

Bioetanol jako inspirace do budoucna

BIOETHANOL AS A FUTURE INSPIRATION

Vladimír Hönig, Petr Miler, Jan Hromádko – Česká zemědělská univerzita v Praze

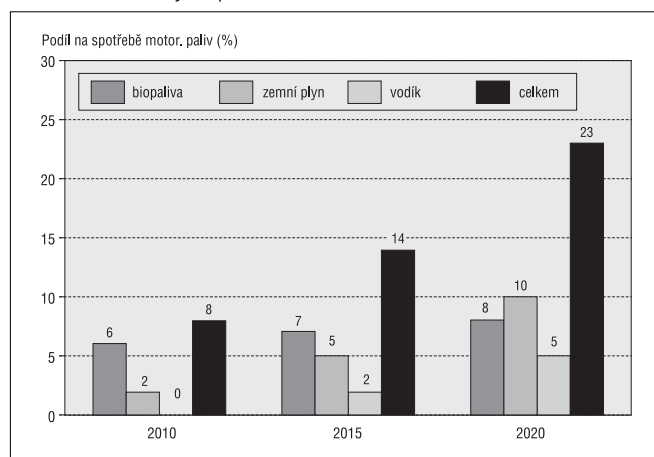
Současný mezinárodní trh etanolu se vyznačuje strukturální přehadou nabídky nad poptávkou. Výrobní kapacity etanolu ve světovém měřítku budou podle předpokladů i nadále stoupat. Investoři jsou podporováni národními programy výroby a užití etanolu, vysokými cenami fosilních energetických zdrojů a v některých zemích relativně nízkými cenami surovin (1, 2).

V České republice má v současné době osoba uvádějící motorové benziny do volného daňového oběhu povinnost zajistit, aby v nich bylo obsaženo i minimální množství biopaliv, na základě novely zákona 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší ve znění zákona č. 180/2007 Sb. z 7. června 2007 v novém § 3a. Od 1. ledna 2008 platí povinné přimíchávání bioetanolu ve výši 2 % objemových, od 1. ledna 2009 by měl tento podíl představovat 3,5 % obj.

Připravované směrnice nutí výrobce automobilů nejpozději od roku 2012 vyrábět vozy, které budou do ovzduší vypouštět maximálně 130 gramů CO₂ na kilometr. Jedním z paliv, které tyto hodnoty splňuje je i etanol (denaturovaný kvasný líh).

Podle normy ČSN 65 6511 musí denaturovaný kvasný líh určený do automobilových benzinů obsahovat před denaturací minimálně 99,7 % etanolu. Pro uplatnění bioetanolu jako alternativy pro náhradu fosilních paliv je zapotřebí brát v úvahu jeho rozdílné vlastnosti ve srovnání s benzinem a motorovou naftou (3). V prvé řadě je nutné uvažovat dominantní parametry: výhřevnost, vznětlivost (cetanové číslo), odolnost vůči klepání (oktanové číslo), podporu koroze palivového příslušenství (možné snížit přidáním inhibitorů koroze avšak s negativními účinky na plasty a pryže) a mazací schopnost. Palivový systém musí být tedy přizpůsoben provozu na etanolové palivo i s přihlédnutím na agresivní působení vůči některým součástkám.

Obr. 1. Zvětšování podílu alternativních paliv na celkové spotřebě motorových paliv v EU do roku 2020



Výroba bioetanolu

Etanol se mimo minimálních dopadů na životní prostředí, oproti tradičním fosilním palivům, vyznačuje také poměrně snadnou výrobou. V našich podmínkách je vhodný zdroj zrnová kukuřice a cukrová řepa. U obilí (lignocelulózy) vyvstává ekonomický problém způsobený vysokými cenami surovin (tab. I.).

Při stavbě prvních lihovarů stála tuna obilovin necelé tři tisíce korun, avšak po jejich dokončení je cena více než dvojnásobná. Východiskem jsou technologie výroby biopaliv druhé generace využívající lignocelulózu. Česká republika má nadbytečných zhruba 500 tis. ha travních porostů, na nichž by mohly být zavedeny vhodné plodiny (rychle rostoucí dřeviny, šťovík). V České republice se s určitým úspěchem zpracovává na biolích cukrovka, jejímž zpracovatelem je lihovar společnosti Agroetanol TTD v Dobrušce (4). Ve světě neobvyklý systém kontroly výroby a přepravy biolihu stojí firmu zhruba 0,50 Kč/l.

V některých státech je bioetanol zcela konkurenceschopný. USA a Brazílie mohou i v roce 2008 s jistotou počítat s přebytky etanolu, které by se v roce 2009 mohly ještě zvýšit. Litř brazilského biolihu vychází zhruba na 17 Kč, což je o 1,5 Kč méně, než nejlevnější biolih tuzemský.

Použití bioetanolu v zážehových motorech sebou přináší technické i ekonomické komplikace. Bioetanol samotný má o 40 % nižší výhřevnost než benzin, čímž narůstá spotřeba paliva; jeho oktanové číslo oproti klasickému autobenzinu je vyšší;

Tab. I. Plodiny pro výrobu etanolu a jejich výtěžnost

Plodina	Výnos plodiny (t.ha ⁻¹)	Obsah škrobu nebo cukru (% hm.)	Výtěžnost lihu	
			(l.t ⁻¹)	(hl.ha ⁻¹)
Řepa krmná	90	9,7	59	53
Řepa cukrová	30–50	16	90–100	38–48
Brambory	20–30	18	100–120	22–33
Kukuřice na zrno	4–8	60	360–400	15–30
Kukuřice na zeleno	47	11	67	31,9
Pšenice	2–5	62	370–420	8–20
Ječmen	2–4	52	310–350	7–13
Žito	3,5	55,5	36	12,8
Proso zrno	2–5	70	330–370	7–18
Čirok zrno	1–6	70	340	3,4–20
Batáty	10–20	26	140–170	16–31
Maniok	12–15	28	175–190	22–23
Topinambur	20–40	17	77	15–31

Tab. II. Porovnání výhřevnosti a hustoty jednotlivých paliv

Palivo	Výhřevnost (GJ.t ⁻¹)	Hustota při 15 °C (kg.m ⁻³)
Benzin	43,9	747,5
Motorová nafta	42,7	838
Bioethanol	25,0	791,3 (20 °C)
ETBE	37,0	730
MEŘO	37,1	880
SMN – směsná motorová nafta	40,8	852

ETBE – etyl-tertiary-butylether, MEŘO – metylester kyselin řepkového oleje.

zvyšuje hořlavost paliva v míře odpovídající jeho obsahu v palivu; riziko obsahu vody je nutno vyloučit požadavkem na dodávku bezvodého bioetanolu, který je dražší než produkty ropných rafinerií. V mnoha zemích, především ve Francii, se využívá bioethanol jako přídatek do autobenzinu ve výši 5 % bez jakékoli úpravy motoru (běžně prodejné v distribuční síti) (5) (tab. II.).

Bioethanol pro užití ve vznětových motorech

Paliva s převažujícím podílem motorové nafty ve směsi s bioetanolem nevykazují potřebnou stálost. Pro zabránění separace složek je možné použít jako stabilizátor metylester řepkového oleje (MEŘO). Směs s vysokým podílem etanolu (etanol : MEŘO : motorová nafta = 90 : 3 : 7) je stálá, ale výhřevnost je jen 22,71 MJ.l⁻¹. Její použití se tedy neobejde bez výraznějších úprav palivové soustavy vznětového motoru a následného seřízení. Z důvodu vyšší zápalné teploty etanolu, než kterých se dosáhne komprimováním vzduchu ve vznětovém motoru, musí být aditivován tzv. „urychlovači zapalování“. Pro tento účel se používají vysoce explozivní látky (např. AVOCET), které se přidávají k bioetanolu v poměru 90 : 5. Směs bioetanolu a motorové nafty má ve srovnání s klasickou motorovou naftou příznivější složení NO_x emisí a minimální emise síry, obsah CO a C_xH_y je však vyšší. V současné době se bioethanol ve vznětových motorech zatím nepoužívá.

Výhody použití etanolu v lihofenzinových směsích

Hlavní výhodou etylalkoholu je *vysoké oktanové číslo*, cca 108 (bez další aditivace). Jeho přidáním do benzínu BA 95 se zvyšuje přibližně o 0,24 na 1 % přidaného biolihi (zvyšuje se také například tlak par, který se přidáním 5 % biolihi zvýší o cca 5 kPa), motor neklepe i při velkém zatížení (5).

Vysoké výparné teplo napomáhá ke snižování teplot ve spalovacím prostoru, vnitřnímu chlazení motoru a výraznějšímu ochlazení palivové směsi. V případě etanolového paliva se dosáhne vyššího naplnění válců palivovou směsí a tedy i vyššího výkonu.

Z hlediska složení *emisí* vzniká při spalování bioetanolu menší množství oxidu uhelnatého, ubývá také nespálených uhlovodíků a nižší je i produkce oxidů dusíku.

Vhodnou vlastností etanolového paliva je i *dobrá mísitelnost* s benzinem v jakémkoliv poměru.

Nevýhody používání etanolu v lihofenzinových směsích

Oproti benzínu (43,5 MJ/kg) vykazuje *podstatně menší výhřevnost* a sice 28 MJ/kg, což znamená nikoliv menší výkon, ale *větší spotřebu při stejném výkonovém zatížení* (5).

Vysoká citlivost vůči vodě v nádrži má za následek neustálou absorpci vodní páry z ovzduší, což je aktuální zejména v jarním a podzimním období, kdy je velký rozdíl mezi obsahem vodní páry ve dne a v noci. Ochlazením vzduchu pod rosný bod dochází ke kondenzaci vzdušné vlhkosti a následuje kumulace kapiček vody, která kondenzuje. Při zvýšeném obsahu vody v nádrži nastává velmi nepříjemný jev – líh smíšený s benzinem se velmi rychle oddělí do vodní vrstvy a tím dochází k obávanému rozvrstvení paliva v nádrži, kdy spodní vrstva představuje lihovodní roztok, který může po nasátí zablokovat chod motoru.

Legislativní omezení, která souvisí s přidáváním tzv. oxygenátů – paliv obsahujících vázaný kyslík (vedle alkoholů sem patří i ethery), omezují obsah těchto látek, a tedy i etanolu požadavkem na obsah vázaného kyslíku v palivu na maximální hranici 2,7 % hm. kyslíku v autobenzínech. Etanol sám o sobě obsahuje 34,7 % hm. kyslíku, tedy při zachování předchozího požadavku 2,7 % hm. O₂ vychází hmotnostní podíl etanolu max. na 7,78 %hm, což odpovídá objemově cca 10 %.

Nevýhodou je ovšem i *větší opotřebení motoru*, neboť při spalování směsi při akceleračním režimu se část alkoholu úplně nespálí (resp. se oxiduje jen do fáze vzniku aldehydů), což může gradovat do fáze karboxylových kyselin a vzniku kyseliny octové, jenž napadá kompozice ložiskových výstelek, slitiny olova, cínu, mědi, hliníku.

Ilivem podstatně menší odpařivosti dochází k *potížím se studeným startem* těchto bohatých směsí. Řešením problému je úprava palivového systému, jak je znám např. z Brazílie, kde jsou některá vozidla vybavena vedle nádrže na lihofenzin i malou „startovací“ nádrží na čistý benzin.

Kvůli vyšší měrné hmotnostní spotřebě etylalkoholu (dáno nižší výhřevností) je nutné upravit palivové příslušenství (vstřikovací zařízení), aby umožňovalo přibližně 1,5× vyšší hmotnostní průtok paliva. Vyšší odolnost vůči klepání dovoluje užití biolihi pro motory s vyšším kompresním poměrem než u obvyklých benzinových motorů (možné zvýšit až na 15 : 1) (6).

Produkce emisí

Mezi škodliviny produkované těmito „lihovými“ motory patří převážně aldehydy, jako je formaldehyd u metanolu a acetaldehyd u etanolu. Kromě toho vzniká další škodlivina ve formě peroxy-acetylnitrátu (PAN) škodící rostlinám a dráždiví dýchací cesty, zároveň podporuje „skleníkový efekt“, tedy ohřívání biosféry. Koncentrace kolem 60 ppb (parts per billion) se již považuje za škodlivou (obr. 2.).

Možnosti užití biopaliv

Český rafinérský průmysl připravuje využití biopaliv v několika druzích. Nejčastěji bioethanol jako součást automobilových benzinů, a to buď přímo, nebo prostřednictvím bio-ETBE. Jako další využití se též dá (v ČR) předpokládat spalování vysokoprocenních směsí bioetanolu s benzinem – např. E50 či E85

a E90 nebo E95 pro vznětové motory vozidel a to nejen v nejčastěji uvažované hromadné dopravě v městských aglomeracích (7). Uplatnění bioetanolu v tuzemských podmínkách se předpokládá především přímým mísením kvasného zvláště denaturovaného etanolu v množství maximálně 5 % obj. za podmínky splnění normy ČSN 65 6511, přičemž jeho prodejní cena by měla být nastavena tak, aby nedocházelo ke zdražení motorových benzinů přidáním bioetanolu. Dále pak náhradou přísady do benzínu metyltercbutyléteru bio-etyltercbutyléterem do výše 15 % obj. MTBE v benzínu (8). Tato varianta je zároveň upřednostňována petrolejářským průmyslem. V neposlední řadě kombinací náhrady MTBE bio-ETBE a dodatečným přídatkem bioetanolu s dodržением obsahu aktivního kyslíku ve směsi, max. 2,7 %.

Použití vysokoprocenních směsí je již testováno na nejrůznějších typech motorů. Ne překvapivě je zde zaznamenán razantní pokles některých emisních složek. Použití těchto paliv v běžných motorech s řízeným vstřikováním je velice jednoduché. Již nyní u nás existuje několik firem, zastoupených především našimi západními sousedy, prodávající tzv. sady přestavby na bioetanol. V současnosti jsou prováděny (např. na technické fakultě České zemědělské univerzity v Praze) zkoušky s výše zmíněnou sadou přestavby na bioetanol. Cena pro motory se vstřikovacím systémem MPI se pohybuje okolo 9 500 Kč a pro motory se vstřikováním monojet okolo 6 500 Kč.

Nevyvstává zde otázka nákladné investice na přestavbu vozidla, ale investice do vybudování distribuční sítě a v neposlední řadě také dořešení legislativních problémů. Nejbližších šest čerpacích stanic bioetanolu E85 je od našich jihozápadních hranic s SRN vzdálených 30 km, další pak jsou ve Francii.

Trend používání biolíhu v zahraničí

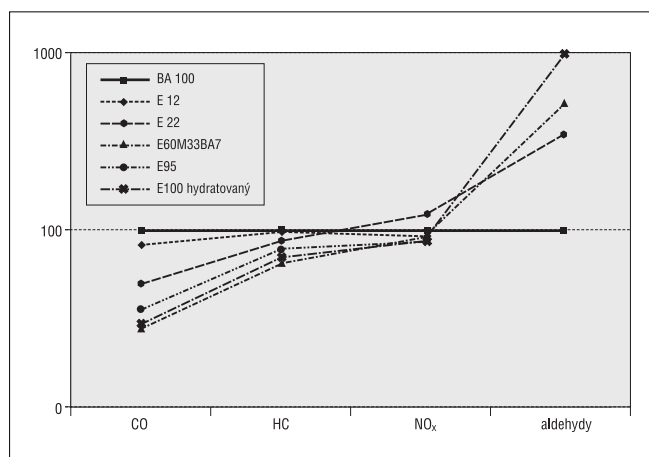
Do roku 2012 by měla spotřeba etanolu jako pohonné hmoty v USA, které jsou hlavním výrobcem etanolu, dosáhnout minimálně 27,8 mil. m³ (21,7 mil. t) (7).

Američtí vědci vyvinuli nový postup výroby biopaliva z rostlinného materiálu. Z rostlinného sacharidu vyrobili ve třech krocích látku 2,5-dimethylfuran, která má oproti ethanolu jako favorizovanému biopalivu řadu předností. Jeden litr kapaliny obsahuje o 40 % více energie, než alkohol, který se v Brazílii a Švédsku prodává jako pohonná látka do automobilů. Dimethylfuran se odpařuje pomaleji než etanol a nemá schopnost vázat vodu z prostředí.

Tímto třístupňovým procesem je možné vyrobit biopalivo při nižších energetických nákladech a především podstatně rychleji než etanol.

Švédská vláda již učinila rozhodnutí o přechodu silniční dopravy z ropy na bioetanol a stanovila si rok 2020, kdy se země stane nezávislá na fosilních palivech. Široké používání bioetanolu bude jedna z největších zbraní, která napomůže Švédsku „odkoptnout ropný zlozvyk“ (9). Městská

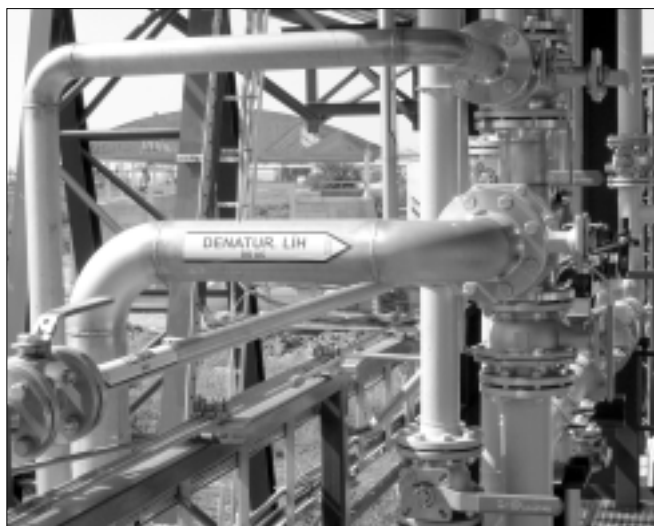
Obr. 2. Emise bioetanolu



hromadná doprava ve Stockholmu již využívá autobusů „nové generace“ zkonstruovaných pro provoz na etanol, který znamená až o desítky procent méně emisí CO₂ než konvenční provoz na naftu. Odečteme-li spotřebované CO₂ při růstu rostlin je rozdíl až 90 %.

Největší přírůstky výroby etanolu se očekávají ve Francii a v Německu, kde se letos zvýší o dalších 0,1 mil. m³ (0,08 mil. t) vlivem výstavby nových závodů na zpracování cukrovky. Současně se určité množství těchto paliv výhodně dováží, a proto musí domácí výrobci hledat možnosti odbytu i v zahraničí.





Výroba etanolu v Asii se v roce 2007 zvýšila na předpokládaných cca 7,6 mil. m³ (5,9 mil. t). S přimícháváním etanolu do fosilních pohonných hmot zatím počítají Thajsko, Indie a určité plány má také Čína.

Čínská výroba etanolu má podle oficiálních čínských údajů růst v příštích pěti letech každoročně asi o 1,2 mil. m³ (0,94 mil. t) (10). S ohledem na napjatou bilanci obilovin v Číně se předpokládá, že nové lihovary budou spíše zpracovávat jiné suroviny, jako je čirok cukrový, kasava nebo cukrová třtina. Se zájmem se očekává, zda Čína tyto vyčtené cíle dokáže splnit, a zda se to také projeví ve světové bilanci plodin využitelných pro výrobu etanolu.

Souhrn

Během posledních dvou desetiletí, v souvislosti s blížícím se vyčerpáním zdrojů fosilních paliv, dochází k výraznému zrychlení vývoje automobilové techniky. Nejen z hlediska snížení závislosti na ropných zdrojích, ale zejména v oblasti ekologických požadavků je nutné hledat nové zdroje energie zároveň šetrné k životnímu prostředí. Jako zatím nejjednodušší alternativou se jeví biopaliva, jejichž uplatnění je v současné době výrazně podporováno směrnicemi Evropské unie. Dominantními surovinami pro výrobu bioetanolu v našich zeměpisných podmínkách jsou zrnová kukuřice a převažující cukrová řepa, jako atraktivní se v budoucnu jeví i výroba biolihu z rostlinné lignocelulózy. Bohužel však zatím existují četné technické a ekonomické překážky rozvoje komerčních procesů využívajících biomasy všeobecně. Technologie, které dovolují ekonomickou konverzi biomasy na paliva či chemikálie, jsou však již vyvinuty a v několika posledních letech učinily komercializaci slibnější.

V případě bioetanolu je nutné brát nejen v úvahu nestálou finanční náročnost, ale zvláště některé rozdílné parametry od klasických paliv s ohledem na konstrukční kritéria spalovacích motorů.

Zatímco v České republice je zavedení vysokoprocentních směsí bioetanolu na trh teprve ve stádiu předpokladů, některé státy již mají bohaté zkušenosti a jejich následné experimentování udává směr budoucího vývoje dané problematiky.

Literatura

1. PASTOREK Z., KÁRA J., JEVIČ P.: *Biomasa – obnovitelný zdroj energie*. Praha, FCC PUBLIC, 2004, 286 s., ISBN 80-86534-06-5.

2. GEBLER J., ČIŽ K.: Současný stav a výhled produkce bioetanolu ve světě. *Listy cukrov. a řep.*, 123, 2007 (7/8), s. 243–247.
3. HOLAS J.: Uplatnění bioetanolu v pohonných hmotách. *Listy cukrov. a řep.*, 123, 2007 (7/8), s. 221–224.
4. HAVLAS M.: Výstavba lihovaru Dobruška. *Listy cukrov. a řep.*, 123, 2007 (7/8), s. 226–231.
5. LAURIN J.: Motory na paliva s kvasným lihem. In *Sborník přednášek XXXVII. Mezinárodní konference kateder a pracovišť spalovacích motorů českých a slovenských vysokých škol*. Česká zemědělská univerzita, Praha, 2006, 60 s.
6. KAMEŠ J.: *Alternativní pohon automobilů*. 1. vydání, Ben, Praha, 2004, 232 s., ISBN 80-7300-127-6.
7. VARDE K. S.: *Kontrol of Exhaust Emissions from Small Engines Using E10 and E85 Fuels*. University of Michigan-Dearborn, 2002.
8. *Libobenzinový program*. SMEP – systém multimediální elektronické publikace, cit.2005-8-21, [online] http://www.publikace.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=4&idkapitola=242.
9. *Švédsko vede na evropském trhu s bioetanolom*. [online] http://www.saabinfo.net/index.php?option=com_content&task=view&id=293&Itemid=17.
10. SLADKÝ V.: *Trh s etanolem přichází na tichých cestách*. [online] <http://www.biom.cz/clanky.stm?x=2016938>.

Hönig V., Miler P., Hromádka J.: Bioethanol as a future inspiration

During last two decades in conjunction with approaching exhaustion of sources, development of automobile techniques has progressed rapidly. Therefore, it is necessary to search for new energy resources while at the same time find solutions that are environment friendly. Alternatives to petroleum-derived fuels are being sought in order to reduce the world's dependence on non-renewable resources. The most common renewable fuel today is ethanol derived from corn, wheat grain (starch) and sugar cane (sucrose). It is expected that there will be limits to the supply of these raw materials in the near future, therefore, lignocellulosic biomass is seen as an attractive feedstock for future supplies of ethanol. However, there are technical and economical impediments to the development of a commercial processes utilizing biomass. Technologies are being developed that will allow cost-effective conversion of biomass into fuels and chemicals. Many advances have been made over the past few years that have made commercialization more promising.

In the case of bioethanol, it is necessary to consider not only its inconstant financial heftiness, but also the how it differs from classical fuels in reference to the constructional changes that will have to be made for combustion motors.

While in Czech Republic the high percentage mixture of bioethanol is just being introduced onto the market, some countries already have a wealth of experience in this field. Their resulting experimentation sets direction for future development of problems given.

Key words: bioethanol, emission, internal combustion engine.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Vladimír Hönl (AMRSC), Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, Katedra vozidel a pozemní dopravy, Kamýcká 129, 165 21 Praha Suchbátka, Česká republika, e-mail: honig@tf.czu.cz