



PORTFOLIO PROJEKTŮ 5. ETAPA PROJEKTU TPSD

Nové pohonné hmoty pro silniční dopravu

Zpracovatel: SGS Czech republic, s.r.o.

červen 2012

Alternativní paliva na bázi etanolu a jejich zdroje

Zadavatel: Technologická platforma silniční doprava

Zpracovatel: SGS Czech Republic, s.r.o.

Divize paliv a maziv

Praha, 06/2012

Tento dokument byl vydán společností dle jejích Všeobecných obchodních podmínek, které jsou dostupné na http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Upozorňujeme klienta na omezení zodpovědnosti, odškodnění a právní příslušnosti, které jsou v nich definované.

Upozorňujeme jakéhokoli jiného uživatele tohoto dokumentu na to, že informace obsažené v tomto dokumentu reflektují zjištění společnosti v čase jejího zásahu a pouze v rozsahu pokynů klienta, pokud byly pokyny zadány. Společnost má zodpovědnost výhradně ke svému klientovi a tento dokument nezabývá strany zúčastněné na transakci uplatnění všech jejich práv a povinností podle dokumentů týkajících se dané transakce. Jakékoli nepovolené změny, falzifikáty a nebo falšování obsahu nebo vzhledu dokumentu jsou protizákonné a pachatel může být stíhán podle platné legislativy.

Strana 2 (celkem 20)

Osnova

Označení	Název kapitoly	Číslo stránky
a)	Zdroje pro výrobu etanolových paliv.....	2
b)	Etanolová paliva pro zážehové motory	5
c)	Etanolová paliva pro vznětové motory.....	11
d)	Jakost a užité vlastnosti etanolových paliv.....	15
e)	Závěr.....	18
f)	Přehled použité literatury.....	19

a) Zdroje pro výrobu etanolových paliv

Použití etanolu jako přísady do paliv má poměrně dlouhou tradici. Pro pohon zážehových motorů se etanol používal v ČR již ve třicátých letech, kdy se používala směs etanolu-benzolu a benzínu v poměru 5:3:2 a přísada 20% obj. etanolu do benzínu se používal až do počátku 50-tých let 20. století. V dalším období se v tuzemsku přísada etanolu nepoužíval, přísada kyslíkatých látek (MTBE-metyl-terc-butyléter) se začal používat až se zavedením bezolovnatých benzinů ve druhé polovině 80-tých let 20. století. Jedním z největších uživatelů etanolu ve světě je Brazílie, kde se etanolová paliva používají od ropné krize v 70-tých letech 20. století. Brazílie byla až do roku 2009 největším světovým producentem etanolu, od roku 2010 převzaly vedoucí postavení v produkci etanolu USA.

V tabulce 1 je uveden přehled největších producentů etanolu na světě

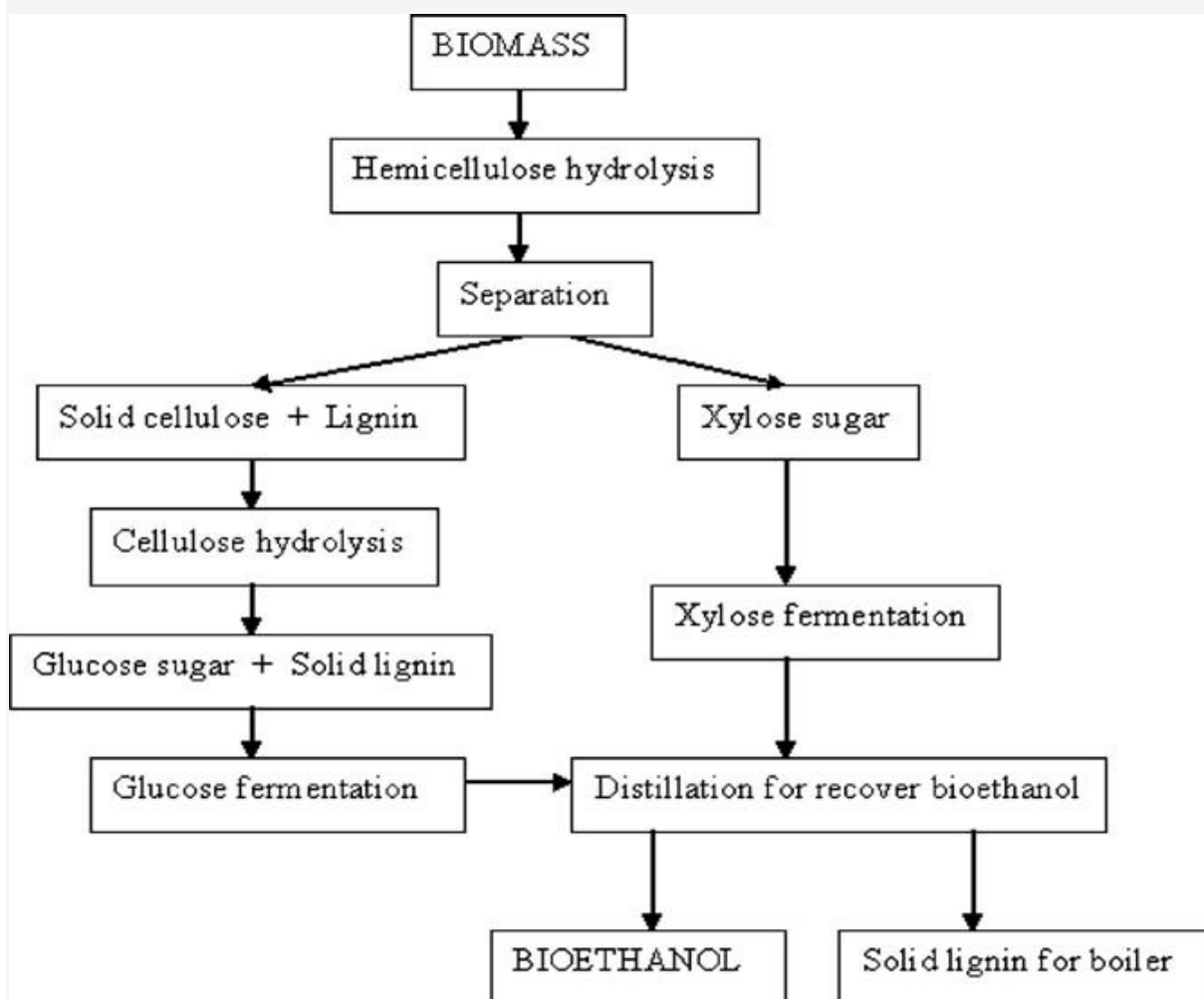
Roční produkce etanolu podle zemí a regionů (2007–2011) ^{[1][2][3][4]} (Miliony U.S. galonů za rok)						
Pořadí	Země/region	2011	2010	2009	2008	2007
1	USA	13900	13231	10938	9235	6485
2	Brazílie	5573	6921	6577	6472	5019
3	EU	1199	1176	1039	733	570
4	Čína	554.76	541.55	541.55	501.90	486.00
5	Thajsko			435.20	89.80	79.20
6	Kanada	462.3	356.63	290.59	237.70	211.30
7	Indie			91.67	66.00	52.80
8	Kolumbie			83.21	79.30	74.90
9	Austrálie	87.2	66.04	56.80	26.40	26.40

**Roční produkce etanolu podle zemí a regionů
(2007–2011)^{[1][2][3][4]}
(Miliony U.S. galonů za rok)**

Pořadí	Země/region	2011	2010	2009	2008	2007
10	Další			247.27		
	Světová produkce	22356	22946	19534	17335	13101

Tabulka 1 Přehled největších světových producentů etanolu

Pro výrobu etanolu existují tři základní zdroje surovin. Prvním zdrojem jsou rostliny s obsahem cukrů (cukrová řepa, cukrová třtina), druhým zdrojem jsou rostliny s obsahem škrobu (kukuřice, pšenice, rýže, brambory, maniok, sladké brambory a ječmen) a třetím zdrojem je biomasa na bázi lignocelulózy (např. dřevo, sláma a trávy). Zpracování lignocelulózy je složitější než zpracování cukrů, nejdříve dochází k hydrolýze celulózy na cukry a následně k jejich fermentaci na etanol. Schéma výroby etanolu z lignocelulózy je znázorněno na obrázku 1⁵.



Obrázek 1 Schéma výroby etanolu z hemicelulózy

USA a Brazílie zajišťují 87% světové produkce etanolu. V Brazílii se etanol vyrábí z cukrové třtiny, která se pěstuje na 3,6 milionech ha, což je 1% orné půdy v Brazílii. Produkce etanolu je 7500 l z ha. Zajímavé je i porovnání úspory GHG v produkci Brazílie a USA. Zatímco v Brazílii dosahuje úspora GHG 86 až 90%⁶, v USA pouze 10 až 30%⁷. Pro srovnání, v USA se etanol vyrábí z kukuřice s produkcí 3000l z ha^{7,8}.

Významně lepší je i energetická produktivita výroby etanolu v Brazílii, kde poměr energie získané z etanolu a energie spotřebované pro jeho výrobu je v rozmezí 8,3 až 10,2 ve srovnání s USA, kde je poměr 1,3 až 1,6⁹. V Brazílii je využívána velmi efektivní zemědělská technologie a cukrová třtina jako levná surovina. Zbytky z cukrové třtiny jsou využívány jako zdroje energie, což výrazně zefektivňuje energetickou bilanci. EPA¹⁰ označila etanol vyráběný z cukrové třtiny jako biopalivo s výraznou úsporou emisí GHG 61%.

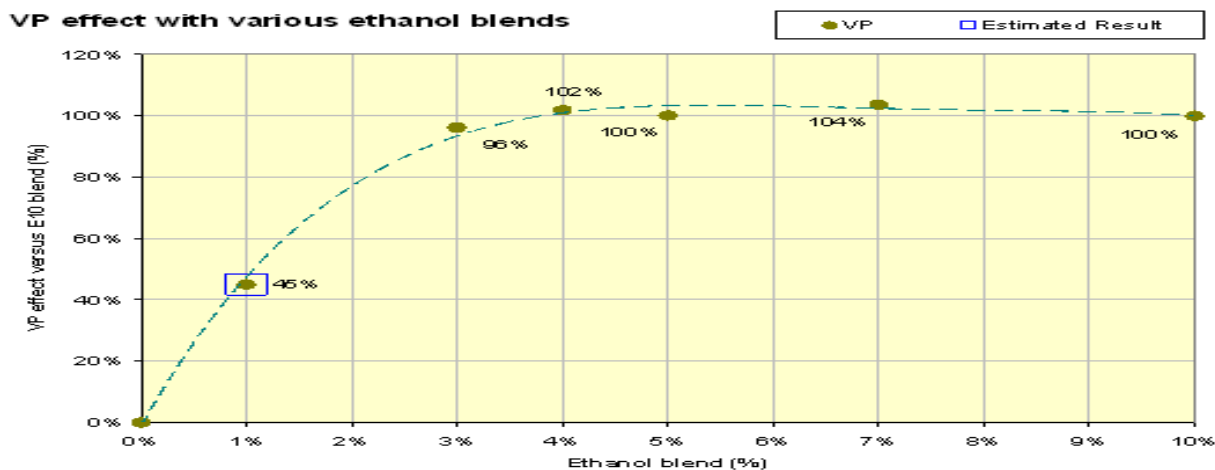
V Brazílii je podíl obsahu etanolu v benzínu stanoven v současné době na rozmezí 18 až 25% V/V a dlouhodobě se pohybuje na úrovni cca 20% V/V. Díky tomuto dlouhodobému programu přizpůsoben i vozový park. První vozidla provozovaná na etanol byla dodána v roce 1979, tato vozidla byla po roce 2003 nahrazena „flexi fuel vozidly-FFV“, kterých je v provozu cca 12 milionů. Celková produkce dosáhla cca 15 mil „FFV“ v březnu 2012. Palivo s obsahem 18 až 25% etanolu používají i motocykly, kterých je v provozu cca 0,5 milionu kusů.

V EU je používána pro výrobu etanolu cukrová řepa nebo obilí, jako je pšenice a ječmen. Přímý přírůstek etanolu do paliv v EU má největší rozšíření ve Švédsku. Kromě dováženého etanolu z Itálie a Brazílie využívají ve Švédsku vlastní zdroje zaměřené na využití biomasy a odpadních surovin, např. se využívá zpracování „black liquor“, což je odpadní surovina při zpracování dřeva s vysokým obsahem buničiny. Tímto způsobem se získává etanol s vysokou úsporou skleníkových plynů a s dobrou energetickou účinností.

Dalším, zcela nově využívaným zdrojem pro výrobu biopaliv jsou řasy. Komerčně je pro výrobu etanolu využíván projekt firmy Algenol v USA na Floridě¹⁰. K produkci etanolu se využívají řasy Blue Green bakterie (Cyanobacteria), které tvoří fotosyntézou cukr Pyruvate, který se vnitrobuněčnou fermentací mění na etanol. Pro pěstování se využívá bioreaktor s mořskou vodou a dodávkou CO₂. Výhodou výroby etanolu z řas je celoroční produkce a cca 20krát větší výtěžnost na 1ha plochy ve srovnání s klasickými plodinami jako jsou cukrová řepa a obilí. Pěstování je ale stále ve stádiu pilotních projektů, ale zaznamenává, zejména v posledních dvou letech, ve světě značný rozvoj. V rámci tohoto projektu je produkován etanol v množství 6000 galonů na ha v ceně pod 1US dolar/galon.

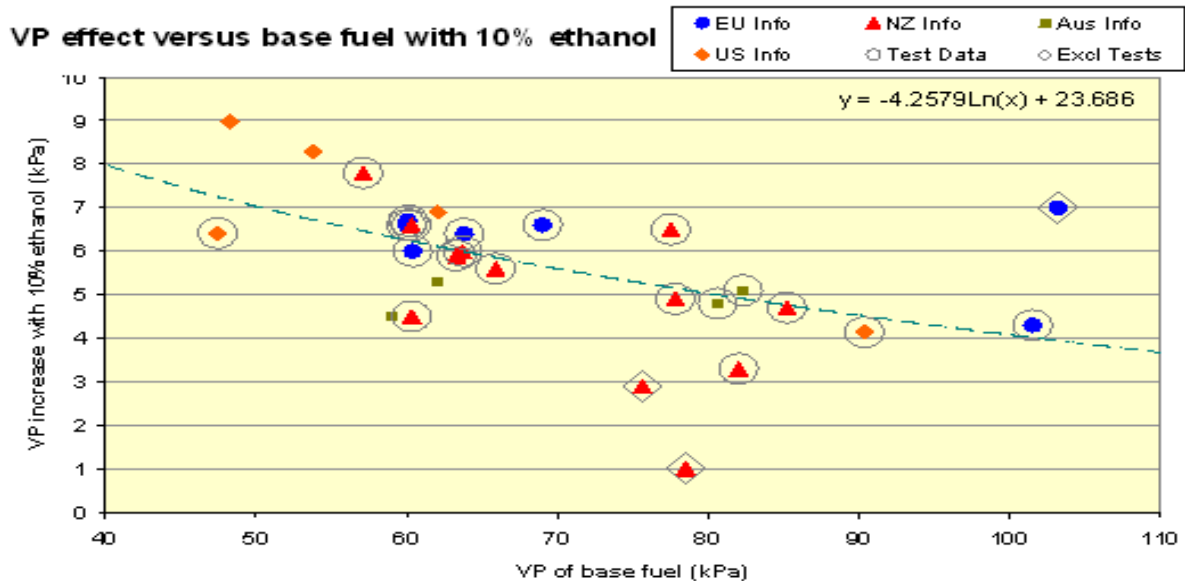
b) Etanolová paliva pro zážehové motory

Etanol má vysoké oktanové číslo (130) a má proto dobré vlastnosti při spalování v zážehových motorech. Používá se jako přímý přírůstek do benzínu v rámci požadavků jakostní normy ČSN EN 228. V současné době se používá v množství do 5%V/V (E5) a připravuje se novela této normy, která umožní použití etanolu až do 10%V/V (E10). Etanol je možné přidávat i ve formě etyl-terc.butyl-éteru (ETBE), v současné době v množství do 15%V/V, při celkovém obsahu kyslíku 2,7%*m/m*, podle novelizované normy bude možné zvýšit obsah etanolu ve formě éterů až na 22%V/V a celkovém množství kyslíku v palivu 3,7%*m/m*. Palivo E5 používají všechna vozidla se zážehovým motorem bez omezení, pro použití paliva E10 byl některými výrobci vydán seznam vozidel, která mohou palivo se zvýšeným obsahem etanolu používat. Obecně lze konstatovat, že toto palivo mohou používat vozidla vyrobená od roku 1998, ale přesná doba se liší u jednotlivých výrobců. Podle směrnice EU 30/2009 je ve všech státech EU nutno zachovat v prodeji palivo E5 minimálně do roku 2013. V České republice, kde průměrné stáří vozidel dosahuje cca 14 let je tato povinnost prodloužena do roku 2018. Přidávek etanolu do benzínu mění vlastnosti benzínu, zejména zvyšuje jeho těkavost a ovlivňuje průběh destilační křivky, zejména předestilovaný objem při 70°C a 100°C. Průběh vlivu přírůstku etanolu na tlak par a průběh destilační křivky je znázorněn v obrázcích 2 až 7¹¹.



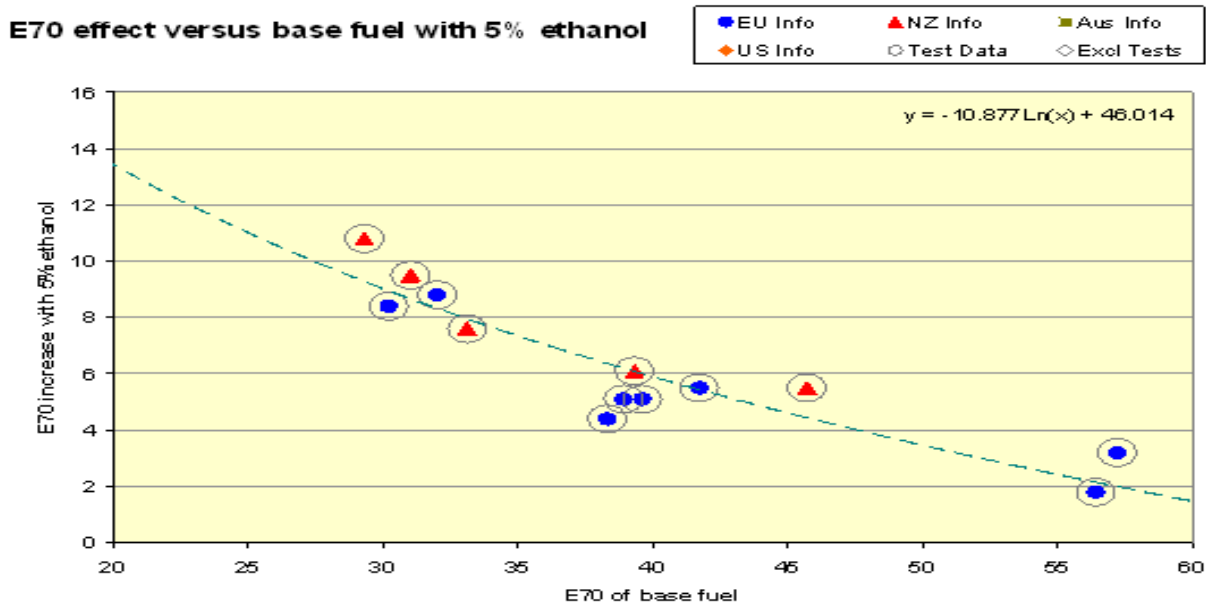
Obrázek 2 Vliv etanolu na zvýšení tlaku par benzínu

V obrázku je vidět, že etanol zvyšuje tlak par benzínu, zejména v koncentracích do 5%V/V, při dalším zvýšení obsahu etanolu se již tlak par nezvyšuje. Zvýšení tlaku par závisí na tlaku par původního benzínu a vliv tlaku par základového benzínu na výsledný tlak par benzínu s obsahem 10%V/V etanolu je znázorněn v obrázku 3.



Obrázek 3 Vliv tlaku par základového benzínu na výsledný tlak par benzínu s obsahem 10% V/V etanolu

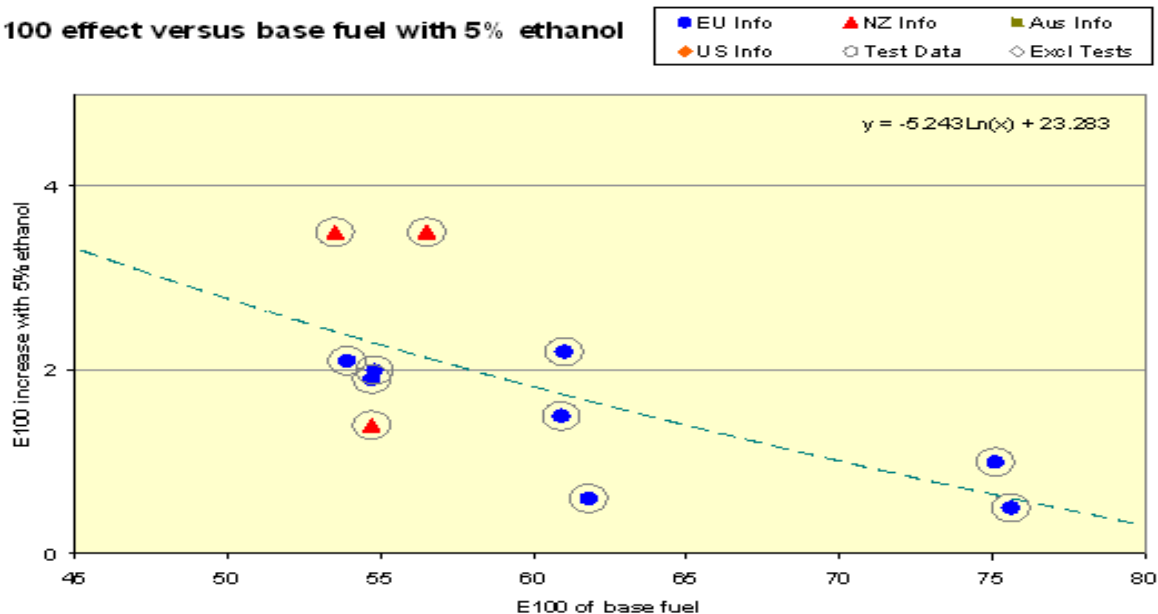
Přídavek etanolu zvyšuje i průběh destilační křivky, zejména předestilovaný objem při 70°C a 100°C. Vliv přídavku 5% V/V etanolu a 10% V/V etanolu na průběh destilace je znázorněn v obrázcích 4 až 7. V obrázku 4 je znázorněn vliv přídavku 5% V/V etanolu na předestilovaný objem při 70°C.



Obrázek 4 Vliv přídavku 5% V/V etanolu na předestilovaný objem při 70°C.

Vliv se mění podle předestilovaného objemu původního benzínu. Pro podmínky ČR má základní benzin předestilovaný objem při 70°C cca 30% V/V a přídavek etanolu v množství 5% V/V zvyšuje tento objem o cca 8% V/V. Vliv etanolu na objem předestilovaný při 100°C je cca poloviční, tj. zvyšuje se o cca 4% V/V. Průběh je znázorněn v obrázku 5.

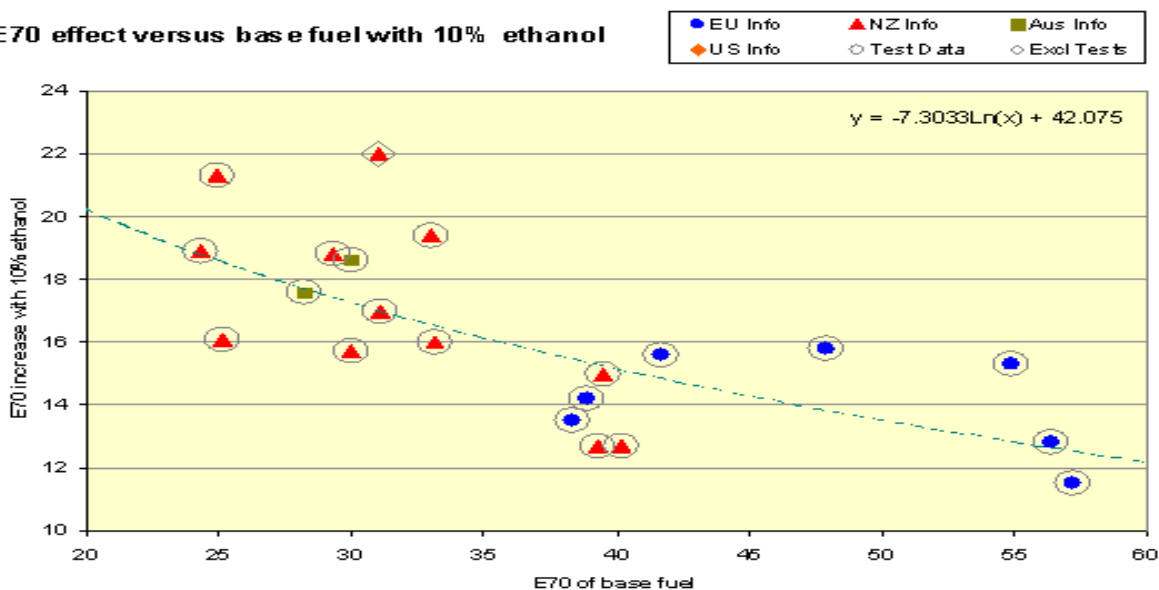
E100 effect versus base fuel with 5% ethanol



Obrázek 5 Vliv přidavku 5% V/V etanolu na předestilovaný objem při 100°C

Pro budoucí palivo E10 je vliv na předestilovaný objem při uvedených teplotách ještě výraznější, průběh je znázorněn v obrázcích 6 a 7.

E70 effect versus base fuel with 10% ethanol



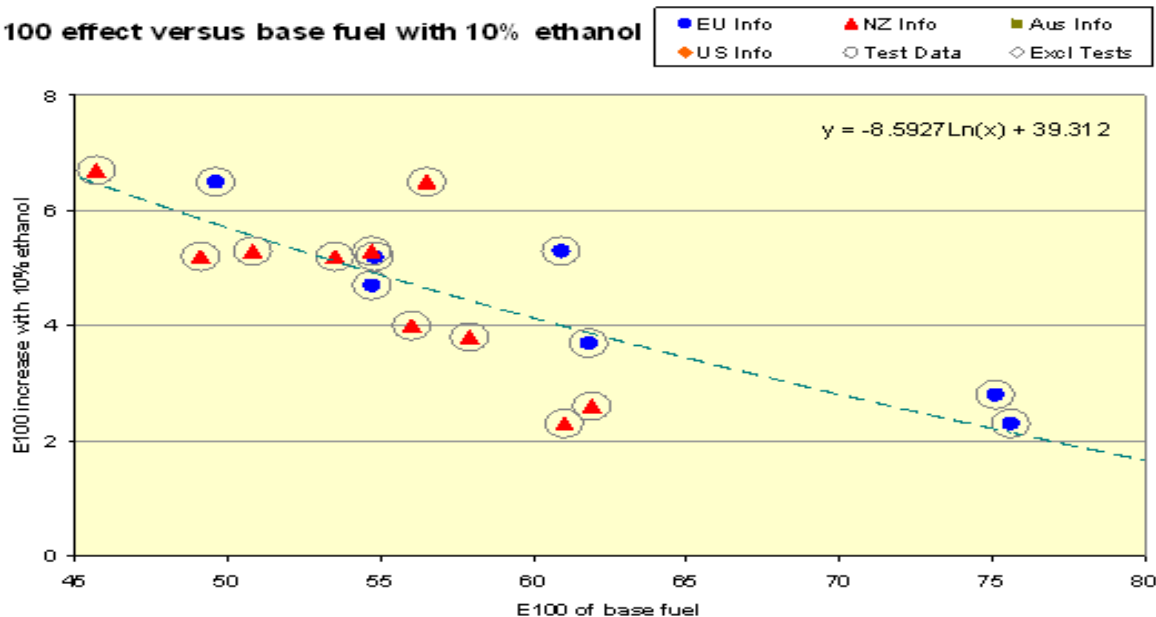
Obrázek 6 Vliv přidavku 10% V/V etanolu na předestilovaný objem při 70°C

Pro podmínky ČR platí pro 10% přidavek etanolu zvýšení předestilovaného objemu při 70°C o 16 až 18% V/V a při teplotě 100°C o 4 až 6% V/V.

Přímý přidavek etanolu do benzínu zvyšuje jeho rozpouštěcí schopnost vody. Tato rozpouštěcí schopnost je závislá na obsahu etanolu a na teplotě. Klesá s klesajícím obsahem

etanolu a klesající teplotou. Z toho vyplývají rizika přímého přidavku etanolu, při dlouhodobém skladování benzínu při nízkých teplotách nebo při snížení

E 100 effect versus base fuel with 10% ethanol



Obrázek 7 Vliv přidavku 10% V/V etanolu na předestilovaný objem při 100°C

obsahu etanolu může dojít k separaci vody ve formě lihovodné vrstvy. To znamená ztrátu oktanové hladiny paliva a současně riziko koroze vlivem působení této lihovodné vrstvy. Z uvedených důvodů se doporučuje benzin s obsahem etanolu dlouhodobě neskladovat, doporučená doba jsou 3 měsíce. Současně je doporučeno přidávat do směsi kosolventy, např. vyšší alkoholy zvyšující stabilitu směsi benzin-etanol za přítomnosti vody. Doporučuje se přidat také přísady působící proti korozi a přísady zvyšující mazivost benzínu, protože přítomnost etanolu v benzínu mazací schopnost benzínu negativně ovlivňuje. Vlivem přítomnosti etanolu v benzínu se zhoršuje jeho schopnost oddělit přítomnou vodu, proto se doporučuje namátkově sledovat obsah vody v benzínu při skladování na čerpacích stanicích, aby nedošlo k separaci lihovodné směsi při natankování do nádrže vozidla při smíchání s benzinem s nižším obsahem etanolu.

Podle literárních údajů¹² dochází 10°C před separací lihovodné vrstvy k zákalu paliva. Kosolventní efekt prokázaly kromě vyšších alkoholů také vyšší obsahy alkenů a aromátů v benzínu. V této práci byly stanoveny koncentrace vody při (-30°C), při které nedochází k separaci vody. Pro benzin E5 je to 0,12%hm., za přítomnosti kosolventu se hranice zvýší na 0,2%hm. vody. V případě benzínu E10 bez kosolventu je hranice pro separaci vody při jejím obsahu 0,25%hm.

Další palivem na bázi etanolu pro zážehové motory je palivo E-85. Toto palivo v podmínkách ČR obsahuje etanol v množství 70 až 85% V/V. Palivo je určeno pro tzv. „flexi fuel vehicles- FFV“, tj. vozidla přizpůsobená pro používání paliva s obsahem 0 až 85% etanolu. Od běžných vozidel se zážehovým motorem se liší úpravami, které umožňují spalování uvedené směsi s benzinem. Zejména se jedná o úpravu řídicí jednotky, která je přizpůsobena na řízení spalování „chudé směsi“ s vysokým obsahem kyslíku. Způsob spalování směsi výrazně ovlivňuje složení emisí, a to jak stanovených (CO, HC, PM a NO_x) tak i nestanovených jako jsou např. aldehydy (formaldehyd a acetaldehyd). Ve studii¹³ se uvádí, že palivo E-85 má ve srovnání s benzinem energetickou hustotu 0,65 až 0,69, oktanové číslo o 15% vyšší než standardní benzin BA 95 a možnost zvýšení kompresního poměru o 6 až 10. Chemická reaktivita podporující tvorbu ozónu paliva E85 je ve srovnání s benzinem v rozmezí 60 až 70%. Ve srovnání s benzinem podle EN 228 obsahují emise ze spálení paliva E85 výrazně méně HC a NO_x (cca o 5 až 25%), zatímco vliv na emise CO není jednoznačný. Ve srovnání s benzinem jsou výrazně vyšší emise formaldehydu (20 až 100%) a acetaldehydu (2000% až 2500%). Švédská práce¹⁴ uvádí, srovnání emisí paliva E85, benzinu E5 a limitních požadavků Euro 4. Pro porovnání jsou doplněny limitní hodnoty pro EURO 5 a EURO 6. Údaje jsou uvedeny v tabulce 2.

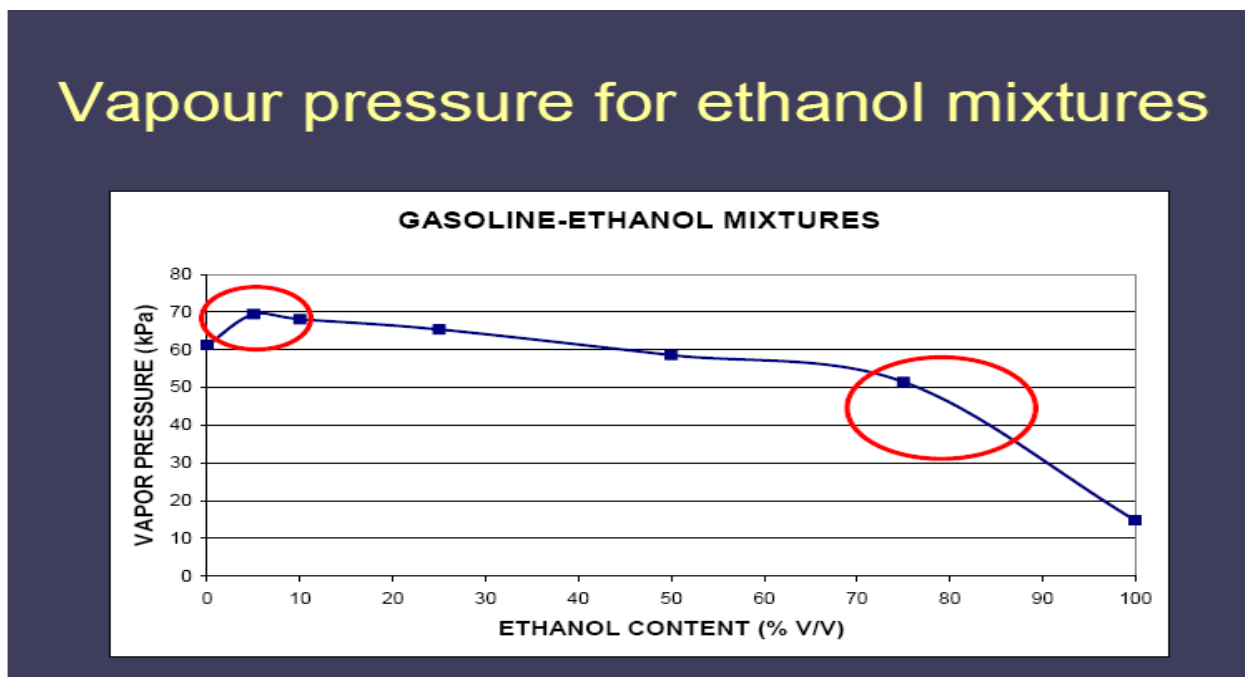
Palivo/limit	CO g/km	HC g/km	NO _x g/km
E 85	0,86	0,09	0,02
E 5	0,43	0,077	0,041
Limit Euro 4	1	0,1	0,08
Limit Euro 5	-	0,1	0,07
Limit Euro	-	0,1	0,07

Tabulka 2 Srovnání emisí paliva E 5 a E 85

Emise paliva E85 rostou s klesající teplotou. Proto je doporučeno používat předehřívač paliva a udržovat jeho teplotu nad úrovní 5°C. Podle uvedených švédských zkušeností je spotřeba paliva E85 až o 40% vyšší ve srovnání s benzinem, ale lepší využití oktanové úrovně paliva umožňuje snížit tuto ztrátu cca na polovinu, navíc má toto palivo zvýhodnění v nižší spotřební dani, což tuto vyšší spotřebu paliva kompenzuje. Palivový systém musí být přizpůsoben na dávkování paliva v množství až o 34% vyšším.

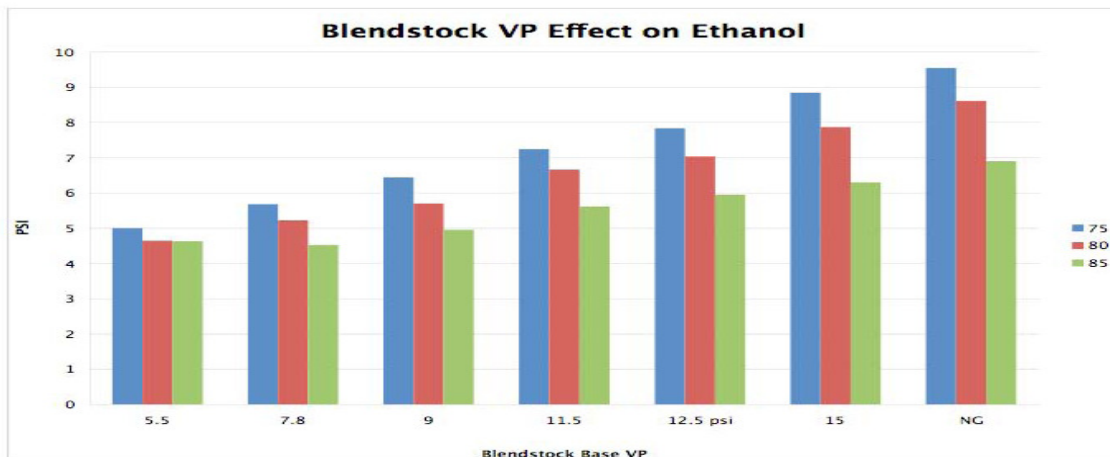
Palivo E85 má i odlišnou kompatibilitu s použitými materiály v palivovém systému a při skladování. Nevhodné je použití barevných kovů s obsahem mědi, zinku a olova, hořčiku

a hliníku. Především se využívá nerez ocel a pryskyřice, pro spojovací hadice nelze využívat běžnou pryž a těsnění, ale používá se neopren, teflon, viton. Při dlouhodobém skladování se doporučuje sušit vzduch vstupující do nádrže molekulovými sítý, skladovat pod mírným přetlakem a v prostředí pH 6,5 až 9 pro zamezení koroze. Palivo má díky vysokému obsahu etanolu nižší těkavost a tlak par ve srovnání s benzinem. Graficky je závislost tlaku par na obsahu etanolu znázorněna v obrázku 8



Obrázek 8 Vliv obsahu etanolu na výsledný tlak par směsi etanolu a benzínu

V obrázku 9¹⁵ je vidět závislost tlaku par výsledné směsi s obsahem etanolu 70 až 85% V/V v závislosti na tlaku par výchozího benzínu. Závislost je uvedena v jednotkách psi, což je 6,88kPa. Při tlaku par benzínu 7,8psi je tlak par směsi s obsahem 70% V/V etanolu 46 kPa a směsi s obsahem 85% V/V etanolu 34 kPa, což odpovídá požadavkům pro letní období. Pro zimní období je třeba pro směs s obsahem 70% V/V etanolu použít benzin s tlakem par minimálně 80 kPa. Tlak par pro zimní období je nutný pro zajištění startovatelnost při nízkých teplotách.



Obrázek 9 Závislost tlaku par paliva E-85 na tlaku par benzínu

c) Paliva pro vznětové motory s obsahem etanolu

Etanol má vlastnosti vhodné pro pohon zážehových motorů, zejména je využíván pro vysoké oktanové číslo. Pro pohon vznětových motorů se zdá být nevhodný, protože má nízké cetanové číslo, nízký bod vzplanutí a velkou vnímavost k vodě. Přes tato negativa je využíván i jako přídavek do motorové nafty nebo jako samostatné palivo. Přídavek etanolu do motorové nafty znamená změnu formulace paliva. Tento přídavek se musí kompenzovat přídavkem přísady na zvýšení cetanového čísla, protikorozní přísadou, přísadou pro zlepšení mazivosti a přídavkem emulgátoru, který zajistí homogenitu paliva. Přídavek etanolu do motorové nafty je využíván zejména ve Švédsku a USA. S takto upraveným palivem je třeba z důvodu nízkého bodu vzplanutí zacházet jako s hořlavinou I. třídy stejně jako s benzinem.

Etanolvá směsná motorová nafta byla popsána v několika publikacích, např. ¹⁶. V severní Evropě byla provedena řada prací na vývoji tohoto směsného paliva, uváděného pod názvem „E-Diesel“ obsahujícího až 15 % etanolu a až 5 % emulgátorů¹⁸. Uvádí se, že vzhledem k nízkému cetanovému číslu etanolu musí směsná přísada do tohoto paliva obsahovat zvyšovač cetanového čísla jako 2-EHN nebo di-terc.butyl peroxid.

Palivo „E-Diesel“ absolvovalo zkoušky v délce milionů km v Evropě (Švédsko, Dánsko, Irsko) v Brazílii, v Austrálii, v USA (Nevada, Illionis, Nebraska, Texas, New York City). Ve Švédsku byl „E-Diesel“ provozován jako alternativní palivo bez větších problémů řadu let ve Stockholmu. Brazílie navíc prokázala, že toto palivo může být používáno zcela úspěšně i v oblastech s velmi teplým a vlhkým klimatem. Zkoušky paliva E-Diesel v USA prokázaly, že směs s obsahem méně než 8 % etanolu nemá při většině aplikací, zvláště v městském

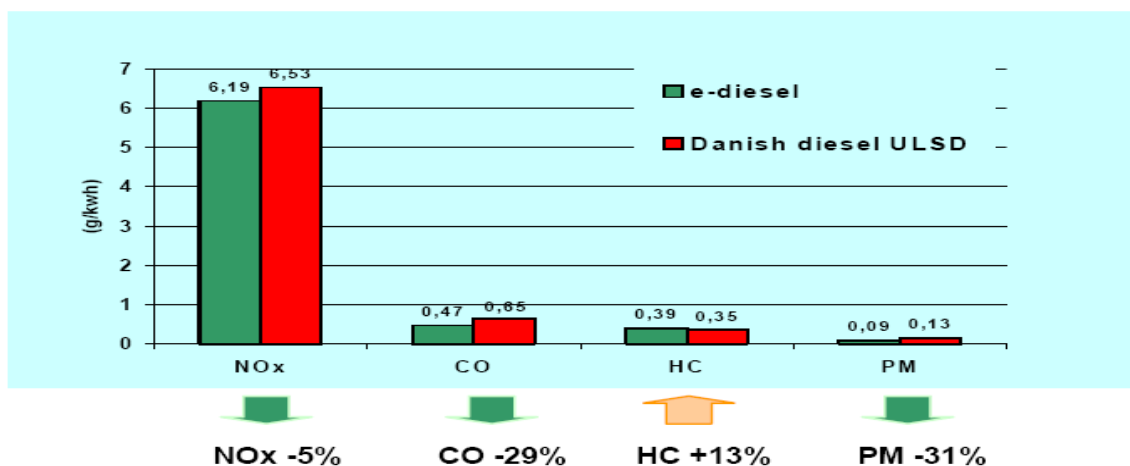
provozu typu stop-and-go, žádné nepříznivé vlivy na spotřebu paliva ve srovnání s provozem na typickou nízkosírnou naftu¹⁸.

Porovnání vlastností paliva E-diesel a motorové nafty je uvedeno v tabulce 3.

Typical data	Danish Diesel ULSD	E-diesel
Viscosity, 40 °C, cSt	2.7	2.3
Flash point, °C	59	<14
Sulphur content, ppm	49	49
CFPP, °C	-20	-25
Cloud point, °C	-3	-11
Cetane number	54	52
HFRR (lubricity) µm WSD	374	374
Corrosion, Copper strip	1A	1A

Tabulka 3 Vlastností paliva E-diesel obsahem 10% etanolu

V obrázku 10 je znázorněno porovnání emisí paliva E-diesel a motorové nafty¹⁹



Obrázek 10 Porovnání emisí při srovnávacím testu paliva E-diesel a motorové nafty

Z grafického záznamu je vidět pokles emisí NO_x, CO a PM (pevných částic)), ale byl zaznamenán mírný nárůst emisí uhlovodíků (HC). Protože etanol má nižší energetickou hodnotu, má toto palivo cca o 15% vyšší spotřebu. Pro toto palivo není třeba provádět žádné úpravy vznětového motoru. Přes řadu zkoušek s dobrými výsledky nedosahuje toto palivo většího rozšíření a používá se pouze ojediněle pro uzavřené vozové parky. Kromě paliva E-Diesel se používá i palivo „ED Diesel“²⁰. Toto palivo obsahuje etanol ve formě vhodného derivátu, který má ve srovnání s etanolem dobrou rozpustnost v motorové naftě a není třeba přidávat emulgátor. Toto palivo má i vyšší bod vzplanutí (nad 30°C). Vlastnosti a porovnání s požadavky na arktickou naftu třídy 2 jsou uvedeny v tabulce 4

Jakostní požadavek	ED Diesel	motorová nafta arktická třída
		2
Cetanové číslo	51	51
Viskozita při 40°C mm ² /s	1,6	1,5-4,0
Hustota kg/m ³	815	800-840
Bod vzplanutí °C	32	>55
TVP °C	-40	--22
CFPP °C	-35	-32
koroze na mědi	třída 1	třída 1
mazivost HFRR μ m	357	Max. 460

Tabulka 4 Porovnání vlastností paliva ED diesel a motorové nafty arktické třídy 2

Většího rozšíření dosáhlo palivo označené „ETAMAX ED 95“, které obsahuje 95% etanolu a 5% přísad, které tvoří zvyšovač cetanového čísla, protikorozní přísada a přísada pro zvýšení mazivosti a denaturační prostředek. Tento typ paliva vznikl již 80-tých letech, kdy základem paliva byl původně metanol a jako přísada se používal AVOCET. Toto palivo se začalo používat ve Švédsku pro pohon autobusů Scania. Motor na etanolový pohon o objemu 9 litrů DC9 E02 Scania Engine²¹ je uveden v obrázku 11



Obrázek 11 motor DC9 E02 Scania Engine

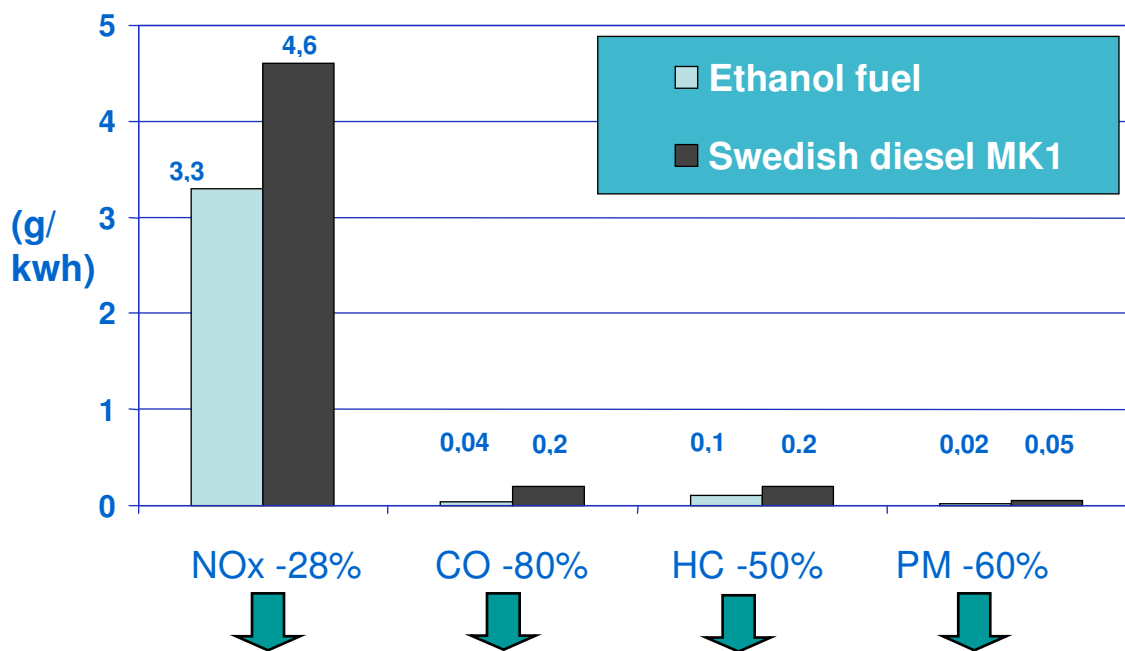
Původní složení paliva nahradil v 90-tých letech minulého století jako základ etanol a jako přísada se používá směs polyglykoléru, protikorozní přísady pod označením Beraid 3555, kterou vyrábí švédská firma Akzo Nobel. Etanol má pro pohon vznětových motorů nevýhodné vlastnosti (cetanové číslo je pouze 8). Přísada má především vliv na zvýšení cetanového čísla, které zvyšuje jeho hodnotu cca na úroveň 40 až 45 jednotek. Pro snadnější start a lepší spalovací vlastnosti je potřeba upravit i kompresní poměr motoru z obvyklé

hodnoty 18 až na hodnotu 28. Porovnání pístů pro různé kompresní poměry je uvedeno v obrázku 12



Obrázek 12 Porovnání pístů pro kompresní poměr 28:1(etanol) a 17:1 pro motorovou naftu²¹

Současně je nutno upravit dávkování paliva, protože etanol má ve srovnání s motorovou naftou jen cca 65% energetickou hodnotu. Autobusy Scania s etanolovým pohonem mají ve srovnání se standardním autobusem na motorovou naftu palivovou nádrž s objemem o 100litrů větším. Pro pohon na etanol platí nutnost přizpůsobit i všechny prvky palivového systému agresivnějšímu etanolu a používat s etanolem kompatibilní materiály. Zejména není možno používat prvky s obsahem barevných kovů, zejména mědi, cínu, hliníku a zinku, vesměs se používá nerez ocel a těsnění na bázi teflonu. Vzhledem k použitému palivu je nutné i zkrátit výměnu olejové náplně. Z hodnoty nízkého bodu vzplanutí paliva (pod 12°C) vyplývá jeho požární nebezpečnost hořlaviny I. třídy, a proto musí autobusy mít i vlastní hasicí systém. Dalším důvodem pro vlastní hasicí systém je i nesvítivý plamen paliva. Z tohoto přehledu vyplývají vyšší provozní náklady ve srovnání s motorovou naftou. Důvody pro využití etanolového paliva pro vznětové motory, které podle švédských zkušeností převažují nad zvýšenými ekonomickými nároky, jsou nižší emise a zátěž životního prostředí a příznivý vliv na zdraví obyvatelstva. V obrázku 13 je porovnání emisí etanolového paliva Etamax ED 95 a motorové nafty.



Obrázek 13 Porovnání emisí etanolového paliva Etamax ED 95 a motorové nafty pro motor Scania

Z obrázku je vidět výrazné snížení emisí paliva Etamax D ve srovnání s motorovou naftou, nejvýraznější snížení se týká pevných částic a emisí CO. Emise HC obsahují cca ze 40% etanol.

d) Jakost a užité vlastnosti etanolových paliv

Jakostní požadavky na automobilový benzin s obsahem etanolu do 5%V/V a obsahem kyslíku do 2,7%hm. jsou definovány v evropské jakostní normě ČSN EN 228. V současné době je připravena novela této normy, která umožní produkci automobilových benzinů nejen s uvedeným obsahem kyslíku max. 2,7%hm. a 5%V/V etanolu, ale bude možné vyrábět i druh E10 se zvýšeným obsahem kyslíku do 3,7%hm. a obsahem etanolu až do 10%V/V. Legislativa stanoví povinnost zachování druhu E5 na trhu pro ČR až do roku 2018. Vozidla, která mohou používat palivo se zvýšeným obsahem etanolu, stanovili jednotliví výrobci. Podstatné změny vlastnosti benzinů podle uvedené novely normy EN 228 jsou uvedeny v tabulce 5.

Novelizovaná norma umožní pro druh E10. zvýšení objemového podílu jednotlivých typů kyslíkatých látek, zejména etanolu na 10%V/V v benzínu a současně zvýšení celkového obsahu kyslíku na 3,7%hm. Změna nastane i pro druh E5, kde je při zachování celkového obsahu kyslíku 2,7%hm. bude umožněno zvýšení objemového podílu vyšších alkoholů a éterů s obsahem C₅ a vyšších.

Jakostní ukazatel	Požadavek současné normy EN 228		Připravovaná novela EN 228	
kyslíkaté látky a kyslík	E 5		E 5	E 10
metanol %V/V	3,0		3,0	3,0
etanol %V/V	5,0		5,0	10,0
izopropylalkohol %V/V	10,0		12,0	12,0
isobutylalkohol %V/V	10,0		15,0	15,0
terc.butylalkohol %V/V	7,0		15,0	15,0
étery C ₅ a více %V/V	15,0		22,0	22,0
ostatní kyslíkaté látky	10,0		15,0	15,0
kyslík % m/m	2,7		2,7	3,7
destilační zkouška	třída A	třída D	třída A	třída A D
předestilovaný objem při 70°C %V/V	20-48	22-50	20-48	22-50 24-52
předestilovaný objem při 100°C %V/V	46-71	46-71	46-71	46-72 46-72
předestilovaný objem při 150°C %V/V	Min. 75	Min. 75	Min. 75	Min. 75
konec destilace °C	210			
destilační zbytek % V/V	2			

Tabulka 5 Porovnání obsahu kyslíku a kyslíkatých látek a průběhu destilační křivky v automobilovém benzínu podle současné a novelizované normy ČSN EN 228

Palivo s vysokým obsahem etanolu E85 určené pro „flexi fuel“ vozidla má požadavky na kvalitu definovány v jakostní normě ČSN P CEN/TS 15293 z roku 2011. Základním požadavkem pro toto palivo je jeho složení. Palivo obsahuje podle ročního období 70-85% V/V etanolu. Kvalitativní požadavky jsou uvedeny v tabulce 6.

Vlastnost	Jednotky	Meze	
		Min.	Max.
Hustota (při 15 °C)	kg/m ³	760,0	800,0
Oxidační stabilita	min	360	--
Obsah pryskyřic (promyté)	mg/100 ml	--	5
Koroze měděného pásku (3 h při 50 °C)	klasifikace	třída 1	
Celková kyselost (jako kyselina octová)	% (m/m)	--	0,005
Elektrická vodivost	µS/cm		1,5

Vlastnost		Jednotky	Meze			
Obsah methanolu		% (V/V)	--		1,0	
Vyšší nasycené monoalkoholy (C3-C5)		% (V/V)	--		6,0	
Etery (5 nebo více C atomů)		% (V/V)	--		11,0	
Obsah vody		% (m/m)	--		0,400	
Obsah anorganických chloridů		mg/kg	--		1,2	
Obsah mědi		mg/kg	--		0,10	
Obsah fosforu		mg/l	--		0,15	
Obsah síry		mg/kg	--		10,0	
Obsah síranů		mg/kg	--		4,0	
Vlastnost	Jednotky	Třída a		Třída b		
		Min	Max	Min	Max	
Tlak par	kPa	35,0	60,0	50,0	80,0	
Ethanol + vyšší nasycené alkoholy	% (V/V)	70	85	70	85	

Tabulka 6 Jakostní požadavky na palivo E-85

Palivo může kromě etanolu obsahovat i vyšší alkoholy s C₃ až C₅ v molekule a ve srovnání s benzinem i určité množství vody (max. 0,4%hm.). Kromě složení jsou stanoveny limitní požadavky zejména na obsah kontaminantů přítomných v etanolu, které mohou negativně ovlivňovat tvorbu úsad v palivovém systému (chloridy, sírany, případně zkracovat životnost katalytického systému (fosfor). Z důvodu možné koroze je limitována kyselost paliva vyjádřená jako přítomnost kyseliny octové.

Jakostní požadavky na paliva pro vznětové motory s obsahem nebo na bázi etanolu nejsou definovány evropskými normami, pro využití v ČR je k dispozici ČSN 656513, která vychází ze švédské specifikace firmy SEKAB. Charakteristické vlastnosti paliv E Diesel a ED Diesel jsou uvedeny v tabulkách 3 a 4. Zcela specifické složení má palivo Etamax ED 95. Obsahuje pouze etanol a přísady obsahující směs zvyšovače cetanového čísla, protikoroziční přísady a mazivostní přísady. Etanol může obsahovat až 6,5% vody. Typické složení tohoto paliva podle specifikace SEKAB je uvedeno v tabulce 7²². Pro jednoznačnou identifikaci má palivo červenou barvu, MTBE a isobutylalkohol se používají jako denatutanty.

Jakostní ukazatel	
vzhled	bez viditelných nečistot
pH	5,2-9,0

Jakostní ukazatel		
voda	%m/m	Max. 6,2
hustota	kg/m ³	820-840
Složení		
Etanol %m/m		90,2
zvyšovač cetanového čísla	% m/m	7,0%
inhibitor koroze	ppm	90
MTBE	%m/m	2,3
Isobutylalkohol	%m/m	0,5

Tabulka 7 Typické složení a vlastnosti paliva Etamax ED 95

Závěr

Etanol je v současné době používanou součástí paliv, zejména pro zážehové motory. Největším producentem jsou USA, druhým největším producentem s vyspělou technologií a energetickou účinností a úsporou emisí skleníkových plynů je Brazílie. V Evropě je největším uživatelem Švédsko, které chce nahradit etanolem použití ropných paliv do roku 2025. Etanol se Brazílii vyrábí z cukrové třtiny, v USA z kukuřice v tuzemsku se pro výrobu etanolu používá cukrová řepa a v menší míře obilí. Používá se ve formě nízkokoncentrovaných paliv s obsahem 5%obj. etanolu a do budoucna bude možné přidat až 10%obj. etanolu, případně odpovídající podíl dalších kyslíkatých látek. Kromě nízkokoncentrovaných paliv se předpokládá využití pro upravená vozidla typu „FFV“ palivo E-85 s obsahem 70 až 85%obj. etanolu. Etanol byl odzkoušen i ve formě přídatku až do 10% do motorové nafty buď ve formě etanolu s nutným přídatkem emulgátoru a přísad pro zvýšení cetanového čísla, mazivosti a protikoročních vlastností nebo ve formě přídatku derivátu etanolu bez dalších úprav. Pro upravené typy vznětových motorů se zvýšeným kompresním poměrem se používá palivo Etamax ED 95. Palivo musí obsahovat přísady pro zvýšení cetanového čísla, zlepšení mazivosti a protikoročních vlastností. Paliva s obsahem etanolu, zejména ve vyšších koncentracích, jsou jednou z možností použití alternativních paliv a která přispívají při odpovídajícím použití ke snížení emisí výfukových plynů. Do budoucna se předpokládá i využití dalších zdrojů pro etanol s vysokou úsporou skleníkových plynů jako výroba biopaliv vyšších generací. Pro použití těchto paliv v České republice je třeba vytvořit legislativní předpoklady.

f) Přehled použité literatury

1. Renewable Fuels Association (2012-03-06). "Accelerating Industry Innovation - 2012 Ethanol Industry Outlook". Renewable Fuels Association.
2. F.O. Lichts. "Industry Statistics: 2010 World Fuel Ethanol Production". Renewable Fuels Association. <http://www.ethanolrfa.org/pages/statistics#E>. Retrieved 30 April 2011
3. "2009 Global Ethanol Production (Million Gallons)". F.O. Licht, cited in Renewable Fuels Association, Ethanol Industry Overlook 2010, pp. 2 and 22. 2010.
4. F.O. Licht. "2007 and 2008 World Fuel Ethanol Production". Renewable Fuels Association. Archived from the original on 8 April 2008.
5. Mustafa Balat *, Havva Balat. Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel, Applied Energy 86 (2009) 2273–2282
6. "Biofuels: The Promise and the Risks, in World Development Report 2008" (PDF). The World Bank. 2008. pp. 70–71
7. "Brazil Institute Special Report: The Global Dynamics of Biofuels" (PDF). Brazil Institute of the Woodrow Wilson Center (updated to Jan, 2011).
8. J. Duailibi (27 April 2008). "Ele é o falso vilão" (in Portuguese). Veja Magazine.
9. Larry Rother (2006-04-10). "With Big Boost From Sugar Cane, Brazil Is Satisfying Its Fuel Needs". The New York Times.
10. Greenhouse Gas Reduction Thresholds". U.S. Environmental Protection Agency. 2010-02-03.
11. Review of fuel quality requirements for Australian transport, Environment Australia, March 2000
12. Vlastnosti a chování benzínů obsahujících ethanol, Zlata Mužíková, Disertační práce 2010, VŠCHT Praha
13. Overview and evaluation of fuel ethanol from cellulosic biomass technology, economics, the environment and policy, Lee R. Lynd, Biochemical Engineering Program, Thayer School of Engineering, Dartmouth College, Hanover, New Hampshire 03755
14. Biofuel Cities – Technical guidance for biofuels
15. INDUSTRY GUIDELINES SPECIFICATIONS AND PROCEDURES RFA Publication # 090301,.032009
16. Setting a quality Standard for Ethanol Fuel Report Presented to: Department of the Environment and Heritage, IFQC, 18/2004 Report
17. Rae A., 2002, E-Diesel: An Immediate and Practical Air Quality and Energy Security Solution
18. SAE, 2001, National Ethanol Vehicle Challenge Design Competition
19. MBP, 2002, „Fact Sheet“, Michigan, Biomass Energy Program
20. The BEST experiences with low blends in diesel and petrol fuels BEST WP3 Low blends Final report March 2010, Örnköldsvik BEST Deliverable No.D 3.15
21. Setting a Quality Standard for Fuel Ethanol Report Presented to Department: of the Environment and Heritage
22. Ethanol Usage in Urban Public Transportation - Presentation of Results, Sílvia Velázquez and Euler Hoffmann, SAE 2010-36-0130I