

ISSN 1210-311X MK ČR: 5 979

# TECHNICKÁ DIAGNOSTIKA

2 ROČNÍK XXXIII 2024

ASOCIACE TECHNICKÝCH DIAGNOSTIKŮ ČESKÉ REPUBLIKY, z. s.

## TECHNICKÁ DIAGNOSTIKA V ČESKÉ PRAXI

- Jsou pokročilá biopaliva v dopravě udržitelná a perspektivní?** TD4  
*Are the advanced biofuels in transport sustainable and promising?*
- Kvalita motorových paliv na trhu ČR a význam jednotlivých jakostních ukazatelů** TD8  
*The quality of motor fuels on the Czech market and the importance of individual quality indicators*
- Odběr a analýza vodíku pro dopravní účely** TD14  
*Collection and analysis of hydrogen for transport purposes*
- Nemrzoucí směsi v nepřímých systémech chlazení a topení** TD18  
*Antifreeze fluids in indirect systems for cooling and heating*
- Nekvalitní automobilová paliva: Něžalost, nebo úmysl?** TD21  
*Low-quality automotive fuels: Negligence or intent?*
- Zkoušení detergentních vlastností paliv na motorech dle metodik CEC** TD24  
*Testing of detergent properties of motor fuels on engines according to CEC methodologies*

[www.atdcr.cz](http://www.atdcr.cz)

# FÓRUM ÚDRŽBY 2024

27. listopadu

## Od predikce k preskripci

LISTOPAD  
2024  
PRAHA  
ON-LINE

TRADEMEDIA  
INTERNATIONAL

VŠE O PRŮMYSLU  
PORTÁL PRO MODERNÍ VÝROBU

[www.konference-udrzba.cz](http://www.konference-udrzba.cz)



# Svět se mění a my s ním, avšak motorová paliva ještě nekončí...

*The world is changing and so are we, but motor fuels are not over yet...*

ING. PETR KRÍŽ,  
PŘEDSEDA ČESKÉ STROJNICKÉ SPOLEČNOSTI, Z.S.



Vážení čtenáři, žijeme v dynamické době, která klade mimořádné nároky na instituce, firmy i jednotlivce. Je zcela nepochybné, že lidstvo musí činit zásadní opatření v boji s globálním oteplováním výrazným snížením emisí skleníkových plynů, jak se k tomu zavázalo téměř 200 zemí v rámci Pařížské dohody. Že na této cestě bude třeba udělat spoustu kompromisů, ukázaly mimo jiné poslední

klimatické konference OSN o změně klimatu (COP 27, COP 28), které se konaly na konci roku 2022 v Egyptě a na konci roku 2023 ve Spojených arabských emirátech.

Při přechodu na nízkouhlíkové technologie v energetice se přitom často zapomíná na elementární možnost zamezení zbytečné spotřeby energie. Ropa a ropné výrobky, tedy zejména maziva a paliva, stále hrají a budou hrát v tomto úsilí velmi významnou roli. Aplikaci inženýrství maziv v praxi (tribotechnika) a interdisciplinární věda o mazání (tribologie) vznikly právě na bázi redukce ekonomických ztrát v průmyslu v důsledku důrazného využívání účinných technických řešení pro snížení tření a opotřebení, které vede k eliminaci poruch a k úsporám energií. Již v roce 1966 byla ve Velké Británii zveřejněna studie zpracovaná týmem odborníků pod vedením profesora Petera Josta, která je považována za dokument zakládající tenkrát nový obor tribologie (tzv. Jostova zpráva). V ní odhaduje roční úspory jen v průmyslu při aplikaci možností tribotechniky na významný podíl 1,36 % celkového hrubého národního produktu. Maziva ve všech technologiích a pohonech jsou spjata s využíváním ropných produktů a syntetických výrobků petrochemie a jsou oborově blízka problematice motorových paliv, která disponují obdobnou technologickou základnou.

Evropská legislativa přináší hluboké změny v oblasti motorových paliv a pohonů v dopravě. Ačkoliv nelze mít nic proti technologicky opodstatněnému využívání elektřiny z nízkouhlíkových zdrojů v rámci elektromobility, rozhodně nelze počítat s tím, že by v příštích desetiletích nebyla důležitá kapalná a plyná motorová paliva – klasická nebo alternativní. Převažující většinu vozového parku tvoří stále konvenční spalovací motory a hybridní vozy využívají elektrickou pohonnou jednotku spíše jako doplněk. Tyto motory budou používat rovněž neustále zdokonalovaná kapalná paliva, jejichž význam bude klesat pouze postupně, dokonce i v případě, že bude od roku 2035 definitivně prosazen zákaz prodeje spalovacích motorů. S novými technologiemi a formulacemi mohou kapalná paliva výrazně přispět do úsilí o čistší planetu. Obrovskou výzvou pro budoucnost dopra-

vy jsou syntetická kapalná paliva, která jsou aktuálně jediným řešením pro dekarbonizaci letecké dopravy. Pro nízkemisní dopravu mají velmi významný potenciál srovnatelný s použitím elektromobilů nebo vodíkových palivových článků, ve smyslu reálného srovnání v úplném životním cyklu paliva i pohonu. Současné spalovací motory i letecké turbíny jsou plně připraveny na jejich využití. Mimořádný potenciál pro snižování emisí má dále z krátkodobého a střednědobého hlediska využití biometanu a rozumné využívání biopaliv, ze střednědobého a dlouhodobého hlediska potom přechod na vodík z obnovitelných zdrojů. Cílem našeho úsilí musí být redukce emisí skleníkových plynů v absolutních číslech, a to na bázi principu technologické neutrality a bez zbytečných deformací trhu.

Odbornou, standardizační, legislativní a koncepční práci zapadající do strategických akčních plánů energetiky a dopravy na poli motorových paliv, a to nejen kapalných, považujeme za mimořádně zajímavou příležitost rozvoje České strojnické společnosti. Z tohoto důvodu jsme v roce 2021 iniciovali v rámci České strojnické společnosti rozšíření činnosti odborné sekce na zaměření „Tribotechnika a motorová paliva“. Česká strojnická společnost rovněž od roku 2019 zastřešuje činnost Centra technické normalizace v oblasti standardů motorových paliv a maziv. Završením první etapy činnosti tohoto centra byla organizace posledního zasedání evropské technické komise CEN TC 19 Ropa a ropné výrobky ve spolupráci s Českou agenturou pro standardizaci, které se uskutečnilo na konci dubna 2023 v Praze.

Přestože význam alternativních paliv neustále vzrůstá, ropa však zůstane dále, i přes nutnou dekarbonizaci energetiky, průmyslu a dopravy, strategickou surovinovou základnou pro výrobu nejrůznějších komodit jako jsou plasty, umělá vlákna a nejrůznější další produkty organické chemie, například hnojiva, léčiva, kosmetické přípravky, lepidla, barviva atp. Celý obor technologie ropy a petrochemie však vlivem dekarbonizace v budoucnosti dozná významných změn.

Česká strojnická společnost v rámci výše uvedených výzev aktuálně navázala spolupráci s Asociací technických diagnostiků ČR a v současnosti připravuje certifikační program pro oblast diagnostiky motorových paliv.

Věříme, že následující odborná příloha na téma motorová paliva přinese vám čtenářům zajímavé informace z oboru i nový pohled na motorová paliva v souvislosti s aktuálním vývojem.



# Jsou pokročilá biopaliva v dopravě udržitelná a perspektivní?

*Are the advanced biofuels in transport sustainable and promising?*

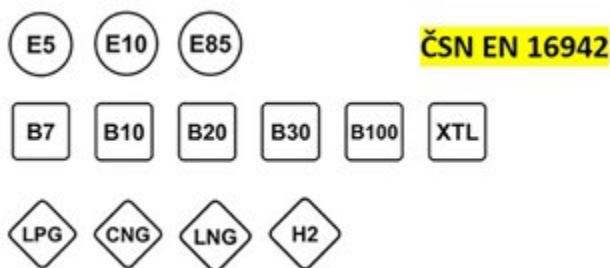
ING. MARTA FILIPOVÁ, ING. PETR KRÍŽ  
MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU

Biopaliva jsou významným druhem alternativních paliv. Cílem tohoto článku je seznámit čtenáře se základy příslušné legislativy týkající se biopaliv a současně očistit pověst biopaliv od jejich negativního (a dlužno dodat, že v iracionálním smyslu) mediálního vnímání. Dále se příspěvek zaměřuje na kategorii pokročilých biopaliv, která mají potenciál přispět významným způsobem k dekarbonizaci dopravy, a stát se tak jednou z alternativ pohonných hmot budoucnosti.

*Biofuels are an important type of alternative fuels. The aim of this article is to introduce the reader to the basis of the relevant legislation on biofuels and at the same time to clear the reputation of biofuels from their negative (and irrational, as it should be added) media perception. Furthermore, the paper focuses on the category of advanced biofuels, which have the potential to make a significant contribution to the decarbonisation of transport and thus become one of the fuel alternatives for the future.*

## Legislativní rámec biopaliv

Pohonné hmoty, které můžeme použít v silniční dopravě, jsou rozděleny zákonem č. 311/2006 Sb., zákon o pohonných hmotách, do čtyř skupin [1].



Obr. 1 Symboly pro označování paliv podle ČSN EN 16942

První dvě, motorový benzin a motorová nafta, jsou klasická a všem dobře známá motorová paliva. Směsné palivo bylo české specifikum, tzv. směsná motorová nafta označovaná SMN 30, která obsahovala nad 30 % biopaliv a od roku 2016 postupně vymizela z českého trhu z důvodu kombinace ukončení daňového zvýhodnění a nižších cen ropy. V současné době se pozornost zaměřuje na čtvrtou skupinu, alternativní paliva, která slouží jako náhrada zdrojů fosilní ropy v dopravě a mají potenciál přispět k její dekarbonizaci.

Konkrétní druhy paliv (dnes je jich celkem 13, nepočítaje v to elektřinu) dále určuje norma ČSN EN 16942 [2], se kterou se setkává každý motorista ve formě symbolů, jednak na pistoli

výjevních stojanů na čerpací stanici, jednak na hrdle palivové nádrže vozidla. Paliva benzinového typu jsou značena symbolem kroužku, paliva naftového typu symbolem čtverce a plynná paliva symbolem kosočtverce (obr. 1).

Mezi alternativní paliva patří především biopaliva nebo jiná paliva z obnovitelných zdrojů, což jsou paliva nebiologického původu, dnes označovaná zkratkou z angličtiny RFNBO (Renewable fuels of non-biological origin). Dále do této skupiny patří syntetická a parafinická paliva, stlačený a zkapalněný zemní plyn včetně biometanu, zkapalněný ropný plyn, který známe pod nepřesným názvem propan-butan, a dnes perspektivní vodík. Je třeba také zmínit, že zákon o pohonných hmotách sem řadí i elektřinu pro účely dnes velmi propagované elektromobility.

Co je to vlastně biopalivo? Zákon o pohonných hmotách jej definuje jako kapalné nebo plynné palivo vyrobené z biomasy. Biomasa rozumíme veškerou biologicky rozložitelnou uhlíkatou hmotu, např. produkty, ale i zbytky nebo odpady ze zemědělství nebo lesnictví.

Základem dekarbonizace je evropský legislativní balíček „Fit for 55“, jehož cílem je snížení emisí skleníkových plynů do roku 2030 o 55 % oproti roku 1990. Tento balíček zahrnuje komplex nejrůznější legislativy z hlediska dopravy. Pro tuto problematiku jsou nejdůležitější čtyři oblasti:

- 1) Směrnice týkající se obnovitelných zdrojů energie, tzv. RED III – Směrnice EP a Rady (EU) 2023/2413, kterou se mění směrnice (EU) 2018/2001, nařízení (EU) 2018/1999 a směrnice 98/70/ES, pokud jde o podporu energie z obnovitelných zdrojů, a zrušuje směrnice Rady (EU) 2015/652 [3]
- 2) Nařízení k infrastruktuře alternativních paliv (z angličtiny zkratka AFIR) – Nařízení EP a Rady (EU) 2023/2413, o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva a o zrušení směrnice 2014/94/EU [4]
- 3) Emise z letecké dopravy – Nařízení EP a Rady (EU) 2023/2405, o zajištění rovných podmínek pro udržitelnou leteckou dopravu [5]
- 4) Nařízení regulující emise CO<sub>2</sub> na výfuku automobilu – Nařízení Komise (EU) 2023/443, kterým se mění nařízení (EU) 2017/1151, pokud jde o postupy schvalování typu lehkých osobních vozidel a užitkových vozidel z hlediska emisí, a Nařízení EP a Rady (EU) 2024/1610, kterým se mění nařízení (EU) 2019/1242, pokud jde o zpřísnění výkonostních norem pro emise CO<sub>2</sub> pro nová těžká vozidla a začlenění povinností vykazovat údaje, a nařízení (EU) 2018/858 a zrušuje nařízení (EU) 2018/956 [6]

Pokud jde o obnovitelné zdroje energie, příslušná směrnice RED III byla schválena na podzim loňského roku a její základ-

ní tezí je navýšení cílů podílu obnovitelných zdrojů celkově (tedy nejen v dopravě) z původních 32 % na 42,5 % energetického podílu v obnovitelných zdrojích. Pro jednotlivé oblasti, tj. dopravu, průmysl a vytápění, případně klimatizaci budov, byly stanoveny také nové, vyšší cíle.

Ambiciózní cíle RED III se soustředí především na čtyři oblasti. Celkovým smyslem směrnice jsou aktivity směřující k zastavení globálního oteplování. Je tedy logické, že základním měřitelným ukazatelem je celkové snížení emisí oxidu uhličitého, nikoliv podíl obnovitelných zdrojů, který představuje prostředek k dosažení tohoto cíle. V souvislosti s tímto RED III formálně urychluje budování nových obnovitelných zdrojů pomocí zrychleného nástroje tvorby tzv. akceleračních zón. Důraz je kladen na využití „zelených“ plynů, kam patří zelený vodík vyrobený z obnovitelné elektřiny a tzv. pokročilý biometan. Zcela novým prvkem je použití tzv. RFNBO (česky obnovitelná paliva nebiologického původu). Do těchto RFNBO řadíme právě zelený vodík, ale i tzv. syntetická paliva vyráběná ze zeleného vodíku a zachytávaného oxidu uhličitého.

	RED II (2018)	RED III (2023)
Cíle pro členské státy	14 % (E/E) v roce 2030	29 % (E/E) v roce 2030 nebo (dle volby ČS) 14,5 % snížení emisí GHG
Cíle podílu pokročilých biopaliv a pokročilého biometanu	0,2 % (E/E) v roce 2022 1,0 % (E/E) v roce 2025 3,5 % (E/E) v roce 2030	<b>KOMBINOVANÝ CÍL</b> Pokročilá biopaliva a pokročilý biometan + RFNBO 1,0 % (E/E) v roce 2025 5,5 % (E/E) v roce 2030
Cíle pro RFNBO	NEBYLY	<b>KOMBINOVANÝ VIZ VÝŠE</b> Specifický pouze pro RFNBO 1,0 % (E/E) v roce 2030

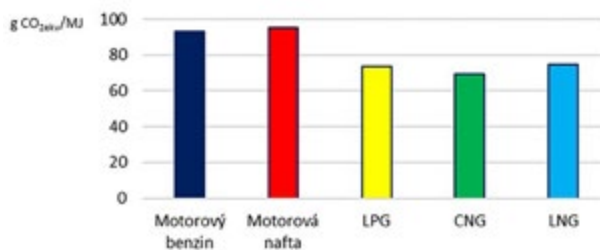
Obr. 2 Srovnání požadavků RED II a RED III

Výše uvedený obrázek srovnává cíle předchozí evropské směrnice RED II a aktuální RED III. Aktuální směrnice umožňuje členským státům volbu mezi podílem obnovitelné energie a procentem snížení emisí skleníkových plynů, přičemž Česká republika si velmi pravděpodobně zvolí jako výhodnější cíl dosažení 14,5% snížení emisí. Další cíle poukazují na důležitost biopaliv, zejm. tzv. pokročilých, pro dekarbonizaci, protože stanovují tzv. kombinovaný cíl, kdy podíl obnovitelných zdrojů v součtu pokročilých biopaliv a obnovitelných biopaliv nebiologického původu musí dosáhnout 1,0 % v roce 2025 a 5,5 % v roce 2030. V roce 2030 je dále specifikován cíl separátně pro RFNBO (jde především o zelený vodík a syntetická paliva), a to ve výši podílu 1,0 % RFNBO.

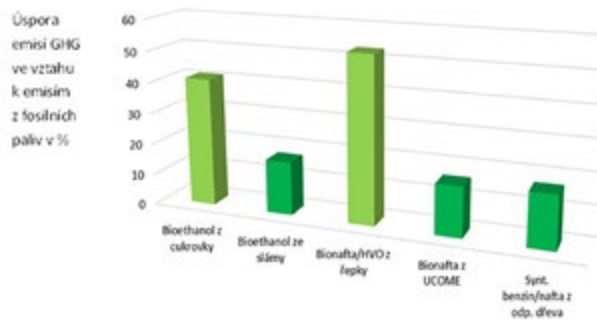
Současně platná česká legislativa, která vychází z předchozí směrnice RED II, v roce 2020 odstranila povinnost přimíchávání biopaliv do benzínu a nafty. Tato změna však byla pouze politická a prakticky se nic nezměnilo. Mnohem přísnější povinnosti jsou totiž evropské limity na snižování emisí skleníkových plynů, které jsou v národní legislativě zakotveny v zákoně o ochraně ovzduší, zákon č. 201/2012 Sb. Cíle 6% snížení v roce 2020 bylo téměř dosaženo právě prostřednictvím biopaliv jako nejlépejší a dostupné cesty.

Jak bylo zmíněno, jde nám o emise skleníkových plynů. Na obrázku č. 3 vidíme srovnání emisí oxidu uhličitého na MJ energie pro jednotlivá fosilní paliva. Hodnota pro klasická paliva (benzín a naftu) se pohybuje na úrovni 94 g CO<sub>2</sub> na MJ. Obrázek č. 4 potom ukazuje úsporu emisí pro vybraná biopaliva a pokročilá biopaliva. Tyto úspory jsou dány nařízením vlády č. 189/2018 Sb. [7] Je zřejmé, že uváděná pokročilá biopaliva mohou dosáhnout úspory emisí i vyšší než 80 %.

Další novou legislativou loňského roku je AFIR, nařízení pro zavádění infrastruktury alternativních paliv, které mimo jiné rozděluje paliva do tří skupin.



Obr. 3 Vážená produkce emisí skleníkových plynů vzniklých během úplného životního cyklu fosilních pohonných hmot



Obr. 4 Stanovení úspory emisí skleníkových plynů vzniklých během úplného životního cyklu biopaliv

První skupinou jsou tzv. alternativní paliva s nulovými emisemi (ačkoli je to nepravdivé tvrzení, protože nebere v úvahu emise vzniklé během úplného životního cyklu paliva) – amoniak, vodík, elektřina.

Druhou skupinou jsou obnovitelná paliva, kam patří mimo jiné právě diskutovaná biopaliva.

Třetí skupinu potom tvoří fosilní paliva, z nichž některá mohou být (jako třeba fosilní LPG, CNG, LNG) ekologičtější alternativou benzínu a nafty.

### Pokročilá biopaliva

Biopaliva rozdělujeme do čtyř generací. Zdrojem pro první generaci jsou krmné a potravinářské plodiny. Druhá generace je tvořena dnes již relativně běžnými nepotravinářskými zdroji, jako je například odpadní dřevo, sláma a další odpady biologického původu. Ve třetí generaci probíhá stále intenzivní vývoj – biomasou pro tuto generaci jsou řasy. Budoucnost



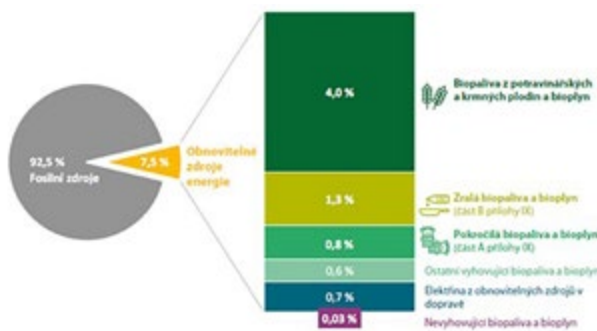
může být potom tvořena čtvrtou generací, která je založena na cíleně vyvíjených, například geneticky modifikovaných rostlinách.

Poněkud jiná klasifikace je z hlediska legislativy RED, kde dělíme biopaliva do tří kategorií.

První kategorií jsou vlastně biopaliva 1. generace, tedy biopaliva na bázi potravinářských a krmných plodin. Je nutné zdůraznit, že použití těchto biopaliv je dnes již omezovalo prostřednictvím zastropování jejich maximálního možného podílu z důvodu jejich negativního vlivu na prostředí, například dopadů na biodiverzitu.

Druhou kategorií jsou tzv. pokročilá biopaliva 2. a 3. generace, která jsou preferována, protože jde vlastně o užitečné využití odpadů především ze zemědělství a lesnictví nebo o speciálně pěstované organismy, jako jsou řasy. K odpadním produktům patří například dřevní štěpka, sláma, chlěvská mrva a kaly z čistíren odpadních vod nebo další odpady ze zemědělské produkce, například zbytky po vyláčení zrna z kukuřice.

Třetí kategorii představují v zásadě pokročilá biopaliva, která však mají určitým způsobem limitované použití. Nazýváme je vyspělá biopaliva (v angličtině „mature“) a jsou specifikována příloze IX B směrnice RED. Jde v podstatě o odpadní tuky rostlinného i živočišného původu, které však nelze již použít pro potravinářské nebo krmné účely. Typickým příkladem jsou tzv. UCOME, odpadní rostlinné oleje kuchyňského původu, které se již i v ČR sbírají jako druhotná surovina. Množství těchto biopaliv je zastropováno.



Zdroj: EÚD na základě SHARES.

Zdroj: Zvláštní zpráva – podpora EU pro udržitelná biopaliva v dopravě

Obrázek 5 Skladba zdrojů energie v silniční a železniční dopravě v EU (2021)

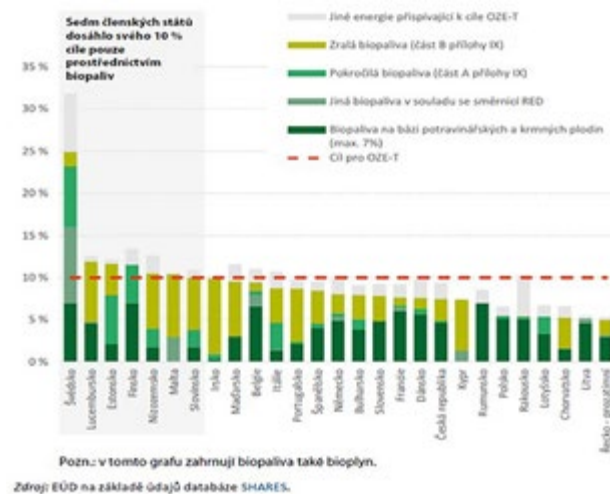
Obrázek č. 5 ukazuje, že v roce 2021 byl v evropské dopravě podíl energie z OZE pouze 7,5 %, z toho byla valná většina, tj. 53 % biopaliv, 1. generace. Dalších 17 % tvořila biopaliva vyspělého typu – zde jsou na obrázku chybou nesprávného překladač nazývána jako „zralá“. Na pokročilá biopaliva připadalo pouze necelých 11 %. Na obnovitelnou elektřinu (je třeba zdůraznit, že sem spadají nejen elektromobily, ale i elektrifikace železnice) připadá asi 9 % podílu.

Podíl pokročilých biopaliv na celkové energii v dopravě činil v roce 2021 jen 0,8 %, přičemž nejvyšší podíl na jejich použití mají tři země, a to Itálie, Švédsko a Finsko. Tyto tři země představují polovinu spotřeby pokročilých biopaliv v EU. Biopaliva, která mohou být použita a započtena, musí splnit tzv. kritéria udržitelnosti. Nesmí být použita surovina, která pochází z půdy s vysokou biologickou hodnotou, například z oblastí s velkou biologickou rozmanitostí, jako jsou pralesy nebo v případě ČR lužní lesy, rašeliniště a další druhově rozmanité biotopy. Kupříkladu lesní biomasa musí mít dokladováno, že jde o legální těžbu dřeva, vytěžené lesy musí být obnoveny a musí být zajištěna ochrana chráněných oblastí, ale i mimo chráněné oblasti musí být těžba prováděna tak, aby byla minimálně zachována kvalita půdy, biologická rozmanitost krajiny a dlouhodobá produkční kapacita lesa. Dalším podstatným kritériem udržitelnosti je minimum celkové emisní úspory biopaliva, které se průběžně navyšuje a činí nejméně 50 % oproti ekvivalentnímu fosilnímu palivu. [8]

### Evropská politika biopaliv

Evropská legislativa uvedla biopaliva poprvé na scénu v roce 2003, kdy byla uvedena jako podstatný impuls směrnice o biopalivech. V roce 2009 směrnice o kvalitě paliv zavedla povinné přimíchávání biopaliv do nafty a benzínu. Dnes již přimíchávání biopaliv není povinné, aktuálně je kladen důraz na povinné používání pokročilých biopaliv.

V posledních letech se dramaticky mění původ biopaliv. Zatímco ještě v roce 2017 byla velká většina bionafty (89 %) vyráběna z řepky, v roce 2020 podíl řepky činil pouhých 46 % a navýšil se výrazně podíl odpadních biopaliv, který činil již více než třetinu. Toto také souvisí s úbytkem zemědělské plochy využívané pro biopaliva – v ČR tento podíl klesl od roku 2014 do roku 2020 o 7 %.



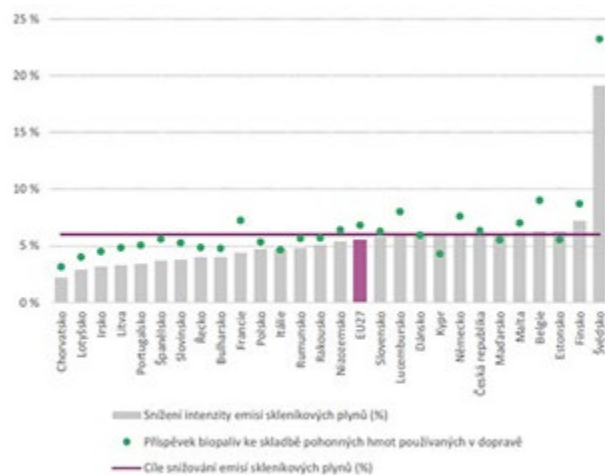
Pozn.: v tomto grafu zahrnují biopaliva také bioplyn.

Zdroj: EÚD na základě údajů databáze SHARES.

Obrázek 6 Příspěvek biopaliv k plnění cíle podílu OZE 2020 s multiplikátory

Obrázek č. 6 znázorňuje podíl biopaliv včetně bioplynu v členských zemích EU v roce 2020. Je třeba konstatovat, že

tyto podíly nejsou úplně reálné, protože se používají tzv. multiplikátory, což jsou násobící koeficienty, které uměle navyšují výsledný podíl. Například u pokročilých biopaliv jde o dvojnásobek reálného podílu. Mimořádných hodnot dosahuje Švédsko, kde takový podíl biopaliv činí 25 %. Ostatní země mají podíly výrazně nižší, a je třeba uvést, že šest zemí splnilo limit 10 % OZE v dopravě prostřednictvím biopaliv a naopak 15 zemí tento limit pro rok 2020 vůbec nesplnilo, včetně České republiky.



Zdroj: EÚD na základě údajů agentury EEA.

Obrázek 7 Snížení intenzity emisí skleníkových plynů 2010–2020

Obrázek č. 7 ukazuje výsledky snížení emisí skleníkových plynů v druhé dekádě tohoto století. Cíl snížit emise o 6 % EU jako celek nesplnila, 10 zemí ho však splnilo, zde byla úspěšná i Česká republika. Zelené tečky představují podíl biopaliv na OZE, který je obecně velmi významný pro plnění zmíněných cílů. Totéž platí pro ČR, kde byl tento podíl něco málo nad 6 %.

Použití pokročilých biopaliv je často determinováno vysokými náklady na jejich výrobu. Vysoké průměrné náklady na výrobu pokročilých biopaliv jsou však kompenzovány nižšími náklady při jejich použití v přepočtu na snížení emisí skleníkových plynů.

Biopaliva nejsou populární pouze v Evropě, ale i v řadě jiných oblastí světa. Příkladem jsou některé asijské země. Nejvíce pokročilé v tomto ohledu je asi Thajsko, kde na většině čerpacích stanic je v nabídce benzin E20, o kterém Evropa začíná teprve vážně uvažovat a vyvíjí v této oblasti nové standardy a technické normy. Pro účely této standardizační činnosti bylo zřízeno speciální technické fórum (Task Force) TF E10+ v rámci pracovní skupiny WG 21 Bezolovnaté automobilové benziny, působící pod technickou komisí CEN TC 19 Ropa a ropné výrobky.

Česká republika teprve v lednu 2024 celoplošně uvedla na trh benzin E10. Motorové benziny specifikace E10 jsou aktuálně dostupné v 19 zemích Evropy a jejich podíl na evropském trhu neustále stoupá od jejich zavedení v roce 2009. V 6 zemích EU představuje prodej benzinů E10 velkou většinu objemu motorových benzinů (nad 80 %), v dalších 5 zemích prodeje

E10 přesahují nadpoloviční objem prodaných benzinů. Důležitým faktorem je skutečnost, že všechny sousední a další blízké země ve vztahu k ČR mají na svém trhu dostupné motorové benziny ve specifikaci E10 (Německo, Polsko, Slovensko, Maďarsko, Rakousko), některé z toho převažující většinou. Ze všech těchto důvodů zavedli hlavní dodavatelé na českém trhu (zejména ORLEN Unipetrol, ČEPRO, MOL a další) od počátku roku 2024 motorové benziny ve standardní kvalitě E10.

Velká většina vozového parku je s motorovým benzinem E10, který plně vyhovuje normě ČSN EN 228 (Motorová paliva – Bezolovnaté automobilové benziny), plně kompatibilní a přechod je pro pohonné agregáty zcela bezproblémový. Týká se to většiny automobilů (motorů) s datem výroby od roku 2000 a téměř všech vozidel vyrobených od roku 2005. Přesto mohou existovat výjimky, a především starší vozy nemusí být plně kompatibilní. V takových případech je technické doporučení jednoznačné: používat nadále motorový benzin specifikace E5, který je stále dostupný ve formě tzv. prémiových benzinů s oktanovým číslem 98 a vyšším, nebo motorový benzin specifikace E10 rovněž ve formě tzv. prémiových benzinů s oktanovým číslem 98 a vyšším, kde je kyslíkatá složka přítomna především ve formě kyslíkaté chemické sloučeniny ETBE, která je kompatibilní i se staršími motory na rozdíl od potenciálně nekompatibilního biolihu.

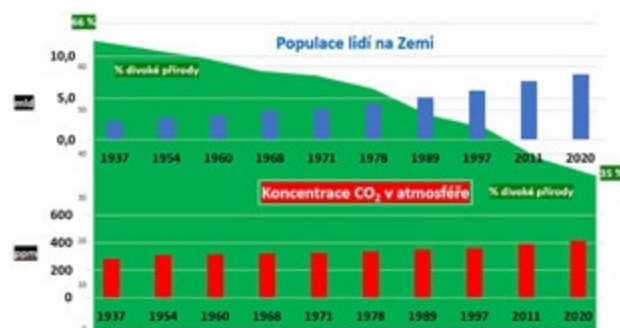
### Udržitelná letecká paliva

Pokročilá biopaliva jsou budoucností letecké dopravy.

Loni bylo uvedeno v platnost nařízení ReFuel EU Aviation, které definuje cíle podílu tzv. SAF, tj. udržitelných leteckých paliv. Speciální podmnožinou leteckých paliv jsou syntetická paliva. SAF, jejichž podíl má být v roce 2030 v letecké dopravě závazně 6 % a v roce 2050 dokonce většina tj. 70 %, jsou ale založeny především na pokročilých biopalivech.

### Biopaliva a biodiverzita

Ještě jednou se zastavme u tématu biologické rozmanitosti neboli biodiverzity a vlivu člověka na této planetě. Známý britský přírodovědec David Attenborough ve své knize „Život na naší Zemi“ [9] uvádí statistický soubor dat, jak se zvyšovala koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře a zároveň snižovala plocha původních biotopů v závislosti na počtu lidí na Zemi. Můžeme jistě diskutovat o vlivu biopaliv na biodiverzitu, avšak je nepo-



Obrázek 8 Graficky zpracovaná data z knihy Davida Attenborougha „A Life on Our Planet“

piratelným faktem, že zásadním zásahem do biosféry je počet lidí žijících na planetě, a tento počet se za jednu generaci od roku 1970 do roku 2020 více než zdvojnásobil. Množství CO<sub>2</sub> v atmosféře se za stejnou dobu zvýšilo o 30 % a plocha nedotčené přírody se naopak snížila o jednu pětinu.

Lidstvo tedy musí přijít s efektivní aktivitou, aby zastavilo globální oteplování, a pokročilá biopaliva mohou být jednou z cest.

#### Budoucnost pokročilých biopaliv

- Biopaliva mohou mít zásadní roli pro dekarbonizaci dopravy.
- Zdrojem biopaliv není jen řepka, cukrovka a kukuřice, ale jsou vyvíjena pokročilá biopaliva, byť je jich na trhu zatím nedostatek.
- Biopaliva pro budoucnost musí být udržitelná.
- Přes všechna negativa, kam patří i nejasná budoucnost podpory biopaliv v EU, lze konstatovat, že pokročilá biopaliva mohou konkurovat jiným alternativám v rámci přístupu technologické neutrality.

#### Literatura

- [1] Zákon č. 311/2006 Sb. v aktuálním znění, o pohonných hmotách a čerpacích stanicích pohonných hmot a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pohonných hmotách)

- [2] Česká technická norma ČSN EN 16942 Paliva - Identifikace kompatibility vozidla - Grafické vyjádření informací pro spotřebitele
- [3] Směrnice týkající se obnovitelných zdrojů energie, tzv. RED III – Směrnice EP a Rady (EU) 2023/2413, kterou se mění směrnice (EU) 2018/2001, nařízení (EU) 2018/1999 a směrnice 98/70/ES, pokud jde o podporu energie z obnovitelných zdrojů, a zrušuje směrnice Rady (EU) 2015/652
- [4] Nařízení k infrastruktuře alternativních paliv (z angličtiny zkratka AFIR) – Nařízení EP a Rady (EU) 2023/2413, o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva a o zrušení směrnice 2014/94/EU
- [5] Emise z letecké dopravy – Nařízení EP a Rady (EU) 2023/2405, o zajištění rovných podmínek pro udržitelnou leteckou dopravu
- [6] Nařízení regulující emise CO<sub>2</sub> na výfuku automobilu – Nařízení Komise (EU) 2023/443
- [7] Nařízení vlády č. 189/2018 Sb. v aktuálním znění, o kritériích udržitelnosti biopaliv a snižování emisí skleníkových plynů z pohonných hmot
- [8] Zvláštní zpráva EUD č. 29/2023: Podpora EU pro udržitelná biopaliva v dopravě – Cesta vpřed je nejasná
- [9] Davida Attenborough „A Life on Our Planet“, 2022, ISBN: 9781529108293

Článek prošel recenzním řízením.

## Kvalita motorových paliv na trhu ČR a význam jednotlivých jakostních ukazatelů

### *The quality of motor fuels on the Czech market and the importance of individual quality indicators*

ING. VLADIMÍR TŘEBICKÝ, CSC  
SGS CZECH REPUBLIC, S.R.O.

Kvalita motorových paliv je v České republice dlouhodobě sledována a pravidelně kontrolována Českou obchodní inspekcí. Příspěvek specifikuje jednotlivé druhy motorových paliv prodávaných v České republice a uvádí souhrn výsledků státní kontroly odebraných vzorků podle vyhlášky č. 516/2020 Sb. (vyhláška o jakosti pohonných hmot). Text seznamuje čtenáře s různými zkouškami motorových paliv a jejich vztahem k užitečným vlastnostem.

*The quality of motor fuels has long been monitored in the Czech Republic and is regularly checked by the Czech Trade Inspection Authority. The paper specifies the different types of motor fuels sold in the Czech Republic and publishes a summary of the results of the State's control of the samples taken according to the Decree No. 516/2020 Col. (Fuel Quality Decree). The text introduces the reader to the various tests of motor fuels and their relationship to the useful properties.*

Motorová paliva jsou v současné době velmi sledovanou komoditou. Kromě cen se jedná především o jejich kvalitu. Ta

je dlouhodobě sledována, pravidelné kontroly provádí Česká obchodní inspekce, ale existuje i komerční systém označený „Pečeť kvality“ zajišťovaný firmou SGS Czech Republic, s. r. o.

V současné době se na trhu v ČR prodává běžně celkem pět druhů paliv pro pohon motorů, jedná se o tři druhy kapalných paliv, automobilové benziny, motorové nafty a parafinická motorová nafta, dále pak zkvalifikované palivo LPG a stlačený zemní plyn (CNG). Všechna prodávaná paliva mají svoji kvalitu a užitečné vlastnosti charakterizovány jakostními normami. Také je k dispozici několik čerpacích stanic pro vodík a zkvalifikovaný zemní plyn (LNG).

Automobilové benziny mají kvalitu definovanou evropskou normou ČSN EN 228 [2]. Ta stanovuje dva druhy automobilových benzínů v závislosti na obsahu kyslíku. Automobilový benzin s obsahem kyslíku do 2,7 % (m/m) kyslíku může obsahovat až 5 % (V/V) etanolu a je označován jako E5 a automobilový benzin s obsahem kyslíku do 3,7 % (V/V) je označen jako E10 podle maximálního povoleného obsahu etanolu 10 % (V/V). Od počátku roku 2024 došlo v České republice na bázi



rozhodnutí nejvýznamnějších dodavatelů k plošnému zavedení benzínu s vyšším obsahem kyslíku E10. Automobilový benzin označený E10 je tak prodáván s oktanovým číslem 95 a 98, automobilový benzin s nižším obsahem kyslíku E5 je aktuálně prodáván pouze s oktanovým číslem 98.

Motorová nafta má kvalitu definovanou normou ČSN EN 590 [3]. V závislosti na klimatických podmínkách se prodává motorová nafta pro mírné klima, v letním období od 15. 4. do 30. 9. třída B s teplotou filtrovatelnosti 0 °C, v přechodových obdobích 1. 3. až 14. 4. a 1. 10. až 15. 11. třída D s teplotou filtrovatelnosti -10 °C a v zimním období od 16. 11. do 28.(29). 2. třída F s teplotou filtrovatelnosti -20 °C. Kromě motorové nafty pro mírné klima se prodává i nafta pro arktické klima – třída 2 – s teplotou filtrovatelnosti -32 °C a teplotou vylučování parafinů -22 °C.

Nově se na čerpacích stanicích v ČR začíná prodávat parafinická nafta vyrobená z biosurovin, známá pod označením „HVO – hydrotreated vegetable oil – hydrogenovaný rostlinný olej“. Kvalita tohoto produktu je definovaná evropskou normou ČSN EN 15940 [4]. Vyrábí se ve dvou třídách, A a B, které se liší pouze v hustotě při 15 °C a v cetanovém čísle. V ČR se používá třída A s vysokým cetanovým číslem s minimální hodnotou 70,0 a hustotou v rozmezí 765 kg/m<sup>3</sup> až 800 kg/m<sup>3</sup>. Třída B má cetanové číslo shodné s motorovou naftou 51,0 a hustotu při 15 °C v rozmezí 780 kg/m<sup>3</sup> až 810 kg/m<sup>3</sup> se v ČR nepoužívá. Toto palivo má výrazně lepší vlastnosti ve srovnání s motorovou naftou. Kromě uvedeného cetanového čísla má toto palivo ve srovnání s motorovou naftou poloviční obsah síry, výrazně nižší obsah aromátů (max. 1,1 % (m/m), přičemž obvyklý obsah v motorové naftě je cca 25 % (m/m)). Další parametry jako jsou destilační zkouška, bod vzplanutí, popel, koroze na mědi, celkový obsah nečistot, obsah vody, oxidační zkoušky, viskozita při 40 °C, obsah FAME, CFPP jsou u obou paliv shodné. Pro parafinickou naftu platí vzhledem k chemickému složení a nižšímu obsahu aromátů přísnější požadavek pro mazivost (max. 400 μm ve smyslu měření podle normy ČSN EN ISO 12156-1).

LPG pro pohon má kvalitu definovanou evropskou normou ČSN EN 589 [5]. Kvalita paliva je charakterizována oktanovým číslem, které se vypočte na základě složení. Oktanová čísla jednotlivých uhlovodíků rostou v řadě buteny < propen < butan < propan < isobutan. Proto je pro výsledné oktanové číslo důležité obsah propanu a isobutanu.

CNG – stlačený zemní plyn má kvalitu definovanou normou ČSN 65 6517 [6]. Důležitými ukazateli jsou obsah metanu, energetická hodnota vyjádřená Wobeho číslem, relativní hustota, obsah vody a obsah síry.

Kvalita paliv prodáváných na čerpacích stanicích v ČR je monitorována systémem popsaným ve vyhlášce MPO č. 516/2020 Sb. [1], který zajišťuje Česká obchodní inspekce. Vyhláška definuje počet vzorků jednotlivých druhů paliv, které se v průběhu roku odebírají, vyhláška současně stanovuje i rozsah zkoušek. Počet odebíraných vzorků vychází z počtu čerpacích stanic v ČR, kterých je cca 7000, z toho je cca 4000 čerpacích stanic veřejných. V průběhu roku se odebírá minimálně 1000 vzorků automobilových benzínů, 1200 vzorků motorových naft, 300 vzorků LPG, 40 vzorků CNG a 50 vzorků parafinické nafty. Monitoring se provádí od roku 2001 a za

toto období došlo k výraznému zlepšení kvality kontrolovaných paliv. Zatímco v letech 2003 až 2004 se podíl neshodných vzorků pohyboval v rozmezí 11,47 % až 9,12 %, postupně se kvalita díky systematické kontrole zlepšovala až na současnou úroveň v řádu desetin procenta neshod.

V době největšího podílu odchylek byly zjišťovány významné kontaminace paliv, které se projevily odchylkami u benzínů v průběhu destilační křivky a oktanových čísel, u motorových naft se jednalo o odchylky v průběhu destilační křivky a obsahu síry a v bodu vzplanutí v důsledku kontaminace benzínem nebo jeho parami. V současné době se odchylky v oktanových číslech a destilační křivce objevují pouze ojediněle, vesměs se jedná o odchylky v tlaku par v důsledku nedostatečné obměny zimního zboží za letní. Po zavedení benzínů E10 se objevují nedostatky ve špatném označení paliva (E5) i při vyšším obsahu etanolu. U motorových naft se objevují neshody v bodu vzplanutí, případně chyby ve vyšším obsahu FAME např. z důvodu chybného dávkování.

U LPG se v minulosti projevily nedostatky ve složení, především ve vysokém obsahu butenů a v důsledku toho v nízkém oktanovém čísle, občasné nedostatky byly i v obsahu síry. V současné době se odchylky v kvalitě LPG projevují jen výjimečně, obvykle se jedná o vyšší obsah síry. Nově byly zavedeny jakostní ukazatele obsah propanu s minimálním požadavkem 20 % (m/m) a obsah 1,3-butadienu s maximem limitovaným na <0,10 % (m/m). Limit na obsah propanu je plněn s rezervou, ani u obsahu 1,3-butadienu nebyly zjištěny zvýšené hodnoty. Složení LPG je v současné době stabilní a hodnota oktanového čísla je plněna s rezervou.

Za dobu kontroly vzorků CNG bylo zjištěno minimum odchylek, jednalo se o zvýšený obsah vody. V ostatních ukazatelích nebyly zjištěny žádné odchylky.

#### Význam jakostních ukazatelů

Při zveřejňování výsledků se ale často setkáváme se skutečností, že si veřejnost pod jednotlivými zkouškami neumí představit vazbu na užité vlastnosti paliv. Proto bychom chtěli čtenáře seznámit s jednotlivými zkouškami motorových paliv a jejich vztahem k užitém vlastnostem.

#### AUTOMOBILOVÉ BENZINY

Automobilové benziny jsou směs uhlovodíků, která destiluje v rozmezí cca 25 °C až 210 °C. Kromě uhlovodíků obsahuje benzin kyslíkaté látky. Ty se přidávají ve formě éterů pro zvýšení oktanového čísla. V posledních cca dvaceti letech se přidávají do paliv biopaliva. Do benzínu se přidává bioetanol buď přímo nebo ve formě kyslíkaté látky ethyl-terc-butyl-etheru (ETBE). Cílem přídavku biopaliv je snížení CO<sub>2</sub> při výrobě a používání paliv. Roční množství prodaného benzínu v ČR se pohybuje na úrovni cca 1,7 milionu tun. Po několikaletém poklesu prodeje jeho úroveň v posledních dvou letech stagnuje s náznakem mírného růstu.

#### Oktanová čísla

Mezi nejdůležitější jakostní ukazatele patří oktanová čísla, která charakterizují spalovací vlastnosti benzínu. Používají se dvě oktanová čísla označovaná jako oktanové číslo výzkumnou metodou (OČVM) a oktanové číslo motorovou metodou (OČMM). V Evropě je podle OČVM označují jednotlivé druhy

benzinu. Kvalita benzínu je stanovena evropskou normou ČSN EN 228, která uvádí oktanové číslo 95, kromě toho se prodává i benzin s minimálním oktanovým číslem 98, který má obvykle oktanové číslo 100 a patří mezi prémiová paliva. Výběr správného druhu paliva se provádí podle požadavků výrobce, který je uveden v technické dokumentaci k vozidlu.

Oktanová čísla se stanovují na zkušebním jednoválcovém motoru Waukesha. Podmínky pro stanovení oktanového čísla výzkumnou a motorovou metodou se liší podmínkami měření, oktanové číslo výzkumnou metodou se měří při 600 otáčkách za minutu a oktanové číslo motorovou metodou se měří při 900 otáčkách za minutu. Oktanové číslo výzkumnou metodou vyjadřuje vlastnosti benzínu při běžném provozu, oktanové číslo motorovou metodou vyjadřuje vlastnosti benzínu zejména při akceleraci. Rozdíl mezi OČVM a OČMM je obvykle cca 10 jednotek. Zajímavostí je, že v USA benziny označují u stojanů čerpacích stanic průměrem OČVM a OČMM (tzv. AKI – Anti Knock Index), takže to může svádět k domněnce, že jejich úroveň oktanových čísel je nižší než v Evropě.

#### Destilační zkouška

Destilační rozmezí benzínu je 25 °C až 210 °C. Pro dosažení potřebných spalovacích vlastností v zážehovém motoru je nutné, aby byl pokryt rozsah destilačního rozmezí zejména do 150 °C. Požadavky na průběh destilace jsou rozděleny do tří destilačních teplot 70 °C, 100 °C a 150 °C a konce destilace. Požadavek na minimální předdestilovaný objem při teplotě 70 °C je dán především nutností dosáhnout určité těkavosti směsi, tak, aby došlo k zážehu benzínu. Protože těkavost klesá s teplotou, je pro zimní období požadavek na předdestilovaný objem mírně vyšší. Předdestilovaný objem při druhé teplotě souvisí s akcelerací vozidla, zejména při jízdě v dálničním provozu. Předdestilovaný objem při třetí teplotě a konec destilace souvisí zejména s tvorbou úsad při spalování. Nižší předdestilovaný objem při 150 °C a vyšší konec destilace negativně ovlivňují tvorbu úsad ve spalovacím prostoru, na výfukových ventilech a současně ovlivňují životnost katalytického systému.

#### Složení benzínu

Složení benzínu významně ovlivňuje jeho spalovací vlastnosti a jeho emise. Kromě nasycených uhlovodíků obsahuje benzin i nenasycené uhlovodíky (olefiny) a aromatické uhlovodíky. Obsah olefinických uhlovodíků je limitován z důvodu menší oxidační stability a obsah aromatických uhlovodíků (max. 35 % (V/V)) je omezen z důvodu jejich horšího spalování a z důvodů požadavku na snižování emisí. Současně je limitován i obsah benzenu (max. 1 % (V/V)), který je podezřelou karcinogenní látkou.

Do složení patří i sledování obsahu kyslíkatých látek. Jedná se především o obsah etanolu a metanolu. Pro standardní benziny je limitován obsah metanolu na 3 % (V/V) a obsah etanolu na 5,0 % (V/V). To platí pro benziny s obsahem kyslíku do 2,7 % (m/m), obvykle se označuje E5. Kromě benzínu s nižším obsahem kyslíku je součástí uvedených evropských normy i benzin s vyšším obsahem kyslíku až do 3,7 % (m/m), obvykle se označuje E10 a odlišuje se tím, že obsah etanolu je maximálně 10,0 % (V/V).

#### Tlak par

Tlak par je důležitou veličinou automobilových benzínů z důvodu sledování jejich těkavosti. Pro zážeh benzínu je potřebná určitá těkavost, která se právě stanoví měřením tlaku par,

ktej se měří při 37,8 °C v jednocelovém speciálním zařízení a vyjadřuje v kPa jako ekvivalent tlaku suchých par (DVPE). V letním období je požadován pro zajištění startovatelnosti nižší tlak par (max. 60 kPa) s ohledem na vyšší venkovní teploty, vyšší tlak par by mohl v palivovém systému vytvářet parní polštář a způsobovat přerušování dodávky paliva. Současně by bylo riziko vyšších emisí paliva do vnějšího prostředí. U moderních automobilů s řídicí jednotkou takový problém není. V zimním období je potřeba, aby byl tlak par vyšší, a i při nízkých teplotách bylo dosaženo potřebné těkavosti, která je závislá na venkovní teplotě. Pro zimní období je limit pro maximální tlak par 90 kPa.

#### Obsah síry

Obsah síry má vliv na emise z automobilů a negativně ovlivňuje činnost katalytického systému, a proto je žádoucí co nejnižší obsah. Za posledních cca 20 let se snížil obsah síry v automobilových benzinech z původních 500 mg/kg na současnou úroveň, která je platná již od roku 2009, a je 10 mg/kg. V současné době není s dodržением limitu žádný problém, nastat může však např. při výměně výdejní hadice, která může z výroby obsahovat značné množství síry, a následně nedostatečným propláchnutím výdejního systému.

#### Hustota

Hustota paliv souvisí s jejich složením a destilačním rozmezím. Rozmezí pro hustotu je stanoveno od 720 kg/m<sup>3</sup> do 775 kg/m<sup>3</sup>. Horní limit souvisí s limitem pro aromatické uhlovodíky a některé kyslíkaté látky, zejména etanol. Nižší hustota by mohla nepříznivě ovlivňovat těkavost benzínu a jeho tlak par. Vyšší hustota benzínu může signalizovat i kontaminaci např. motorovou naftou.

#### Oxidační stabilita, koroze na mědi

Oxidační stabilita souvisí se složením benzínu, je důležitá především na skladování produktu a je žádoucí, aby palivo během dopravy a skladování nepodléhalo změnám ve složení a tím nedocházelo ke změně užitných vlastností. Podle oxidační stability lze usuzovat na sklon benzínu ke tvorbě pryskyřic.

Koroze na mědi za zvýšené teploty 50 °C podle normy ČSN EN ISO 2160 hodnotí vliv automobilového benzínu na barevné kovy. Pro zkoušku se používají měděné plíšky a hodnotí se jejich barevná změna po zkoušce porovnáním se standardní stupnicí. Požaduje se minimální vliv paliva na zkoušený materiál.

#### Obsah pryskyřic

Obsah pryskyřic souvisí s přítomností oxidačně nestabilních produktů v benzínu. Přítomnost pryskyřic v benzínu je nežádoucí a jejich vyšší obsah může negativně ovlivnit tvorbu úsad na sacích ventilech, ve spalovacím prostoru a pístech. Jejich obsah je v benzínu limitován na 5 mg / 100 ml. Stanovení se provádí metodou ČSN EN ISO 6246. Postup spočívá v odpaření benzínu tryskou při zvýšené teplotě 160 °C. Získaný zbytek se promyje heptanem a po vysušení se zváží.

#### Obsah kovů, olova a manganu

V minulosti automobilové benziny obsahovaly kovy, zejména olovo. Olovo obsahovaly sloučeniny, které se používaly jako zvyšovače oktanového čísla (tetramethyl olovo – TMO a tetraethyl olovo – TEO). Limit pro obsah olova je 5 mg/l, reálný obsah v benzinech je pod mezí detekce metody. Používání olovnatých benzínů je zakázáno již od roku 2001. Jako zvyšovače se používají v bezolovnatých benzinech

kyslíkaté látky, zejména étery: methylterbutyléter (MTBE) a ethylterbutyléter (ETBE) a také etanol. Druhým kovem, jehož sloučeniny se používaly jako zvyšovače oktanového čísla, je mangan. Jeho přítomnost je limitována od roku 2011 a v současné době je limitní hodnota 2 mg/l, reálné hodnoty obsahu jsou opět pod limitem stanovitelnosti metody.

Nízký obsah kovů, který je blízký nule, je potřebný pro dobrou funkčnost katalytického systému, olovo i mangan jsou pro tyto systémy katalytickými jedy.

#### **Přítomnost volné vody a mechanických nečistot**

Automobilový benzin musí být bez volné vody a mechanických nečistot, které mohou negativně ovlivnit funkčnost palivového filtru a způsobit přerušení dodávky paliva. Volná voda vzniká při skladování benzínu vlivem kondenzování vzdušné vlhkosti při teplotních změnách. Voda je v benzínu nerozpustná a usazuje se na dně nádrží. Proto je důležité odkalování nádrží v celém distribučním řetězci. Pokud benzin obsahuje etanol, nepůsobí voda obvykle žádné problémy, protože se v etanolu rozpustí. Obsah vázané vody je doporučeno kontrolovat, aby např. vlivem změny teploty nedošlo k jejímu oddělení, protože by mohla působit koroziivně.

#### **MOTOROVÉ NAFTY**

Motorové nafty jsou směs uhlovodíků, která destiluje v rozmezí cca 170 °C až 360 °C. Jedná se o směs plynového oleje a petrolejové frakce. Kvalita motorové nafty je určena jakostní normou ČSN EN 590. V posledních cca dvaceti letech se přidávají do paliv biopaliva. Do motorové nafty se přidává biopalivo. Většinou se jedná o FAME (metylestery mastných kyselin), obsah je limitován na 7 % V/V a jeho kvalita je definována normou ČSN EN 14214 [7]. Další možností je přidávek hydrogenovaných rostlinných olejů a živočišných tuků (HVO). Přídavek tohoto produktu, který má nižší hustotu než motorová nafta, je omezen limitem pro hustotu motorové nafty. Jeho kvalita je stanovena normou ČSN EN 15940. Cílem přídavku biopaliv je snížení produkce CO<sub>2</sub> při výrobě a používání paliv.

#### **Cetanové číslo, cetanový index**

Spalovací vlastnosti motorové nafty vyjadřují dva ukazatele, cetanové číslo a cetanový index. Cetanové číslo se měří na zkušebním jednoválcovém motoru. Cetanové číslo souvisí s prodlevou před vznícením paliva (žádoucí je krátká prodleva) a má vliv na hlučnost motoru a jeho startovatelnost za nízkých teplot.

Při měření vzorku se jeho spalovací vlastnosti srovnávají se spalovacími vlastnostmi referenčních směsí. Zkušební zařízení je velmi finančně náročné, proto se v některých případech nahrazuje cetanové číslo hodnotou cetanového indexu. Cetanový index je empiricky vypočtená hodnota z průběhu destilační křivky a hodnoty hustoty při 15 °C. Pro zvýšení cetanového čísla se používají zvyšovače na bázi nitrátů, nejznámější je 2-ethylhexylnitrát (2-EHN). Jeho vliv na cetanové číslo je možné zjistit jen měřením na motoru, cetanový index vliv zvyšovače nemůže podchytit. Přítomnost 2-EHN je možné stanovit metodou UV spektrometrie, což vyžaduje složitou úpravu vzorku, nebo se snadnější úpravou vzorku metodou infračervené spektrometrie. Obsah zvyšovače není jakostní normou pro naftu limitován.

#### **Hustota**

Hustota paliv souvisí s jejich složením a destilačním rozmezím. Rozmezí pro hustotu je stanoveno pro motorovou naftu pro mírné klima podle aktuální technické normy od 815 kg/m<sup>3</sup> do 845 kg/m<sup>3</sup>. Horní limit souvisí s limitem pro polyaromatické uhlovodíky a metylestery mastných kyselin, přídavek HVO hodnotu hustoty snižuje, pro větší možnost využití přídavku HVO byl spodní limit snížen na hodnotu 815 kg/m<sup>3</sup>. Vyšší hustota nafty může signalizovat i kontaminaci např. mazacím olejem, nižší hustota pod 800 kg/m<sup>3</sup> může signalizovat kontaminaci benzinem.

#### **Destilační zkouška**

Motorová nafta je směsí petrolejové frakce a plynového oleje, destiluje v rozmezí 170 °C až 360 °C. Pro dosažení dobrých spalovacích vlastností jsou stanoveny tři body destilační křivky. Předestilovaný objem při 250 °C je stanoven především pro omezení podílu petrolejové frakce, která má ve vznětovém motoru horší spalovací vlastnosti, ale v zimním období výrazně zlepšuje nízkoteplotní vlastnosti paliva. Další body destilační křivky (předestilovaný objem při 350 °C a teplota 95 % předestilovaného objemu) slouží především pro dosažení omezení obsahu vysokovroucích podílů, dosažení lepších spalovacích vlastností a nižších emisí nespálených uhlovodíků a emisí pevných částic.

#### **Obsah síry**

Obsah síry má vliv na emise z automobilů a negativně ovlivňuje činnost katalytického systému, a proto je žádoucí co nejnižší obsah. Za posledních cca 20 let se snížil obsah síry v motorových naftách z původních 1500 mg/kg na současnou úroveň, která je platná již od roku 2009, aktuální limit je 10 mg/kg. Obsah síry je při monitoringu kvality průběžně sledován a v současné době nejsou s dodržením limitu problémy, nastat může např. při výměně výdejní hadice, která může z výroby obsahovat značné množství síry, a následněm nedostatečném propláchnutí výdejního systému. U parafinické motorové nafty je limit jen 5 mg/kg, do současné doby nebyly u tohoto paliva zjištěny žádné problémy.

#### **Obsah manganu**

Kov, jehož obsah se sleduje v motorové naftě, je mangan. Používá se jako modifikátor spalování. Jeho přítomnost je limitována od roku 2011 a v současné době je limitní hodnota 2 mg/l, reálné hodnoty obsahu jsou pod limitem stanovitelnosti metody. Nízký obsah kovů, který je blízký nule, je potřebný pro dobrou funkčnost katalytického systému, například mangan je pro tento systém katalytickým jodem.

#### **Koroze na mědi, oxidační stabilita**

Koroze na mědi za zvýšené teploty 50 °C (podle ČSN EN ISO 2160) hodnotí vliv motorové nafty na barevné kovy. Pro zkoušku se používají měděné plíšky a hodnotí se jejich barevná změna po zkoušce porovnáním se standardní stupnicí. Požaduje se minimální vliv paliva na zkoušený materiál.

Oxidační stabilita motorové nafty je důležitou vlastností, která může signalizovat možnou tvorbu úsad. Oxidační stabilitu ovlivňuje negativně přítomnost nestabilních složek, jedná se především o uhlovodíky s dvojnou vazbou, zejména olefiny. Druhou složkou, která může negativně ovlivnit oxidač-



ní stabilitu motorové nafty je biosložka ve formě metylesterů mastných kyselin (FAME). Pro zlepšení oxidační stability se přidávají antioxidantní přísady. Oxidační stabilita motorové nafty se hodnotí dvěma způsoby. Podle první metody ČSN EN ISO 12205 se při teplotě 95 °C za přítomnosti kyslíku hodnotí množství vzniklých úsad, jejichž množství je limitováno na 25 g/m<sup>3</sup>. Druhá metoda (ČSN EN 15751) se používá pro motorové nafty s obsahem FAME nad 2 % (V/V) FAME. Provádí se při 110 °C za přítomnosti vzduchu a hodnotí se změna vodivosti vody, do které jsou jímány páry vzniklé při oxidačním procesu. Hodnotí se doba, ve které je dosaženo limitní hodnoty vodivosti. Výsledek se vyjadřuje v hodinách.

#### **Karbonizační zbytek, popel, bod vzplanutí v uzavřeném kelímku**

Karbonizační zbytek se stanovuje z 10 % destilačního zbytku (ČSN EN ISO 10370) a hodnotí sklon paliva k tvorbě uhlíkatých úsad. Tato hodnota je ovlivněna především přítomností těžších podílů. Zkouška se provádí rozkladem paliva bez přístupu vzduchu.

Obsah popela (ČSN EN ISO 6245) je ovlivněn přítomností sloučenin s obsahem kovů, stanovený limit 0,01 % (m/m) prakticky vylučuje jejich přítomnost v měřitelném množství. Zvýšený obsah popela může signalizovat kontaminaci např. mazacím olejem.

Bod vzplanutí (ČSN EN ISO 2719) je především bezpečnostním ukazatelem z hlediska zařazení motorové nafty do třídy hořlavosti. Bod vzplanutí nad 55 °C umožňuje zařazení paliva do 3. třídy hořlavosti. Z toho vyplývají pravidla pro manipulaci a skladování. Snížení bodu vzplanutí je obvykle způsobeno kontaminací automobilovým benzinem a znamená bezpečnostní riziko při provozu a manipulaci. Příkladem může být filtr pevných částic, který je regenerován vstříkovaním čistého paliva. V případě nižšího bodu vzplanutí než stanovený limit, může dojít vlivem vysoké teploty v katalytickém systému nejen k vypálení vzniklých částic, ale i k vzniku požáru a poškození vozidla. Bod vzplanutí motorové nafty se stanovuje v uzavřeném kelímku metodou podle Penskyho-Martense.

#### **Obsah polyaromatických uhlovodíků**

Polyaromatické a aromatické uhlovodíky zhoršují spalovací vlastnosti motorové nafty, polyaromatické uhlovodíky zvyšují obsah nespálených uhlovodíků a pevných částic v emisích. Z toho důvodu je jejich obsah limitován.

Také aromatické uhlovodíky mají negativní vliv na cetanové číslo motorové nafty, jejich obsah není jakostní normou limitován, ale obvykle nepřekračuje úroveň cca 25 % (m/m). Obsah obou složek se stanovuje metodou vysokoúčinné kapalinové chromatografie podle ČSN EN 12916. Parafinická nafta se obsahem aromatických a polyaromatických uhlovodíků výrazně liší od motorové nafty. Limit pro aromatické uhlovodíky 1,1 % (m/m) dává předpoklad lepšího spalování a výrazně nižší tvorby nežádoucích emisí pevných částic a nespálených uhlovodíků.

#### **Mazivost a kinematická viskozita**

V souvislosti se snižujícím se obsahem síry se důležitou vlastností stala mazivost motorové nafty. Mazivost se měří podle metody ČSN EN 12156-1 na přístroji označeném HFRR (high frequency reciprotating rig), kde se měří oděrová stopa vzniklá

při kmitavém pohybu ocelové kuličky po ocelové destičce, které odděluje měřené palivo. Mazivost lze upravit přidávkem mazivostních látek ve formě přísad nebo použitím přídatku FAME jako biopaliva. Mazivost výrazně ovlivňuje činnost vstříkovacího systému, který je v současné době vzhledem k pracovním podmínkám velmi citlivý na veškeré odchylky v kvalitě motorové nafty. Pro parafinickou motorovou naftu je vzhledem k jejímu složení přísnější limit pro mazivost 400  $\mu\text{m}$ .

Podobně souvisí s mazivostí kinematická viskozita motorové nafty, která se měří v kapilárním viskozimetru podle metody ČSN EN ISO 3104 při teplotě 40 °C. Pro kinematickou viskozitu motorové nafty a parafinické motorové nafty je stanoveno rozmezí (2 mm<sup>2</sup>/s - 4,5 mm<sup>2</sup>/s), obvyklé hodnoty pro motorovou naftu pro mírné klima se pohybují spíše v první polovině intervalu obvykle do 3 mm<sup>2</sup>/s. Pro motorovou naftu pro arktické klima jsou povoleny hodnoty od 1,5 mm<sup>2</sup>/s.

#### **Obsah FAME**

Motorová nafta i parafinická motorová nafta může obsahovat až 7 % (V/V) FAME (z angličtiny fatty acid methyl esters - methylestery mastných kyselin), které se do motorové nafty přidávají jako biopalivo pro snížení emisí CO<sub>2</sub> při výrobě a použití paliv. Uvedený limit je přijatý výrobci automobilů jako maximum pro použití ve vznětových motorech bez úprav. Vyšší obsahy FAME jsou v motorové naftě pouze v případech, kdy to schválí výrobce automobilu. Stanovení se provádí metodou infračervené spektrometrie v definovaném rozmezí vlnočtů. Pro stanovení se používá norma ČSN EN 14078.

#### **Obsah vázané vody a mechanických nečistot**

Voda i mechanické nečistoty jsou nežádoucími kontaminanty pro motorovou i parafinickou naftu. Obsah vody se stanovuje titrací podle Karl Fischera coulometrickou metodou ČSN EN ISO 12937. Pro vázanou vodu je stanoven limit 200 mg/kg, produkce obvykle obsahuje vázanou vodu v množství do 100 mg/kg. Pro motorovou naftu je obsah vody nad 200 mg/kg rizikový, protože může dojít k oddělení kapek volné vody, která v palivovém systému může způsobit korozi. V distribučním řetězci je třeba bránit kontaminaci vodou a zejména skladovací nádrže pravidelně odkalovat. Je nutné si uvědomit, že přítomnost FAME, která je polární látkou, riziko kontaminace vodou zvyšuje.

Mechanické nečistoty mohou poškodit vstříkovací systém a ucpávat palivový filtr. Proto je přítomnost mechanických nečistot v motorové i parafinické naftě limitovaná na obsah 24 mg/kg. Mechanické nečistoty se stanovují metodou membránové filtrace podle ČSN EN 12662, velikost pórů filtru je 0,7  $\mu\text{m}$ . Velikost pórů palivových filtrů se obvykle pohybuje v rozmezí 2  $\mu\text{m}$  až 5  $\mu\text{m}$ . V distribučním systému není s přítomností nečistot problém, při tankování ze stojanů čerpací stanice je obsah nečistot na úrovni cca do 10 mg/kg. V aktualizované normě, která bude v letošním roce schválena, je nově zaveden limit pro obsah částic velikosti nad 4  $\mu\text{m}$ , a to 10 000 částic/ml. Důvodem zavedení limitu byly problémy s abrazivními nečistotami, které jak bylo zjištěno, se dostávají do distribučního systému zemí EU především při dovozu ze zemí mimo EU. Proto bylo stanoveno, že kontrola bude probíhat na místech, kde dochází k příjmu zboží ze zemí mimo EU nebo u výrobců a na místech mísení FAME do motoro-

vé nafty. Stanovení se provádí čítačem částic podle normy IP 630.

### Nízkoteplotní vlastnosti

Nízkoteplotní vlastnosti motorové nafty se liší v závislosti na klimatu. Česká republika patří do mírného klimatického pásma. Pro mírné klimatické pásmo je stanoveno celkem šest tříd (A až F). Pro Českou republiku jsou stanoveny tři třídy v závislosti na klimatických podmínkách v průběhu roku. Pro období od 15. dubna do 30. září platí třída B s teplotou filtrovatelnosti 0 °C, pro přechodná období od 1. 10. do 15. 11. a od 1. 3. do 14. 4. platí třída D s teplotou filtrovatelnosti -10 °C. Pro zimní období od 16. 11. do konce února platí třída F s teplotou filtrovatelnosti -20 °C. Kromě motorové nafty pro mírné klima se vyrábí i motorová nafta pro arktické klima (A), která má pět tříd vybraných vlastností (hustota při 15 °C, viskozita při 40 °C, teplota filtrovatelnosti, teplota zákalu, cetanový index a cetanové číslo). V České republice se vyrábí pro speciální použití třída A2. Maximální teplota filtrovatelnosti je 2 °C a teplota zákalu je -22 °C. Teplota filtrovatelnosti je zkouškou, která simuluje průchod paliva palivovým filtrem za studena. Teplotu filtrovatelnosti ovlivňují krystaly parafinů, které při ochlazení krystalizují. Proto se teplota vylučování parafinů motorové nafty upravuje, pro mírné klima pro přechodné a zimní období na úroveň cca -6 °C až -8 °C, pro arktické klima je úroveň teploty vylučování parafinů pro třídu A2 -22 °C. Pro zlepšení teploty filtrovatelnosti motorové nafty se používají přísady, které zabraňují shlukování a usazování parafinů.

### LPG

#### Oktanové číslo výpočtem

Oktanové číslo se vypočítá na základě složení stanoveného plynovou chromatografií. Pro každý typ uhlovodíku je stanoven faktor jeho příspěvku k oktanovému číslu. Výsledné oktanové číslo je součtem příspěvků jednotlivých příspěvků. Největší příspěvek mají propan a butany, negativně působí alkeny.

#### Obsah propanu

U LPG je důležitá zejména pro zimní období i těkavost směsi vyjádřená tlakem par. Pozitivně působí zejména propan, a proto je důležitý jeho minimální podíl. Ve vzorcích odebíraných v rámci monitoringu kvality je požadavek na minimální obsah 20 % (m/m) v průběhu celého roku plněn s rezervou.

#### Obsah 1,3-butadienu

1,3-butadien je karcinogenní látkou, a proto je jeho obsah limitován na maximum <0,10% (m/m). Limit je plněn, zjišťované množství je obvykle pod mezí stanovitelnosti metody.

#### Přítomnost sulfanu

Přítomnost sulfanu se kontroluje z důvodu jeho korozivního působení, při kontrolách nebyla jeho přítomnost zjištěna.

#### Obsah síry

Obsah síry je pravidelně kontrolován, limit je až na výjimky plněn, odchylky jsou vesměs způsobeny externí kontaminací.

#### Zbytek po odpaření

Vyjadřuje podíl výševroucích produktů, které zhoršují těkavost LPG a podporují tvorbu úsad. Stanovený limit je plněn s rezervou.

### Koroze na mědi

Korozi na mědi a barevných kovech by mohly způsobit sirné sloučeniny, žádné odchylky nebyly zjištěny.

### CNG

#### Obsah metanu

Limit pro obsah metanu je dlouhodobě plněn s velkou rezervou, minimální hodnota je 85 % molárních, zjišťovaná hodnota je > 90 % molárních

#### Wobbeho číslo

Vyjadřuje energetickou hodnotu zemního plynu, jedná se o podíl spalného tepla a druhé odmocniny relativní hustoty, veličina je obecně důležitá pro záměnnost energetických plynů.

#### Relativní hustota

Je podíl hmotnosti zemního plynu a stejného objemu vzduchu.

#### Obsah síry

Zahrnuje síru obsaženou v zemním plynu a odorantu, stanovený limit po odorizaci je plněn.

#### Obsah vody

Vyjadřuje vlhkost zemního plynu, která zhoršuje jeho vlastnosti a může způsobit korozi. Stanovený limit je plněn.

### ZÁVĚR

Z uvedeného přehledu vyplývá, že kvalita automobilových paliv je podrobně stanovena produktovými i zkušebními normami na evropské úrovni převzatými do systému ČSN a ze závaznými národní legislativou. Jsou tak vytvořeny velmi dobré předpoklady pro monitoring kvality paliv. Všechny používané metody mají stanoveny údaje o preciznosti a aktualizují se v souladu s rostoucími požadavky na kvalitu paliv.

### Literatura:

- [1] Vyhláška č. 516/2020 Sb., o požadavcích na pohonné hmoty a provedení některých dalších ustanovení zákona o pohonných hmotách
- [2] Česká technická norma ČSN EN 228 Motorová paliva - Bezolovnaté automobilové benziny - Technické požadavky a metody zkoušení
- [3] Česká technická norma ČSN EN 590 Motorová paliva - Motorové nafty - Technické požadavky a metody zkoušení
- [4] Česká technická norma ČSN EN 15940 Motorová paliva - Parafinické motorové nafty získané syntézou nebo hydrogenací - Technické požadavky a metody zkoušení
- [5] Česká technická norma ČSN EN 589 Motorová paliva - Zkapalněné ropné plyny (LPG) - Technické požadavky a metody zkoušení
- [6] Česká technická norma ČSN 656517 Motorová paliva - Stlačený zemní plyn - Technické požadavky a metody zkoušení
- [7] Česká technická norma ČSN EN 14214 Kapalné ropné výrobky - Methylestery mastných kyselin (FAME) pro vznětové motory a topné oleje - Technické požadavky a metody zkoušení
- [8] Zprávy o výsledcích sledování složení a jakosti pohonných hmot 2001-2022, MPO, ČOI

# Odběr a analýza vodíku pro dopravní účely

## Sampling and analysis of hydrogen for transport purposes

MGR. KAREL MARSCHNER, PH.D.  
SGS CZECH REPUBLIC, S.R.O.

### Úvod

Česká republika se intenzivně připravuje na přechod k čistějším a udržitelnějším zdrojům energie, přičemž vodík hraje klíčovou roli v dekarbonizační strategii země. Aktualizovaná Vodíková strategie ČR, schválená vládou v roce 2024, stanovuje jasné cíle a plány pro integraci vodíku do dopravního sektoru. Tato strategie reflektuje závazky vyplývající z evropské legislativy, jako je směrnice o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů (RED) [1] a Nařízení o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva (AFIR) [2].

*The Czech Republic is intensively preparing for the transition to cleaner and more sustainable energy sources, with hydrogen playing a key role in the country's decarbonisation strategy. The updated Hydrogen Strategy of the Czech Republic, approved by the government in 2024, sets clear goals and plans for the integration of hydrogen into the transport sector. This strategy reflects obligations arising from European legislation, such as the Directive on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources (RED) [1] and the Regulation on the Implementation of Infrastructure for Alternative Fuels (AFIR) [2].*

Hlavní plány a cíle [3] zahrnují budování infrastruktury a rozvoj vodíkových vozidel. Do roku 2031 má být vybudována síť vodíkových čerpacích stanic podél hlavních tras Transevropské dopravní sítě (TEN-T) v intervalu každých 200 kilometrů, s kumulativní kapacitou 1 tuny vodíku výdeje denně. Kromě toho budou čerpací stanice umístěny ve všech městských uzlech. Tento krok je zásadní pro podporu vodíkové mobility, zvláště pro dálkovou nákladní dopravu, autobusovou dopravu.

Národní akční plán čisté mobility počítá s nasazením různých typů vodíkových vozidel, včetně osobních automobilů, autobusů, nákladních vozidel a regionálních vlaků. Do roku 2030 by mělo být v provozu 3000 osobních automobilů, 800 lehkých užitkových vozidel, 200 autobusů, 380 nákladních vozidel a 6 regionálních vlaků na vodíkový pohon. Vodíková vozidla přinášejí výhody v podobě rychlého plnění nádrží a delšího dojezdu ve srovnání s bateriovými vozidly, což je zvláště důležité pro nákladní dopravu a veřejnou dopravu na delší vzdálenosti.

### Odběr vzorků vodíku

Odběr a analýza vodíku pro dopravní účely jsou klíčové pro zajištění kvality a bezpečnosti paliva používaného ve vodíkových stanicích. Tento proces vyžaduje specifické vybavení a postupy, které musí splňovat mezinárodní standardy, aby byla zajištěna konzistence a přesnost analýzy.

Pro zajištění bezpečného a efektivního provozu palivových článků PEM je nutné, aby vodík používaný jako palivo splňoval přísné kvalitativní požadavky. Tyto požadavky jsou definovány v mezinárodním standardu ISO 14687 a evropské normě EN 17124. Normy ISO 14687 a EN 17124 specifikují čistotu vodíku, požadující minimální čistotu 99,97 % a maximální přípustné koncentrace nečistot, jako jsou oxidy uhlíku (CO a CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), amoniak (NH<sub>3</sub>), kyslík (O<sub>2</sub>), helium (He), dusík (N<sub>2</sub>), argon (Ar), vodní pára (H<sub>2</sub>O), formaldehyd (HCHO), kyselina mravenčí (HCOOH), chlorovodík (HCl) a dalších látky, které mohou být přítomny ve vodíku distribuovaném v rámci infrastruktury pro alternativní paliva.





### Stabilita kontaminantů při odběru vzorků

Odběr a analýza vodíku jsou technicky náročné procesy, které vyžadují dodržování několika klíčových faktorů, aby se předešlo falešně pozitivním nebo negativním výsledkům. Jedním z hlavních aspektů je stabilita kontaminantů v různých typech tlakových lahví. Kontaminanty, jako jsou oxid uhelnatý (CO), oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) a další, mohou mít rozdílnou stabilitu v závislosti na typu lahve použité pro odběr vzorků. Například lahve, jejichž vnitřní povrch byl speciálně upraven, aby se dosáhlo chemické inertnosti a minimalizovaly adsorpční vlastnosti, umožňují reprezentativní odběr a skladování některých kontaminantů po dobu až dvou měsíců. Konkrétní způsoby této úpravy jsou často předmětem obchodního tajemství výrobce, ale po jejich aplikaci mohou lahve zajišťovat stabilitu kontaminantů až po dobu čtyř měsíců [4].

Některé kontaminanty, jako jsou sírné a halogenované sloučeniny, jsou vysoce reaktivní a mohou interagovat s vnitřním povrchem lahví nebo s jinými kontaminanty ve vzorku. To může vést k jejich ztrátě nebo přeměně na jiné sloučeniny, což může zkreslit výsledky analýzy [5]. Doba, po kterou je vzorek transportován do analytické laboratoře, může rovněž ovlivnit stabilitu kontaminantů. Některé kontaminanty, jako je amoniak a formaldehyd, vykazují ztrátu již během prvních 24 hodin po odběru [4]. To znamená, že vzorky obsahující tyto kontaminanty musí být analyzovány co nejdříve, aby se minimalizovala ztráta a zajistila se reprezentativnost.

Správné postupy odběru vzorků, včetně proplachování a správné manipulace s vybavením, jsou nezbytné pro zajištění reprezentativnosti vzorků. Bez důkladného proplachování může například dojít ke kontaminaci vodou nad mezní hodnotou ISO 14687, což může vést k falešně pozitivním výsledkům. Přítomnost více než jednoho kontaminantu ve vzorku může způsobit vzájemné interakce, které ovlivní stabilitu a koncentraci jednotlivých složek. Například kyselé kontaminanty, jako je kyselina mravenčí, mohou reagovat s vodou nebo s amoniakem, což může ovlivnit přesnost měření [4].

### Vzorkovací zařízení

Vzorkovnice, neboli zařízení pro odběr vzorků vodíku, musí splňovat několik důležitých kritérií, aby byla zajištěna správná reprezentativnost a bezpečnost vzorků. Jedním z hlavních požadavků je vysokotlaková odolnost. Vzorkovnice musí být schopny odolat maximálnímu provoznímu tlaku čerpacího systému, který může dosahovat až 70, MPA (8750 psi).

Existuje několik metodik odběru vodíku, které se liší v přístupu a vybavení používaném k zajištění odběru vzorků [6]. Mezi hlavní metody patří "gas serial" a "gas parallel" přístupy, které využívají různé techniky a zařízení pro odběr vzorků přímo na čerpacích stanicích. Gas serial přístup zahrnuje odběr vzorků přímo do vzorkovnice, zatímco gas parallel přístup používá T-kus k paralelnímu plnění vzorkovnice a vozidla. Tento článek se podrobněji zaměří na dvě specifické metodiky: ASTM D7606 [7], která je široce používána v USA, a japonský přístup.

### Metodiky odběru vzorků: ASTM D7606 a japonský přístup

Tento článek se zaměřuje na dvě specifické metodiky:

ASTM D7606, která je široce používána v USA, a japonský přístup.

#### ASTM D7606

Metoda ASTM D7606 je v současnosti používána v USA pro odběr vzorků vodíku na čerpacích stanicích. Vzorkovací zařízení, nazývané Hydrogen Quality Sampling Apparatus (HQSA), je navrženo tak, aby umožňovalo odběr vzorků při tlacích 35 nebo 70, MPA. Systém obsahuje přípojovací zařízení k výdejní pistoli, výfukovou trubici, rychlospojky, tlakové regulační ventily a vzorkovnici. Vzorkovnice je válec s dvěma ventily o objemu 1 litr, který je vnitřně potažen silikonem pro minimalizaci adsorpce kontaminantů. Po připojení HQSA k výdejní pistoli se ventiluje vodík do atmosféry přes výfukovou trubici. Odběrové zařízení je nejprve proplachováno průchodem cca 1 kg vodíku. Samotné plnění vzorkovnice se provádí snížením tlaku v HSQA na 6,9, MPA, přičemž po naplnění vzorkovnice se otevřou tlakové uvolňovací ventily a vodík je uvolněn ze zbytku vzorkovacího zařízení.

#### Japonský přístup

Japonský přístup ke vzorkování vodíku je založen na jednodušším systému, který se skládá z přípojovacího zařízení, tlakového regulátoru, bezpečnostních ventilů a vzorkovnice. Vzorkovací zařízení zahrnuje tlakový a teplotní senzor pro zajištění bezpečnosti během procesu vzorkování. Vzorkovnice je vyrobena z manganové oceli, má objem 46,7 litru a je vnitřně leštěná pro minimalizaci adsorpce kontaminantů. Procedura v japonském přístupu zahrnuje čištění vzorkovnice vodíkem a následné udržování ve vakuu. Vzorkovnice je připojena k přípojovacímu zařízení, které je propláchnuto vodíkem, přičemž se obvykle použije 1 kg vodíku. Plnění vzorkovnice probíhá do dosažení dostatečného množství vodíku, které je monitorováno pomocí tlakových a teplotních senzorů [6].

#### Harmonizace metod a normy ISO

Vzhledem k těmto výzvám a celosvětové harmonizaci byla zavedena norma ISO 19880-9, která defacto zaštiťuje tyto jednotlivé přístupy odběru vzorků vodíku, obsahuje 5 metod (A – E), přičemž metody D a E se zabývají odběrem pevných částic obsažených ve vodíku. ISO 19880-9 pomáhá minimalizovat variabilitu v postupech odběru a zajišťuje, že všechny vzorky jsou odebrány a analyzovány podle jednotných kritérií, čímž se zvyšuje přesnost a důvěryhodnost výsledků analýzy.

#### Analytické metody pro stanovení nečistot

Pro analýzu nečistot ve vodíku se používá několik analytických technik [8]. Mezi hlavní metody patří:

- plynová chromatografie (GC) v různých konfiguracích
- infračervená spektroskopie (FTIR),
- elektrochemické senzory
- chemiluminiscence.

Pro podrobnosti o vhodnosti jednotlivých metod pro specifické aplikace jsou uvedeny v tabulce 1. Dále budou popisovány jednotlivé metody stanovení.

#### Plynová chromatografie (GC)

Plynová chromatografie (GC) je analytická technika používaná k separaci a analýze těkavých látek. Pomocí inertního nosného plynu transportuje vzorek skrz kapilární kolonku, kde

dochází k separaci složek vzorku na základě jejich fyzikálních a chemických vlastností. Detekce oddělených složek je možná různými typy detektorů, což umožňuje identifikaci a kvantifikaci specifických látek.

V případě vodíku je GC ideální pro detekci metanu, oxidu uhličitého, oxidu uhelnatého a dalších plynů, které mohou ovlivnit výkon palivových článků.

**Plynová Chromatografie s Hmotnostní Spektrometrií (GC-MS):**

GC-MS kombinuje schopnost plynové chromatografie separovat chemické látky s citlivostí a specifikací hmotnostní spektrometrie. Po separaci látek v GC kolonce jsou analyty ionizovány a jejich molekulové ionty jsou detekovány podle jejich hmotnosti a náboje. Tato metoda je velmi účinná pro detekci a identifikaci stopových množství organických a anorganických sloučenin. GC-MS je zvláště užitečná pro detekci nečistot, jako jsou formaldehyd a metan, díky své vysoké citlivosti a selektivitě [8].

- GC-MS s „Jet Pulse Injection“: Tato metoda se používá pro stanovení oxidu uhličitého, argonu, dusíku, kyslíku a vody ve vzorcích vodíku pod vysokým tlakem. „Jet Pulse Injection“ umožňuje vstříkávání vzorku do plynového chromatografu při vysokém tlaku, aniž by bylo nutné snižovat tlak vzorku. Díky tomu je objem vzorku nezávislý na tlaku, což zlepšuje přesnost měření. Metoda využívá plynovou chromatografii ve spojení s hmotnostní spektrometrií (GC-MS). [9]
- GC-MS with Pre-concentrator: Prekoncentrační zařízení je technika používaná k zvýšení citlivosti detekce nečistot ve vzorcích plynu. Zařízení pracuje na principu zachytávání nečistot při velmi nízkých teplotách před jejich přenosem do GC kolony. To umožňuje detekci velmi nízkých koncentrací

organických halidů, nemetanových uhlovodíků a formaldehydu ve vodíku [10].

**Plynová Chromatografie s Teplotně vodivostním detektorem (GC-TCD):**

GC-TCD využívá detektor tepelné vodivosti, který měří změny tepelné vodivosti plynů procházejících detektorem. Tato metoda je univerzální a umožňuje detekci široké škály plynů, včetně vodíku, kyslíku, dusíku a oxidu uhličitého. Výhodou TCD je jeho neselektivnost, což znamená, že může detekovat všechny plyny, které mají tepelnou vodivost odlišnou od nosného plynu [11].

**Plynová Chromatografie s Plamenným Ionizačním Detektorem (GC-FID):**

GC-FID používá plamenný ionizační detektor, který ionizuje organické sloučeniny v plameni vodíku a vzduchu. Přes ionizované částice prochází elektrický proud, který je měřen a kvantifikován. GC-FID je vysoce citlivá metoda, ideální pro analýzu uhlovodíků a jiných organických látek. Při analýze vodíku se používá k detekci těkavých organických sloučenin a inertních plynů. Díky své citlivosti a širokému rozsahu detekce je GC-FID často používána v petrochemickém průmyslu a pro environmentální analýzy [12].

**Plynová Chromatografie s Chemiluminiscenčním Detektorem (GC-SCD):**

GC-SCD je specializovaná metoda pro detekci sloučenin síry. Detektor využívá chemiluminiscenční reakci, při které se sloučeniny síry oxidují a produkují záření. Toto záření je měřeno a kvantifikováno, což umožňuje detekci velmi nízkých koncentrací síry ve vzorcích. GC-SCD je neocenitelná pro analýzu síry v palivech a pro environmentální studie [13].

**Plynová Chromatografie s Elektrochemickým Pulzním Detektorem (GC-EPD):**

Tabulka 1 shrnutí analytických metod pro jednotlivé nečistoty

Technika	Nečistoty															
	Amoniak	Argon	Celkové uhlovodíky	Celkové uhlovodíky (mimo methanu)	Celkový obsah sirmých sloučenin	Dusík	Formaldehyd	Halogenované sloučeniny	Helium	Kyselina mravenčí	Kyslík	Methan	Oxid uhelnatý	Oxid uhličitý	Voda	
GC	Hmotnostní detektor															
	Tepelně vodivostní detektor															
	Plamennově ionizační detektor															
	Chemiluminiscenční detektor															
Spektrometrie	Infračervená spektrometrie															
	CRDS															
Kapalinová chromatografie	Iontová chromatografie															
	Vysokoúčinná Kapalinová chromatografie															

GC-EPD je analytická metoda používaná pro stanovení nečistot ve vodíku. Elektrochemický pulzní detektor je citlivý na různé typy nečistot díky své schopnosti detekovat elektroaktivní látky. Tato metoda je vhodná pro detekci kontaminantů, jako jsou oxidy uhlíku (CO a CO<sub>2</sub>), a je využívána pro svou vysokou citlivost a selektivitu. GC-EPD umožňuje přesné měření velmi nízkých koncentrací nečistot, což je klíčové pro zajištění kvality vodíku používaného v palivových článcích.

## Spektrometrie

### FTIR (Infračervená Spektroskopie s Fourierovou Transformací)

Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací (FTIR) je technika, která měří absorpci infračerveného záření vzorkem. Každá chemická látka absorbuje infračervené záření na specifických vlnových délkách, což vytváří unikátní absorpční spektrum. FTIR spektrometry používají interferometry ke generování spektra Fourierovou transformací. Tato metoda je velmi užitečná pro identifikaci organických i anorganických látek, analýzu funkčních skupin v molekulách a studium chemických reakcí [14]. Při analýze vodíku se používá ke zjištění přítomnosti organických nečistot, jako je formaldehyd, amoniak, voda a oxidy uhlíku.

### CRDS (Cavity Ring-Down Spectroscopy)

Cavity Ring-Down Spectroscopy (CRDS) je technika založená na měření doby, po kterou světlo zůstává uvězněno v optické dutině obsahující analyzovaný vzorek. V této metodě je světlo několikrát odraženo mezi zrcadly uvnitř dutiny, a intenzita světla klesá v důsledku absorpce vzorkem. Měření této doby umožňuje velmi citlivou detekci stopových množství množství oxidu uhličitého, vody a dalších plynů ve vodíku. CRDS je obzvláště vhodná pro detekci nečistot ve vodíku a dalších čistých plynech [15].

## Kapalinová chromatografie

Kapalinová chromatografie je analytická technika používaná k separaci, identifikaci a kvantifikaci složek směsí v kapalně fázi. Tato metoda využívá mobilní fázi (kapalinu) a stacionární fázi (kolonku) k dosažení separace na základě interakcí mezi analyty a stacionární fází. Vzhledem k tomu že vodík je plyn je potřeba nejprve provést předúpravu vzorku, aby mohla být kapalinová chromatografie použita. [8]

### Předúprava vzorku:

Před použitím HPLC je nutné vzorek vodíku předem upravit, aby bylo možné analyzovat těkavé organické a anorganické nečistoty. Existuje několik technik předúpravy, které umožňují efektivní zachycení nečistot z plynného vodíku:

- **Bublání plynu skrz impinger:** Vodík je propuštěn skrz roztok, který absorbuje nečistoty. Výběr roztoku závisí na typu nečistoty, která má být analyzována. Pro analýzu kyseliny mravenčí se například používá alkalický pufr.
- **Spalování vzorku:** Produkty spalování jsou zachyceny v oxidačním absorpčním roztoku, což umožňuje analýzu sloučenin jako fluor, chlór a síra.
- **Adsorpce na koloně:** Vodík se adsorbuje na koloně a poté je eluován do kapalně fáze, což umožňuje jeho následnou analýzu pomocí HPLC. Tato metoda je ideální pro analýzu

zu formaldehydu a dalších těkavých organických nečistot ve vodíku.

### Vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC)

Vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC) je vylepšená forma kapalinové chromatografie, která poskytuje vyšší rozlišení, rychlost a citlivost. HPLC používá vysokotlaké pumpy k prohánění mobilní fáze skrz kolonku naplněnou stacionární fází. Detektory pak analyzují složky eluentu. HPLC s UV-Vis (ultrafialová a viditelná oblast) detektorem se používá pro analýzu formaldehydu ve vodíku po adsorpci na adsorpčních trubicích. [10]

### Iontová chromatografie (IC)

Iontová chromatografie je specializovaná forma kapalinové chromatografie, která se používá k separaci a analýze aniontů a kationtů ve vodných roztocích. Používá iontoměničové kolonky a vodné roztoky jako mobilní fázi. IC po zachycení na pevné fázi se používá k měření amoniaku a halogenovaných sloučenin ve vodíku. [8]

## Závěr

Česká republika se rozhodla pro ambiciózní cestu směrem k udržitelnější budoucnosti, kde vodík hraje klíčovou roli v dekarbonizační strategii. Vodíková strategie, schválená vládou v roce 2024, představuje konkrétní cíle pro integraci vodíku do dopravního sektoru, včetně vybudování rozsáhlé infrastruktury vodíkových čerpacích stanic a nasazení různých typů vodíkových vozidel.

Pro zajištění efektivní a bezpečné implementace této strategie je nezbytné dodržovat přísné normy kvality vodíku, definované v mezinárodních standardech ISO 14687 a EN 17124. Analýza vodíku je však složitý proces, který vyžaduje kombinaci různých analytických technik. Použití metod jako je plynová chromatografie, infračervená spektroskopie, hmotnostní spektrometrie a další specializované techniky je nezbytné pro přesnou detekci a kvantifikaci širokého spektra nečistot. Tato komplexnost nejen zvyšuje nároky na technologické vybavení a odbornou způsobilost, ale také se výrazně projevuje na nákladech spojených s analýzou. Aby byla zajištěna důvěryhodnost výsledků, je klíčové, aby odběry a analýzy prováděly laboratoře, které prokázaly svou odbornou způsobilost prostřednictvím akreditace dle normy ISO 17025. Tato akreditace garantuje, že laboratoře poskytují přesné výsledky. Například laboratoř společnosti SGS ve Francii je vybavena k provádění analýz vodíku a splňuje tyto vysoké standardy, což zajišťuje spolehlivost a přesnost jejich výsledků.

## Bibliografie

- [1] „Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/2001 ze dne 11. prosince 2018 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů.“
- [2] „Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2023/1804 ze dne 13. září 2023 o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva a o zrušení směrnice 2014/94/EU“.
- [3] „<https://www.mpo.gov.cz/cz/prumysl/strategie-projekty/vodikova-strategie-cr-aktualizace-2024-schvalena-vladou--282165/> (dostupné dne 8. 8. 2024)“.



- [4] „Morris, A., et. al. (2021). Challenges in hydrogen fuel sampling due to contaminant behaviour in different gas cylinders. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(35), 18167–18178. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.02.220>“.
- [5] „Arrhenius K, Murugan A, Baquart T MetroHyve report A4. 1. 1 Sampling from hydrogen refuelling stations. <https://www.sintef.no/globalassets/projectweb/metrohyve-2/metrohyve-report-a4.1.1.pdf> (dostupné dne 8. 8. 2024)“.
- [6] „Arrhenius, K. et al. (2021). Strategies for the sampling of hydrogen at refuelling stations for purity assessment. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(70), 34839–34853. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.08.043>“.
- [7] „ASTM D7606-24 Standard Practice for Sampling of High Pressure Hydrogen and Related Fuel Cell Feed Gases“.
- [8] „Beurey, C., et al (2021). Review and survey of methods for analysis of impurities in hydrogen for fuel cell vehicles according to ISO 14687:2019. *Frontiers in Energy Research*, 8. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2020.615149>“.
- [9] „ASTM D7649-19 Standard Test Method for Determination of Trace Carbon Dioxide, Argon, Nitrogen, Oxygen and Water in Hydrogen Fuel by Jet Pulse Injection and Gas Chromatography/Mass Spectrometer Analysis (Withdrawn 2023)“.
- [10] „Arrhenius, K., Anna, A., Yaghooby, H., Engelbrektsson, J., and Niklas, S. (2015). Analysis of hydrogen quality according to standard ISO/DIS 14687-2. <https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/18581/analysis-of-hydrogen-quality-energiforskrapport->“.
- [11] „Brown, A. S., et. al., Review and Survey of Methods for Analysis of Impurities in Hydrogen for Fuel Cell Vehicles According to ISO 14687:2019. *Front. Energy Res.*, (8) 2021, <https://doi.org/10.3389/fenrg.2020.615149>“.
- [12] „ASTM D7675-15 Standard Test Method for Determination of Total Hydrocarbons in Hydrogen by FID-Based Total Hydrocarbon (THC) Analyzer“.
- [13] „ASTM D7652-11 Standard Test Method for Determination of Trace Hydrogen Sulfide, Carbonyl Sulfide, Methyl Mercaptan, Carbon Disulfide and Total Sulfur in Hydrogen Fuel by Gas Chromatography and Sulfur Chemiluminescence Detection (Withdrawn 2020)“.
- [14] „ASTM D7653-18 Standard Test Method for Determination of Trace Gaseous Contaminants in Hydrogen Fuel by Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy“.
- [15] „ASTM D7941/D7941M-23 Standard Test Method for Hydrogen Purity Analysis Using a Continuous Wave Cavity Ring-Down Spectroscopy Analyzer“.

Článek prošel recenzním řízením.

## Nemrznoucí směsi v nepřímých systémech chlazení a topení

### *Antifreeze fluids in indirect systems for cooling and heating*

JAN SKOLIL  
CLASSIC OIL S.R.O.

V posledním desetiletí došlo k výraznému nárůstu používání nemrznoucích směsí v nepřímých systémech chlazení a topení. Velkou část těchto náplní tvoří vodné roztoky na bázi glykolů. Ty jsou častokrát aplikovány velmi amatérsky, bez obsahu inhibitorů koroze, odpěňovačů, stabilizátorů, konzervantů, změkčovačů vody a dalších přísad. To ve svých důsledcích velmi rychle vede ke zhoršení funkčnosti systému, jeho výpadkům či dokonce mechanickému poškození s velmi nákladnou opravou.

*Secondary refrigerants are used in indirect systems. They are based mainly on glycols, especially propylene glycol. In industry there is a lot of application where uninhibited glycols are used without corrosion inhibitors, preservative, foam control agent and other additives. It can lead to worse thermo-physical properties of liquid, failure of system or its mechanical damage with expensive repair.*

#### **Použití nemrznoucích směsí**

Rozvod tepla nebo chladu, vyprodukovaného v primárním okruhu, je možný pomocí okruhu sekundárního. Protože se tento nepřímý systém převodu energie může dostat do styku

s potravinami, v případě úniku i do kontaktu s člověkem nebo životním prostředím, používají se takové látky, které nejsou člověku nebezpečné. Kromě nároků na dobré teplosměnné vlastnosti a z důvodů nenáročnosti na výkon čerpadel i nízké viskozity, je nutné od náplně nepřímého systému chlazení požadovat nemrznoucí vlastnosti. Důvodů může být několik. Předně zásobník nebo jiné části okruhu mohou být ve vnějším prostředí mimo objekt, takže v důsledku střídání ročních období jsou vystaveny mrazu. Celý systém chlazení nebo topení se také může nacházet uvnitř budovy, ale během celoročního používání dochází k natolik dlouhým přestávkám, že by vlivem vnější teploty mohlo dojít k zamrznutí a poškození okruhu v místě, které není úplně izolováno. A třetím případem pak je samotný transport média o teplotě, kterou neumožňuje obyčejná voda, tedy pod bodem jejího tuhnutí. Takto je nemrznoucí směs využívána hlavně u chladičů, zimních stadiónů a některých pivovarů.

#### **Výběr nemrznoucí látky**

Pokud je systém chlazení nebo topení z důvodů své velikosti, požadavků na bezpečnost provozu nebo i jiných

Tab. 1 Porovnání rychlosti koroze vody a glykolů s i bez inhibitorů.

Materiál	Rychlost koroze v cm za rok*				
	Voda	Ethylenglykol	Propylen-glykol	Ethylen-glykol s inhibitory koroze	Propylen-glykol s inhibitory koroze
Měď	0,02	0,04	0,04	0,03	0,05
Pájka	0,80	14,4	8,81	0,04	0,01
Mosaz	0,06	0,12	0,05	0,03	0,04
Ocel	2,46	11,3	2,49	0,01	0,01
Litina	5,38	14,1	4,11	0,03	0,04
Silumin	3,35	5,03	0,46	0,11	0,07

\*Založeno na korozním testu dle normy ASTM D1384 při 88 °C, během 336 hodin s probubláváním. Všechny glykoly byly testovány jako 33 obj. % roztok demineralizované vody.

vybaven sekundárním okruhem, používají se nemrznoucí kapaliny zejména na bázi glykolů. Oproti kapalinám složeným z anorganických solí, tzv. solanek (nejčastěji uhličitán draselný a chlorid vápenatý) a organických solí draselných (octan, mravenčan) mají výhodu zejména v menší korozní agresivitě a možnosti použití levnějších konstrukčních materiálů. Roztoky solí lze přenášet teplo obvykle jen v nerez nebo náročně legovaných ocelích. Naopak určitou nevýhodou glykolů je jejich vyšší viskozita stoupající s jejich obsahem ve směsi a horší odbouratelnost ve vodním prostředí. Dají se však využívat v širokém spektru teplot od cca -40 °C (chlazení) až po 110 °C (topení) a při vědomosti si jejich nedostatků lze eliminovat také jejich dvě výše jmenované nevýhody. Stejně jako u chladicích kapalin automobilů [1] jsou jejich základními složkami vícesytné alkoholy, tradičně glykoly. Používají se látky jako ethan-1,2-diol (ethylenglykol), diethylenglykol, propan-1,2-diol (propylenglykol), propan-1,2,3-triol a nověji i perspektivní propan-1,3-diol [2].



Obr. 1 Zkorodovaná část přepouštěcí klapky sekundárního okruhu teplosměnného systému.

### Glykoly ve vodě

Ethylenglykol a diethylenglykol jsou zdraví škodlivé při požití pro člověka a vyšší savce. Nebezpečné jsou zejména svým bezbarvým vzhledem, nearomatickostí a lehce nasládlou chutí – tedy zaměnitelností s pitnou vodou. Pokud by tělem prošly nezměněné, člověku by neškodily [3]. Nebezpečný produkt je zejména štavelan vápenatý, který poškozuje

ledviny a játra. Při otravě krátce po požití se proto jako první pomoc podává menší množství alkoholu, který je tělem metabolizován přednostně a škodlivé glykoly tak projdou tělem beze změny. Přesto se i v České republice najde několik potravinářských provozů, které mají v sekundárním okruhu jako náplň ethan-1,2-diol. Důvodem použití jedovatého glykolu může být kromě menších nákladů oproti propylenglykolu také lepší tekutost - viskozita, která se však významně projevuje jen za nižších teplot provozu a při vyšší koncentraci glykolu ve vodném roztoku. Naštěstí většina nepřímých teplosměnných systémů v republice obsahuje jako nemrznoucí látku propan-1,2-diol nebo jeho směs s jinými neškodnými vícesytnými alkoholy.

### Nároky na konstrukční složení okruhu

Z hlediska materiálového složení je použitelnost glykolů velmi variabilní. Jako těsnicí materiály jsou prověřené EPDM a SBR pryže. Pokud je v konstrukci okruhu použito z nějakých důvodů plastových trubek (LDPE, HDPE a PP), je jejich odolnost vůči glykolům téměř neomezená [4]. Co se týče kovových konstrukčních materiálů, je vyjma zinku uvnitř potrubí možná velmi široká škála kovů. Kromě lehkých materiálů z mědi a hliníku, resp. jejich slitin jako mosazi nebo siluminu, je možné použít různých železných potrubí od litiny až po ocel, z těžkých kovů pak i olovnatou pájku. Toto však platí jen v případě, že nemrznoucí směsí na bázi glykolů obsahují inhibitory koroze. Samotný glykol (jedno jaký) je pro kovy stejně korozivní jako voda a jeho neošetřená směs s vodou je dokonce více korozně agresivní, než samotná látka, jak je zřejmé z tab. 1 [5, 6]. Mimo samotného materiálového složení je důležité se při tvorbě designu sekundárního okruhu vyhnout častým záhybům potrubí a užším profilům, které mohou přispívat mimo jiné k tvorbě úsad.

### Vylepšení nemrznoucích směsí

Vzhledem k možnosti aplikace velkého spektra kovů konstruktéry i jejich širokého funkčního rozsahu, je k omezení korozní agresivity v roztocích glykolů nutné použití inhibitorů určité škály. Od prvotního používání chromanů, fosfátů nebo dusitanů bylo již naštěstí upuštěno. V posledním přípa-

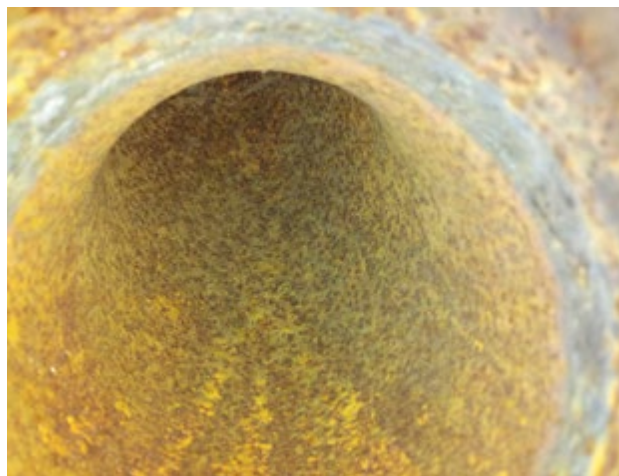
dě kromě samotné toxicity této soli také z důvodů možnosti vzniku karcinogenních nitrosoaminů, v případě, že by byly k úpravě a stabilizaci hodnoty pH použity aminy [7]. Hodnota pH cirkulujícího média je totiž společně s množstvím rozpuštěného kyslíku v médiu velmi důležitým parametrem z hlediska životnosti kapaliny v systému. Příliš vysoké pH by neumožňovalo použití zejména barevných kovů a kyselé prostředí pak zase spouští korozi téměř všech konstrukčních materiálů včetně železa a jeho slitin. Proto je důležité hodnotu pH stabilizovat aditivami, tzv. puframi. Nemrznoucí kapaliny mohou mít také vlivem různých okolností často zvýšenou pěnovitost, zvláště za vyšších teplot, je tedy nezbytné nutné používat tzv. odpěňovadel. Ta pomáhají odstranit jak hlučnost, která bývá způsobena právě nadbytkem plynu v kapalině, tak i částečně případnou kavitační korozi.

### Více jak deseti složková směs

Dalšími nezbytnými složkami v glykolových nemrznoucích směsích jsou látky eliminující vliv tvrdosti vody. Vzhledem k relativně velkému objemu budoucí odpadní kapaliny, pak nejlépe bez obsahu fosfátů – fosforu. Pokud je to zákazníkem vyžadováno, nemrznoucí směsi se kvůli snazší detekci úniku ze systému barví, v případě potřeby lze použít i barvivo viditelné pouze pod UV lampou. Jedním z posledních aditiv, které bývá použito je biocid, tedy konzervant, protože propylenglykol a jiné neškodlivé glykoly mohou být živnou půdou pro růst mikroorganismů. Jeho dávkování není však úplně nezbytné, neboť nutnost této ochrany je závislá na typu a koncentraci alkoholů ve vodném roztoku, přítomnosti ostatních složek, zejména inhibitorů koroze, v médiu, a hlavně provozních podmínkách zařízení. Podstatné jsou zejména faktory jako kontinuálnost provozu, teplotní spád a rychlost proudění. Tedy činitelé stejně tak ovlivňující korozní chování média v systému. Důležitým parametrem je také kvalita vody použité k ředění. Měla by mít co nejnižší obsah chloridů a síranů, podporujících korozi, ale i ostatních solí, nicméně by neměla být úplně deionizovaná. [8]

### Odstraňující příklady z praxe

V souvislosti s nárůstem aplikací nemrznoucích směsí se bohužel začaly vyskytovat i případy, kdy byl do systému použit pouze vodný roztok propylenglykolu bez jakýchkoliv aditiv. Příčinou je možná neznalost problematiky použití těchto kapalin při tvorbě projektů sekundárních okruhů, podcenění jejich korozní agresivity a nejčastěji pak také amatérismus u realizačních firem, hlavně menších topenářských, které v rámci úspory nákladů jsou schopny takové záměny provádět. Nejparadoxnější na tom je, že nákupní cena obyčejného propylenglykolu použitého do systému je pro ně častokrát vyšší, než kdyby použili nemrznoucí směs do topení s aditivami od renomovaného výrobce. Následky takového počínání jsou pak zřejmé z přiložených obrázků (obr. 1 a 2). Chyby v některých případech dokonce dospěly do takového stádia, že jeden nejmenovaný koncový zákazník měl v projektu napsáno, že do systému má být použit „Ethylen-glykol“, a on tedy ten „Ethyl“ objednal. Obdržel však levnější „Ethyl alkohol“. Co se v topném systému mohlo stát vlivem záměny vysoce hořlavé-



Obr. 2 Detail koroze potrubí při použití neošetřeného propylenglykolu.

ho lihu a ve vodném roztoku nehořlavého glykolu, už nechám na vaší fantazii. Odlišnost obou látek byla naštěstí krátce po zprovoznění systému odhalena.

### Chybí jednotící norma

Je zřejmé, že pro tyto aplikace chybí nějaká jednotící norma, která by určovala, jaké parametry musí nemrznoucí směs v sekundárním okruhu splňovat. Podobně, jako je například pro aplikaci nemrznoucích směsí v automobilech k dispozici široká škála mezinárodních standardů jejich výrobců i univerzálních ASTM norem jak pro posouzení jejich kvality, tak pro metodiku měření jednotlivých parametrů [7, 9]. Chybí detailní ČSN pro definici zejména nemrznoucích a teplosměnných vlastností. Dle posledních zkušeností hlavně pro posouzení korozivity použité směsi a doporučení vhodných konstrukčních materiálů a těsnění. Velmi často je totiž v různých stavebních projektech velkých administrativních komplexů napsáno: použijte nemrznoucí směs na bázi propylenglykolu, nebo jen glykol (viz obr. 3). Takže nemůže být ani divu, že tak dochází velmi často k výše popsaným záměnám. Naopak znalost konstrukčního složení teplosměnného systému a jeho provozních podmínek předem umožňuje těm nejvyspělejšími výrobcům nemrznoucích kapalin pro koncového zákazníka navrhnout výrazné úspory. Nejenže dokážou navolit takovou kombinaci alkoholů – glykolů, že směs není nebezpečná, ale má i lepší teplosměnné vlastnosti a nižší viskozitu. Zejména však kombinací různých inhibitorů koroze s využitím jejich synergie může být významně prodloužena minimální výměnná lhůta těchto kapalin a zákazníkům také nabídnuta nižší cena oproti „univerzální“ nemrznoucí směsi s aditivami pro všechny běžné typy kovů v systému.

Jan Skolil, CLASSIC Oil, s. r. o., Kladno, jskolil@classic-oil.cz

### Literatura:

[1] Skolil J., Čorňák Š.: Chladicí kapaliny – jejich vývoj, hodnocení a požadavky norem. In: *Sborník z konference*



Příslušenství

Bez výroby ledu  
5 programovatelnými relé  
Standardní reset teploty chlazené vody  
Tlakový diferenciál v chladicí jednotce a % výstupního RLA  
Bez vstupu pro kontrolní přístroj chladiča

RTHD B1 C1 D1

Denní provoz

R134a - 1 okruh - 1 šroubový kompresor

Výkony	
Chladicí výkon	543,57 kW
Účinnost	5,70 EER (kW/kW)
Náplň chladiva R134a	222 kg
Akustický tlak (korekce A v 1 m)	80 dBA

	<u>Výparník</u>	<u>Kondenzátor</u>
Vstupní teplota	12,00 C	29,00 C
Výstupní teplota	6,00 C	35,00 C
Průtok	21,56 l/s	28,01 l/s
Tlaková ztráta	21,2 kPa	39,5 kPa
Faktor znečištění teplosměnné plochy	0,017615 m <sup>2</sup> -deg K/kW	0,044037 m <sup>2</sup> -deg K/kW
Počet průchodů	3	2
Typ kapaliny	Voda	Etylénglykol
Hmotnostní koncentrace ethylénglykolu	0 %	35 %

Obr. 3 Náhled textu projektu teplosměnného systému se strohou specifikací nemrznoucí směsi – glykolu.

REOTRIB 2012. Velké Losiny, ISBN 978-80-7080-812-2, str. 83–90.

[2] Solný T.: *Nemrznoucí teplotnosné kapaliny na bázi polyolů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, fakulta che-

mická, 2012. 53 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Josef Kotlík, CSc.

- [3] Marhold J.: *Přehled průmyslové toxikologie – Organické látky, svazek 1*. Praha: Avicenum, zdravotnické nakladatelství, 1986. 760 s.
- [4] Ignatowicz M.: *Corrosion aspect in indirect system with secondary refrigerants*. Stockholm: Master of science thesis. KTH Industrial engineering and management, 2008. 148 s.
- [5] ASTM D1384 - 05 – *Standard Test Method for Corrosion Test for Engine Coolants in Glassware*. West Conshohocken, Pennsylvania: ASTM International, 2005. 8 s.
- [6] *Dowtherm vs. Dowfrost - A comparison Ethylene glycol and Propylene glycol*. Firemní materiál The Dow Chemical Company, USA, 1999. 8 s.
- [7] *VW TL 774 - 10-2009, Koncernová norma: Chladicí přísada na bázi ethylénglykolu*. Wolfsburg: Volkswagen Aktiengesellschaft, 2009. 13 s.
- [8] Skolil J.: Voda vhodná k ředění provozních kapalin. *Tribotechnika* 5 (6) 38–40 (2012).
- [9] *ASTM D3306 - 10 - Standard Specification for Glycol Base Engine Coolant for Automobile and Light-Duty Service*. West Conshohocken, Pennsylvania: ASTM International, 2010. 6 s.

Článek prošel recenzním řízením.

## Nekvalitní automobilová paliva: Nedbalost, nebo úmysl?

### *Low-quality automotive fuels: Negligence or intent?*

PAVEL ŠIMÁČEK, ZLATA MUŽÍKOVÁ  
VŠCHT PRAHA, TECHNICKÁ 5, 16628 PRAHA 6

V příspěvku jsou analyzovány příčiny výskytu nekvalitních automobilových benzinů a motorových naft prodávaných na českém trhu. Rozlišeny jsou přitom případy kontaminace paliv při distribuci a pravděpodobné úmyslné přídavky různých kapalin do standardních automobilových paliv. Obecně lze konstatovat, že většina nevyhovujících vzorků paliv nesplňuje předepsané parametry z důvodu vzájemné kontaminace motorových naft a automobilových benzinů.

*The paper analyses the causes of the occurrence of poor quality petrol and diesel fuels sold on the Czech market, distinguishing between cases of contamination of fuels during distribution and probable intentional addition of various liquids to standard automotive fuels. In general, it can be stated that most of the non-compliant fuel samples do not meet the prescribed parameters due to the mutual contamination of diesel and petrol fuels.*

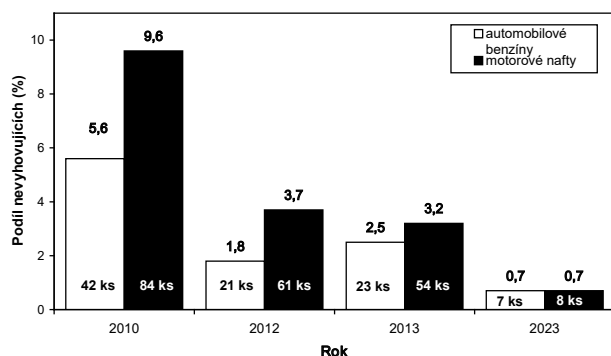
#### 1. Kvalita automobilových paliv na čerpacích stanicích

Česká obchodní inspekce (ČOI), která v ČR zajišťuje monitorování kvality automobilových paliv na čerpacích sta-

nicích, zveřejňuje pravidelně na svých webových stránkách výsledky svých kontrol. Zveřejňovaná data obsahují jak počty odebraných a nevyhovujících vzorků, tak informace o počtu vzorků, které nesplnily konkrétních parametry paliv, předepsané příslušnými specifikacemi (ČSN EN 228 pro automobilové benziny a ČSN EN 590 pro motorové nafty) [1,2]. Analýzou dat výsledků monitoringu si lze vytvořit dobrý přehled o tom, jaké parametry jednotlivých druhů paliv jsou nejproblematictější, a jaké nedostatky se vyskytují jen sporadicky [3].

Je potěšitelné, že od roku 2010 došlo k výraznému snížení počtu nevyhovujících vzorků jak u motorových naft, tak u automobilových benzinů, jak je patrné z obr. 1 [4]. Na zlepšení kvality paliv má bezesporu vliv navýšení počtu odebraných vzorků v roce 2012 na více než dvojnásobek (dané legislativně) a zveřejňování čerpacích stanic, u kterých byly zjištěny nedostatky v kvalitě paliva [4,5].

Některé případy odhalení prodeje nevyhovujících paliv bývají často medializovány, což může mít na jedné straně pozitivní vliv na zvyšování kvalitu paliv, na straně druhé



Obr. 1: Podíl nevyhovujících vzorků z celkového počtu odebraných vzorků motorových paliv (každý rok bylo odebráno: cca 600 ks vzorků v roce 2010, cca 1300 ks od roku 2012 od každého druhu paliva)

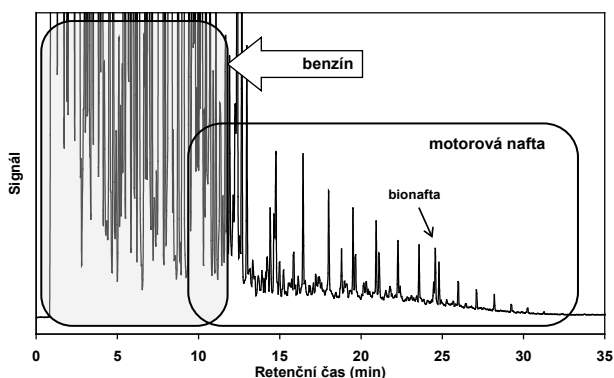
však může docházet ke zkrácené interpretaci, a to jak širokou, tak i odbornou veřejností, příp. orgánů státní správy. V rámci výzkumu na VŠCHT Praha byly zjišťovány příčiny v odchylkách parametrů nevyhovujících paliv od předepsaných hodnot.

## 2. Automobilové benzíny

V období kolem roku 2013 byl jedním z kritických parametrů u nevyhovujících vzorků automobilových benzínů konec destilace. Podíl vzorků s nevyhovujícím koncem destilace na celkovém počtu nevyhovujících vzorků překračoval 50 %, v roce 2013 pak dokonce 80 %. Plynově-chromatografickou analýzou nevyhovujících vzorků bylo zjištěno, že příliš vysoký konec destilace byl u všech vzorků jednoznačně způsoben přítomností motorové nafty. Tyto vzorky obsahovaly nejčastěji přibližně 2–5 % hm. motorové nafty, ve dvou případech však dosahoval obsah nafty 14, resp. 35 % hm. Je tedy zřejmé, že nejčastější nedostatek automobilových benzínů, vysoký konec destilace, není způsoben „pančování“ standardního benzínu“, ale zcela evidentně kontaminací motorovou naftou, ke které došlo během distribuce z důvodu nedbalosti či záměny (střídání přepravovaných paliv v nádrži, výplach motorové nafty ze zádrže prvků stáčecího systému apod.). Na obr. 2 je pro ilustraci uveden chromatogram nevyhovujícího benzínu kontaminovaného naftou.

Přítomnost motorové nafty v benzínu snižuje i oktanové číslo. Většina vzorků benzínů s nevyhovujícím koncem destilace měla současně i nevyhovující, nebo alespoň mírně nižší, oktanové číslo (zpravidla oktanové číslo stanovené výzkumnou i motorovou metodou). Při obsahu nafty 2–5 % se přitom jednalo většinou o odchylky v desetínách až jednotkách oktanových jednotek (max. 2 jednotky). U menšího počtu vzorků nevyhovujících benzínů byly zjištěny odchylky v oktanovém čísle, aniž by měly tyto benzíny současně příliš vysoký konec destilace. Není bez zajímavosti, že tyto vzorky neobsahovaly etanol.

Naopak příliš vysoký obsah etanolu byl v letech 2010–2012 zjištěn přibližně u 20 % vzorků nevyhovujících benzínů,



Obr. 2: Chromatogram nevyhovujícího vzorku automobilového benzínu (konec destilace: 262 °C) obsahujícího cca 3 % motorové nafty (obsahuje bionaftu)

v roce 2013 však již monitoring kvality paliv žádný takový benzín neodhalil. Důležité je, že odchylky v obsahu etanolu byly ve většině případů poměrně velké, diskutované nevyhovující benzíny obsahovaly běžně 30–60 % obj. etanolu (ČSN EN 228 povoluje max. 5 % obj.). Z toho lze usuzovat, že etanol byl do benzínu přidán úmyslně, pravděpodobně ve formě daňově zvýhodněného paliva E85, příp. ve formě denaturovaného lihu. Z ekonomického hlediska dává pančování benzínu palivem E85 smysl, neboť díky daňovému zvýhodnění je cena tohoto paliva přibližně o 10 Kč/l nižší než cena automobilového benzínu. Fyzikálně-chemické vlastnosti etanolu způsobují, že takto ředěné benzíny mají rovněž nevyhovující celkový obsah kyslíku doprovázený zpravidla i příliš vysokým množstvím podílu odpařeným při 100 °C (parametr destilace).

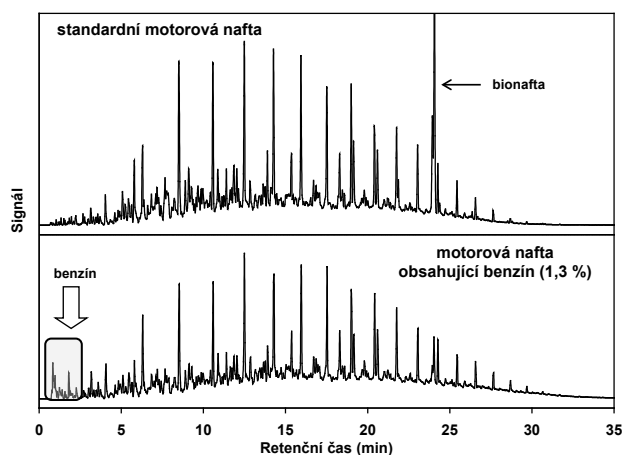
Ostatní než výše diskutované parametry automobilových benzínů bývají nevyhovující spíše sporadicky a lze je přičíst spíše kontaminaci menšího rozsahu, či nedbalosti související s přechodem paliv mezi zimní a letní kvalitou (tlak par).

## 3. Motorové nafty

Příliš nízký bod vzplanutí (<55 °C) je dlouhodobě nejčastějším nedostatkem nevyhovujících motorových naft. Nevyhovující bod vzplanutí byl v období kolem roku 2013 zjištěn u 55–76 % všech nevyhovujících vzorků motorových naft. Plynově-chromatografickou analýzou nevyhovujících vzorků bylo zjištěno, že příliš nízký bod vzplanutí byl u všech analyzovaných vzorků jednoznačně způsoben přítomností benzínové frakce. Namátkovou analýzou vybraných vzorků metodou GC-MS byly ve vzorcích nevyhovujících motorových naft identifikovány typické komponenty automobilových benzínů, včetně specifických kyslíkatých látek (MTBE, ETBE), čímž bylo potvrzeno, že nízkovroucí benzínová frakce představuje automobilový benzín. Motorové nafty s nevyhovujícím bodem vzplanutí obsahovaly nejčastěji 0,3–1,3 % hm. automobilového benzínu. Typický chromatogram motorové nafty kontaminované benzínem je uveden na obr. 3.

Vzhledem k poměrně malému rozdílu v ceně automobilového benzínu a motorové nafty a s přihlédnutím k velice nízkému obsahu benzínu v naftě je zřejmé, že se nejedná

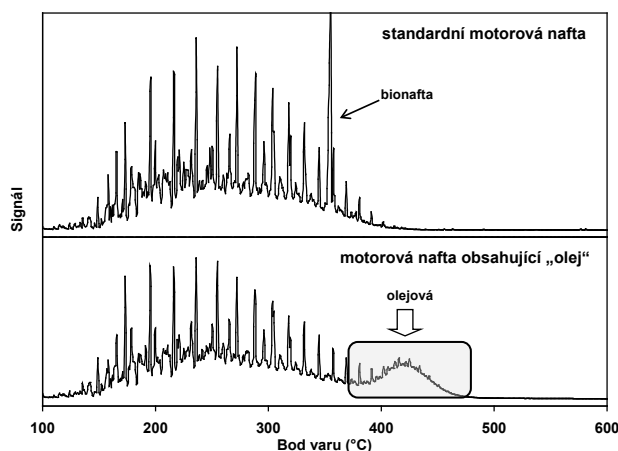
o pančování, nýbrž o kontaminaci motorové nafty automobilovým benzínem. Lze předpokládat, že ke kontaminaci motorové nafty dochází podobným mechanismem jako v případě kontaminace automobilového benzínu motorovou naftou (střídání přepravovaných paliv v nádrži, výplach benzínu ze zádrže prvků stáčecího systému apod.). Vedle toho může být motorová nafta kontaminována i benzínovými parami, které zkondenzují v parním prostoru nádrže. K tomu může dojít např. v případě, kdy jsou z nějakého důvodu propojeny parní prostory skladovacích nádrží na benzín a naftu nebo je do špatného místa připojeno rekuperační potrubí odvádějící benzínové páry. Bod vzplanutí motorové nafty je na přítomnost benzínu velice citlivý, ještě o něco více než jak je citlivý konec destilace automobilového benzínu na přítomnost motorové nafty. Nevyhovujícího bodu vzplanutí „lze dosáhnout“ již při obsahu benzínu v naftě nižším než 1 % [6].



Obr. 3: Chromatogram standardní motorové nafty a nevyhovujícího vzorku motorové nafty (bod vzplanutí:  $<20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) obsahující cca 1,3 % automobilového benzínu

Přibližně 20 % vzorků nevyhovujících motorových naft mělo nedostatky v parametrech destilační zkoušky. Parametry se týkají konce destilační křivky, konkrétně pak teploty, při které predestiluje 95 % obj. vzorku (T95) a množství vzorku, které predestiluje při teplotě  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$  (R350). Všechny vzorky, které nevyhovují v parametru R350 současně nevyhovují i v parametru T95, ale nikoliv naopak. Při plynově-chromatografické analýze vzorků, které nesplnily oba výše uvedené kvalitativní ukazatele, bylo zjištěno, že vzorky obsahují přibližně 10–20 % výševroucí olejové frakce. Průběhy chromatografických záznamů většinou neodpovídají motorové naftě s vyšším koncem destilace, ale odpovídají spíše směsím tvořených motorovou naftou a těžší frakcí, která naftu částečně překrývá. Destilační rozmezí diskutovaných olejových frakcí není vždy zcela stejné, avšak jejich charakter stejný je. Ve všech případech se musí jednat o produkty hluboké hydrogenační rafinace, resp. hydrokrakování. Motorové nafty obsahující tyto frakce totiž mají vyhovující obsah síry ( $<10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) a standardní hustotu, což znamená, že olejové frakce musí být rovněž bezsrir-

né a pro udržení dostatečně nízké hustoty při vyšším bodu varu musí mít i velice nízký obsah aromatických uhlovodíků. Naopak viskozita těchto olejových frakcí je vyšší než viskozita standardní motorové nafty. Přídavek takové frakce se tedy kromě nevyhovujících parametrů destilace projeví i na viskozitě, která je sice z hlediska normy ČSN EN 590 naprosto v pořádku ( $<4,5\text{ mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ), nicméně nezvykle vysoká ( $>3,0\text{ mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ). Typický chromatogram vzorku nevyhovující motorové nafty obsahující výše zmíněnou olejovou frakci je uveden na obr. 4.



Obr. 4: Chromatogram standardní motorové nafty a nevyhovujícího vzorku motorové nafty (R350 = 78,5 % obj., T95 =  $404\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) obsahující cca 15 % olejového hydrogenátu (chromatogramy jsou transformované do souřadnic signál vs. teplota varu)

Poměrně vysoký obsah (10–20 %) olejových hydrogenátů v motorových naftách nasvědčoval tomu, že se jedná o úmyslné „pančování“ a nikoliv o kontaminaci. K diskusi je pak samozřejmě otázka (stejně jako v případě přídavku paliva E-85 do automobilových benzínů benzínu), v jakém bodě distribučního řetězce byla olejová frakce do nafty přimíchána. Byl olej přidán do nafty ve skladovacích nádržích čerpací stanice nebo byla „pančovaná“ motorová nafta dovezena na čerpací stanici dopravcem paliva bez ohledu na to, zda o tom dopravce věděl či nikoliv? Není jisté bez zajímavosti, že velice podobné, v některých případech dokonce identické, chromatografické záznamy byly zjištěny při analýze různých kapalin dovezených do ČR ze zahraničí. Tyto kapaliny byly přitom nejčastěji deklarovány jako různé typy více či méně specifikovaných olejů.

Jak již bylo řečeno, některé vzorky motorových naft nevyhovují v destilačním parametru T95, ale požadavek na parametr R350 splňují. Většina těchto vzorků rovněž naplňuje rysy přimíchání frakce olejového hydrogenátu do standardní motorové nafty s tím rozdílem, že obsah oleje v naftě je nižší (do 10 %). Může se tedy jednat o směs „vyrobenou“ přimícháním menšího množství oleje do nafty nebo došlo ke smíchání „více pančované“ nafty se standardním palivem (např. ve skladovací nádrži čerpací stanice).



Vedle příliš nízkého bodu vzplanutí (kontaminace nafty benzínem) a nevyhovujících parametrů konce destilační křivky (přídavek olejové frakce do standardní motorové nafty) byl v letech 2010–2013 u tří, resp. pěti vzorků nafty překročen povolený obsah síry, což lze pravděpodobně přičíst stopové kontaminaci paliva. Výjimku představuje pouze rok 2012 (11 vzorků s příliš vysokým obsahem síry), kdy došlo k technologické závadě v rafinerii a na čerpací stanice tak byla nešťastnou shodou okolností krátkodobě distribuována motorová nafta s vyšším obsahem síry přímo od výrobce [7]. Ostatní než výše diskutované kvalitativní ukazatele motorových naft bývají nevyhovující jen v zcela ojedinělých případech (CFPP, oxidační stabilita či obsah FAME).

#### 4. Závěr

Analýzou výsledků standardních kvalitativních ukazatelů nevyhovujících vzorků automobilových paliv v kombinaci se speciálními plynově-chromatografickými analýzami bylo zjištěno, že hlavní příčinou výskytu nekvalitních paliv je jednoznačně vzájemná kontaminace automobilových benzínů a motorových naft, ke které dochází během distribuce. Detailní analýzou odebraných vzorků lze kromě vzájemné kontaminace odhalit také úmyslné přidávání nestandardních frakcí do motorové nafty nebo vysoký podíl ethanolu v benzínu.

Zavedením pravidelných kontrol a zvýšení počtu odebraných vzorků se podařilo zlepšit kvalitu pohonných hmot na současné hodnoty nevyhovujících vzorků 0,7 % z celkově

odebraných motorových naft i automobilových benzínů [8]. Přitom hlavní příčinnou nevyhovující kvality je aktuálně nevyhovující bod vzplanutí u motorových naft a nevyhovující tlak par u automobilových benzínů. Ani jeden z nevyhovujících parametrů však nemá negativní vliv na chod motoru

#### Literatura

- [1] Česká technická norma ČSN EN 228 – Motorová paliva – Bezolovnaté automobilové benzíny – Technické požadavky a metody zkoušení“.
  - [2] Česká technická norma ČSN EN 590 – „Motorová paliva – Motorové nafty – Technické požadavky a metody zkoušení“.
  - [3] Šimáček P.: Analýza parametrů a výsledků kontroly jakosti paliv. Sborník 18. konference REOTRIB 2012, Velké Losiny, 2012, s. 19–24.
  - [4] [www.coi.cz](http://www.coi.cz) (staženo 12. 3. 2014 a 20. 8. 2024)
  - [5] Česká technická norma ČSN EN 14274 – Hodnocení kvality automobilového benzínu a motorové nafty – Systém monitorování kvality paliv.
  - [6] Mužíková Z., Šimáček P., Hála S.: Kontaminace motorové nafty benzínem. Sborník 12. konference REOTRIB 2006, s. 158–164.
  - [7] [www.petro.cz](http://www.petro.cz) (staženo 18. 3. 2014)
  - [8] Výsledky monitoringu jakosti motorových paliv u čerpacích stanic ČR / ČOI, [www.cappo.cz](http://www.cappo.cz) (staženo 20. 8. 2024)
- Článek prošel recenzním řízením.



## Zkoušení detergentních vlastností paliv na motorech dle metodik CEC

*Testing of detergent properties of motor fuels on engines according to CEC methodologies*

ING. LADISLAV FUKA

*The cleanliness of the engine and its components has a huge impact on all its characteristics - combustion efficiency, emissions, durability and more. The processes inside the drive unit are so complex that they are virtually impossible to simulate with*

*standard, even special laboratory testing without the use of operationally authentic equipment, and so full-size engines located on brake test benches within engine test facilities come into play. They are the main tool for verifying the functionality of deter-*

*gent additives in the development of new formulations, but also for monitoring their effectiveness as a function of their concentration in the fuel.*

### 1.1 Slovo úvodem

I v době překotné snahy o násilnou elektrifikaci motorových vozidel bychom neměli zapomínat na klasický způsob pohonu, tedy pohonu spalovacím motorem, který nám umožnil náš současný a pohodlný způsob života a který tady s námi bude dozajista ještě několik desetiletí. Princip využívání přeměny chemické energie uhlovodíkového paliva na energii kinetickou je v dnešní době stále ještě nenahraditelný a nahraditelným se v blízké době nestane. I přes všechny překážky a byrokratická zatížení, které jsou uměle kladeny na vývojáře a producenty spalovacích motorů a výrobce paliv, tento segment není mrtvý, není bez nových zjištění, technických vylepšení a významných posunů. Právě naopak, vývojáři motorů se neustále snaží o zdokonalení této technologie a výrobci paliv na to reagují zdokonalenými chemickými formulacemi. Cíl je jasný – plnit stále přísnější emisní limity a zvyšovat účinnost využití chemické energie paliva.

Ropa, látka, ze které se vyrábí naprostá většina motorových paliv, je velmi rozmanitý soubor chemických látek, ale pro pohon motorů je zapotřebí, aby tento soubor byl vhodným způsobem omezen – přesně dle požadavků daného typu motoru. Například palivo pro vznětové motory osobních a nákladních automobilů, motorová nafta, je omezeno na chemické látky příslušného složení o bodech varu v rozmezí přibližně 170 až 360 °C. To však neznamená, že by vznětový motor nemohl pracovat s těžším palivem, jehož koncový bod významně přesahuje 360 °C, a tím využívat méně hodnotné ropné frakce (dejme si za příklad lodní motory), nebo že by naopak toto destilační rozmezí nemohlo končit výrazně níže. Obojí samozřejmě možné je, ale v prvním případě by bylo daní horší spalování a produkce nadměrných emisí, v druhém případě bychom sice emise oproti současnému stavu omezili, ale připravovali bychom se o velkou část energeticky bohatých uhlovodíků, případně za totožné množství paliva připlatili výrazně více z důvodu finančně náročného rafinérského zpracování.

V současné době se tedy legislativní posuny ve složení paliv neočekávají, a když ano, tak nepřilíhají výrazně. Produkci nežádoucích látek lze totiž omezit hardwarovými úpravami motoru, jako je vysokotlaké vstříkávání, proměnné časování ventilů, ale hlavně zařazením dodatečných systémů snižování emisí ve výfukových plynech, tzv. aftertreatment systémů, mezi které patří filtry pevných částic, selektivní katalytická redukce a jiné. A jak k omezení emisí mohou přispět výrobci paliv? Zejména aditivací.

### 1.2 Definice aditivace

Aditivací se rozumí přidávky velmi malých množství takových chemických látek, které v palivu nejsou běžně přítomny, ale které velmi pozitivně ovlivňují jednu nebo více oblastí zájmu. Tyto oblasti nemusí postihovat pouze děje odehrávající se v automobilu, jeho palivová soustava, motoru a výfukovém systému, ale i v širším pohledu i procesy při výrobě, dopravě a skladování paliva. Aditivace je nákladově efektivní prostředek k vylepšování stávajících pozitivních vlastností paliva

a zároveň k potlačování těch negativních; a v případě, že nelze některým projevům dostatečně předcházet, napomáhá aditivace omezovat nebo téměř odstraňovat jejich důsledky. Stejně tak se různí období, po které můžeme jistý zlepšený stav přikládat právě aditivaci. Je tedy vcelku pochopitelné, že například zvyšovače cetanového čísla motorové nafty mohou působit na zlepšování spalovacích charakteristik pouze v době, kdy jsou v palivu přítomny v dostatečné koncentraci, kdežto zejména detergentní přísady mohou mít určitou setrvačnost účinku – motor vyčistí a jistou dobu trvá, než se jeho stav vrátí do méně příznivého stavu před použitím paliva s aditivací.

### 1.3 Použití a prokazování účinnosti aditivace

Používání paliv s aditivací je možné brát jako nejvyšší úroveň naší snahy poskytnout automobilu to nejlepší, a to v zájmu dlouhodobého zachování jeho dobrého technického stavu. Vraťme se však o několik kroků zpět. Aditivace totiž není schopna zachránit nebo napravit vše, co by automobilu mohlo uškodit, proto je nezbytným předpokladem používání kvalitních základních paliv. Tato základní úroveň je pro země Evropské unie definována v tzv. jakostních normách, EN 228 pro automobilový benzín [1] a EN 590 pro motorovou naftu [2], a jedná se o soubory hodnot fyzikálně-chemických parametrů, kterým musí palivo odpovídat. To však neznamená, že jsou to kritéria, kterým musí odpovídat pouze paliva právě vyrobená, ale o kritéria, která musí palivo splňovat při zákaznickém tankování do nádrže automobilu. A to není úplně jednoduchý úkol a lze ho splnit pouze za předpokladu správné a důsledné péče o paliva ze strany jejich distributorů – v mnoha ohledech, od pravidelného čištění skladovacích nádrží po důsledný dohled nad logistikou pro vyloučení jakékoli případné kontaminace.

Jakmile máme základní kvalitu zajištěnu, je namísto snaha o její vylepšení prostřednictvím aditivace. Aditivovaná nebo spíše tzv. prémiová paliva jsme si již dávno zvykli vídat na čerpacích stanicích a někteří z nás jsme je začali i hojně používat. Je to celkem snadné – stačí sáhnout po pistoli o pár centimetrů vedle té, ze které se tankuje základní kvalita benzínu nebo nafty (či si v obchodě koupit aditivum ve spotřebitelském balení). Ale ani tato základní úroveň nebývá, zejména u renomovanějších řetězců, prosta chemických látek, které vylepšují vlastnosti fosilního paliva. Tím spíše tomu tak je u prémiového produktu, kde jsou její přítomnost a přínosy pro zákazníka patřičně viditelně vyzdvihovány. Snad každého motoristu pak musela v jeho životě napadnout otázka, zda tato aditivace skutečně funguje, do jaké míry a zda se nejedná pouze o nějaký marketingový nástroj, jak od něj dostat o něco více peněz. Tato otázka je rozhodně oprávněná, protože neexistuje žádný etalon, žádná závazná definice prémiového paliva – to znamená, že neexistuje žádný dokument, jehož kritéria by všichni museli vymahatelně dodržovat.

Dovolte mi nyní trochu předběhnout logiku článku následující větou. Ne, aditivace není pouze umělý nástroj a skutečně funguje. Nutno ale dodat, že největší překážkou je složitost a finanční náročnost zkoušení a v neposlední řadě i srozumitelnost vyplývajících technických argumentů a výsledků zkoušek pro širokou veřejnost. V případě aditivace se totiž nejedná o jednu skupinu chemických látek, ale o mnoho různých typů, které vylepšují vlastnosti paliva. Přidejme k tomu složitost

jeho celého životního cyklu, zejména tu část uvnitř automobilu, a nutně dospějeme k závěru, že účinně prokazovat přínosy aditivace je velmi těžká disciplína. Slouží nám k tomu zejména laboratorní testy, které mají co nejvíce simulovat realitu, ale zároveň musí zajistit, aby bylo možné zkoušku kdykoli a nákladově efektivně zopakovat, a to za přesně daných podmínek. Z toho je ale na druhou stranu patrné, že nemohou postihnout všechny možné podmínky a stavy paliva, jako je tomu ve vozidle. V některých případech jsou tak tyto testy dokonce nevhodné a neprůkazné a jedinou možností je se uchýlit ke zkoušení na autentických částech automobilů, např. na motorech, či na automobilech samotných jako celku. Vždy však záleží na té oné vlastnosti paliva, kterou chceme prokazovat, jakou cestou se můžeme vydat.

#### 1.4 Komunikace se spotřebiteli

Výsledky laboratorních zkoušek, poloprovozních a provozních testů vedou k popisu či definici vlastnosti paliva povětšinou řečí čísel v kombinaci s odbornými palivářskými termíny. Můžeme se tak setkat s vyjádřením oxidační stability, protikorozi ochrany či míry detergentních vlastností. Pokud jsou tyto a další vlastnosti paliva



dostatečně na výši, přichází na řadu jejich komunikace zákazníků, kteří musí být přesvědčeni o tom, že vše skutečně funguje, a ideálně i o tom, co konkrétně cítí na vlastní kůži, když takové vylepšené palivo budou tankovat. To je jeden z nejtěžších úkolů všech marketingových a PR oddělení. Existuje totiž taková rozmanitost vozidel, jejich stáří a technického stavu, ale i typů řidičů a jízdních stylů, že je naprosto nemožné přínosy aditivace zevšeobecnit. Každý by chtěl vědět, jestli ujede na jednu nádrž prémiového paliva delší vzdálenost a o kolik, jestli se prodlouží životnost dílů palivové soustavy a motoru a o kolik, jestli nastartují i v třesnuté zimě a v kolika stupních celsia a podobně. Právě to „kolik“ je to nejzajímavější pro zákazníky, ale zároveň to, co se nejobtížněji prokazuje a na hranici nemožnosti generalizuje. Situaci navíc ztěžuje fakt, že vylepšení některých vlastností jsou pro lidské smysly za hranici citlivosti vnímání, nebo se benefity používání projeví až při dlouhodobém provozu vozidla s takto kvalitativně posíleným palivem.

Jak tedy zákazníkům sdělit, že prémiové palivo funguje? Nejpřirozenějším způsobem je publikace výsledků laboratorních, ale hlavně motorových, případně automobilových zkoušek, ovšem s důrazem na jejich „stravitelnost“, pochopitelnost a vizuální přitažlivost. Jedná se v podstatě o případové studie, které mají většinou hardwarový i procedurální základ v mezinárodně uznaných zkušebních postupech nebo jsou provedeny na určitém značně rozšířeném modelu automobilu (tedy relevantnímu k danému trhu).

První způsob – použití laboratorních zkoušek, případně motorů na brzdovém stanovišti – bývá jednodušší, dostupnější a výsledky lze konfrontovat s v současnosti asi jediným veřej-

ně dostupným a uznávaným dokumentem, byť nezávazným – Worldwide Fuel Charter (WWFC) [3]. Jedná se již o šesté vydání dokumentu (v roce 2019) a WWFC existuje již více než 20 let. Jsou zde paliva rozdělena do několika kategorií z pohledu jejich vyspělosti, tedy míry toho, jak dalece prosivají dobré kondici motoru. Asi netřeba zdůrazňovat, že se plnění jednotlivých kategorií bude hodně geograficky lišit, přičemž Česká republika se bude svou lokální nabídkou držet velmi vysoko. Nicméně, některé parametry nejvyšších kategorií, zejména u motorové nafty, výrazně naráží na úskalí základní ekonomiky výroby zmíněné v úvodu článku, zatímco jiné lze považovat za relativně benevolentní. Každopádně se jedná o naprosto výjimečný dokument, který doopravdy vystihuje „zbožná přání“ výrobců automobilů globálně a pomáhá udávat směr, kterým by se měla kvalita paliv ideálně ubírat. Není tedy divu, že výrobci a distributoři paliv mají tendenci výkonnost svých paliv porovnávat právě s tímto dokumentem a vzniklý soulad či dokonce přesah jimi dosažených výsledků pak komunikovat směrem k zákazníkům.

Méně snadnou a riskantnější, zato samozřejmě realističtější cestou je použití celého automobilu, který je možné umístit na válcovou brzdu nebo provozovat na okruhu, případně v běžném, ale definovaném režimu na silnici. Zde je největším výzvou zajištění reprezentativnosti, reprodukovatelnosti a věrohodnosti výsledků. Takové zkoušky, aby měly vůbec nějaký smysl, musejí trvat jistý minimální čas (každopádně v řádu dní), aby se sledovaný rozdíl mezi standardním a prémiovým palivem v dostatečné míře projevil. Z toho logicky již nyní vyplývá nutnost provést vše minimálně dvakrát, protože v drtivé většině případů nebude existovat jakékoli hodnoty pro porovnání, a za co nejsrovnatelnějších podmínek, protože naprosto identické není možné (zejména v reálném provozu) prakticky zajistit. Navíc, onou zmíněnou dostatečnou měrou rozdílu je hlavně překonání hranice nejistoty měření, ale pokud je to první zkouška svého druhu (typově, druhem automobilu), ani nejistota není předem známa. Může se tak snadno stát, že vynaložené náklady na zkoušku vyjdou vniveč, jelikož jsou výsledky zkrátka nedostatečně průkazné. Toliko negativa. Výhodou je, že pro zkrácení zkušební doby, racionalizaci nákladů a pro získání diferenciovaných výsledků lze použít sériový automobil, který se po jistou dobu pohyboval v běžném provozu nezávisle na zkušebně. V praxi to znamená, že si zkušebna najme nebo odkoupí automobil s vhodným nájedem kilometrů (většinou 100–150 tisíc km) z takového prostředí, kde se neočekává používání prémiových paliv. Nejběžnějším zdrojem jsou zejména firemní flotily v režimu operativního leasingu, kde je velmi kvalitně dohledatelná historie vozu, přičemž úroveň servisu není nikterak zářná, rozhodně ne nadstandardní. V takovém případě je pak úkolem aditivace nebo prémiového paliva napravovat stav, který má často k ideálnímu velmi daleko, výsledky tudíž bývají skutečně poutavé a mají výjimečnou povídací hodnotu.

#### 1.5 Zkoušení detergentních vlastností paliv

V předchozím odstavci popisovaný charakter mají především snahy o prokazování detergentních vlastností paliv. Čistota motoru a jeho součástí má obrovský vliv snad na všechny



jeho charakteristiky – účinnost spalování, emise, životnost a další. Děje uvnitř agregátu jsou tak komplexní, že je prakticky nelze simulovat standardními, dokonce ani speciálními laboratorními zkouškami bez použití provozně autentického zařízení, a tak přicházejí na řadu zejména plnorozměrové motory umístěné na brzdových stanovištích v motorových zkušebnách. Jsou hlavním nástrojem pro ověřování funkčnosti detergentní aditivace při vývoji nových formulací, ale i pro sledování účinnosti v závislosti na jejich koncentraci v palivu.

Způsoby zkoušení na motorech jsou normované a v evropských zemích, ale i se značným přesahem do celého světa, probíhají zejména v rámci standardů CEC (The Coordinating European Council). Pro americký trh jsou pak příznačné obdobné testy dle metodik ASTM prováděné na místně nativním hardwaru, který je od toho evropského do značné míry odlišný.

CEC je uskupením profesionálů z automobilového, aditivářského, mazivářského a dalších odvětví průmyslu, jak již naznačuje přítomnost takových zakládajících asociací, jako je CONCAWE (oblast ochrany životního prostředí), ACEA (výrobci automobilů), ATIEL (výrobci maziv) a ATC (výrobci aditivace). CEC se tedy specializuje na vývoj metod, které demonstrují nejen výkonnost paliv, ale i dalších automobilových a průmyslových provozních kapalin. Není tedy s podivem, že zpětně například ACEA využívá metodiky CEC pro definici kvalitativních vlastností, které musejí splňovat motorové oleje pro osobní a nákladní automobily. A není tomu jinak i u jednotlivých výrobců automobilů, kteří tyto metodiky rovněž přejímají, nebo naopak skrze své reprezentanty naopak nabízejí své interní metodiky, ze kterých se pak po předepsaném vývojovém procesu a ověřování stávají oficiální metodiky CEC.

Vrátíme-li se zpět výhradně k problematice paliv, nejdůležitějšími metodami CEC v oblasti prokazování chování pohonných hmot v reálných jednotkách jsou tyto:

*Tabulka 1: Nejdůležitější standardy CEC postihující chování pohonných hmot v reálných motorech [4]*

Standard	Zkušební zařízení	Hlavní princip vyhodnocení
CEC F-05-93	MB M102E	úsady na sacích ventilech
CEC M-11-91	automobil	nízkoteplotní provozuschopnost
CEC F-16-96	VW Water Boxer	vážnutí ventilů
CEC F-20-98	MB M111	úsady na sacích ventilech
CEC F-23-01	PSA XUD9	zanášení trysek vstřikovačů
CEC F-98-08	PSA DW10B	zanášení trysek vstřikovačů
CEC F-110-16	PSA DW10C	vnitřní úsady ve vstřikovačích
CEC TDG-F-113	VW EA 111	úsady ve vstřikovačích

Je patrné, že s výjimkou metodiky na automobilu jsou všechny postupy zaměřeny na chování paliva ve spojitosti s čistotou specifických dílů motoru. Daný hardware rovněž nebyl zvolen náhodou – všechny tyto agregáty mají značný potenciál pro diskriminaci výsledků, jsou tedy ve sledovaných charakteristikách velmi citlivé na výkonnost paliva. Dalším důležitým kritériem je i možnost zisku opakovatelných a reprodukovatel-

ných výsledků. V tomto ohledu mají modernější agregáty vybavené sofistikovanými řídicími jednotkami značný handicap, protože ze zkušeností vyplývá, že nic nedokáže komplikovat snažení zkušeben více než „příliš chytrá“ řídicí jednotka motoru, která má tendenci reagovat nestejně v důsledku „samouchčících se“ procesů. Toto je i důvod, proč se stále používají relativně zastaralé motory.

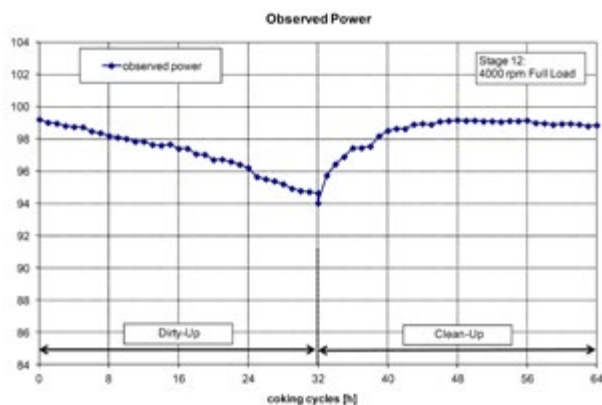
Společným rysem všech těchto zkoušek je provoz v přesně daných cyklech a při definovaných podmínkách. Pro představenou, spotřeba paliva se pohybuje v rozmezí 60 až 800 litrů na jeden test a doba trvání je v řádů hodin až dní. Kromě základní metodiky, tzv. Keep-Clean (KC), kdy se jedná o jednotlivý test se zkušebním palivem na jeho schopnost udržet motor v čistotě, je možné zkušební celky řetězit. Z modifikací se nejčastěji vyskytují sériové testy o dvou krocích, tzv. Dirty-up & Clean-up (DU & CU), kde úkolem první fáze je motor řízeným způsobem zanést nečistotami z paliva (například relevantního z trhu, případně referenčního), kdežto v druhé fázi nastává proces čištění zkušebním palivem (tedy palivem s aditivací). Pro aditivum je přirozeně mnohem náročnější předem znečištěný motor vyčistit než udržet čistý motor čistý. Nemá tedy smysl zkoušet velmi výkonná paliva způsobem KC, protože je velmi pravděpodobné, že sledovaný parametr nedozná žádné změny mezi stavem před testem a po testu. Zjednodušeně řečeno, čistý motor nelze více vyčistit a aditivum nedovolí motoru se znečistit. Na druhou stranu paliva se základní úrovní nebo s žádnou aditivací nemá smysl dodatečně zatěžovat předchozím znečištěním motoru, protože jejich úkolem primárně není motor čistit (na což by jejich schopnosti stejně nestačily), ale pouze motor v čistotě „rozumně“ udržovat.

### 1.6 Zkoušení na vznětových motorech

Z používaných metodik na vznětových motorech je i do současné doby CEC F-23-01, jinak také zkouška na motoru s nepřímým vstřikem paliva XUD9 koncernu PSA. Jedná se o velmi důležitý test, který se soustředí především na organické úsady vznikající z paliva při běhu motoru uvnitř jednoduchých, jednodotvorových vstřikovačů. Jedná se o relativně méně náročný test z pohledu zatížení motoru i spotřebovaného paliva, kterého se během jednoho 10hodinového cyklu spálí 50 litrů. Trysky vstřikovačů se před zkouškou a po zkoušce podrobují měření průchodnosti na speciální stolici pomocí stlačeného vzduchu, a to při několika úrovních zdvihu jehly vstřikovače. Účelem aditivace je co nejvíce omezovat zanášení trysek. Niže jsou vyobrazeny trysky s průměrným zanesením / snížením průtoku vzduchu o 72 % (běžné neaditivované palivo, obrázek vlevo) a o 15 % (prémiová motorová nafta, obrázek vpravo). Ačkoli vzhled není rozhodující, ve většině případů velmi dobře koreluje s „vnitřním“ náležením.



Modernější motor, přímovstříkový common-railový PSA DW10B, je používán metodou CEC F-98-08 pro sledování detergentních účinků paliv ve směru k anorganickým úsadám. Zanášení se sleduje nepřímou, a to záznamem výkonu motoru při 4000 otáčkách za minutu a plném zatížení. Motor vlivem snižování světlosti a zanášení trysek, tudíž vlivem menší propustnosti a méně efektivního rozprašování paliva ztrácí výkon, přičemž účinná aditivace mu původní charakteristiky navrácí, jak je vidět z následujícího obrázku.



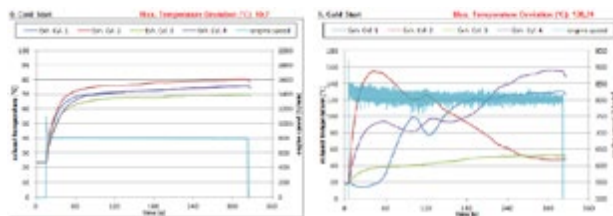
Na rozdíl od předchozí zkoušky se v tomto případě jedná o pro hardware velmi náročný test, při kterém se spotřebuje cca 800 litrů paliva za 32 hodin. Vzhledem k velmi vysokému zatížení také často dochází k velmi fatálním poruchám motoru, kvůli kterým je nutné zkoušky opakovat. Oprávněně se tedy jedná o jeden z finančně nejnáročnějších testů, u něhož cenovka běžně přesahuje 14000 € za DU & CU bez započtení jakéhokoli paliva.

Stojí rovněž za zmínku, že náročnost této zkoušky se upravuje přidávkou organicky vázaného zinku v koncentraci 1 ppm. Absencí zinku při Keep-Clean (KC) zkoušce obdržíme zcela základní formu, která je definována i ve WWFC a z pohledu evropské kvality paliv je relativně triviální tuto laťku pokořit. Vyšším stupněm je stále KC, avšak se zinkem, kdy je cílem i pro běžná paliva výsledek bez znatelného zanášení. Pro prémiová paliva je pak vhodný test DU & CU, kdy je zinek zařazen pouze do znečišťující fáze (DU), přičemž čistící fáze probíhá již bez zinku. Nejvyšší stupeň, tedy se zinkem v obou fázích, nalézá uplatnění zejména při vývoji aditivace.

Další, speciální metodikou je CEC F-110-16 (toho času zpět ve vývojové fázi) na motoru DW10C, rovněž od koncernu PSA. Tento motor byl vybrán za účelem sledování fenoménu, který se začal objevovat zhruba v letech 2005–2006 v Evropě, hlavně ve Francii, Španělsku a Dánsku, ale problémy se nevyhnují ani dalším světovým regionům (například USA). Projevy motoru, které byly později spojeny do souvislosti s tzv. IDID (Internal Diesel Injector Deposits, vnitřní úsady ve vstříkovačích dieslových motorů), zahrnovaly nadměrný hluk při nízkých teplotách, problémy se startovatelností za nízkých teplot, nepravidelný chod na volnoběh i při zatížení, obtíže se zrychlováním a ztrátou výkonu. Bylo zjištěno, že charakter paliva velmi přispívá k tvorbě IDID, ty pak ovlivňují odezvu jehly vstříko-

vače a ovládacích mechanismů, přičemž v extrémním případě mohou vést až k vážnutí jehly. To s sebou přináší široký okruh negativních důsledků především na kvalitu spalování paliva.

Během testu se vyhodnocují obtíže se startováním motoru a rovněž se sledují některé nepřímé ukazatele, jako je například teplota na výfuku z jednotlivých válců. Z následujících grafů je jasně patrný bezproblémový chod motoru a průběh výfukových teplot na levé straně a značně nepříznivý stav na straně pravé.



### 1.7 Zkoušení na zážehových motorech

V praxi se můžeme běžně setkat s testem CEC F-16-96, jehož vypovídající hodnota je stále nenahraditelná a který je vykonáván na motoru typu boxer o objemu 1,9 litru z legendárního „hippie“ Volkswagenu Transporter. Tento motor je výjimečný tím, že je relativně velmi náchylný na vážnutí ventilů způsobené chemickými látkami v palivu v místě, kde se dríček ventilu pohybuje v jeho vodítku. Takto „postižené“ válce pak ztrácí kompresi vlivem ventilů, které zůstávají v nevhodnou dobu otevřené.

Tento jev je typický zejména pro nízké teploty pod +5 °C, proto se tento test provádí při dodržení speciálních chladících křivek. Zajímavostí je, že test je možné vykonávat jak na motoru samotném, tak i na celém ikonickém automobilu. Pro výrobce aditiv je tento test základní propustkou dané formule k dalšímu zkoušení na jiných motorech. Aditivace zkrátka nesmí způsobovat vážnutí ventilů za řádných okolností, i kdyby čistící účinky byly sebelepší.

Jednou z nejčastějších vizualizací detergentních vlastností jsou výstupy ze zkoušek CEC F-05-93 na motoru M102E nebo CEC F-20-98 na M111. Výrobce obou agregátů je Mercedes-Benz, prvně jmenovaný pochází z počátku osmdesátých, druhý pak z počátku devadesátých let 20. století. Oba modely využívají vstříkovaní paliva do sání, liší se pak zdvihovým objemem (2,3 vs. 2,0 litru) a hlavně počtem ventilů na válec (2 vs. 4 ventily). Hlavním výsledkem zkoušky je v obou případech množství úsad na sacích ventilech (tedy na odvrácené straně od spalovacího prostoru), které se vyhodnocuje diferenčně (před a po zkoušce) na přesných analytických vahách po očištění spalovací strany ventilu a patřičném odmaštění. Aby byly výsledky co nejmarkantnější, na rozdíl od standardních motorů se ventily při zkoušce neotáčejí, tudíž vstřík paliva omývá neustále tutéž část ventilu. Doplňkovou informací může být i množství úsad v celém spalovacím prostoru (zakotveno zejména pro M111, metodika na M102E tento postup přebírá).

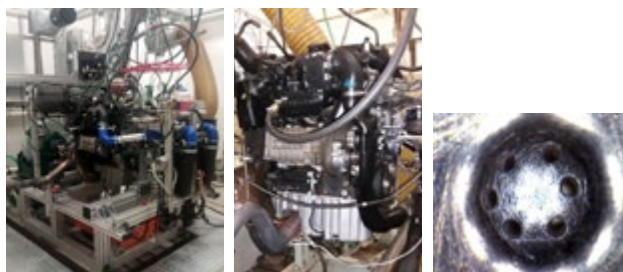
Ačkoli by se mohlo zdát, že oba testy poskytují víceméně shodnou informaci, není tomu úplně tak, protože v případě motoru M111 je ventilace klikové skříně svedena do sání prvního a čtvrtého válce. Výpary z motorového oleje tak přispívají k zanášení sacích ventilů právě těchto válců a aditivum si musí poradit i s touto výzvou.

Příklady různého zatížení sacích ventilů motoru M102E úsadami z paliva jsou znázorněny na následujícím obrázku.



### 1.8 Současný vývoj

Porovnáním dostupných motorových testů je vcelku zřejmé, že zkoušení motorové nafty má výrazný náskok co do technické vyspělosti používaných zkušebních agregátů. V dnešní době, kdy naprostá většina všech vyráběných zážehových motorů využívá principu přímého vstřikování paliva, zkušební hardware se vstřikem do sání nemůže pokrýt specifika moderní technologie. Hodnocení detergentních vlastností automobilového benzínu doznalo výrazného posunu až během posledních několika let, kdy se intenzivně pracuje na nové metodice. V souladu s moderními trendy byl zvolen přímovstříkový přeplňovaný agregát z provenience Volkswagenu, konkrétně motor řady EA111, 1.4 TSI. Tento motor se ve variantě BLG objevoval ve VW Golf v rozmezí let 2008 až 2014 a právě tato verze o výkonu 125 kW byla zvolena pro vývoj oficiální metodiky. Jeho upravená varianta CAVE, která poháněla Škodu Fabia RS mezi lety 2010 a 2014, byla pro výzkum použita i v České republice. Nutno říci, že s významným úspěchem. Tento konkrétní motor poskytuje 132 kW při 6200 otáčkách za minutu, s točivým momentem 250 Nm. Shodně jsou pak motory vybaveny turbodmychadlem i kompresorem, šestičtyřvárové vstříkovače dodávala společnost Magneti Marelli. Pohledy na zástavbu motoru na brzdovém stanovišti a na špičku vstříkovače pod mikroskopem jsou na následujících obrázcích.

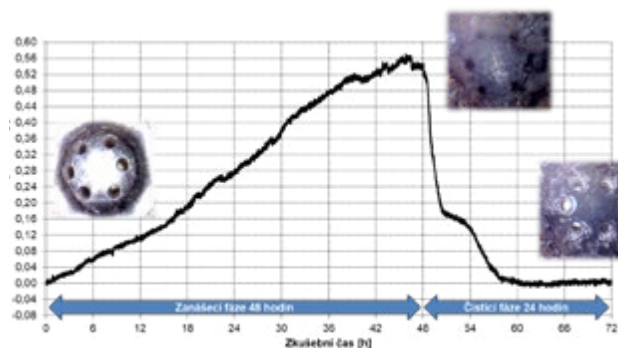


Celý koncept navrhl jako oficiální metodiku Volkswagen, který motor BLG používal pro sledování jeho nepříliš příznivého chování při použití méně kvalitních paliv zejména na asijských trzích. Všiml si, že dochází ke změnám charakteristik vstřikování paliva do válce, tedy že řídicí jednotka je nucena prodloužovat délku vstřiku v zájmu zachování totožného množství paliva, které je potřeba do válce dopravit. Podobnost tohoto fenoménu s přímovstříkovými naftovými motory není náhodná.

Pro účely zkoušky se tedy sleduje změna délky vstřiku paliva do válce v čase tak, jak jsou tyto hodnoty zpracovávány řídicí jednotkou motoru. Jedná se tedy opět o jistý způsob

nepřímého měření množství úsad ve vstříkovačích, kdy délka vstřiku koreluje s množstvím úsad. A nic motorovým zkušebním nebrání používat tento test jako zjišťování schopnosti aditiva udržovat vstříkovače v čistotě, či opět jako v předchozích testech použít pro ztížení situace řízení znečištěný motor.

Účinnost aditivace se nejběžněji hodnotí právě testem typu DU & CU, který v prvním kroku zahrnuje zanášení vstříkovačů čistým rafinérským nebo prozatímním referenčním palivem (běžně po dobu 48 hodin), v druhém pak jejich čištění tímtež palivem, ale obohaceným o aditivační složku (běžně po dobu 24 hodin). Motor běží stále v konstantním režimu a to při 2000 otáčkách za minutu a zatížení 56 Nm, a to bez jakéhokoli přerušení běhu, dokonce i přechod mezi palivy probíhá bez zastavení. Je to podobné, jako bychom bez zastavení jeli na naprosto rovné dálnici rychlostí 90 km/h na nejvyšší rychlostní stupeň a na desetinu plynu po dobu 3 dnů! Simulace něčeho takového však v motorové zkušebně možné je a výsledkem je velmi názorný graf níže s ilustračními obrázky špiček vstříkovačů. Jak je patrné, po vytrvalém nárůstu doby vstřiku prakticky po celou dobu zanášecí fáze dosáhlo toto prodloužení hodnoty +55 %. Nasazením účinného aditiva se pak vstříkovače během několika hodin zcela zpřístupnily na původní úroveň, čemuž odpovídá i patřičný pokles doby vstřiku.



Jak bylo již v předchozí části zmíněno, čistota motoru ovlivňuje mnohé, proto nešlo vynechat ověření spotřeby paliva velmi přesným průtokoměrem na bázi Coriolisovy síly. Výsledkem je velmi výmluvná křivka, která svým tvarem zcela kopíruje průběh změn délky vstřiku.

Pokud vše vyjádříme přehledněji, zprůměrujeme spotřeby za delší časové období, zjistíme, že se spotřeba paliva v době maximálního prodloužení doby vstřiku při zkoušce liší téměř o 4 % ve srovnání se spotřebou po opětovném vyčištění vstříkovačů.



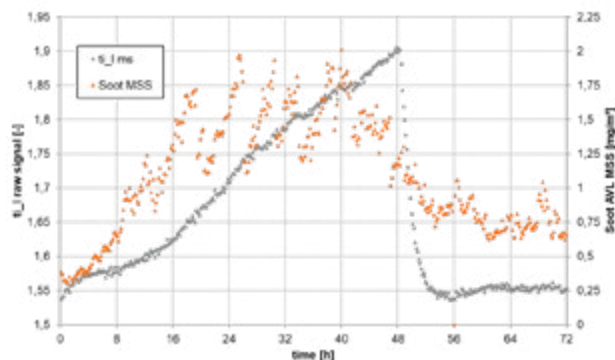




Výše uvedené grafy vycházejí z jednoho konkrétního testu na motoru EA 111 CAVE v české zkušební společnosti SGS Czech Republic. Pro dokreslení situace je však vhodné představit následující graf, který vznikl z dat zkoušky provedené v rakouské motorové zkušební DTC Testing. Ta do testu na verzi BLG zařadila rovněž čítač částic ve výfukových plynech a bylo tak možné se blíže podívat i na produkci sazí (oranžové body v následujícím grafu společně s průběhem délky vstřiku šedými body). Pozitivní efekt právě na snížení těchto škodlivých látek ve výfuku je velmi markantní.

### 1.9 Slovo závěrem

Řádky výše budiž důkazem toho, co bylo zmíněno v úvodu. Benzín ani nafta nejsou za zenitem, v žádném ohledu. Stále je zde prostor k vylepšování a zdokonalování, zejména na poli aditivace, a mnoho odborníků po celém světě se tímto právě zabývá. Snad byl tento článek dostatečně přesvědčivý, že aditivace paliv má smysl a skutečně funguje. Znamená to však, že každý motorista, který předtím aditivaci nevěřil a který zítra natankuje prémiové palivo, zažije dechberoucí rozdíl například ve spotřebě paliva nebo kultivovanosti chodu motoru? To nikdo obecně netvrdí a ani tvrdit nemůže. Jak již bylo zmíněno, vše záleží na mnoha okolnostech. Pokud se sejdou takové, jako například velmi zanesený motor, navíc citlivý na svou čistotu, jeho nevhodný provoz tzv. na spotřebu a zatěžování trvale a výhradně v nízkých otáčkách, výsledek může být pro jeho majitele až překvapivý a jeho smysly bez obtíží postřehnutelný. V drtivé většině ostatních případů však bude pozitivní vliv



na spotřebu mírnější, ale skutečný, i když třeba prokazatelný pouze po delším provozování.

### Literatura:

- [1] ČSN EN 228 Motorová paliva – Bezolovnaté automobilové benziny – Technické požadavky a metody zkoušení
  - [2] ČSN EN 590 Motorová paliva – Motorové nafty – Technické požadavky a metody zkoušení
  - [3] WWFC – Worldwide Fuel Charter
  - [4] CEC F-05-93 Inlet Valve Cleanliness in the MB M102E Engine
  - [5] CEC M-11-91 Cold Weather Performance Test for Diesel Vehicles
  - [6] CEC F-16-96 Assessment of the Inlet Valve Sticking Tendency of Gasoline Fuels (VW Waterboxer Gasoline Engine)
  - [7] CEC F-20-98 Deposit Forming Tendency on Intake Valves
  - [8] CEC F-23-01 Procedure for Diesel Engine Injector Nozzle Coking Test (PSA XUD9A/L 1.9 Litre 4 Cylinder indirect injection diesel engine)
  - [9] CEC F-98-08 Direct Injection, Common Rail Diesel Engine Nozzle Coking Test
  - [10] CEC F-110-16 Internal Diesel Injector Deposit Test
  - [11] CEC TDG-F-113 VW EA111 DISI Injector Deposit Test
- Článek prošel recenzním řízením.

#### ŠÉFREDAKTOR:

ZÁSTUPCE ŠÉFREDAKTORA:

GRAFICKÁ ÚPRAVA:

REDAKČNÍ RADA:

ING. DANIEL ZUTH, PH.D.

ING. LADISLAV HRABEC, PH.D.

JIŘÍ RATAJ

DOC. ING. JURAJ GRENČÍK, PH.D.,

ING. MARTIN HOLEK, PH.D.,

ING. JAN HROCH,

PROF. ING. HANA PAČAIOVÁ, PH.D.,

ONDŘEJ ŠVEC, DIS

VYDAVATEL:

ASOCIACE TECHNICKÝCH  
DIAGNOSTIKŮ ČR, Z. S.

VŠB-TU OSTRAVA

17. LISTOPADU 15 / 2172

708 33 OSTRAVA - PORŮBA

VYCHÁZÍ:

2× ROČNĚ

MK ČR:

5 979

ISSN:

1210-311X

EDITOR-IN-CHIEF:

ZÁSTUPCE ŠÉFREDAKTORA:

GRAPHIC EDIT:

EDITORIAL BOARD:

ING. DANIEL ZUTH, PH.D.

ING. LADISLAV HRABEC, PH.D.

JIŘÍ RATAJ

DOC. ING. JURAJ GRENČÍK, PH.D.,

ING. MARTIN HOLEK, PH.D.,

ING. JAN HROCH,

PROF. ING. HANA PAČAIOVÁ, PH.D.,

ONDŘEJ ŠVEC, DIS

PUBLISHER:

ASOCIACE TECHNICKÝCH  
DIAGNOSTIKŮ ČR, Z. S.

VŠB-TU OSTRAVA

17. LISTOPADU 15 / 2172

708 33 OSTRAVA - PORŮBA

VYCHÁZÍ:

2× ROČNĚ

MK ČR:

5 979

ISSN:

1210-311X

ETICKÝ KODEX: ČASOPIS TECHNICKÁ DIAGNOSTIKA SE PŘI SVÉM VYDÁVÁNÍ ŘÍDÍ ETICKÝM KODEXEM, KTERÝ STANOVUJE PRAVIDLA PRO PUBLIKACI PŘÍSPĚVKŮ. TO SE TÝKÁ JAK POSUZOVÁNÍ AUTORSKÝCH PŘÍSPĚVKŮ, TAK NÁSLEDNÉHO RECENZNÍHO ŘÍZENÍ. JEHO ZNĚNÍM JSOU POVINNI SE ŘÍDIT AUTOŘI, RECENZENTI I REDAKCE. CELÉ ZNĚNÍ ETICKÉHO KODEXU JE ZVEŘEJNĚNO NA WWW.ATDCR.CZ.

