

Jakou budoucnost má automobilový benzín?

Ing.Hugo Kittel, CSc., MBA

1. Úvod:

Pokud se hovoří o budoucnosti určitého motorového paliva, musí se zvažovat nejen palivo jako takové, ale všechny aspekty jeho použití – legislativní rámec, suroviny (dostupnost, cena), technologie (použitelnost, perspektivnost, ekonomie), užité vlastnosti, distribuční a prodejní systém, vozidla a jejich majitelé a vliv celého tohoto řetězce na životní prostředí. Jedná se o systémový problém.

Automobilový benzín (BA) představuje historicky ověřené a osvědčené motorové palivo. Dlouhou dobu naprosto dominoval jako palivo osobních automobilů. Toto stále platí v USA, v Evropě BA ustupuje i v tomto segmentu dopravy motorové naftě (NM). Při srovnatelných tržních podmínkách (např. v ČR bez nejvyšší spotřební daně z ropných produktů 11,84 Kč/ltr), by však BA stále neměl na trhu paliv konkurenci.

Z důvodu razantního prosazování moderních dieselových motorů v osobních automobilech spotřeba BA v zemích západní Evropy v současnosti klesá. Vznikají logicky otázky, zda má tento produkt budoucnost a jaký bude další vývoj spotřeby, na které se tento příspěvek snaží odpovědět.

2. Okolnosti rozhodující pro budoucnost automobilového benzínu

BA se rozšířil, protože „ideálně“ splňuje požadavky na motorové palivo uvedené v úvodu. Základní etapy rozvoje využití BA ilustruje tab.1

Tab.1: Základní etapy využití BA

Etapa	Hlavní charakteristiky etapy
Od vynalezení zážehového motoru do roku 1930; co je dostupné, používá se jako palivo	Zajištění dostatečných zdrojů pro výrobu BA. Jako alternativa BA se zkoušel se i bioetanol. Nejlépe ale požadavky na surovinu splňovala právě ropa. Vybudování distribučního systému.
1930 – 1970; interakce palivo - motor	Rozvoj výkonnostních charakteristik BA. Zahájena intenzivnější spolupráce výrobců motorů a paliva. Zvyšování oktanového čísla. Intenzivní rozvoj konverzních rafinérských procesů. Dokončeno budování systému distribuce. Vybudována dopravní síť.
1970 – 2000; interakce palivo - celé vozidlo – životní prostředí	Důraz na ekologické charakteristiky paliva. Do dialogu významně vstupují legislativa, daňová politika a ekologie. Zákaz Pb, zásadní redukce S, omezení obsahu aromátů a olefinů. Širší použití aditiv. Racionalizace distribučního systému. Katalyzátory ve vozidlech. Dominantní pojem „čistá paliva“
Po roce 2000; interakce palivo – životní styl – udržitelný rozvoj (komplexnější, než jen životní prostředí)	Návrat ke zdrojům alternativních k ropě a důraz na úsporu surovin. Komplexní posuzování paliv – „od vrtu k volantů“; ekonomie a ekologie dominující na všech stupních. Vznikají vozidla spalující více druhů paliv (FFC) nebo s nízkými emisemi (hybridy, s palivovými články). Dominantní pojem „alternativní paliva“

Hlavní milníky průmyslové výroby BA jsou uvedené v tab.2:

Tab.2: Hlavní milníky průmyslové výroby BA

Období	Milník
1900	Benzín z destilace, OČVM 40 – 60
1912	Termální krak, USA, zvýšení výtěžku
1921	Thomas Midgley, Dayton Research Laboratory, and Carroll A. Hochwalt objevili tetraethylolovo (TEO)
1922	Jersey's Bayway rafinerie v USA zavádí výrobu TEO
1926	Americký vědec G. Edger objevil oktanové číslo jako výsledek výzkumu klepání motoru
1931	Houdryforming, USA. Předchůdce katalytického reformování, zvýšení OČ.
1932	Polybenzín, USA. Předchůdce alkylace, zvýšení OČ.
1937	Katalytický krak, Houdry proces, USA. Zvýšení výtěžku.
1938	Alkylace butenů i-butanem, USA. Zvýšení OČ. Propojení rafinérských a petrochemických technologií.
1942	Fluidní katalytické krakování (FCC), Exxon, USA. Zvýšení výtěžku i OČ.
1949	Platforming, UOP, USA. Katalytické reformování na Pt katalyzátoru, zvýšení OČ.
1960	MEROX, UOP, USA. Snížení obsahu S.
1963	Unicracking (hydrokrakování), Exxon & Union Oil, USA. Zvýšení výtěžku.
1972	Kontinuální katalytický reforming, UOP, USA. Zvýšení OČ.
1973	MTBE, Snam-Progetti, Itálie. Zvýšení OČ. Propojení rafinérských a petrochemických technologií.
1979	EPA, USA, inicializuje program na odstranění Pb z BA
1980	<i>MTBE, zahájena výroba v Kaučuk k.p. Třetí jednotka v Evropě.</i>
1985	<i>V ČR zahájena výroba bezolovnatého BA OČVM 91</i>
1988	Ukončena výroba olovnatého BA v USA
1990	V Kalifornii, USA, zaveden tzv. reformulovaný BA, obsahující předepsané množství kyslíku
1994	Ukončena výroba olovnatého BA v Rakousku jako první evropské zemi
1995	MTBE, zjištěno ve zdrojích pitné vody v USA a v jezerech na Aljašce
1997	Alkylene, UOP, USA. Alkylace na pevném katalyzátoru. Zvýšení OČ.
1998	Direktiva 98/70/EC omezující obsah S
1999	S-Zorb, Phillips, USA. Selektivní odsíření s kontinuální regenerací katalyzátoru.
2000	<i>Ukončena výroba olovnatého BA v ČR (zákon č.56/2001 Sb.)</i>
2000	Max 150 ppm S v BA (98/70/EC)
2001	S-Brane, Grace, USA. Selektivní odsíření na membránách
2003	Direktiva 2003/30/EC zavádějící bioethanol do BA
2004	Zákaz používat MTBE ve vybraných státech USA
2005	Max 50 ppm S v BA (98/70/EC), včetně ČR
2006	Průměrně 30 ppm S v BA v USA
2008	<i>Implementace bioetanolu v ČR</i>
2009	Max 10 ppm S v BA (98/70/EC & 2003/17/EC), včetně ČR

Legislativní rámec:

ČSN EN 228 představuje jednu z nejdetailnějších a nejpreciznějších norem pro palivářský průmysl a posunuje BA do oblasti sofistikovaných a velmi kvalitních produktů. Nutnost používat BA pouze v kvalitě odpovídající ČSN stanovila prováděcí vyhláška MPO č.227/2001 Sb. k zákonu č.56/2001 Sb.; nejnověji ji ukládá zákon č.311/2006 Sb., o pohonných hmotách. Použití BA v ČR upravují další zákony a normy. **Silný legislativní rámec jasně a jednoznačně produkt vymezuje.**

Suroviny:

Jako benzín se označují uhlovodíky vroucí mezi 0 – 220°C. Jejich podíl v ropě se pohybuje mezi 15 až 25% hm (primární benzín). Další benzín se vyrábí z těžších ropných uhlovodíků krakováním, nebo lehčích uhlovodíků různými syntézními procesy (sekundární benzín). Přeměnit 50% vstupní ropy na BA nepředstavuje pro rafinerie problém. Kromě ropy lze pro výrobu BA použít jakýkoliv materiál obsahující uhlík – např. uhlí, zemní plyn, biomasu - přes syntézní plyn a Fischer-Tropschovu syntézu nebo vysokotlakou hydrogenací. I přes veškeré zvyšování a kolísání cen je ropa stále nejlevnější surovinou. **Suroviny pro výrobu BA jsou tedy dlouhodobě k dispozici.**

Technologie:

Výzkum a inženýrské firmy nabízejí velké portfolio technologií, které lze využít pro výrobu BA. Tyto technologie jsou přednostně zaměřené na zlepšení výtěžku benzínu, rafinaci a zvýšení oktanového čísla. Rozhodující jsou FCC, katalytické reformování, alkylace a izomerace. Výroba éterů v rafineriích bude v USA zřejmě v nejbližších letech ukončena [ANON 2003; SNOW, 2005], Evropa zatím vyčkává. Je zajímavé, že zatímco ropné technologie obecně jsou zaměřené na změny vlastností uhlovodíkových skupin, u BA se často pracuje až na úrovni chemických individuí. Vedle hlubokého zpracování ropy je to právě výroba BA, kde jsou stále vyvíjeny technologie založené na zajímavých chemicko-inženýrských řešeních, rozvíjejících rafinérskou praxi [KITTEL, 2003b], např.:

- Kontinuální regenerace katalyzátoru (kontinuální reforming, fluidní katalytické krakování; nejnověji selektivní odsíření benzinových frakcí a alkylace na pevném katalyzátoru).
- Výměnné reaktory (Katalytický reforming, nyní alkylace na pevném katalyzátoru).
- Katalytická destilace (výroba éterů a selektivní odsíření benzinových frakcí).

Bylo dosaženo zásadního pokroku ve vývoji různých typů katalyzátorů používaných při výrobě BA, špičku vývoje představuje pevný alkylační katalyzátor [MUKHERJEE, NEHLEN, 2006]

Charakter i pokračující rozvoj technologií pro výrobu BA jsou pozitivním signálem další budoucnosti produktu.

Formulace:

BA tvoří uhlovodíky $C_4 - C_{12}$. V důsledku rozvoje analytických metod jsou známa všechna chemická individua obsažená v BA. Toto zdaleka nelze konstatovat pro některé další významné rafinérské produkty a zaručuje to minimální možné negativní efekty spojené s používáním BA.

V průběhu let se formulace BA zásadně změnila. Zlepšení souvisí s:

- Rozšířilo se spektrum komponent. Rafinerie jich používají 10 – 20.
- Objevily se nové komponenty (alkylát, izomerát a étery).
- Omezuje se v BA obsah chemických struktur s potenciálním negativním vlivem na zdraví a životní prostředí – sloučeniny síry, aromáty a olefiny.
- Využívají se komplexní aditiva, které v současnosti slouží i jako prostředek marketingového odlišení produktu [ANON., 2000].
- Nabízí se různá kvalita produktu dle požadavků motoru.

V případě potřeby BA může být velmi dobře vyráběn na bázi čistých chemických individuí, např. xylénů, isopentanů, isooktanů, éterů (MTBE, ETBE, TAME atd.) a alkoholů (metanolu, etanolu, butanolů). Velmi dramatický osud zažívá zvláště MTBE, které se během dvaceti let stalo z obdivované zatracované komponentou BA. I toto dokazuje stále intenzivní vývoj BA jako motorového paliva.

Z hlediska formulace, pro rafinerie jsou nyní kritické především celkový obsah aromatů a olefinů, hledá se optimální obsah kyslíku. Obsah benzenu, síry, oktanové číslo a tlak par jsou také důležité, ale nepředstavují zásadní výrobní problém. Dlouhodobý vývoj kvality BA ukazuje tab.3. [PRAŽÁK, SOLAR, 2001; PRAŽÁK 2005]. **Neexistuje však oprávněný požadavek na kvalitu BA, který by rafinerie ve střednědobém horizontu nebyly schopné zvládnout.**

Tab. 3: Vývoj formulace BA

Vlastnost	1900	1973	2000	2005	Po 2009
OČVM / OČMM min.	40 – 60	95	95 / 85	95 / 85	> 95 / 85
Hustota (kg/m ³) max.	?	780	775	775	770
Konec dest. (°C) max.	?	210	210	210	190
Tlak par (léto, kPa) max	Nedefinován	Nedefinován	70	60	60
S (ppm hm) max.	Tisíce	500	150	50	10 / <10
Benzen (% obj) max.	Neomezen	Neomezen	1	1	<1
Olefiny (% obj) max.	Nebyly k dispozici	Neomezen	18	18	1 - 5
Aromáty (% obj) max	Nebyly k dispozici	50	42	35	25 - 30

Distribuce:

BA je kapalný produkt, snadno přepravitelný (autocisternami, železnicí nebo produktovody) a dlouhodobě skladovatelný za normálního tlaku. Doplnění paliva do vozidla je jednoduché a trvá řádově minuty. Relativně malý objem v nádrži vozidla reprezentuje velké množství energie. Užité vlastnosti BA v podstatě nezávisí na počasí. V nedávném období byly i na segment distribuce uplatněné přísné ekologické požadavky, spočívající v minimalizaci ztrát odpařením (snížen tlak par BA) a rekuperaci benzínových uhlovodíků na všech technologických stupních. **V distribuci v podstatě neexistují problémy, systém funguje racionálně a spolehlivě.**

Vývoj vozidel:

Došlo k zásadnímu vývoji v konstrukci zážehových motorů s důrazem na snižování spotřeby a nebezpečných emisí. Aspekty ovlivňující formulaci BA jsou především:

- Náhrada karburátoru přímým vstřikováním.
- Použití diagnostických čidel, jejichž bezchybná funkce vyžaduje kvalitní palivo.
- Použití katalyzátoru výfukových plynů, který představoval i jednu z příčin zákazu aditiv olova a razantního snížení obsahu síry.

Kromě absolutní spotřeby v interakci BA - vozidlo **nyň prakticky neexistuje problém spojený s BA, který by bylo třeba řešit.**

Zákazník a trh:

Rafinérie jsou historicky nastavené na určitý poměr výroby BA a NM. V minulosti většina změn a úsilí v rafinériích bylo zaměřeno na výrobu BA jako špičkového produktu a odpovídající postupy většinou nelze efektivně využít pro výrobu NM nebo jiných motorových paliv. V rafinériích ropy prakticky nelze vyrábět pouze NM jako palivo pro automobily. Výhody a nevýhody BA jako motorového paliva shrnuje tab.4. [SVÁTA, KITTEL, 2005]:

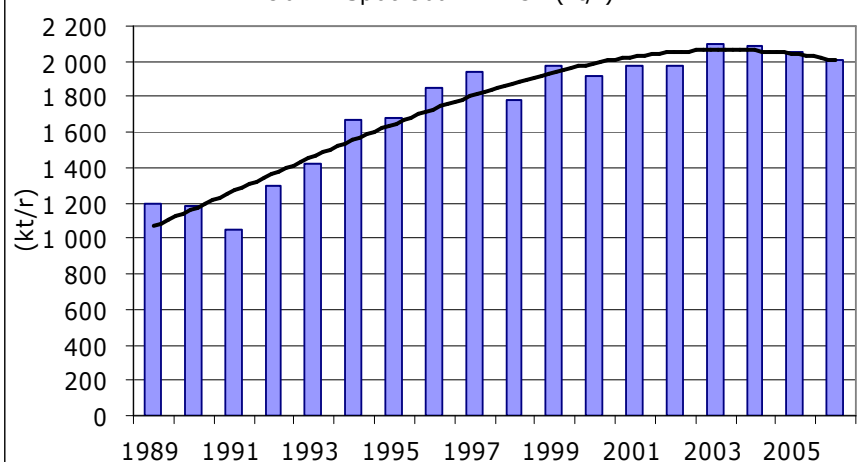
Tab.4: Analýza konkurenční pozice BA

Problém	Automobilový benzín
Technologie výroby obecně	(+) K dispozici velké portfolio rafinérských a petrochemických technologií (+) Většinou zaměřené na změnu struktury individuálních uhlovodíků. tj. jsou velmi selektivní
Užitná hodnota	(-) Vyšší měrná spotřeba, související ale s nižší termodynamickou účinností zážehového motoru, nikoliv palivem jako takovým (-) Hořlavina I třídy (-) Vyšší cena, ale z důvodu vyšší spotřební daně (+) Nulový vliv počasí na užitnou hodnotu (+) Kvalitu paliva je možné velmi přesně nastavit. K dispozici je více druhů BA
Vliv na životní prostředí	(-) Výroba je energeticky náročná (-) Vyšší emise CO ₂ z vozidla (+) Žádné výrazně problémové emise. Třícestný katalyzátor dostačující k odstranění všech škodlivých emisí.
Alternativy	(+) Methanol, bioethanol
Významné pro další vývoj	(+) Zážehový motor je lacinější z hlediska výroby a údržby, stejný výkon dosažen nižším obsahem motoru (daně). Kultivovanější chod. (+) Zážehový motor představuje perspektivní součást hybridních automobilů (+) Lehké benzinové uhlovodíky lze použít jako zdroj H ₂ pro palivové články

K tomu lze dále dodat:

- Osobní automobily se zážehovým motorem jsou stále vyráběné a průměrná životnost takového vozidla dosahuje téměř 15 let.
- Zážehový motor je velmi flexibilní pokud se týká paliva. Kromě BA může spalovat např. i zemní plyn, vodík přímo, LPG, DME nebo alkoholy. Z tohoto důvodu většina alternativních paliv ovlivňuje právě trh s BA.
- Daně ostatních paliv se budou zcela určitě přibližovat BA, jak lze pozorovat nyní např. u NM.
- Případná klesající poptávka po BA povede ke snížení prodejní ceny a naopak ke zvýšení pro ostatní produkty, což lze na čerpacích stanicích pozorovat již nyní.
- Vyšší spotřeba BA v litrech/100 km ve srovnání s NM je do určité míry „optická“, protože BA v důsledku nižší hustoty obsahuje v litru přibližně o 10 % méně energie než NM. Pokud by palivo bylo zdaněno na jednotku energie nebo emitovaného CO₂, cenový handicap BA by se zmírnil.
- Se snižující se spotřebou nových motorů obecně se sníží rozdíly ve spotřebě a emisích CO₂ zážehových a vznětových motorů.
- Benzinové uhlovodíky nabízejí snazší využití v alternativních pohonech motorových vozidel.
- Zavádění biokomponent zvýhodní BA, protože bioethanol je dostupnější, stabilnější a obecně méně problémová komponenta, než MEŘO.

Obr.1: Spotřeba BA v ČR (kt/r)



Trh s pohonnými hmotami představuje zajímavé téma [KITTEL, 2003a; PODRAZIL, KITTEL, 2004; PRAŽÁK, 2005a, b]. Spotřebu BA v ČR dle statistiky ČAPPO a regresní model trendu ilustruje obr.1.

V posledních 15 letech se spotřeba BA v ČR prakticky zdvojnásobila, ale od roku 2000 stagnuje.

Z marketingového pohledu se BA chová jako vyzrálý („matured“) produkt. I když i v ČR, podobně jako v západní Evropě, roste podíl vznětových motorů v nově registrovaných vozech, tento trend nelze považovat za definitivní, protože sebou přináší nové zásadní problémy. Prognózy zatím většinou hovoří o stagnaci trhu BA v ČR. **Spotřeba 2000 kt/r v ČR však stále představuje pro rafinerie zajímavou výzvu.**

3. Závěr:

BA představuje historicky ověřené palivo. Rafinerie disponují dostatkem benzinových frakcí a technologiemi schopnými reagovat na další vývoj kvality i sezónní spotřeby trhu. Je důležité, že BA lze v budoucnosti vyrábět i z jiných surovin, než pouze ropy. Podstatný je též fakt, že existují podobná paliva, která mohou úlohu BA v zážehovém motoru relativně snadno zastoupit, což přispívá k dalšímu rozvoji zážehového motoru. BA lze velmi přesně formulovat a jeho kvalitu vyladit dle platných norem až na úrovni mísení individuálních uhlovodíků. BA, s výjimkou hořlavosti a těkavosti, má vynikající uživatelské vlastnosti prakticky nezávislé na klimatických vlivech.

Budoucnost BA je logicky spojena se zážehovým motorem, jehož vývoj stále pokračuje. BA je dále používán jako přednostní palivo v hybridních automobilech (elektromotor + zážehový motor) případně i v pokusně vybavených palivových články (jinak formulovaný, jako zdroj vodíku).

Z výše uvedených důvodů se lze domnívat, že historie BA se prodlouží o další desítky let. Určitá současná euforie z dieselových motorů v osobních vozech může s ohledem na interakci „**palivo – životní styl – udržitelný rozvoj**“ vést v blízké budoucnosti k obnově zájmu o BA.

4. Odkazy:

1. ANON.: "Oil & Gas Journal´s TOP milestones". Oil Gas J. 1999/97/50/05.
2. ANON.: "Unikátní benzin Shell V-Power zlepšuje akceleraci až o 10%". Energie 2000/05/04/52.
3. ANON.: "Federal appeals court says states have authority to ban MTBE". Oil & Gas J. 2003/101/25/34.
4. ČSN EN 228: „Motorová paliva - Bezolovnaté automobilové benziny. Technické požadavky a metody zkoušení“. ČNI, Listopad 2004.
5. KITTEL, Hugo: "Vývoj českého trhu motorových paliv". Kolokvium MPO ČR a ČAPPO věnované vstupu do EU. MPO ČR, Praha 15.5.2003a.
6. KITTEL, Hugo: "Zajímavá technologická řešení v technologii čistých paliv". CHISA 2003b, Srní, 19-22.10.2003b.
7. KITTEL, Hugo: "Výroba čistých motorových paliv". Presentace na 56.sjezdu chemiků, Ostrava, 6.-9.9.2004.
8. MUKHERJEE, M.; NEHLSSEN J.: "Consider catalyst developments for alkylation production". Hydrocarbon Processing 2006/85/09/85.
9. PODRAZIL, Miloš; KITTEL, Hugo; "Český trh motorových paliv z pohledu statistiky ČAPPO". Sborník konference Aprochem 2004, Milovy 20.-22.9.2004.
10. PRAŽÁK, Václav; SOLAR, Milan: "Vývoj kvality motorových paliv na počátku třetího tisíciletí". Aprochem 2001. Jubilejní 10.konference chemické technologie. Sborník přednášek. Rožnov p.Radhoštěm, 22-24.10.2001.
11. PRAŽÁK, Václav: "Obchodování s ropnými palivy v ČR". Energie, 2005a/--/4/66.
12. PRAŽÁK, Václav: "Nízkosírné a bezsírné pohonné hmoty na trhu ČR." AUTOTEC 2005b, ČAPPO konference" Moderní pohonné hmoty pro motorová vozidla", Brno 6.6.2005.
13. SNOW, Nick: "What´s next for MTBE". Oil & Gas J. 2005/103/31/25.

14. SVÁTA, J.; KITTEL, H.: "**Vývoj a vzájemná konkurence automobilového benzínu a motorové nafty jako rozhodujících paliv pro automobily**". 57.sjezd chemických společností, Tatranské Matliare, 4.-8.9.2005.
15. Vyhláška MPO Č4 č.227/2001, **kteou se stanoví požadavky na pohonné hmoty pro provoz vozidel na pozemních komunikacích a způsob sledování a monitorování jejich jakosti**. Sbírka zákonů č.84, 29.6.2001.
16. Zákon č.56/2001 Sb., „**O podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích ...**“. Sbírka zákonů č.21, 19.2.2001.
17. Zákon č.311/2006 Sb., **o pohonných hmotách a čerpacích stanicích pohonných hmot a o změně souvisejících zákonů (ZÁKON O POHONNÝCH HMOTÁCH)**. Sbírka zákonů č.96, 22.6.2006.

5. Použité zkratky:

BA	Benzín automobilový
ČSN	Česká státní norma
EPA	Environmental Protection Agency
ETBE	Ethyltercbutyléter
FCC	Fluidní katalytické krakování
FFC	Flexible Fueled Vehikle
MEŘO	Methylester řepkového oleje
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MTBE	Methyltercbutyléter
NM	Nafta motorová
OČ	Oktanové číslo
OČMM	Oktanové číslo motorovou metodou
OČVM	Oktanové číslo výzkumnou metodou
TAME	Terc.amylmethyleter
TEO	Tetraethylolovo
UOP	Universal Oil Products