

Vliv bioetanolu na parametry motorové nafty

IMPACT OF BIOETHANOL ON PARAMETERS OF DIESEL FUEL

Vladimír Hönig – Česká zemědělská univerzita v Praze
Luboš Smrčka – Vysoká škola ekonomická v Praze

V podmínkách České republiky jsou vhodnými biopalivy bioetanol a methylester řepkového oleje. Bioetanol je využíván v zážehových motorech, methylester řepkového oleje v motorech vznětových. V celoevropském měřítku představuje podíl methylesterů různých olejů (v zahraničí často souhrnně označován jako biodiesel) 85 % ze všech vyrobených biopaliv. Z pohledu diverzifikace biopaliv je třeba zvýšit podíl bioetanolu (1).

K využití bioetanolu ve vznětových motorech se nabízí řada možností. Například jako palivo E95, které se skládá z 95 % ethanolu a 5 % aditiv podporujících vznětlivost a mazivost, či při využití dvoupalivového systému s oddělenou nádrží. Ten spočívá ve vstřikování bioetanolu do spalovacího prostoru samostatným vstřikovačem současně se vstřikem zapalovací dávky motorové nafty druhým vstřikovačem. Nejjednodušším řešením se však zdá přímé přidávání bioetanolu jako přísady motorové nafty už z toho důvodu, že technické úpravy jsou nejen finančně náročné, ale příslušná vozidla nelze již provozovat na čistou naftu (2). Lze se tak setkat také s palivy nesoucí označení E-diesel (obsahující cca 7–15 % obj. ethanolu) a O2Diesel™ (tvořený ze 7,7 % obj. ethanolu), která však nejsou v České republice dostupná (3, 4).

Při možné aplikaci bioetanolu do motorové nafty je však nutné se vypořádat hned s několika problémy. Ty jsou způsobeny rozdílnou chemickou povahou bioetanolu a uhlovodíkového paliva. Mezi ně se řadí: tlak par, rozpustnost vody, fázová stabilita, materiálová kompatibilita, korozivita (5, 6, 7).

Tento článek se zabývá hodnocením vlivu bioetanolu na parametry nafty s ohledem na její normu ČSN EN 590 tak, aby výsledná směsná paliva mohla být využívána pro neupravené vznětové motory. Parametry jednotlivých paliv uvádí tab. I.

Materiál a metody

Pro laboratorní zkoušky byla použita motorová nafta odpovídající normě ČSN EN 590 třídy F – zimní bez obsahu FAME. Testovaný ethanol plně odpovídal standardu prEN15376: 2013. Modelové směsi motorové nafty byly testovány v rámci metod dle ČSN EN 590. Byly provedeny následující zkoušky:

- hustota podle ČSN EN ISO 3675,
- kinematická viskozita při 40 °C podle ČSN EN ISO 3104,
- destilační zkouška podle ČSN EN 3405,
- bod zákalu a ztráta filrovatelnosti (CFPP – Cold filter plugging point) podle ČSN EN 116,
- cetanové číslo podle ČSN EN ISO 5165,
- cetanový index podle ČSN EN ISO 4264.

Zkušební vzorky nesou pracovní označení:

- E0 pro 100 % motorovou naftu bez příměsí ethanolu,
- E5 pro vzorek obsahující 5 % obj. ethanolu v motorové naftě,

- E10 pro vzorek obsahující 10 % obj. ethanolu v motorové naftě,
- E15 pro vzorek obsahující 15 % obj. ethanolu v motorové naftě,
- E20 pro vzorek obsahující 20 % obj. ethanolu v motorové naftě,
- E25 pro vzorek obsahující 25 % obj. ethanolu v motorové naftě.

Vyhodnocení

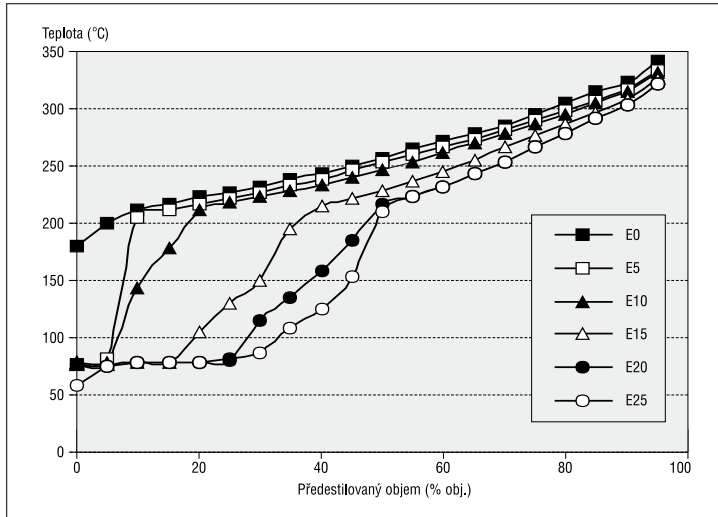
Destilační křivku na obr. 1. lze získat jako výsledek destilační zkoušky, která se provádí za účelem požadovaného frakčního složení daného benzínu. Vyjadřuje objemové procento paliva, které předestiluje do určité teploty destilace. Pomocí destilační zkoušky je možné stanovit, v jakém teplotním rozmezí destilují v naftě přítomné uhlovodíky, případně další složky. Podle ní lze identifikovat jednak kontaminaci benzinem, ale i přítomnost těžko odpařitelných podílů olejového charakteru. Destilační křivku můžeme popsat několika významnými body: začátek destilace, který se řídí požadavkem na bod vzplanutí, T_{50} (padesátiprocentní bod) představuje hodnotu teploty, při které předestiluje 50 % paliva označovaná jako „teplota středního bodu varu“ a teplota konce destilace. Z obr. 1. je zřejmé, že ethanol ovlivňuje začátek destilace nafty. V případě většího množství „lehkých složek“ by tak mohlo hrozit poškození pohyblivých součástí palivové soustavy, jelikož výsledkem je zhoršení mazacích schopností paliva.

Z objemu destilujícího do 250 °C se odhaduje velikost podílu petrolejové frakce v naftě. Požadavek normy je do 250 °C max. 65 % objemu a do 350 °C min. 85 % objemu. Obr. 2. znázorňuje rozdíl hodnot vlivem příměsí bioetanolu, kde osa x charakterizuje průběh destilační křivky čisté motorové nafty.

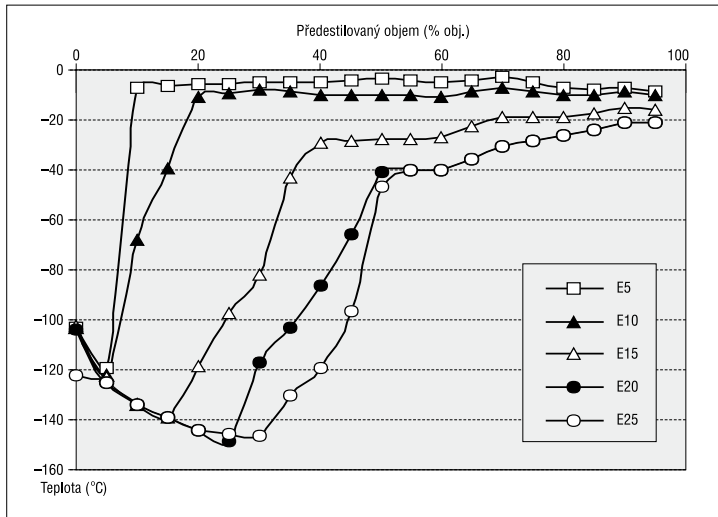
Tab. I. Chemické a fyzikální vlastnosti motorových paliv

Parametr	Bioethanol	Nafta	Benzin
Hustota při 15 °C (kg.m ⁻³)	789	820–845	720–775
Cetanové číslo	7	>51	–
Oktanové číslo VM	108	–	91–100
Výhřevnost (MJ.dm ⁻³)	21	36	31
Výhřevnost hmotnostní (MJ.kg ⁻¹)	28,9	42,6	43,6
Bod tání (°C)	-114,4	–	–
Bod varu (°C)	78	163–357	30–215
Obsah kyslíku (% hm.)	34,7	–	<2,7

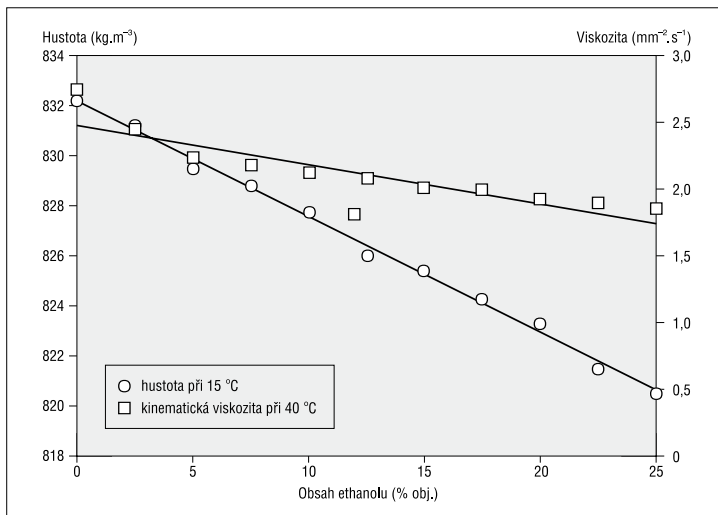
Obr. 1. Průběh destilační křivky čisté motorové nafty (E0) a směsí nafty s ethanolem



Obr. 2. Změny v destilační křivce směsných paliv ve srovnání s čistou motorovou naftou (osa x)



Obr. 3. Hustota a kinematická viskozita motorové nafty v závislosti na množství ethanolu



Další ze základních veličin paliva je hustota, které charakterizuje ropu a její produkty. Z její hodnoty lze usuzovat také na frakční chemické složení ropných produktů. Udává hmotnost objemové jednotky (kg.m⁻³). Hustota je normovaným parametrem pro většinu výrobků z ropy, jako jsou paliva, maziva apod. Je závislá na teplotě, proto musí být vždy uveden i teplotní údaj. Požadavek normy je 820–845 kg.m⁻³ při 15 °C. S ohledem na fakt, že vstříkovač pracuje objemově, a tedy i množství vstříknutého paliva roste s jeho měrnou hmotností, má hustota paliva vliv na výkon motoru a nárůst spotřeby. Příliš nízká hustota se může projevit i snížením viskozity a ztrátou mazací vrstvičky na pohyblivých součástech, vysoká hustota pak na zvýšené kouřivosti. Limitní hodnotou hustoty dle požadavků normy pak bylo 25 % obj. ethanolu v motorové naftě (obr. 3.).

Vedle hustoty ovlivňuje velikost kapiček vstříkovaného paliva do spalovacího prostoru také kinematická viskozita. Ta charakterizuje vnitřní tření závislé na přitažlivých silách mezi částicemi. Nízká viskozita je signálem, že by mohla být nedostatečná mazivost, pokud není zlepšena přísadou. Požadavek normy je 2,0–4,5 mm² při 40 °C. Jako mezní množství bez nutnosti aditivace lze vyhodnotit opět 25 % obj. ethanolu. Zatímco pokles hustoty odpovídá rozdílu hustot mezi motorovou naftou a ethanolem, na průběhu viskozity je zřejmý výraznější pokles, jelikož se při takových směsích projevuje vliv uhlovodíkového řetězce.

Vliv ethanolu na bod zákalu motorové nafty má relativně narůstající trend i v případech, že se jedná o bezvodý bioetanol. Důvodem je rozfázování vzorků během ochlazování. U vzorků obsahujících více než 10 % obj. ethanolu se objevily dvě fáze již při teplotách vyšších než 0 °C. Naproti tomu hodnota CFPP (Cold Filter Plugging Point), která přibližně charakterizuje, při jaké teplotě lze očekávat ucpávání palivového filtru parafíny vyloučenými ve větším množství, měla tendenci klesající se zvyšujícím se obsahem ethanolu v naftě. Požadavek normy se liší v závislosti na třídě motorové nafty. Nafta třídy F (zimní) má požadavek na max. -20 °C. Z obr. 4. je tak evidentní příznivý vliv ethanolu na ztrátu filtrovatelnosti projevující se jejím poklesem.

Cetanové číslo udává reaktivitu motorové nafty z hlediska její vznětové charakteristiky. Čím vyšší hodnoty palivo dosahuje, tím je kvalitnější. Motory s přímým vstříkáváním (TDi, HDi, TDCi) pak lépe startují, dosahují vyššího výkonu, menší spotřeby a kouřivosti. Čím větší je hodnota, tím je pravidelnější a dokonalejší jeho spalování a současně také chod a hluk motoru. Jelikož zkouška cetanového čísla je poměrně náročná, byl zaveden jako charakteristika schopnosti vznícení cetanový index, který je možné stanovit na základě výpočtu z výsledků laboratorních zkoušek hustoty a destilace. Jelikož hodnota cetanového čísla je minimálně 51 jednotek, cetanového indexu 46, je nutné hodnotu cetanového čísla zvýšit (obr. 5.), a to i dodatečnou aditivací pomocí přísad např. Castrol TDA, Super Diesel Aditiv – VIF

Bodem vzplanutí se rozumí nejnižší teplota, při které hořlavá látka za normálního tlaku vyvine tolik hořlavých par, že tyto ve směsi se vzduchem při krátkodobém přiblížení přesně definovaného otevřeného plaménku

krátce vzplanou, ale dále nehoří. Podle teploty vzplanutí lze pak hořlavé kapaliny zařadit tříd nebezpečnosti:

- I. třída nebezpečnosti teplota vzplanutí do 21 °C,
- II. třída nebezpečnosti nad 21 °C do 55 °C,
- III. třída nebezpečnosti nad 55 °C do 100 °C,
- IV. třída nebezpečnosti nad 100 °C do 250 °C.

Minimální hodnota dle ČSN EN 590 je 55 °C, tedy spodní hranice pro hořlaviny III. třídy. Směs motorové nafty s 2,5 % obj. ethanolu (obr. 6.) a výše tak lze charakterizovat jako hořlaviny I. třídy. Hodnota bodu vzplanutí však ani při těchto hodnotách nemá vliv na chod vznětového motoru.

Závěr

Směs motorové nafty s bioetanolem naráží na obtížnou mísitelnost především s ohledem na nízkou stálost směsi. Pro udržení homogenity směsi by byla vhodná aplikace bioetanolu do nafty v co možná nejkratším možném intervalu do okamžiku spálení ve vznětovém motoru, nebo aplikace kosolventů.

Přídavek bioetanolu je omezený, jelikož má oproti naftě nejen menší výhřevnost, ale současně má i výrazně odlišné parametry od standardních paliv využívaných ve vznětových motorech (nafta, směsná motorová nafta B30, bionafta B100). Příměs bioetanolu však prokazatelně snižuje podíl pevných částic a kouřivost motoru, což bylo předmětem mnoha studií a ve směsi s motorovou naftou pozitivně ovlivňuje její teplotu ztráty filtrovatelnosti nutnou pro provoz při nízkých teplotách, aniž by významně ovlivnil parametry hustoty a kinematické viskozity paliva nutné pro mazání pohyblivých součástí palivové soustavy.

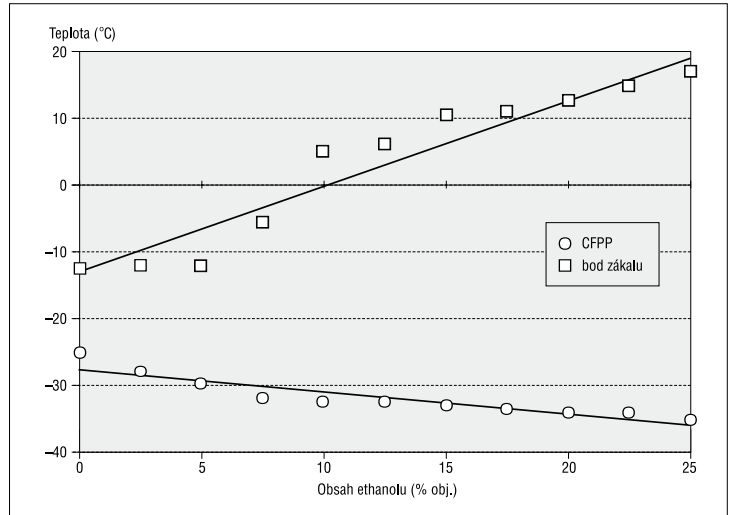
Pokud budou zohledněny rozdílnosti bioetanolu od ropných paliv, předejde se negativním účinkům a bioetanol tak může být i vhodnou přísadou pro aplikace ve vznětových motorech také v České republice.

Souhrn

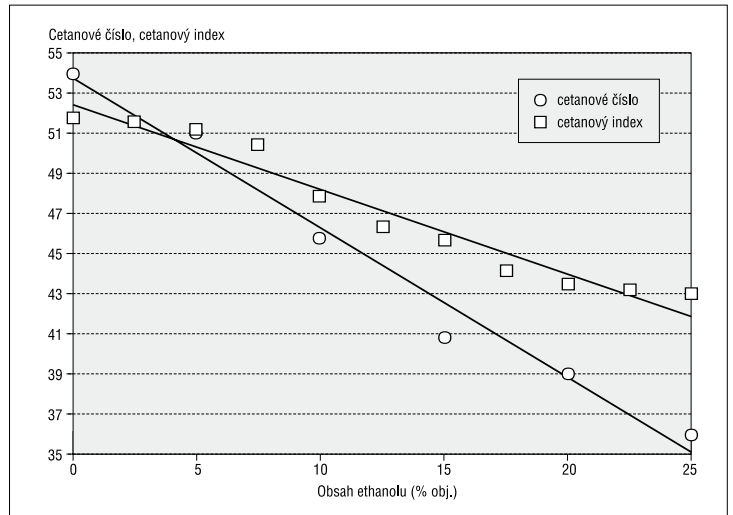
Přidáváním bioetanolu a bionafty do současných ropných paliv se Evropská unie snaží snížit produkci oxidu uhličitého a současně snížit spotřebu fosilních paliv. Vedle toho má bioetanol pozitivní dopad také na produkci ostatních škodlivých látek. Článek se zabývá posuzováním vlivu bioetanolu na parametry motorové nafty. Přimíchávání bioetanolu do fosilních paliv se jeví jako nejjednodušší varianta. Oproti zážehovým motorům je možnost využití bioetanolu ve vznětových motorech spíše okrajovou záležitostí. Tato varianta je však stále více uvažována a v některých zemích již komerčně uplatňována. Je však nutné zohlednit rozdílnost v palivářských parametrech bioetanolu a motorové nafty, aby se minimalizovaly negativní účinky na chod motoru a bezpečnost při manipulaci. Z toho důvodu je možnost přiměsí bioetanolu do motorové nafty omezena. Jako limitní množství s ohledem na některé měřené parametry směsného paliva a možnost aditivace bylo stanoveno 25 % obj. v motorové naftě pro aplikaci v neupravených vznětových motorech.

Klíčová slova: bioetanol, nafta, destilační křivka, třída nebezpečnosti, kinematická viskozita.

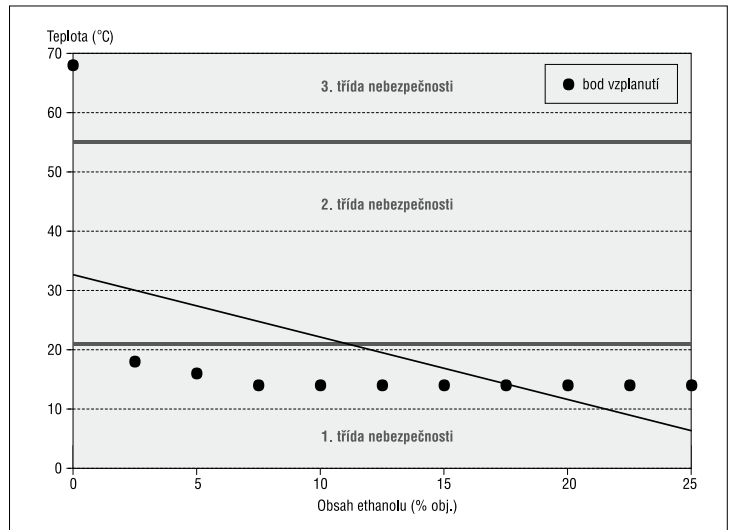
Obr. 4. Hodnoty bodu zákalu a ztráty filtrovatelnosti (CFPP) motorové nafty v závislosti na množství ethanolu



Obr. 5. Hodnota cetanového čísla a cetanového indexu motorové nafty s ethanolem



Obr. 6. Bod vzplanutí motorové nafty s ethanolem



Literatura

1. HROMÁDKO, J. ET AL.: Využití bioethanolu jako paliva ve spalovacích motorech. *Chem. listy*, 105, 2011 (2), s. 122–128.
2. MATĚJOVSKÝ, V.: *Automobilová paliva*. Grada Publishing, 2005. 224 s. ISBN: 80-247-0350-5.
3. HÖNIG, V.; MILER, P.; HROMÁDKO, J.: Bioetanol jako inspirace do budoucna. *Listy cukrov. řepař.*, 124, 2008 (7–8), s. 203–206.
4. HROMÁDKO, J. ET AL.: Využití etanolu ve vznětových motorech. *Listy cukrov. řepař.*, 125, 2009 (1), s. 24–27.
5. MUŽÍKOVÁ, Z.; POSPÍŠIL, M.; ŠEBOR, G.: Využití bioethanolu jako pohonné hmoty ve formě paliva E85. *Chem. listy*, 104, 2010. s. 677–683.
6. HROMÁDKO, J. ET AL.: Technologie výroby biopaliv druhé generace. *Chem. listy*, 104, 2008 (5–6), s. 148–149.
7. ŠEBOR, G.; POSPÍŠIL, M.; MAXA, D.: Využití kapalných biopaliv pro pohon motorových vozidel. *Chem. listy*, 100, 2006. s. 30–35.

Hönig V., Smrčka L.: Impact of Bioethanol on Parameters of Diesel Fuel

The European Union is trying to reduce carbon dioxide emissions and fossil fuel consumption by adding bioethanol and biodiesel in standard petroleum fuels. Bioethanol also has a positive impact

on the production of other harmful substances. This article deals with the assessment of the impact of bioethanol on the parameters of diesel fuel. Adding bioethanol in fossil fuels seems like the easiest option. Compared to gasoline engines, the possibility of using bio-ethanol in diesel engines is rather marginal. This variant is however increasingly considered and in some countries already commercially applied. Nevertheless, it is necessary to take into account the differences between bioethanol and diesel fuel parameters to minimize negative effects on the engine operation and safety in handling. For this reason, the possibility of admixture of bioethanol into diesel is limited. The article states the limit of 25% in diesel fuel for application in unmodified diesel engines with respect to some measured parameters and the possibility of additive.

Key words: bioethanol, diesel, distillation curve, class flammables, kinematic viscosity.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Vladimír Hönig, Ph.D., Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 – Suchbátka, Česká republika, e-mail: honig@af.czu.cz