



## Jó minőségű motorüzemanyagok C<sub>4</sub>-szénhidrogén alapú adalékokkal

*A kőolaj C<sub>4</sub>-frakciója a legkülönfélébb területeken felhasználható vegyületek elsőrendű kiindulási anyaga a motor-hajtóanyagoktól a polimerekig. Ezek a származékok folyékony katalitikus krakkolással, (fluid catalytic cracking, rövidítve FCC), vízgőz jelenlétében történő pirolízissel (steam cracking, SC), de a földgáz nedves frakciójából közvetlenül is előállíthatók. A közeljövőben a környezetvédelemi rendszabályok megszigorítása várható világszerte, ezért a C<sub>4</sub>-frakció hasznosításának fontossága tovább növekszik: fontos szerep vár rá új típusú oxigenátok és szénhidrogének előállítása és alkalmazása terén a tisztább benzin és dízel üzemanyag gyártásában.*

---

Tárgyszavak: benzinadalék; oxigénezés; hidrogénezés; katalizátor; üzemanyag; motorüzemanyag.

---

A kőolaj C<sub>4</sub>-frakciója a legkülönfélébb területeken felhasználható vegyületek elsőrendű kiindulási anyaga a motor-hajtóanyagoktól a polimerekig. Ezek a származékok folyékony katalitikus krakkolással, (fluid catalytic cracking, rövidítve FCC), vízgőz jelenlétében történő pirolízissel (steam cracking, SC), de a földgáz nedves frakciójából közvetlenül is előállíthatók. Az elmúlt években az etilén és a propilén iránti megnövekedett keresletet új,

gőzös technológiájú üzemek létesítésével és a korábban létesített katalitikus krakkoló üzemek kapacitásának növelése révén elégítették ki. A megnövekedett petrokémiai és finomítói kapacitások következtében nagyobb mennyiségű fontos C<sub>4</sub>-származék keletkezett, ezekből a legnagyobb mennyiségben metil-tercier-butil-étert (a továbbiakban MTBE) gyártottak. Gyártásához a különféle eljárásokból (FCC, SC, izobután dehidrogénezése, propilén oxidá-

ciója) származó izobutilént 2003-ban több mint 14 millió tonna mennyiségben használták fel. A közeljövőben a környezetvédelemi rendszabályok megszigorítása várható, ezért a C<sub>4</sub>-frakció hasznosításának fontossága tovább növekszik: fontos szerep vár rá új típusú oxigenátok és szénhidrogének előállítása és alkalmazása terén a tisztább benzin és dízel-üzemanyag gyártásában.

### **Jó minőségű benzinadalékok**

Régóta törekednek arra, hogy az oktánszám növelését ólomadagolás nélkül oldják meg, ehhez szükségesek az oxigenátok, amelyek egyúttal térfogatnövelő töltőanyagként is szerepelnek. Az MTBE-t elsőként az olasz ENI-csoport kutatói állították elő a 70-es években, és bevezetése után nem sokkal domináns szerepet vívott ki magának az oxigenátok között. A gyors elterjedés oka viszonylag kis illékony-sága, a benzinnel való tökéletes elegyíthetősége, valamint az, hogy egyszerűen szintetizálható a benzinyártásban korábban nem elfogadott anyagokból. Előnyös tulajdonságaihoz tartozik az is, hogy tárolás és szállítás közben nincs fáziszétválás.

Az MTBE előállításához izobuténhez folyékony metilaloholt adagolnak, ioncserélő gyantákból készült katalizátorok jelenlétében. A reakció

exoterm, ezért a kémiai egyensúly gyorsan beáll, ami gátolja a reakció lefolyását. A konverzió és a katalizátorhatás növelésére a reaktor hőmérsékletét minél alacsonyabbra állítják be. Az MTBE ipari méretű termelése 1973-tól kezdve – főleg azután, hogy az Egyesült Államokban bevezették a reformbenzint (reformulated gasoline) – gyorsan növekedett. A 80-as években és a 90-es évek elején az MTBE évi termelése meghaladta a 20 millió tonnát.

Az Egyesült Államokban, elsősorban Kaliforniában, nemsokára tiltakozni kezdtek az MTBE használata ellen, mert a földalatti tárolók és a csővezetékrendszer szivárgása miatt a könnyen oldódó és nehezen lebomló MTBE íze és szaga megjelent az ivóvízben. Az MTBE szaga már 15 milliárdod (part per billion, ppb) koncentrációban kimutatható, és ez pánikot keltett a lakosság körében, így 2004 január 1.-től az USA több államában betiltották a használatát. A jelenlegi USA-szabványoknak megfelelően ezekben az államokban a reformbenzinben az MTBE kiesése által okozott oxigénvesztést az etanol pótolja. A tiltások miatt 2004-ben a világszükséglet 60%-át felhasználó Egyesült Államokban az MTBE forgalma a korábbi évi 13 M tonnáról 7,5 M tonnára csökkent, az etanolé viszont a 2002-es 5,2 M tonnáról 9,5 M tonnára emelkedett. Becslések szerint 2008-ra az USA teljes területéről ki fog szorulni az MTBE.

Az MTBE második legnagyobb piacán, Európában az éterek, mint tiszta benzinadalékok megítélése továbbra is kedvező, az aromás vegyületekre és a kéntartalomra vonatkozó előírások 2005-ös megszorítása után is. A jövőben ugyanakkor a benzinfogyasztás várható csökkenése következtében kevesebb MTBE-re lesz szükség, de ez arra is visszavezethető, hogy az Európai Unió határozata szerint 2010-re átlagosan 5,75% biohajtóanyagot kell a benzinbe keverni. Európában várhatóan nőni fog az etanol szerepe, és MTBE helyett inkább annak etil homológját, az ETBE-t használják majd fel. Számos MTBE-üzem már átállt ennek gyártására, új üzemeket is építettek erre a célra. Az MTBE-üzemek átalakítására általában az olasz Snamprogetti cég egyszerű technológiáját alkalmazzák (ez úttörő szerepet játszott egyébként az MTBE ipari méretű gyártásának indításakor is), így például a korábbi technológia igen kis változtatásával az egyik olasz vállalat (a ravennai Ecofuel) több mint 140 000 t ETBE-t állított elő.

Az MTBE felhasználása az USA-beli és európai változások miatt zömmel a közel-keleti államokba, Afrikába, valamint az ázsiai és csendes-óceáni térségbe tevődik át. Ezekben a régiókban rohamosan nő a benzinigény, az eddig használt rossz minőségű benzin helyett mostanában térnek át a jobb minőségűek használatára, ez pedig megkívánja az oktánszám

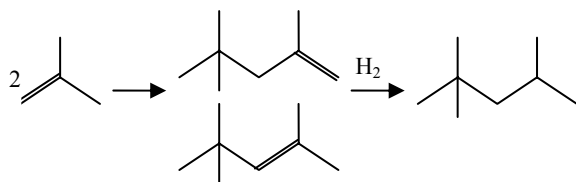
növelését, egyúttal az ólom kiküszöbölését a benzinből. Az MTBE iránti igény várhatóan erőteljesen növekszik ezekben a térségekben, de ez nem lesz képes pótolni az USA-ban elszenvedett kieséseket.

Az MTBE-esettől függetlenül a benzin tisztaságára vonatkozó szabványokat az egész világon szigorítják: kötelező felső határt szabnak meg a benzol, a kén és az aromás vegyületek részarányára, előírják a párolgási hajlamra jellemző Reid-gőznyomás nagyságát (RVP = Reid vapor pressure), és meghatározzák a benzin desztillációs jellemzőit. Az oktánszám növelése új módszereket kíván meg az adalékanyagként alkalmazott C4-alapú vegyületek feldolgozásában, ilyen az izobutilén hidrogénezés útján végzett szelektív dimerizációja, vagy a butilén szelektív alkilezése.

### **Az Iso-OctAne technológia**

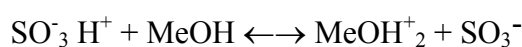
Az izobutén szelektív dimerizációjával és hidrogénezésével (1. séma) izooktán-2,4,4-trimetilpentánban gazdag frakciót kapnak. Ennek a gyártók az Iso-OctAne terméknevet adták, és gazdaságos technológiájával megoldásnak kínálgózik nagy oktánszámú szénhidrogének előállításához és a választék növeléséhez. Az ideális megoldás az MTBE használata lenne, de ahol ezt betiltották, ott egyszerű átalakítás-

sal a meglévő MTBE üzemegységeket lehet ennek gyártásával továbbműködtetni.



1. séma

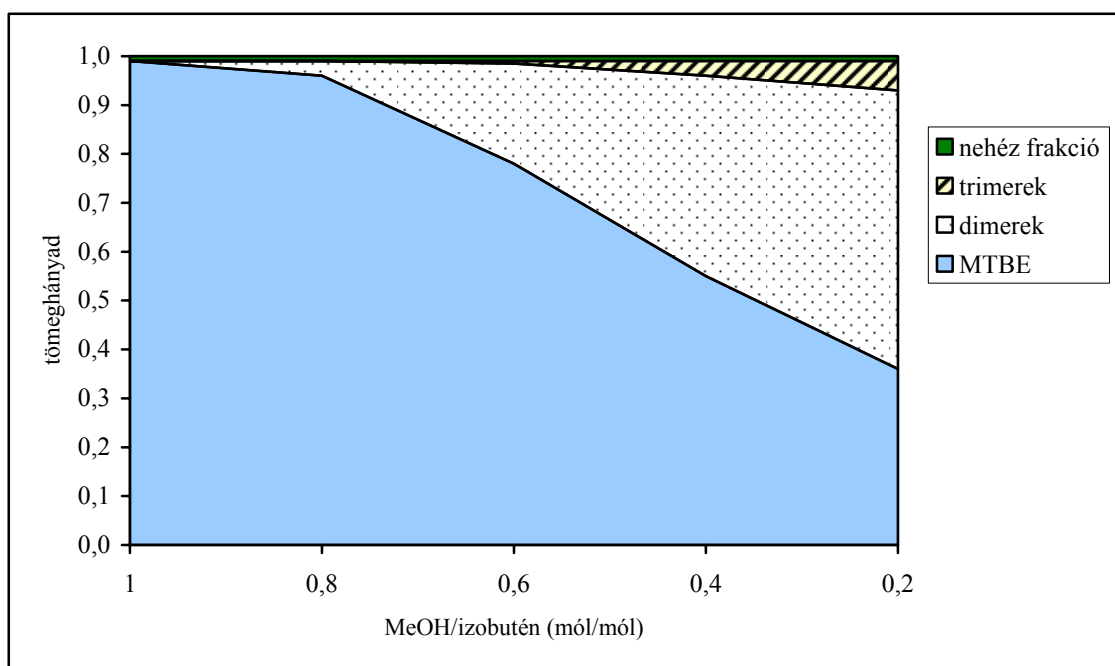
A dimerizációs technikát már a második világháború előtt ismerték, de az iparban alig alkalmazták a reakció exoterm jellegéből adódó hőmérsékleti bizonytalanságok miatt. Az ingadozások következtében nagy mennyiségben jelenhetnek meg oligomerek (trimerek, tetramerek) is, ami a termékek desztillációs karakterisztikáját bizonytalanná tehetik. A dimerizációt először az olasz Snamprogetti cég alkalmazta sikeresen. Kutatásait 1994-ben kezdték el azért, hogy az MTBE előállítását jobb minőségű, alkilát-szerű termékek hozzáadásával gazdaságosabbá tegyék. Elérték, hogy a C<sub>8</sub> szelektivitása 60%-ról 90%-ra nőtt. Alapötletük egy, a dimerizációs reakciót meggyorsító oxigenát („szelektívátor”) felhasználása volt. Az oxigenát vegyületek (alkoholok, éterek) poláris tulajdonságuk következtében erősen kapcsolódnak az aktív katalizátorhoz, a következő egyenlet szerint:



Az oxigenátok a savas gyökök erősségét csökkentik, ezzel az oligomerizáció elkerülhető, a szelektivitás viszont nő. A sztöchiometrikusnál alacsonyabb oxigenát/izobutilén mólarány mellett metanolt használva szelektívátorként, egymás mellett játszódik le az éterezés és a dimerizáció. A végtermék éter dimer és trimer keveréke lesz, de a pontos összetétel a kiinduló alkohol/izobutilén mólaránytól függ (1. ábra).

A tercier-butil-alkohol (TBA) a térbeli gátlás miatt nem lép reakcióba az izobutilénnel, ezért ezt vagy MTBE-t használva szelektívátorként tiszta dimerizálás következik be. A TBA elsősorban ott forgalmazható, ahol az MTBE-t betiltották, de egyes esetekben a TBA és az MTBE elegye is használható.

A különböző nyersanyagokban jelen lévő egyenes láncú és telített olefinok mennyiségi aránya is befolyásolja a reakció szelektivitását. Minél több az egyenes láncú olefin, annál jobb a C<sub>8</sub>-szelektivitás. Az egyenes láncú butilének előszeretettel adszorbeálódnak a katalitikus gyökökön, így az oligomerizációt még akkor is gátolják, ha az izobutilén már teljesen átalakult, ha viszont eleve izobután dehidrogénező egységet alkalmaznak, az ebből származó olefinok nem adszorbeálódnak a katalizátoron. Ilyenkor a nehéz reakciótermékek csökkentése céljából magasabb oxigenát/izobutilén arányt kell beállítani.



1. ábra Az egymással reakcióba lépő vegyületek molaránya

1. táblázat

Nagy hatásfokú benzinösszetevők néhány jellemzője

	Iso-OctAne	Iso-OctEne	Alkilát	MTBE	Iso-OctAne/MTBE 1/1 térfogatarány
Tiszta RON	100,2	103–104	90		
Tiszta MON	100,3	86– 97	94		
Kevert RON*	99–103	112–116	97–99	116	108–110
Kevert MON*	94– 98	93– 97	90–92	100	98– 99
RVP (psi)	<2	<2	4,5	8	5,4
Fajlagos tömeg	0,72	0,733	0,697	0,745	0,725

RON = kísérleti oktánszám, MON = motor oktánszám, RVP = Reid-féle gőznyomás

\*alapbenzin értékei: RON = 95, MON = 85

Az Iso-OctAne tulajdonságait a trimerek alig befolyásolják. Optimális körülmények között a trimertartalom 5–15% körül van, a tetramerek mennyisége néhány ezer ppm, nehezebb oligomereket pedig nem tudtak kimutatni. Keverési kísérletekkel bebizonyították, hogy nincs lényeges különbség a keverési tulajdonságok (az oktánszám és desztillációs paraméterek) tekintetében a 10%-nál kevesebb és a

15% trimert tartalmazó Iso-OctAne között, ha a tetramertartalom 1%-nál kisebb.

Az Iso-OctAne jellemzői kitűnőek, és felülmúlják a szokványos alkilezési technikákkal előállított normál alkilatokét. Az RVP-illékonyosság azokénál alacsonyabb, az oktánszám (RON és MON) pedig nagyobb (1. táblázat). Az alacsony oktánszám lényeges, mivel a ben-

zin potenciális RVP-jét csökkenti, és ezzel lehetővé teszi, hogy több butánt és egyes speciális esetekben több izopentánt injektálhassanak az RVP javítása érdekében. Szinergetikus hatást fedeztek fel az (az USA-ban az MTBE-t helyettesítő) etanol és az Iso-OctAne (vagy Iso-OctEne) között. Mindkettő oktánszáma magas, az etanol nagy illékonyságát pedig kompenzálja az Iso-OctAne kisebb illékonysága.

Az Iso-OctAne ipari méretű termelése összefügg az MTBE-nek az USA piacáról történt kivitásával, valamint azzal, hogy TBA-t használnak szelektívatórként. Az átállást könnyű végrehajtani, mivel egyrészt mindkét eljárás alapja az izobutén konverziója, másrészt mert a dimerizálást ugyanazokkal a katalizátorokkal, reaktorokkal és gyártási paraméterekkel (nyomás, hőmérséklet) végzik.

Az Iso-OctEne hidrogénezését a szokásos csepegtető reaktorban végzik. A kiindulási C<sub>4</sub> terméktől és a szennyezésektől (főleg a kéntől) függően más-más katalizátort alkalmaznak. A nagyon tiszta anyagokhoz a nikkal alapú, a kevésbé vagy közepesen tiszta anyagokhoz a palládium- vagy platina alapú, az erősen szennyezettekhez pedig a Ni-Mo katalizátorok bizonyultak a legjobbnak. Kis olefintartalmú kiindulási anyagokat nem szükséges hidrogéneztetni. A gyártási költségek jelentősen csökkennek, ha az Iso-OctEne-t közvetlenül a benzinhoz keverik.

## Alkilezési technikák

Az Iso-OctAne révén meg lehet ugyan kerülni az MTBE-vel kapcsolatos problémákat, de magas oktánszáma és kis illékonysága miatt sokkal jobb az Alkylate terméknevű anyag. Alkilátok jelenleg alig vannak kereskedelmi forgalomban; az összefogyasztásnak csak mintegy 2–3%-át teszik ki. Az alkilát nagyon tiszta termék, de ártalmas a környezetre, mert gyártásához kénsav vagy fluor-hidrogén katalizátort használnak. A kénsav elszivárgása csak a közvetlen környezetet veszélyezteti, a fluor-hidrogén viszont már kis koncentrációban is illékony és mérgező. A veszélyek elkerülésére jelenleg számos alternatív eljárással kísérleteznek, a kutatók olyan szilárd katalizátorokat akarnak kifejleszteni, amelyek lassabban deaktiválódnak vagy amelyek könnyebben reaktiválhatók, ilyenek például a szilárd halmazállapotú savak. Ezek előállítására több cég is kidolgozott már technológiát, ezek azonban még nem érték el az ipari méretű gyárthatóság szintjét.

Az Eni csoport laboratóriumaiban másik két, bután alkilezésére használt homogén katalizátorrendszerrel is kísérleteznek – az eddigi eredmények biztatók. Az egyik a trifluor-metán-szulfonsav (CF<sub>3</sub>SO<sub>3</sub>H, angolul triflic acid), a másik a komplex AlCl<sub>3</sub>/m-xilén/HCl alkalmazásán alapul. Nagyon szelektív alkile-

zést végeztek n-buténeken is, a termék (kutatósi) oktánszáma 100-nál nagyobb, desztillációs görbéje pedig optimális. Az előállított alkilát oktánszáma 93–94.

Az eddig tárgyalt különböző eljárások (MTBE, dimerizálás és alkilezés) kombinálásával azt szeretnék elérni, hogy a nyersanyag butánjából az MTBE gyártása helyett olyan optimális minőségű hajtóanyagot kapjanak, amely a piacon is sikeres lesz. A világ 14 bután alapú MTBE-üzeme közül eddig egy kanadai üzem állította át teljes termelését MTBE-ről Iso-OctAne gyártására, és egy venezuelai vállalat jelentette be ebbéli szándékát.

### **Jó minőségű adalékok dízel-hajtóanyagokhoz**

C<sub>4</sub>-alapú kiinduló vegyületeknek oxigenátokká vagy szénhidrogénekké alakításával sokkal tisztább adalékokat kapnak jobb dízel-hajtóanyagok előállításához. Teljesen új módszereket dolgoztak ki erre a célra. Különösen jó minőségű oxigenát-vegyületek keletkeznek egyenes láncú étereken mint közbenső termékeken keresztül a következő két eljárás valamelyikével:

a) n-butének szelektív hidroformilálása n-pentánná, majd alkohol szelektív éterizálása din-pentiléterrre (DNPE),

b) 1,3-butadién telomerizációja metanollal, majd a kapott telítetlen okta-dienil-éter könnyen metil-n-oktil-éterrre (MOE) hidrogénezhető. A technológia kis változtatásával, például a MOE szelektív krakkolásával, 1-oktént is elő lehet állítani.

Másrészt viszont zeolit katalizátor jelenlétében az n-butént oligomerizálni is lehet, és ezzel olyan cetán-dízeltermékek állíthatók elő, amelyek tulajdonságai hasonlóak a Fischer-Tropsch eljárással kapott gázolajéhoz.

### **Oxigénezett adalékok dízel-hajtóanyaghoz**

A közelmúltban több tanulmány jelent meg a dízelolajokhoz készített olyan oxigénezett adalékokról, amelyek lényegesen csökkentik a kipufogási termékek mennyiségét, és különösen fontos az, hogy csökkentik az azokban lévő szilárd porrészecskék arányát. A nyolcvanas évek közepén Olaszországban megkezdett kísérletek eredményei igen biztatók voltak. Az oxigéntöbblet természetes módon csökkenti az égési folyamatból eredő porszerű kibocsátást. Körülbelül nyolcvan különböző oxigénezett vegyület vizsgálata alapján azt találták, hogy a viszonylag hosszú láncú ( $\geq 9$  szénatom) lineáris éterek jelentik a legjobb kompromisszumot a

cetánszám, a hidegfolyási tulajdonságok és a megfelelő lobbaspont tekintetében. A dízelmotorokhoz előállított oxigenát-származékok közül legjobbnak a DNPE bizonyult, mert az földgázból, a régi bevált szelektív és hatékony eljárásokkal könnyen előállítható.

A 2. táblázat adataiból következtethetünk a DNPE kiváló paramétereire: cetánszáma 100–150, a sűrűsége kicsi, jók a hidegfolyási tulajdonságai, és nem tartalmaz sem ként, sem aromás vegyületeket. A dízel-alapkeverékhez 5–20 %(V/V)-ban adagolva tovább javulnak a paraméterek, vagyis ez az anyag bizonyult a legalkalmasabbnak a dízel-hajtóanyagok adalékolására. Kiderült az is, hogy a DNPE-vel elegyített dízel-hajtóanyagok esetében mind a

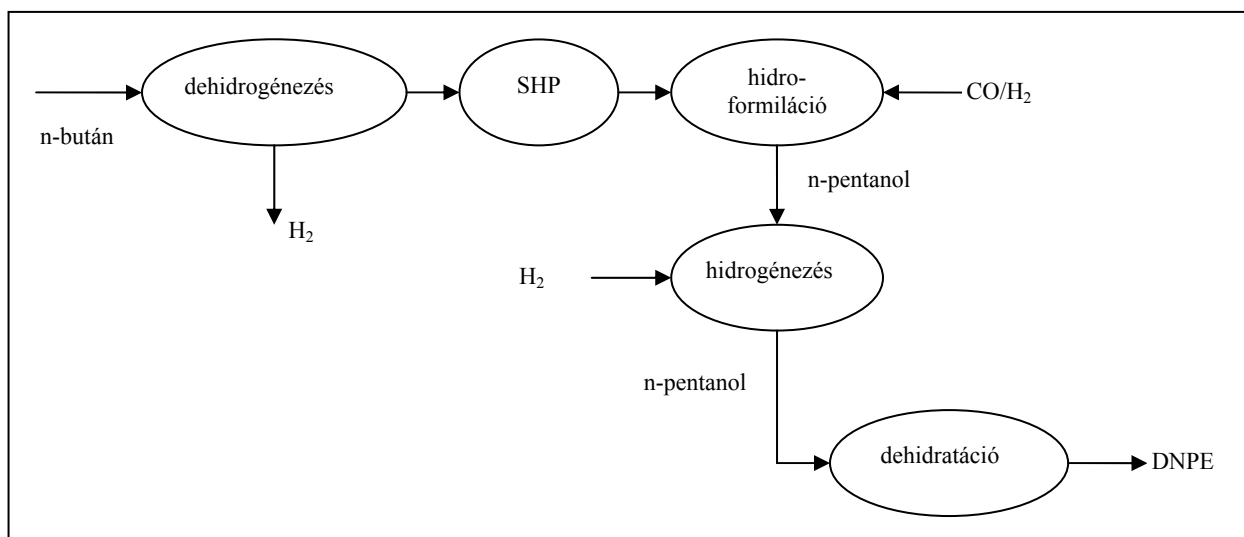
könnyű, mind a nehéz motorok kibocsátása jelentősen csökkent.

2. táblázat  
DNPE-termékek jellemzői  
(keverési tulajdonságok)

	Dízel	Dízel+ DNPE 20%	DNPE
Sűrűség (kg/m <sup>3</sup> )	848	835	787
Cetánszám	51	62	109
Dermedéspont (°C)	-9	-12	-25
Zavarosodási hőmérséklet (°C)	-2	-6	-20
Eltömődési pont hideg szűrőn (°C)	-15	-17	-22
Viszkozitás 15 °C-on (cSt)	3,6	3,3	1,6
Kéntartalom (ppm)	350	280	-
Aromás komponensek (%)	37	29	-

### A DNPE előállítása

A DNPE n-butánból állítható elő a következő lépésekben (3. ábra):



2. ábra DNPE előállítása n-butánból



- *Hidroformiláció és hidrogénezés.* Az n-butént földgázból származó CO/H<sub>2</sub>-reakcióval egy közbenső terméké, n-pentanállá alakítják, majd n-pentanollá hidrogénezik. A lineáris aldehidet a hidroformiláció erősen szelektívvé teszi: A szelektivitás értéke >97%.
- *Dehidrálás.* Pentanolban gazdag gázáram kondenzációja során, egy újfajta folyékony katalizátor felhasználásával, éter keletkezik. Ennél az eljárásnál nincsenek a kénsavból eredő környezeti problémák, és a szelektivitás is javul. A DNPE kitermelése >95%.

Egy másik új éter, a *metil-n-oktil-éter (MOE)*, tulajdonságai hasonlóak a DNPE-éhez. Szintén C<sub>4</sub>-alapú anyagból indulnak ki, és alkoholokat 1,3-butadiénnel telomerálják. *Okta-dienil-éter* szelektív szintézisét palládium(0) homogén katalizátor és erős elektrondonorok jelenlétében végzik.

Az eddig vázolt folyamatokban a homogén katalizátor visszanyerése (reciklálása) fontos műszaki és gazdasági probléma. Ez eddig csak laboratóriumi körülmények között sikerült, de számos kísérletben bizonyították a katalizátor reciklálhatóságát. Más megoldásokkal is próbálkoztak, például szerves gyanták palládium-komplexének heterogenizációjával, a legjobb eredményeket azonban a szulfonált

foszfinok kétfázisú katalízisben alkalmazása ígéri.

### **Szénhidrogén-komponensek adalékolása dízel- vagy sugárhajtómű-hajtóanyaghoz**

Létezik olyan alternatív megoldás, amelynek során tiszta parafinvegyületekből származó dízel párlatok szintézisét könnyű olefinek (C<sub>4</sub> vagy C<sub>3</sub>–C<sub>5</sub>) oligomerizációjával végzik. Hidrogénezés után olyan termékek keletkeznek, amelyek tulajdonságai hasonlítanak a Fischer-Tropsch-reakcióval előállított desztillátumokéhoz. A könnyű olefinek oligomerizációjának célja az n-butének átalakítása olyan aromás vegyületektől és kéntől mentes dízelfrakcióvá (f.p. 180–350 °C), amelynek cetánszáma 50 körül van.

A katalizátorok egész sorának megvizsgálása után olyan különleges kristályos zeolitot találtak, amelynek kiválóak a katalitikus tulajdonságai: nagy az aktivitása, az előállítandó lineáris termékek iránt nagy a szelektivitása, maximális a cetánszáma. Fontos tulajdonsága, hogy a felületet mérgező nehéz melléktermékek eltávolításához szükséges oxidatív regenerálás közben stabil marad. Másfajta, például nem zeolit anyagokkal, például amorf mezopórusos sziliko-alumínium-oxiddal is kiváló benzint és

sugárhajtómű-üzemanyagot lehetett előállítani. A termék füstölési pontja 41 mm, fagyáspontja <-90 °C. Félüzemi kísérletekkel bebizonyították, hogy a benzinfrafrakció reciklálásával maximalizálni lehet a kitermelést.

## Összefoglalás

A benzin tulajdonságait javító adalékanyagok tökéletesítése a technika és a kutatás állandó problémája. A cikkben a szerzők az olasz Eni csoport tíz év óta tartó élenjáró kutatásairól számolnak be. A fejlesztés iránya a kőolajban jelenlévő, vagy a parafinok dehidrogénezésével nyert C<sub>4</sub>-alapú olefinek oxigénezett származékainak előállítása, amelyeket új típusú szénhidrogénekké alakítanak. A benzin szénhidrogénkomponenseit izobutén szelektív dimerizációjával vagy butének alkilezésével lehet előállítani,

n-butének oligomerizálásával viszont nagyon jó minőségű dízelolajat vagy sugárhajtómű-üzemanyagot kapnak. Dízelolaj oxigénezett komponenseinek gyártásához olyan komplex eljárások alkalmazása szükséges, mint az n-butilének hidroformilációja, (hidroformilézis vagy oxoszintézis) vagy 1,3-butadién telomerizációja.

Összeállította: dr. Menczel György

## Irodalom

- [1] Girolamo. M., Sanfilippo, D. stb.: High quality fuel components from C<sub>4</sub>-hydrocarbons. = Erdöl, Erdgas, Kohle, 121. k. 6. sz. 2005. p 70–74.
- [2] Weir, S.: Technology – the 2006 fuel additive. = JPT Online  
[http://www.spe.org/spe/jpt/jsp/jptmonthlysection/0,2440,1104\\_1585\\_5137544\\_5143583,00.html](http://www.spe.org/spe/jpt/jsp/jptmonthlysection/0,2440,1104_1585_5137544_5143583,00.html)



## HUMÁNERŐFORRÁS-MENEDZSMENT

- bér- és jövedelempolitika,
- foglalkoztatás és makroökómia,
- munkaerőpiac, munkanélküliség,
- munkaerő-tervezés,
- munkaidő, munkaidő-rendszerek,
- személyzetfejlesztés, oktatás,
- szociálpolitika és érdekvédelem,
- vállalati munkaszervezés,

A BME-OMIKK kiadványa:  
Tanulmányok, összeállítások  
a legértékesebb tőkéről!

**Rendelje meg Ön is!**  
e-mail: [mgksz@info.omikk.bme.hu](mailto:mgksz@info.omikk.bme.hu)  
tel: 06-1/45-75-322