Villela, M. & Jung, H. 2012. Impacts of ethanol fuel level on emissions of regulated and unregulated pollutants from a fleet of gasoline light-duty vehicles. *Fuel* **93**, 549–558.
- Podhájecký, P. 2011. Stanovení vody coulometrickou titrací. *Tribotechnika*, časopis o tření, opotřebení a mazání. TechPark. pp. 69-71.
- Torbacke, M., Rudolphi, A.K. & Kassfeldt, E. 2014. *Lubricants: introduction to properties and performance*. John Wiley & Sons, Incorporated, 219 p.
- West, B.H., López, A.J., Theiss, T.J., Graves, R.L., Storey, J.M. & Lewis, S.A. 2007. *Fuel Economy and Emissions of the Ethanol-Optimized Saab 9-5 Biopower*. Oak Ridge National Laboratory.

Vliv n-butanolu na olejovou náplň spalovacího motoru

EFFECT OF N-BUTANOL ON THE OIL FILL OF COMBUSTION ENGINE

Bohuslav Peterka, Martin Pexa, Zdeněk Aleš, Jindřich Pavlů, Kateřina Veselá, Jakub Čedík
Česká zemědělská univerzita v Praze

Úvod

V posledních letech věnuje EU stále větší pozornost možnostem využívání biopaliv jako zdroje energie pro dopravu. EU přijala rozhodnutí dosáhnout do roku 2020 snížení emisí skleníkových plynů nejméně o 20 %. Pro splnění tohoto úkolu, navrhla EU závazné cíle:

- zlepšit energetickou účinnost o 20 %,
- dosažení 20% podílu energie z obnovitelných zdrojů,
- dosažení 10% podílu biopaliv na trhu pohonných hmot (2).

Důvodem pro podporu biopaliv, jako energie pro dopravu v průmyslových zemích, je uváděno především vyčerpání ložisek ropy, obavy ze zabezpečení dodávek energie a globální oteplování. Úplná substituce benzínu a nafty je sice technicky možná, ale podmínky udržitelnosti jsou překážkou, a tak v dlouhodobém horizontu je možné počítat s podílem kolem 10 až 15 % (8).

Jedním z hlavních podnětů pro rozšíření výroby a používání biopaliv v celosvětovém měřítku je komplexní potenciální přínos pro životní prostředí, a to z hlediska úspory neobnovitelných zdrojů a snižování skleníkových plynů. Biopaliva mohou být získána nahrazením ropných paliv palivou z obnovitelných zdrojů a biomasy (3). Pro používání většiny biopaliv je nezbytné v současných vozidlech modifikovat motor nebo komponenty palivového systému. Další alternativou je pořízení automobilu s motorem Flexi Fuel Vehicle (FFV), který je přímo z výroby přizpůsoben na použití, jak fosilního paliva, tak biopaliva (1, 9, 10 13, 14).

Jedním z velmi zajímavých alternativních paliv je butanol. Butanol je čistý alkohol s podobným energetickým obsahem (hustotou) jako benzin. Nemusí být skladován v tlaku odolných nádržích jako stlačený zemní plyn a může být míchán s benzinem od 10 do 99 % i používán jako výhradní palivo (100 %) (18). Butanol je možné získat pomocí několika chemických technologií. Je také možné, aby produkce butanolu probíhala pomocí kvasného procesu za pomoci bakterií rodu *Clostridium*. Tento proces probíhá za anaerobních podmínek, a butanol je jako jeden z produktů, tzv. biobutanol (4, 16). Mezi nejpopulárnější druhy bakterií pro fermentaci jsou *Clostridium acetobutylicum* (ABE (aceton-butanol-ethanol)), typický poměr této sloučeniny je 3:6:1 (15, 6). Srovnání vlastností biobutanolu a benzínu je uvedeno v tabulce č. 1.

Tab. 1. Srovnání vlastností benzínu a biobutanolu (11, 12)

	Benzin	N-butanol
Hustota energie [MJ/l]	32 – 35	29,2
Kilometrový výkon [%]	100	83 – 91
Poměr vzduch-palivo	14,6	11,2
Výzkumné oktanové číslo (RON)	91 – 99	96
Motorové oktanové číslo (MON)	81 – 89	78
Tlak páry [hPa]	35 – 90 (at 20 °C)	6,7 (at 20 °C)
Bod vzplanutí [°C]	< - 20	35 – 37
Entalpie odpařování [MJ/kg]	0,36	0,43
Kinematická viskozita [mm ² /s]	0,4 – 0,8 (at 20 °C)	3,6 (at 20 °C)

Cílem příspěvku je sledovat změnu viskozity a kódu čistoty motorového oleje při použití butanolu jako paliva pro spalovací motor. Předpokládá se, že vinou nižší viskozity butanolu než motorového oleje, bude docházet k poklesu viskozity oleje a tím dojde ke snížení mazacích vlastností motorového oleje.

Materiál a metody

Pro realizaci dlouhodobějších experimentů s n-butanolem byl zvolen elektrický generátor poháněný jednoválcovým motorem s přípravou palivové směsi s karburátorem. Generátor elektrické

energie je vybaven motorem Briggs & Stratton Vanguard OHV o maximálním elektrickém výkonu 2700 wattů (5).

Při měření na generátoru byl použit výrobcem doporučený motorový olej od společnosti Briggs & Stratton 5W30. Výměnný interval je výrobcem přepsán na 50 mth. Pouze v období záběhu je interval pro první výměnu stanoven na 5 mth. Vzorek oleje je odebírán v pravidelném intervalu cca 10 mth o objemu 20 ml (větší objem vzorku není možný vzhledem k celkovému objemu motorového oleje 0,7 litru).

Generátor je během provozu zatížen elektrickým výkonem 2000 W, což představuje přibližně 80 % jeho efektivní hodnoty a to v místnosti, která má konstantní teplotu $22\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. K zatížení byl použit odpor, který je součástí přímotopů. Vzhledem k parametrům paliva n-butanolu (tlak par) je nutné motor centrály spouštět na benzín a po jejím krátkém zahřátí se přechází na testované palivo. Spalování testovaného paliva probíhá blízko stechiometrickému poměru 12:1 (součinitel přebytku vzduchu 1). Aby bylo možné této hodnoty dosáhnout, je nutné vyměnit trysky v karburátoru nebo škrtnit sání spalovacího motoru generátoru a to tak, aby se součinitel přebytku vzduchu pohyboval v rozmezí 1 až 1,3.

Vzorek motorového oleje je odebírán prostřednictvím olejové měrky a podroben analýze hustoty a viskozity (Stabingerův viskozimetr) a analýze částic (Laserový analyzátor částic LHF-C).

Stabingerův viskozimetr SVM 3000 je modifikovaný rotační viskozimetr, který slouží pro měření viskozity a hustoty olejů a kapalných paliv podle ASTM D7042. Ze změřených hodnot dynamické viskozity a hustoty přístroj automaticky spočítá kinematickou viskozitu a viskozitní index podle ASTM D 2270/ISO 2909. Principem stanovení dynamické viskozity je určení stabilní rychlosti měřicího rotoru s integrovaným magnetem, který plave ve vzorku, jímž je naplněna trubice rotující konstantní rychlostí. Při přepočtu hodnot dynamické viskozity na kinematickou viskozitu je nutné znát příslušnou hustotu. Z tohoto důvodu má SVM 3000 integrovanou hustotní celu založenou na ověřeném a přesném principu oscilující U-trubice. Obě cely jsou naplněny vzorkem v jednom měřicím cyklu (17).

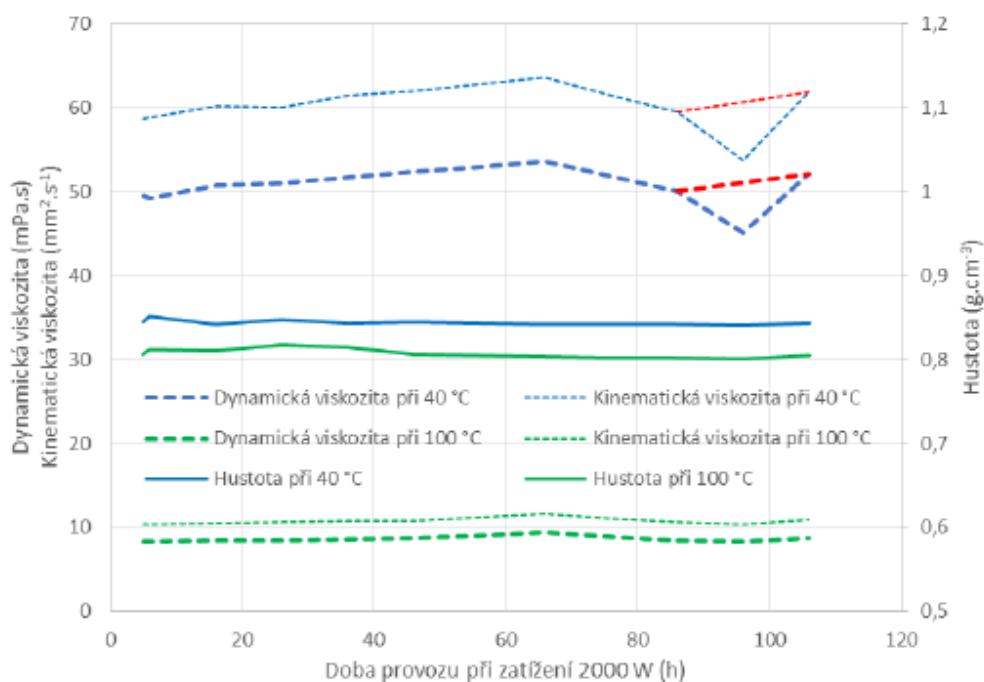
LNF-C je laboratorní analytický přístroj, který kombinuje techniku analýzy olejů podle tvaru částic, a zároveň klasifikuje jejich počet. Monitorování je založeno především na morfologických analýzách a velikosti částic abnormálního opotřebení, které jsou vytvořeny z vnitřních částí stroje. Podle obrysu jsou klasifikovány částice s největším rozměrem, větším než $20\text{ }\mu\text{m}$ do několika kategorií, a to částice abrazivního, únavového opotřebení a adhezivního opotřebení, nekovové částice, vlákna, kapky vody a vzduchové bubliny. Tvar částic specifikuje software podle testu kruhovitosti, aby byly odstraněny bubliny a kapky větší než $20\text{ }\mu\text{m}$ z částic, které počítá za výsledek. Počet částic a jejich velikost je také hodnocena tak, aby bylo možné výsledky zobrazit podle normy ISO 4406:1999, kódu čistoty (množství částic v kapalině – oleji) - tři hraniční pásma a to $\geq 4\text{ }\mu\text{m}$, $\geq 6\text{ }\mu\text{m}$ a $\geq 14\text{ }\mu\text{m}$. (7, 19).

Výsledky

Výsledné hodnoty naměřené viskozity jsou zaznamenány během dvou (při započtení doby záběhu tři) výměnných intervalů motorového oleje a jsou zobrazeny na obrázku číslo 1. Vzhledem k omezenému objemu vzorku je nutné počítat s tím, že skoková změna měřené hodnoty může znamenat chybně zaznamenanou hodnotu. Právě k takovéto skokové změně došlo u měřeného vzorku při 96 hodinách provozu při sledování viskozity. Proto je tato hodnota z měření vyloučena a na obrázku číslo 1 je spojnice bodů (86 a 106 hodin provozu) zobrazena červeně.

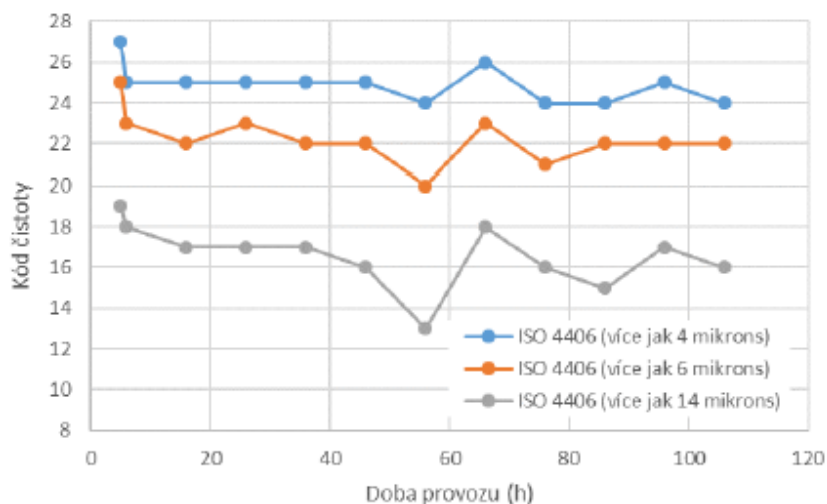
Z obrázku číslo 1 je zřejmé, že hustota motorového oleje se téměř nemění a zůstává konstantní (rozdíl hodnot je nejvýše o 2 %). Tomu přispívá i fakt, že hustota n-butanolu je vyšší než hustota benzínu, a více se tak blíží hustotě motorového oleje. Viskozita motorového oleje již kolísá více, i když ne dramaticky. Rozdíl nejvyšší a nejnižší naměřené hodnoty viskozity činí při 40 °C přibližně 9 % a při 100 °C přibližně 13 %. Během prvního výměnného intervalu oleje (6 až 56 hodin provozu) se jeví mírný nárůst a ve druhém výměnném intervalu (56 až 106 hodin provozu) se zdá, že se jedná o mírný pokles.

Obr. 1 Kinematická a dynamická viskozita a hustota motorového oleje při 40 a 100 °C



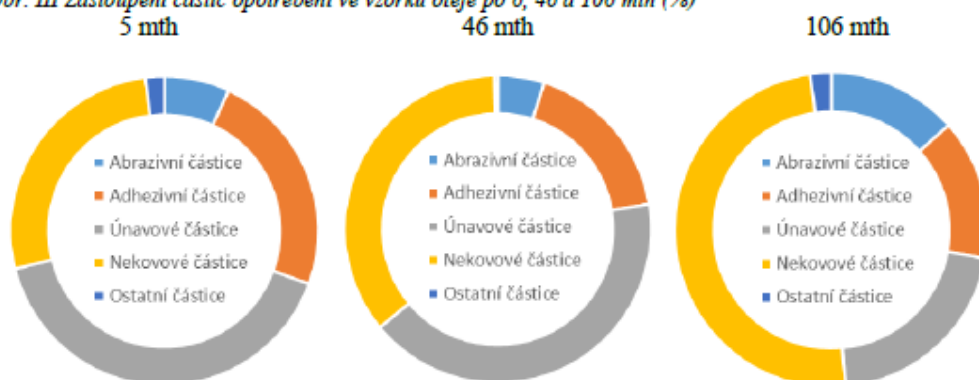
Kód čistoty podle normy ISO 4406:1999, pro stupně velikosti částic 4 μm , 6 μm a 14 μm je znázorněn na obrázku č. 2. Vysoký kód čistoty u prvního vzorku souvisí s obdobím záběhu. U ostatních vzorků již došlo k ustálení a to pro částice 4 μm na kód čistoty 24 až 25, pro částice 6 μm na kód čistoty 21 až 22 a pro částice 14 μm na kód čistoty 15 až 17.

Obr. II Kód čistoty pro 4, 6 a 14 μm v závislosti na době provozu



Z hlediska celkového počtu částic, které se v motorovém oleji vyskytují lze tak konstatovat, že po prvním vzorku (doba záběhu), již zůstává počet částic bez výrazných změn (ustálený kód čistoty). Postupně se však mění zastoupení částic, což je zobrazeno na obrázku číslo 3. U prvního vzorku při 5 mth byly dominantní částice únavové, postupně však jejich podíl klesl a v době provozu 106 mth jsou již dominantní částice nekovové.

Obr. III Zastoupení částic opotřebení ve vzorku oleje po 6, 46 a 106 mth (%)



Závěr a diskuse

V příspěvku je sledován vliv n-butanolu na parametry motorového oleje. Motorem je v tomto případě elektrocentrála, která pracuje na palivo, kterým je 100% n-butanol. Pro bezproblémové spalování n-butanolu je upraven směšovací poměr tak, aby byl blíže k stechiometrickému poměru. Během prvních 106 hodin provozu (při zatížení 2000 W – 80 %) byly zjištěny tyto závěry:

- Vzhledem k parametrům paliva n-butanol (nízké viskozitě) se očekával výrazný vliv paliva na snížení viskozity motorového oleje. Očekávání se však nepotvrdilo. Ke změně viskozity sice došlo, ale rozdíl nejvyšší a nejnižší naměřené hodnoty činil při 40 °C 9 % a při 100 °C 13 %. Během prvního výměnného intervalu motorového oleje viskozita mírně rostla a ve druhém intervalu zase klesala. Aby byl vyloučen vliv vlhkosti, bylo provedeno měření množství vody ve vzorku oleje a to titrační metodou. Všechny vzorky obsahovaly méně než 0,2 % vody.
- Se změnou viskozity se očekávalo také zvýšené opotřebení částí spalovacího motoru. Proto byl měřen kód čistoty. Kromě prvního vzorku bylo dosaženo vyrovnané hodnoty kódu čistoty. Přičemž u prvního vzorku se vyšší počet očekával, protože se jednalo o období záběhu.

Na základě provedených sledování a následných analýz se zdá, že palivo n-butanol nemá žádný zásadní vliv na motorový olej. Očekávalo se, že n-butanol bude mít podobný vliv jako etanol v palivu E85 (20). Očekávání se nepotvrdilo a důvodem mohou být i rozdílné provozní podmínky. Elektrocentrála pracovala v uzavřeném prostoru se stálou teplotou, kdežto palivo E85 bylo testováno v běžném silničním vozidle, kde za provozu značně kolísají provozní o okolní podmínky spalovacího motoru.

Literatura:

- (1) Aakko-Saksa, P.T., Rantanen-Kolehmainen, L., Schytat, E. Ethanol, isobutanol, and biohydrocarbons as gasoline components in relation to gaseous emissions and particulate matter. *Environmental Science and Technology*, 48, 2014 (17), s 10489–10496.
- (2) Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. Brusel 23. 4. 2009, [online][cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:en.pdf>.
- (3) Dukulis, I. Et al. Exhaust Emissions from Vehicles Operating on Rapeseed Oil Fuel. *Agronomy Research*, 8, 2010. s. 39–46.
- (4) Dürre P. Fermentative butanol production bulk chemical and biofuel. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 1125, 2008, s. 353–362.
- (5) Energy generator sales. *Briggs & Stratton ProMax 3500A AVR 3.5KVA/2.7kW Framed Petrol Generator*, [online][cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.energygeneratorsales.co.uk/briggs-stratton-generator-sales/product-detail/briggs-stratton-promax-3500a-avr-35kva27kw-framed>.

- (6) Fatih Demirbas, M., Balat, M., Balat, H.: Biowastes-to-biofuels. *Energy Conversion and Management*, 52, 2011 (4), s. 1815–1828.
- (7) Filicky, D., Sebok, T., Matle, L., Anderson, D. *Laser Net Fines – A New Tool for the Oil Analysis Toolbox*. Machinery Lubrication, Noria. [online][cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.machinerylubrication.com/Read/383/lasernet-fines-oilanalysis>.
- (8) Gnansounou, E., Dauriat, A., Villegas, J., Panichelli, L. Life cycle assessment of biofuels: Energy and greenhouse gas balances. *Bioresource Technology*, 100, 2009(21), s. 4919–4930.
- (9) González-García, S., Luo, L., Moreira, M.T., Feijoo, G., Huppes, G. Life cycle assessment of flax shives derived second generation ethanol fueled automobiles in Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 2009 (8), s. 1922–1933.
- (10) González-García, S., Moreira, M.T., Feijoo, G. Environmental aspects of eucalyptus based ethanol production and use. *Science of the Total Environment*, 438, 2012, s. 1–8.
- (11) Ha S. H., Ngoc Mai N. L., Koo Y. M. Butanol recovery from aqueous solution into ionic liquids by liquid-liquid extraction, *Process Biochem.*, 45, 2010, 1899–1903.
- (12) Köpke, M., Noack, S., Dürre, P. *The Past, Present, and Future of Biofuels – Biobutanol as Promising Alternative*. Biofuel Production-Recent Developments and Prospects. 2011, p. 451–456. ISBN 978-953-307-478-8.
- (13) Mackinnon, L., et al. Aviation biofuels: Canbiotech make a difference? *Industrial Biotechnology*. Canada: *Industrial Biotechnology Journal*. 7, 2011 (3), s. 172–179.
- (14) Pechout, M., Tmka, M., Novotný, M., Vojtišek, M. Adaptation of Small Spark Ignition Engine to Alcohol Fuels. *Listy Cukrovarnické a Repařské*, 130, 2014 (7–8), s. 262–267.
- (15) Qureshi N., Maddox I. S. Continuous production of acetone-butanol-ethanol using immobilized cells of *Clostridium acetobutylicum* and integration with product removal by liquid-liquid extraction. *J. Ferment. Bioeng.*, 80, 1995(2), s. 185–189.
- (16) Qureshi N., Saha B. C., Hector R. E., Hughes S. R., Cotta M. A. Butanol production from wheat straw by simultaneous saccharification and fermentation using *Clostridium beijerinckii*: Part I – Batch fermentation. *Biomass Bioener.*, 32, 2008(32), s. 168–175.
- (17) Sejkorová, M., Laštůvka, J., Jelínek, K. *Metody technické diagnostiky*. První vyd. VŠB-TU Ostrava, Univerzita Pardubice, 2013. 111 s. ISBN 978-80-248-3280-7.
- (18) Sladký, V. *Biobutanol – vhodnější náhrada benzínu*. [online][cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biobutanol-vhodnejsi-nahrada-benzinu>.
- (19) Spectron, inc. *LaserNet Fines – Particle Counting and Shape Recognition for In-Service Oils*. Industry tribology Systems, USA, s. 1–13.
- (20) Veselá, K., Pexa, M., Mařík, J. Change viscosity of the engine oil when using E85 fuel, *Listy Cukrovarnické a řepařské*, 132, 2016 (7-8), s. 241–245.

Souhrn: Evropská unie směřuje k úsilí na podporu používání biopaliv. Velmi rozšířeným biopalivem je palivo na bázi etanolu a tím je e85. Podobných vlastností jako etanol dosahuje n-butanol. Vliv n-butanolu na motorový olej byl sledován během provozu elektrocentrály při trvalém zatížení 2000 W. Výsledky ukázaly, že palivo n-butanol nemá zásadní vliv na motorový olej, viskozita kolísala v rozpětí minimální a maximální hodnoty o 13 %, kód čistoty (množství částic v motorovém oleji) byl stabilní a množství vody v oleji nepřekročilo obvyklé množství 0,2 %. Pro trvalý provoz se tak jeví toto palivo jako vhodné.

Klíčová slova: Biopalivo, Butanol, Motorový olej

Summary: The European Union aims to promote the use of biofuels. A very widespread biofuel is ethanol-based fuel E85. Ethanol has the similar attributes as n-butanol. The influence of n-butanol on engine oil was monitored during the operation of the power plant at a constant load of 2000 W. The results showed that n-butanol from fuel has no significant effect on engine oil, viscosity varied between the minimum and maximum values by 13%, the purity (the amount in engine oil particles) was stable and the amount of water in the oil did not exceed the usual amount of 0,2 %. For continued operation, this fuel will prove to be appropriate.

Key words: Biofuel, Butanol, Engine oil

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Kateřina Veselá, Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Katedra jakosti a spolehlivosti strojů, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 Suchdol, Česká republika, e-mail: katerina86@email.cz

LISTY CUKROVARNICKÉ a ŘEPAŘSKÉ

SUGAR AND SUGAR BEET JOURNAL • ZUCKER UND RÜBENANBAUBLÄTTER

VUC Praha a.s., U Jednoty 7, 142 00 Praha 4 Písnice, Czech Republic

vážená paní
Ing. Kateřina Veselá
Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta – katedra jakosti a spolehlivosti strojů
Kamýcká 129
165 21 Praha 6 - Suchdol

22. 6. 2017


věc: **POTVRZENÍ O PŘIJETÍ ČLÁNKU**

Potvrzuji tímto, že redakci časopisu Listy cukrovarnické a řepařské byl přijat k publikování článek *B. Peterky, M. Pexy, Z. Aleše, J. Pavlů, K. Veselé a J. Čedíka: Vliv n-butanolu na olejovou náplň spalovacího motoru*. Publikován bude nejspíše v některém čísle 2. pololetí ročníku 133/2017.

S pozdravem

Ing. Blahoslav Marek
ŠÉFREDAKTOR

b.marek@centrum.cz
tel.: 775 115 161, 223 000 365
(www.cukr-listy.cz)


Listy cukrovarnické a řepařské
VUC Praha, a. s.
142 00 Praha 4 - Písnice
U Jednoty 7