

Merre tovább, olajipar?

Gondolatok a 16. Kőolaj-Világkongresszusról

ETO: 620.9

BEVEZETÉS

„2000 júniusában látnokok egy csoportja fog összejönni, hogy kialakítsa a jövő évszázad olaj- és gáziparát. Vegyen benne részt!” Ez volt a Calgaryban június 11–15. között megtartott 16. Kőolaj-Világkongresszus mottója, és a meghívásnak 97 ország 3078 képviselője tett eleget.

Hogy az egybegyűltekek közül kik voltak látnokok, azt az idő fogja eldönteni. Valószínűleg közülük tartozik **John Browne**, a BP (Amoco, Arco, Castrol) vezérigazgatója, akinek irányításával az angol olajóriás sikert sikerre halmozott. Ő úgy vélte, hogy az olajszakma – noha sokan úgy gondolták, hogy lassú, régimódi és nem igazán profittermelő lévén, túl van a fénykorán – újabb nagy fejlődési szakasz előtt áll. Ezt az optimista kijelentést az elmúlt két évben megfigyelhető három tényezőre alapozta [1].

Az első az, hogy **az olajipar átalakult és konszolidálódott**. Létrejött néhány hatalmas vállalat, megmaradt néhány, szűk területre specializálódott kicsi, és ezek olyan versenyképessé tették a szakmát, mint még soha nem volt. (Nyilván azokkal szemben, akik sem részei hatalmas vállalatoknak, sem szűk területre specializálódott kicsik. – **W. Gy.**) A második tényező **az igények növekedése**: ma napi 8 millió hordóval több olajat és csaknem egymilliárd köbméterrel több földgázt használnak fel világviszonylatban, mint 1990-ben. A növekedés a jövőben főleg a földgáznál várható – minthogy tisztább, könnyebben kezelhető és kisebb szénttartalmú. A harmadik tényező a **technológiai fejlődés**. Ez környezetbarát üzemanyagok előállítására és új kitermelési eljárásokra egyaránt vonatkozik. Az utóbbiak tették lehetővé olaj mélytengeri kitermelésének megkezdését eddig fel sem tételezett helyeken (Ausztália, Dél-Afrika, Dél-Amerika),

továbbá hatalmas új mezők megtalálását a Mexikói-öbölben és az Északi-tengeren. Az elsőben 4,4 milliárd (!) hordónyi „új” olajat találtak, az Északi-tengeren pedig ma napi 800 000 hordó olajat termelnek ki; „dacolva” a hetvenes évek azon becslésével, hogy ez a térség a kilencvenes évek közepére kimerül. Összességében úgy látja a jövőt, hogy: „egy globális iparág lát el egy globális piacot.”

Gyorsan hozzá kell tenni, hogy nem mindenki volt ilyen optimista. A Shell vezérigazgatója, **van der Veer** [2] már árnyaltabban fogalmazott. Érezhetően sokkal inkább a földgázban látta a jövőt, mint az olajban, s ennek oka – véleménye szerint – a tisztább tüzelőanyagok elterjedése és a mai üzemanyagokat majdan felváltó hidrogén/metanol térhódítása. Bár ez szerintem sem a közeli jövőben fog bekövetkezni, elgondolkodtató volt az a félig tréfás megjegyzése, hogy „a korszak nem azért ért véget, mert elfogyott a kő”.

Bár nem vett részt a konferencián, azzal gyakorlatilag egy időben fejtette ki vízióját a Sunday Telegraphban egy ismert látnok, **Ahmed Zaki Jamani**, Szaúd-Arábia egykori olajminisztere. Ő azt mondta [3]: „Meggyőződésem, hogy öt év múlva meredeken visszaesik az olajár, harminc év múlva pedig hatalmas olajkészletek lesznek, és nem lesz rájuk vevő.” Csak találgatni lehet, mennyire gondolta ezt komolyan – és mennyire volt szándéka a kongresszus idején meglehetősen ideges piacok megnyugtatása.

A kongresszus résztvevőinek más volt a véleménye. Ez mindenképp előtt azt támasztja alá, hogy számos előadás foglalkozott nehézőolajok kitermelésével és feldolgozásával. Ki beszélt volna erről, ha tényleg egy korszak vége következik. A már említett **van der Veer** ezzel kapcsolatban idézte **Mark Twain**



DR. WILDE
GYÖRGY

okl. vegyészmérnök,
a Magyar Ásványolaj
Szövetség főtitkára

híres mondását, miszerint „a halálomról szóló híresztelések erősen túloznak”.

A következőkben megkísérlem összefoglalni azokat az előadásokat, amelyek a feldolgozás és értékesítés jövőjével foglalkoztak, nem érintem viszont a kitermeléssel, a földgázzal és a petrokkémiával kapcsolatos kérdéseket (remélve, hogy erről mások készítenek összefoglalót).

Új szemlélet van kialakulóban, a „from well to whell”, vagyis a **kitermeléstől a kipufogásig egységes egészként** próbálják kezelni a problémákat, és nem egyiket a másik kárára, így próbálva elkerülni ellentmondásos helyzeteket (az új termékminőségek kapcsán erre visszatérek). Általában úgy tűnik, hogy a környezet (védelme) az eddigieknél is nagyobb prioritást kap; ilyen óvatosan azért fogalmazok, mert nem vagyok meggyőződve, hogy nem kökevény üzleti érdekek jelennek meg környezetvédelmi köntösben.

Világviszonylatban a levegőminőségre vonatkozó előírások szigorodása várható, ami – hosszú távon – csak az olajipar és az autógyártók együttműködésének eredményeként valósulhat meg. Az így kialakuló motorhajtóanyagokat más eljárásokkal kell előállítani. Ennek megfelelően fordított from well to whell szemlélet alapján az áttekintés rendje:

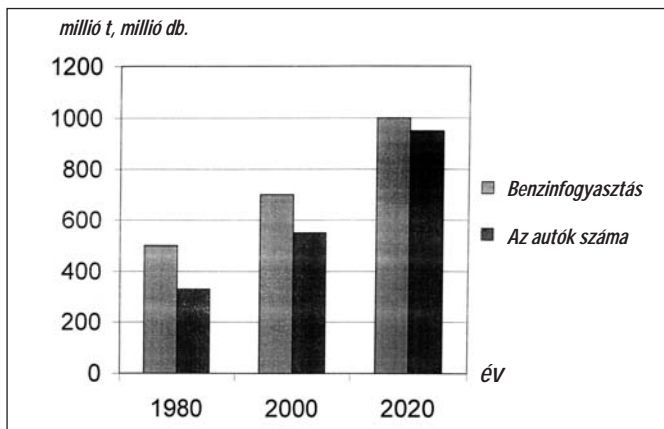
- az olajszakma és az autógyártók;
- az új motorhajtóanyag-minőségek;
- a finomítói technológiák változásai;

AZ OLAJSZAKMA ÉS AZ AUTÓGYÁRTÓK

A személyautók és a haszonjárművek száma jelentősen növekedett világszerte, és úgy tűnik, ez a tendencia a

jövőben is folytatódik (főleg Kelet-Európában és Ázsiában). Az autóközlekedésből származó környezeti gondok csökkentésére több intézkedést tettek: tisztább motorhajtóanyagokat, jobb hatásfokú motorokat és hatékonyabb katalizátorokat gyártanak ma, mint korábban. A levegő minőségének védelmében azonban az olajszakmának, az autógyártóknak és a politikusoknak további összehangolt lépéseket kell tenniük [4].

Az elmúlt 20 évben a személyautók száma világviszonylatban 330 millióról 550 millióra nőtt. Ennek következtében az motorhajtóanyag-fogyasztás az 1980-as 500 millió tonnáról mára 700 millió tonnára emelkedett. Ma úgy becsülik, hogy 2020-ra 950 millió autó fog futni az utakon, és ezek abban az évben egymilliárd (!) tonna motorhajtóanyagot fognak felhasználni (1. ábra). Ez a növekedés azonban komoly környezeti gondokat vet fel (pl. üvegházhatás, éghajlatváltozás, ózon, szmog stb.). Bár a tökéletes égés során csak szén-dioxid és víz képződne a szénhidrogénekből, a gyakorlatban ez elérhetetlen; elégtelen szénhidrogének, szén-monoxid, nitrogén-oxidok, aldehidek, korom, kén-dioxid stb. is kerül a levegőbe. Ennek hatása nagymértékben különbözhet egyes helyeken, függően a forgalom nagyságától, az autópark állapotától és az adott éghajlati viszonyok-



1. ábra. Az autók számának és a benzinfogyasztásnak világméretű növekedése

tól. A levegőminőség javítására teendő intézkedések fontossági sorrendje – az említetteknek megfelelően – régióként eltér. Míg az USA-ban a hangsúly a mérgezőanyag- (ideértve az ultrafinom lebegő részecskéket) és az ózonn kibocsátás csökkentésén van, Európában első helyen az üvegházhatás áll, Japánban pedig a szén-dioxid és a lebegő részecskék okozta probléma a legfontosabb megoldandó feladat.

Az olajszakma álláspontja

A közlekedéssel kapcsolatban az olajosoknak két alapvető tennivalójuk van a levegő minőségének javítása érdekében: a tisztább motorhajtóanyagok előállítás (kevesebb lesz a károsanyag-kibocsátás) és a motorhajtóanyagok tankoláskori párolgásának csökkentése (az itt felszabaduló illékony szénhidrogének részben felelősek a talajközeli ózon kialakulásáért).

A benzinek „tisztábbá tétele” több mint 20 éve kezdődött. Eredetileg a benzinek ólomtartalmát akarták csökkenteni, illetve ekkor vetődött fel az ólmozatlan benzinek gyár-

tásának lehetősége. A kérdés azért dőlt el viszonylag gyorsan, mert a károsanyag-emisszió csökkentése érdekében katalizátort kellett alkalmazni, a katalizátort az ólomvegyületek mérgezik, ezért a katalizátoros autók elterjedésével egyre nagyobb teret hódított az ólmozatlan benzin. (Egyébként, legalábbis elgondolkodtató, hogy az ólmozott benzinek „kihalásához” Európában nem volt elég húsz év, annak ellenére, hogy a kormányok adókedvezményt nyújtottak az ólmozatlan benzinek elterjedésének elősegítésére.)

A motorhajtóanyagok világviszonylatban tapasztalható pillanatnyi fejlesztési trendjét és a jövőben várható változásokat benzinre az 1. gázolajra a 2. táblázat mutatja [4].

1. táblázat

A jelenleg folyó és a közeljövőben várható benzinfejlesztések

Jelenleg		Jövőben	
Anyag	Fejlesztés	Anyag	Fejlesztés
Ólom	Megszüntetés/ csökkentés	Ólom	Megszüntetés
Kén	Csökkentés	Kén	Ultraalacsony
Benzol	Csökkentés	Benzol	További csökkentés
Aromások	Csökkentés	Aromások	További csökkentés
Olefinok	Csökkentés	Olefinok	További csökkentés
Illékonyosság	Csökkentés	H/C-arány	Növelés
Oxigenátok	Bekeverés	Oxigenátok	MTBE kérdéses
Adalékok	Bekeverés	Adalékok	Új generációk

2. táblázat

A jelenleg folyó és a közeljövőben várható gázolajfejlesztések

Jelenleg		Jövőben	
Anyag	Fejlesztés	Anyag	Fejlesztés
Kén	Csökkentés	Kén	Ultraalacsony
Aromások	Csökkentés	Aromások	Molekulaarány optimalása
Poliaromások	Csökkentés	Poliaromások	Molekulaarány optimalása
Viszkozitás	Csökkentés	Viszkozitás	További csökkentés
Végforráspont	Csökkentés		
Cetánszám	Növelés	Cetánszám	További emelés
Adalékok	Bekeverés	Adalékok	Új generációk

Jelenleg benzinek esetében főleg a benzolra, az aromásokra és a kénre koncentrálnak, illetve vizsgálatok folynak az MTBE bekeverhetőségét illetően (egyetlen vízdoldható benzinkomponensként, szivárgás esetén a talajvízben feloldódva sokkal nagyobb területen képes szennyeződést okozni, mint a többi alkotórész). A kén központi kérdés a gázolajoknál is, ahol a másik fő szempont a koromképződés csökkentése az aromás/poliaromás tartalom keresztül. Mindkét motorhajtóanyag környezetbarát, és gazdaságos felhasználásához adalékokat kell alkalmazni. Az ilyen motorhajtóanyagok előnye: tisztább égés, kevesebb lerakódás az égéstérben és a szelepeken, kevesebb kopás, védelem a korrózió ellen, valamint kisebb fogyasztás.

Míg az USA-ban és Japánban (valamint az EU fejlettebb országaiban) gyakorlatilag minden Otto-motoros autó ka-

talizátoros, a dízelmotorok esetében erről szó sincs (néhány német luxusautógyártó szereli csak fel ilyen járművét ún. négyutas katalizátorral). A jövőben azonban mindkét motortípusnál az új DENOX katalizátor/adszorber-rendszert akarják bevezetni. Ennek megfelelő működtetéséhez „kénmentes” (ként 5–10 ppm-nél kisebb koncentrációban tartalmazó) benzinre és gázolajra van szükség. Az ilyen gázolaj „mellékhatásaként” lényegesen csökken a koromképződés.

Mindhárom nagy régióban folynak programok a levegőminőség javítására; az USA-ban az AQIRP (Air Quality Improvement Research Program), Európában az EPEFE (European Programme on Emission, Fuels and Engine Technologies), Japánban a JCAP (Japanese Clean Air Program). Sajnos, e programok tudományos felismerései nem a kívánatos mértékben ültetődnek át a gyakorlatba. Ugyanakkor politikai nyomásra vagy túlzott óvatosságból gyakran állapítanak meg olyan szigorú feltételeket, amelyekre nem lenne szükség.

A nagy kérdés a költséghatékonyság. Nincs értelme dollármilliárdokat költeni finomítói fejlesztésekre, amelyeknek emissziócsökkentő hatásuk alig van. Így például az EPEFE 2000/2005-re javasolt értékei (az ún. „Auto Oil Programok”) nem vezetnek a szén-monoxid, a szénhidrogén és a nitrogén-oxid emissziójának jelentős csökkenéséhez. A helyzet valamivel jobb a benzol (benzinek) és a korom (gázolajok) esetében. A kialakuló helyzetet a **3. táblázat** mutatja.

3. táblázat

A motorhajtóanyagokból eredő emissziócsökkenés az Auto Oil Programok hatására, %

Káros anyag	AOP 2000		AOP 2005	
	Benzin	Gázolaj	Benzin	Gázolaj
CO	-7	-10	-6	0
HC	-6	-10	-4	0
NO _x	-3,5	-0,5	-1,5	0
Korom	0	-10	0	-4
Benzol	-25	0	-10	0

Gond van azonban, ha a problémát nagyobb általánosságban nézzük. A tisztább motorhajtóanyagok előállításához olyan új eljárásokat kell megvalósítani a finomítóknak, melyek működése energiát igényel – vagyis nő a szén-dioxid kibocsátása. Így például a kén-dioxid-kibocsátás csökkentése 1 tonnával, 10 tonna szén-dioxid-emisszió árán oldható meg. A járművek károsanyag-kibocsátásának csökkentése és a szén-dioxid-kibocsátás növekedése között ellentmondás úgy hidalható át, ha olyan új megoldású motorokat fejlesztenek ki, melyek fogyasztása a jelenlegiekénél 15–20%-kal kevesebb.

Ez a példa jól mutatja, mennyire összehangolt fejlesztéseket kell(ene) végezniük az olajosoknak és az autósoknak. Sajnos, ennek ellenkezőjét mutatja az ún. „World Wide Fuel Charter”, amelyben az észak-amerikai, ázsiai és európai autógyártók úgy adták meg benzinre és gázolajra vonatkozó specifikációjukat, hogy az olajszakmát meg sem kérdezték.

Ma sokan úgy látják, hogy hosszú távon a hidrogén az ígéretes motorhajtóanyag, mind a robbanómotoros, mind az motorhajtóanyag-cellás hajtású autók esetén. Addig olyan

„közbenső” hajtóanyagok előretörése várható mint a metanol, a földgáz vagy a földgázból előállított „szintetikus motorhajtóanyagok”. Reálisan nincs esélyük a biológiai úton készítteteknek („bioetanol”, „biodízel”).

Az autóipar álláspontja

Az autóipar véleménye szerint a környezet szempontjából a 10 mikrométernél kisebb kritikus átmérőjű korom (particulate matter, PM₁₀), a benzol, a szénhidrogének és a nitrogén-oxidok (mint a talajközeli ózon prekursor vegyületei) tekintendők kiemelt fontosságúknak.

A korom (PM₁₀)

Az ilyen kibocsátások 15%-áért tehető felelőssé a közúti közlekedés. Minthogy az EU-ban 2010-ben a levegőminőségi határértékeket a PM₁₀ esetében a felére akarják leszorítani, erre az autógyártóknak is fel kell készülniük – még akkor is, ha legalábbis vitathatóan tartják azokat a vizsgálatokat, amelyek alapján ezt a drasztikus csökkentést elhatározták.

A koromkibocsátás csökkentéséhez személyautók és kis-teherautók esetében a motor teljes elektronikus szabályozására (ideértve a befecskendezési időpontot, a kipufogógáz visszavezetését és a turbófeltöltés szabályozását is), nagy nyomású befecskendezésre, új típusú égéstérre és központi befecskendezőfűvókára van szükség a motor oldaláról. Ugyanakkor a kipufogógáz hatékony utókezelése is szükséges. Gázolaj esetében ehhez nagy teljesítményű oxidációs katalizátor, DENOX típusú nitrogén-oxid-megsemmisítő egység és adalékolt koromszűrő rendszer kell. A nagy dízel-motorral működő járművek (teherautók, buszok) helyzete még komplikáltabb. A „jobb” motorhajtóanyag-minőség, mindenekelőtt a csökkentett kén- és aromás-, főleg poliaromás-tartalom önmagában 10-15%-kal csökkentette a koromképződést a német tapasztalatok szerint.

Nagy bizonytalanságot okoz azonban a rendkívül kis szemcseméretű korom. Egy Erfurtban (volt NDK) 1991 óta végzett mérésorozat azt mutatja, hogy a korom mennyisége csökkent, de a részecskék száma nem, következésképpen az átlagos méret kisebb lett (ún. ultrafinom részecskék). Még nem tisztázták, hogy ezek szilárd anyagként vagy folyadékként viselkednek. Ennek abból a szempontból van jelentősége, hogy belégzéssel a tüdő alveoláris részébe kerülő ilyen méretű szilárd anyag több mint 300 napig marad az emberi szervezetben, ha viszont folyadék, néhány nap múltán távozik. Szerencsére a dízelmotor-fejlesztéseknél azt tapasztalták, hogy a koromkibocsátás mennyiségének csökkenésével a részecskék darabszáma is csökken – ellentétben az általános tendenciával. Különösen igaz ez akkor, ha „kénmentes” és kis poliaromástartalmú gázolajat használnak motorhajtóanyagként. Távlatilag további javulást várnak a nagyobb cetánszámtól, az optimalizált molekula-összetételtől, az adalékoktól és az optimalizált kenőképtől.

A benzol

Minthogy a benzol bizonyítottan rákkeltő (heveny nemnyiroksejtes fehérvérűséget okoz), a levegőben megengedett mennyisége csökkentendő. A WHO ajánlása 10 µg/m³, Európában ezt 2010-re 5 µg/m³-re akarják leszorítani. Ma az ember okozta (antropogén) benzolemisszió

Benzin- és gázolaj-előírások

	Egység	1998	2005	2010
BENZIN				
Sűrűség	kg/m ³	725–770	725–770	725–770
Kén	ppm (max.)	500	50	30
Aromások	tf % (max.)	n.e.	35	30
Benzol	tf % (max.)	1	1	1
Olefinok	tf % (max.)	n.e.	15	10
RVP	kPa	400–700	400–600	400–600
MTBE	tf % (max.)	10	15	15
Átdesztillál				
100 °C-on	tf % (min.)	43	51	51
Átdesztillál				
150 °C-on	tf % (min.)	n.e.	75	75
GÁZOLAJ				
Kén	ppm (max.)	500	50	30
Sűrűség	kg/m ³ (max.)	820–860	800–840	800–835
Cetánszám	(min.)	49	52	55
Átdesztillál				
350 °C-on	tf % (min.)	85	95	95
Átdesztillál				
370 °C-on	tf % (min.)	95	n.e.	n.e.
Poliaromások	tf % (max.)	n.e.	8.	3

n.e. = nincs előírás

50%-a származik Európában a közúti közlekedésből (az USA-ban 40%), s ezt 2010-re 20%-ra akarják csökkenteni. Erre úgy lesz lehetőség, hogy csökkentik a benzolképződést az égéstérben, a kipufogógázt az új katalizátor jobban (benzol)mentesíti (a katalizátor gyorsabban éri el az üzemi hőmérsékletet), a párolgást aktív szenes szűrőkkel csökkentik az autóban és gőzviszavezetéssel a kutaknál. Kell azonban az is, hogy a benzinekből csökkenjen a benzol és más aromások (melyek dezalkilezéssel benzollá alakulnak) koncentrációja. Ezek az intézkedések olyannyira eredményesek voltak, hogy Németországban a közúti közlekedésből származó benzolemisszió – 1990-et alapul véve – 60%-kal csökken 2010-re. A közúti benzolkibocsátás csökkenése az olaj- és az autóipar együttműködésének eddigi leglátványosabb eredménye.

Az ózon

Erről az anyagról nagyon megoszlanak a vélemények. Van, aki az emberi egészséget látja veszélyeztetve, van aki szerint a gabonatermés fog csökkenni, mások szerint a fákat fogja károsítani, ha nem csökkentik a megengedhető ózonszintet. Egyórás kitétel esetén az USA-ban 235, Japánban 120 µg/m³ a plafon (Európában 8 órás kitételre van megadva 110 µg/m³). Az ózon csökkentésének előfeltétele az, hogy tovább csökkenjenek prekursor vegyületei (a szénhidrogének és a nitroxidok). Nagy dízelmotorok esetében a turbófeltöltés és a nagy nyomású befecskendezés tűnik ígéretes megoldásnak mechanikai oldalról.

A szén-dioxid

Ma általában a szén-dioxidot értik üvegházhatást kiváltó anyagnak, noha több ilyen hatású vegyület is van. Hogy mennyire felelős az éghajlatváltozásért, az ugyan vitatható, de tény, hogy koncentrációja a levegőben évi 1 ppm-mel nő. A következmény pedig az, hogy a Föld 0,5–1 Celsius fokkal lett melegebb 100 év alatt. Az antropogén szén-dioxid emisszió évi 26–28 milliárd tonna, ennek mintegy 10%-a származik a közlekedésből.

A kyotoi jegyzőkönyvben a legjelentősebb országok ambiciózus célokat vállaltak fel a szén-dioxid csökkentésére. Minthogy globális kérdéssről van szó, nagyon nem mindegy, mit csinálnak az alá nem írók. (Miközben Észak-Amerika, Európa és Japán talán tudja teljesíteni a kitűzött célt, Ázsia, Afrika és Dél-Amerika növeli a kibocsátást úgy, hogy túlkompenzálja az előbbi három csökkentését). A személyautók szén-dioxid-emissziója nagyjából azonos marad, és a hasznajárművéké is. Ez utóbbiaknál a növekvő áruszállítást a jobb hatásfokú motorok kompenzálni tudják.

Alapvető igény, hogy kisebb fogyasztású motorok készüljenek, a közlekedés legyen jobban megszervezve, és kisebb széntartalmú vegyületekből álljon az motorhajtóanyag. Ez utóbbi alapján pedig úgy tűnik, rövid távon a földgáz, hosszú távon a hidrogén előretörésére lehet számítani.

A TERMÉK MINŐSÉGE**(A gázolaj problémája)**

Az 1998-ban érvényes, a 2005-ben és 2010-ben várható termékminőségeket a 4. táblázat mutatja [5]. A benzinnél két igen lényeges változás várható: a kéntartalom igen erős csökkentése és a desztillációs tulajdonságok változása.

Az MTBE-vel kapcsolatos növekedés eléggé bizonytalan, tekintve, hogy már van olyan USA-tagállam (Maine), ahol betiltották a használatát, és a legjelentősebb államban (Kaliforniában) is betiltják 2003-tól, arra való hivatkozással, hogy szivárgás esetén a benzin egyetlen vízzeloldható komponensként sokkal jelentősebb szennyezést tud előidézni mint az egyéb – vízzeloldhatatlan – komponensek. Az azonban szinte biztos, hogy ha nem MTBE-t, akkor egy másik oxigéntartalmú anyagot (oxigénátot) fognak alkalmazni.

Az új benzinelőírásnak sem lesz könnyű eleget tenni, azonban az igazi gondot a gázolaj okozza. A fő probléma a kéntartalom betartása lesz (ráadásul igen valószínűnek tűnik, hogy – az autóipar nyomására – lényegesen kisebb lesz a ma jelzett megengedett felső határ), de nehéz lesz tartani a poliaromásokra, a cetánszám/cetánindexre, a sűrűségekre és a desztillációs tulajdonságokra megadott értékeket is. Gyártás szempontjából [6] ez a következőket jelenti. A kéntartalom csökkentéséhez a (CoMo típusú) katalizátor térfogatát kell megnövelni, ha addig nem sikerül találni megfelelőbb katalizátort. A poliaromások problémája hidrogénezéssel oldható meg. A cetánszám/cetánindex értékét erősen befolyásolja az alapanyag aromástartalma. Az előbb említett két változtatás ezt kedvező irányban befolyásolja, ezért a Topsoe kidolgozott egy kétlépcsős HDS/HDA eljárást (hidrodeszulfurálás/hidrodearomatizálás). A 95% át-desztillálásának csökkentése a desztillálótoronyon végzett változtatásokkal megoldható. Ez a csökkentés a többi ér-

tékre is kedvező, ugyanis csökken a sűrűség, nem kerülnek a majdan kéntelenítendő anyagba a legnehezebben eltávolítható kénvegyületek, csökken a (nehéz) poliromások koncentrációja, és javulnak a hidegtulajdonságok. A desztillációs tulajdonságok változása, a kén és az aromások eltávolítása egyben megoldja a sűrűség csökkentésének gondját is.

A gázolajoknál is várható oxigenátok bekeverése [7] a motorok károsanyag-kibocsátásának csökkentése érdekében. Már korábbi tanulmányok is foglalkoztak azzal, hogy az égés tökéletesebbé tétele érdekében oxigéntartalmú anyagot keverjenek be a gázolajba. Alapvetően a koromképződés csökkenését várták. Ez külön jelentőséget kap most, hogy csökkenteni fogják a kéntartalmat, és így csökken a kipufogógáz „szilárd” szulfáttartalma (ami kiváló góc a koromképződéshez). Kísérleti jelleggel számos étert, észtert, alkoholt próbáltak ki származékaikkal együtt, azonban annak, amelyik reálisan szóbjáíthat, a következő feltételeket kell kielégítenie:

- széles hőmérsékleti sávban keveredjen a különféle gázolajokkal;
- ne változtassa meg az illékonyági tulajdonságokat (lobbanáspont);
- legyen magas cetánszáma;
- ne rontsa a hidegtulajdonságokat;
- olcsón lehessen gyártani, hatalmas mennyiségben.

Kézenfekvő megoldás lett volna az MTBE használata, azonban az előbb már említett problémák miatt olyan anyagot kerestek, ami nem oldódik vízben, és kevésbé toxikus (az MTBE veserákot okoz).

Az Agip hosszú kísérletsorozatát végzett a metil-n-oktiléterrel (MOE), a di-n-pentoximetánnal (DNPM) és a di-n-pentiléterrel (DNPE) mint legígéretesebb vegyületekkel. A gázolaj, a 20% DNPE-t tartalmazó gázolaj és a DNPE tulajdonságait az **5. táblázat** tartalmazza. Látható, hogy a DNPE valamennyi tulajdonságát kedvező irányban befolyásolja. Nem látható előnye az, hogy a DNPE vízzeloldhatósága tizedakkora sincs mint az MTBE-é, viszont 15-ször gyorsabb a biológiai lebomlása. 20%-os koncentrációban gázolajba keverve a szén-monoxid, korom és szén-hidrogén emisszióját 10–15%-kal csökkenti, a nitroxidokét 2–2,5%-kal. Nagy jövőt várnak a kutatók a DNPE-től, mert előállítására olcsó és egyszerű (n-butánt dehidrogénezéssel n-buténné alakítanak, majd oxo-szintézissel n-pentanollá, amelyből dehidratálással kapják a DNPE-t).

5. táblázat

A gázolaj, a gázolaj–DNPE-elegy és a DNPE tulajdonságainak összehasonlítása

	Gázolaj	Gázolaj + 20% DNPE	DNPE
Sűrűség, kg/m ³	848	835	787
Cetánszám	51	62	109
Cseppenéspont, °C	-9	-12	-25
Zavarodási pont, °C	-2	-6	-20
CFPP, °C	-15	-17	-22
Viszkózitás 15 °C-on, cSt	3,6	3,3	1,6
Kéntartalom, ppm	350	280	—
Aromástartalom, %	37	29	—

A FINOMÍTÓK

A finomítóknak négy alapvető kihívással kell szembenéznük [8]:

- az olajigény növekedése változó
 - = térbelileg (a fejletlenebb országokban nagyobb az igénynövekedés mint az OECD-országokban);
 - = termékek szerint (a petrokémiai alapanyagok és a középpárlatok iránt nő, a benzinek és a fűtőolajok iránt csökken);
- változni fog a nyersanyag: a földgáz világméretben növekedő felhasználása miatt megnő a kondenzátum mennyisége, amit szívesen vesznek a feldolgozásnál;
 - új versenytársak: a finomításban a létrejött szuper-nagyok, az értékesítésben a szupermarketek (Franciaországban a bevásárlóközpontokban kedvező áron értékesített motorhajtóanyag aránya eléri a 40%-ot);
 - környezeti előírások: egyre szigorúbb termékspecifikációk jelennek meg, amelyek jelentősen felgyorsítják az ipar átalakulását.

A világot hat területi egységre felosztva, a finomítói kapacitásokat a **6. táblázat** szemlélteti [9].

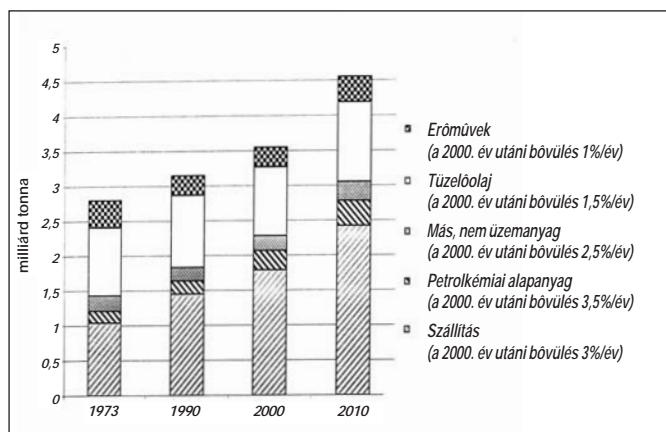
6. táblázat

Az egyes régiók finomítói kapacitásai és kiépítettségük a 2000. január 1-jei állapot szerint, millió tonna/év

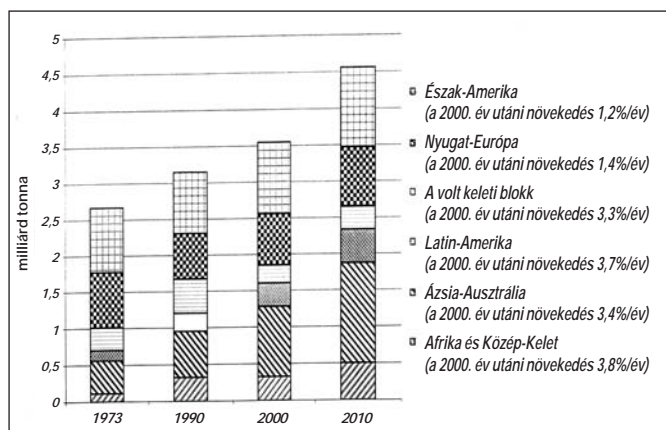
	Észak- Amerika	Nyugat- Európa	A volt keleti blokk	Dél- Ame- rika	Ázsia és Ausz- rália	Közel- Kelet
Atmoszferikus deszt.	915,2	715,9	597,6	395,5	974,3	295,3
Konverziós eljárások	523,9	249,6	106,9	145,2	216,7	73,4
Katalitikus krakkolás	302,2	107,7	43,6	82,1	126,1	14,7
Hidrokrakkolás	71,9	26,8	7,7	5,0	31,9	26,7
Viszkózitástörés	11,5	93,0	35,9	32,2	23,1	24,2
Kokszolás	123,1	19,5	19,7	24,3	30,8	5,2
Maradék- hidrokonverzió	15,2	2,6	0,0	1,6	4,5	2,6
Benzinkomponens	249,6	122,4	67,9	41,3	95,3	28,5
Katalitikus reformálás	167,8	92,5	64,5	27,2	84,3	25,4
Izomerizálás	22,2	15,5	1,3	1,2	3,6	1,4
Alkilálás	50,0	9,7	1,2	9,5	5,2	1,2
Oligomerizálás	3,9	2,3	0,1	0,7	0,8	0,2
Oxigenát-gyártás	5,7	2,4	0,8	2,7	1,4	0,3

Annak ellenére, hogy az olajnál jobban nő a földgáz energetikai felhasználása (együttes részesedésük világvizonylatban 65%), az olajfelhasználás átlagosan évi 2%-os növekedése várható az elkövetkező tíz évben (**2. ábra**).

A **3. ábra** pedig azt mutatja, hogy az említett hat régió között hogyan oszlott meg a kőolajfelhasználás, és milyen éves növekedés várható.



2. ábra. Az olajigények világméretű megoszlása szektorok szerint



3. ábra. Az olajigény területi megoszlása

Konverziós eljárások

A **katalitikus krakkolás** a konverziós eljárásoknak több mint felét teszi ki, s ez a motorbenzinek iránti fokozott igény következménye. Éves növekedése 3–3,5%, és főleg olyan régiókban lesz jelentős, ahol növekszik a motorbenzinek iránti igény (Észak-Amerika, Ázsia).

A **hidrokrakkolás** ma a konverziós eljárások 13%-át adja világvizonylatban. Minthogy azonban a középpárlatok iránt az igény gyorsabban fog nőni, mint a motorbenzinek iránt, az ilyen eljárások gyors (csaknem 9%-os) növekedése várható.

A **viszkozitástörés** a vákuummaradék olcsó, bár korlátozott feldolgozása, csekély beruházási és üzemeltetési költsége jelentősen befolyásolta gyors elterjedését a '90-es évek elején. Az új motorhajtóanyag-minőségek életbelépésével azonban sokat veszített jelentőségéből (főleg Nyugat-Európában, ahol a legnagyobb kapacitások voltak ebből az eljárásból).

A mélyfeldolgozásoknál a **koksolás** erős, éves 7% körüli növekedése várható, ami messze megelőzi a **maradék-hidrokonvertálást**. Ez utóbbi alapvető gondja, hogy mind beruházás, mind üzemelés szempontjából drága, és jelentős a hidrogénigénye. A maradékelgázosítás eljárásának vonatkozásában nem áll rendelkezésre kellő adat, elterjedése Európában és Észak-Amerikában várható.

A **hidrodeszulfurizáló** eljárásokban jelentős változás akkor várható, ha bevezetik a 10 ppm alatti kéntartalmú gázolajo-

kat. A mai eljárásokkal (alapvetően a katalizátor miatt) 15 – 20 ppm-es kéntartalom csak olyan rendkívül kis kéntartalmú ásványolajokból nyerhető, mint például az északi-tengeri olaj.

Ha a benzinekben az aromások és olefinek koncentrációját tovább akarjuk csökkenteni, gond lesz az oktánszámmal. Ennek következtében oktánszámnövelők fokozott gyártása várható a finomítók területén. (Itt kérdés az, hogy kilitják-e a ma legáltalánosabban használt ilyen terméket, az MTBE-t).

Motorhajtóanyag-szintézis („GTL”-technológiák)

Az e témabeli számos előadás alapján úgy tűnik, ez a „régijű” eljárás ismét előkerül, csak kicsit más formában.

A gyökerek a múlt század húszas éveibe nyúlnak vissza, amikor **Fischer** és **Tropsch** felfedezték azt a katalizátort, mellyel szintézisgázból (szén-monoxid és hidrogén) cseppfolyós szénhidrogéneket lehet előállítani. Az ebből kifejlesztett oxo-szintézis a vegyiparban igen fontos szerepet tölt be, az olajiparban azonban nem terjedt el (kivéve a dél-afrikai SASOL-eljárást). A gondolat a hetvenes évek elején merült fel újra, amikor – az olajválság hatására – azt kezdték tanulmányozni, hogyan lehetne szénből motorhajtóanyagot készíteni; és ennek első lépcsője a szintézisgáz előállítása szén elgázosítása útján. A legutóbbi időkben a kérdés úgy vetődött fel, hogy számos olyan földgázlelőhely van, ahonnan gazdaságtalan lenne elszállítani az anyagot, azonban kémiai úton hasznosítani lehetne. A vegyiparban már régóta a földgáz az ammónia- és a metanolgyártás alapanyaga. Ezekhez hasonló eljárással lehet cseppfolyós motorhajtóanyagokat előállítani, ezeket az irodalomban GTL (gas to liquid) rövidítés-sel jelölik.

A Shell Bintuluban (Malajzia) [10] épített fel egy napi 60 000 hordó cseppfolyós szénhidrogén előállítására képes gyárat (összehasonlításként a világon napi 22 milliárd hordó középpárlatot állítanak elő). A cél kiváló minőségű gázolaj előállítása. Részleteket nem közöltek, csak azt, hogy keverőkomponensként akarják más gázolajok minőségének javítására felhasználni. A gyár három nagy egységből áll:

- az első lépésben a földgázt szintézisgázzá alakítják levegős parciális oxidációval (a folyamat nem katalitikus, a metán 95%-át alakítják át),

- a szintézisgázt CO-katalizátoron, fixágyas esőreaktorban C₅₊ szénhidrogénekké alakítják (a szén-monoxid mintegy 90%-a alakul szénhidrogénné),

- végül az oxigéntartalmú vegyületeket és az olefineket eltávolítják, a nehézparaffinokat krakkolják és izomerizálják.

Némileg más megközelítést alkalmaz az ExxonMobil AGC-21 (advanced gas conversion for the 21st century) eljárása. Ezt Baton Rouge-ban (Louisiana, USA) valósították meg [11]. Főbb lépései:

- a szintézisgázt földgáznak vízzel és tiszta oxigénnel történő reagáltatásával állítják elő úgy, hogy 2 : 1 arányú hidrogén/szén-monoxid elegyet kapjanak,

- a **Fischer-Tropsch**-szintézist kobaltkatalizátor jelenlétében végezve, alapvetően olyan egyenes láncú paraffinokat kapnak, amelyek szobahőmérsékleten szilárdak, forráspontjuk pedig meghaladja a 650 °F-t (kb. 350 °C),

– a kívánt végterméket pedig hidro-izomerizálással állítják elő. (Egyik eljárás ismertetése sem bővelkedett részletekben.)

A kapott gázolaj tulajdonságait a 7. táblázat mutatja. Mint látható, a sűrűség – a poliromások hiánya következtében – kicsi, így kiváló keverőkomponens. Ilyen előnyeit tovább növeli, hogy kén-, nitrogén- és aromásmentes, kenőképessége pedig nagyon jó és cetánszáma is nagy.

7. táblázat

Az AGC-21 eljárással előállított és a szokásos gázolaj összehasonlítása

Jellemzők	Szokásos	AGC-21
Cetánszám	45	74
Kén, ppm	330	<10
Sűrűség, kg/m ³	840	750
Lobbanáspont, °C	71	81
Zavarodási pont, °C	-17	-12

ÖSSZEFOGLALÁS

Merre tovább, olajipar? Nos, úgy gondolom, erre a kérdésre az egybegyűlt látnokoknak nem igazán sikerült választ adniuk, legalábbis abban az értelemben nem, hogy kristálytisztá kép rajzolódott volna ki. Néhány dolog azért felismerhető. Ilyen az, hogy forradalmi változásra nem kell számítani, de a technológiák (mind a kitermelés, mind a feldolgozás területén) fejlődni fognak. Emögött részben az áll, hogy az új minőségi előírásoknak eleget tevő anyagokat részben más módszerekkel kell előállítani, ideértve a földgázalapon előállított keverőkomponenseket is. Az új motorhajtóanyag-minőségeket pedig a levegőminőségi előírások alapján az olajszakmának és az autógyártóknak közösen kell kialakítaniuk, az eddigieknél harmonikusabb együttműködésben, a „from well to wheel” szemlélet figyelembevételével. Olajellátási probléma nem várható,

ma sokkal nagyobbra becsülik az olaj- (és a földgáz) készleteket, mint korábban. Alternatív motorhajtóanyagok és alternatív hajtás közeljövőbeli tömeges elterjedése nem várható. Ugyanakkor ezen a téren is megfigyelhető az erők koncentrálása. A motorhajtóanyag-cellás autók majdani forgalomba hozását tervező gyártók közösen bízták meg ilyen fejlesztéssel a kanadai Ballard céget; és motorhajtóanyagként már nem a hidrogént, hanem a metanolt képzelik el. Mielőtt azonban ebből bárki messzemenő következtetést vonna le, érdemes arra gondolni, hogy ezekből néhány (mérgező) prototípus van, viszont a hagyományos Otto- vagy dízelmotorral hajtott járművek száma csaknem egymilliárd.

IRODALOM

- [1] **Browne, Sir John:** The new agenda.
- [2] **Jeroen van der Veer:** Requirements, responsibilities and relationships.
- [3] Interjú a Sunday Telegraph június 16-i számában Ahmed Jamanival.
- [4] **Gierre, H. H. – Metz, N.:** Networking between the petroleum and automaker industry.
- [5] **Peri, B et al.:** The refinery and the incoming European specifications for the transportation fuels.
- [6] **Cooper, B. H. – Sjøgaard-Andersen, P.:** Option for clean diesel.
- [7] **Marchionna, M. et al.:** High cetane ethers for the reformulation of diesel fuels.
- [8] **Lindemer, K. J.:** Refining in the future.
- [9] **Prevot, Ch. – Valais, M.:** Impact on refining structures and regional capacities balances.
- [10] **Senden, M. – McEwan, M.:** The Shell middle distillate synthesis experience.
- [11] **Kaufmann, T.G. et al.:** Advances in Exxonmobil AGC-21 gas to liquid technology.

A felsorolt források – a harmadik kivételével – megtalálhatók a kongresszusi kiadványban.

Gy. Wilde, Chemical eng.: *Where is the oil industry heading to?*

Well, I think that neither the clairvoyant and wise men who gathered here have been able to outline a crystal clear understanding of some sort. Notwithstanding, a few common points can be recognized. For example, no revolutionary change should be expected but the technology (in both production and refining) shall undoubtedly improve. In part, this can be attributed to that new techniques must be harnessed to produce materials capable of meeting the new specifications, including the mixing components made of natural gas. Furthermore, the oil industry and the car manufacturers should join their efforts and develop a better accordance as to produce fuels of improved quality that meet the increasingly stringent

clean air specifications, based on the „from well to wheel” concept. No shortage in oil and natural gas supply is expected: the estimated quantity of proven reserves has broken all-time records. We do not expect to see extensive propagation of alternative fuels or driving gears. However, the concentration of resources can be observed in this field, as well. Manufacturers ready for the distribution of fuel-cell powered cars at some future date have jointly commissioned Ballard Co. (Canada) to develop a model fueled by methanol rather than hydrogen. Before anyone makes haste to draw a drastic conclusion, we suggest to recall that only a few futuristic (and unbelievably expensive) prototypes face the competition of almost 1 billion vehicles driven by the traditional Otto or Diesel engines.