

# A BIOETANOL MAGYARORSZÁGI BEVEZETÉSÉNEK MŰSZAKI, GAZDASÁGI ÉS KÖRNYEZETVÉDELMI FELTÉTELEI

Emőd István

PhD, egyetemi docens  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi  
Egyetem, Gépjárművek Tanszék

Tánczos Katalin

PhD, tanszékvezető egyetemi tanár  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi  
Egyetem, Közlekedésgazdasági Tanszék

Füle Miklós

PhD, egyetemi docens  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi  
Egyetem, Környezetgazdaságtan Tanszék

Zöldy Máté

PhD-hallgató, Budapesti Műszaki  
és Gazdaságtudományi Egyetem  
Gépjárművek Tanszék, mate.zoldy@auto.bme.hu

## *Bevezetés*

Bár az etanolt már a belsőégésű motorok szüretésekor számon tartották mint lehetséges hajtóanyagot, de a kőolaj alapú nyersanyagok alacsony ára és nagy mennyisége miatt az etanol legfeljebb mint oktánszámnövelő motorhajtóanyag-adalék fordult elő a motorteknika történetében. Hosszú időn keresztül csak akkor alkalmazták etanolt a motorokban üzemanyagként, ha nyersanyaghiány lépett fel. Az első olajválság adta meg a kezdeti lökést a kutatásoknak, mikor is a hetvenes évek közepén több ország is rádöbbsent, hogy mennyire függ az importált kőolajtól. Az elmúlt huszonöt évben a szakembereket foglalkoztatta a gondolat, hogy miként lehet a biomasszából alkoholt előállítani a kőolaj alapú motorhajtóanyagok helyettesítésére. Ekkor indult meg az a ma is tartó folyamat, melynek célja az import kőolaj bioetanollal való helyettesítése. De mi is az a bioetanol?

A bioetanol egy szerves vegyület: az etilalkohol, képlete:  $C_2H_5OH$ . Az etanol – amit bioetanolnak akkor nevezünk, ha növényi anyagokból állítjuk elő, s csak ez utóbbi

esetben jöhet szóba mint megújuló nyersanyag – legegyszerűbben cukortartalmú növényi anyagok erjesztésével állítható elő. A nyersanyag lehet búza, kukorica, de lehet például kukoricaszár, csutka vagy krumplihéj is, vagyis előállítása az egyik lehetőség lehet a biohulladék hasznosítására. Az átalakítási módszert már régóta ismerik, de ebből a motorok hajtására nagyobb mennyiségeket csak a II. világháború előtt és alatt használtak. Ezután az olcsó motorbenzin hamar kiszorította a bioetanolt és a más növényi alapú motorhajtóanyagokat az üzemanyag-ellátásból, és csak az olajválság éveit, majd a környezetölomterhelésének csökkentésére irányuló rendszabályok terelték ismét a figyelmet a bioalkoholra mint motorhajtó anyagra.

A kőolajalapú üzemanyagkészletek kiemelése, illetve a fokozódó környezeti terheléssel jó eséllyel veheti fel a küzdelmet a bioetanol is. Az emberiség számára rendelkezésre álló hagyományos tüzelő- és üzemanyagkészlet (olaj, szén, földgáz) véges, a különféle becslések szerint a készletek 50-150 év múlva egyszerűen elfognak. A helyettesítésükre használt egyéb energiaforrások többsége viszont környezeti károkat

okozhat, így a fosszilis készletek kimerülésével – a szakemberek szerint – ma a növényi hajtóanyagoknak van a legnagyobb esélyük az energiapiacra a kőolaj alapú motorhajtóanyagok részleges helyettesítésére. A bioüzemanyagoknak ugyanis az évről évre megújuló növényi biomassza a nyersanyaguk, s felhasználásuk során a környezet terhelése is kisebb mértékű a fosszilis forrásokénál.

Tanulmányunkban a bioetanol magyarországi bevezetésének lehetőségét egy új, még kevésbé ismert alkalmazási területen, a dízelmotoros járművek példáján mutatjuk be. Ismerkedjünk meg közelebbről az egyik legelterjedtebb növényi eredetű motorhajtóanyaggal, a bioetanolal.

## AZ ETANOL TULAJDONSÁGAI

### *Történet*

A motorizáció kezdeti időszakában az alkoholnak mint motorhajtóanyagként a jelentősége elhanyagolható volt, adalékként azonban szinte mindig jelen volt a kőolajtechnika történetében. Ennek ellenére már a kezdetektől is felmerült mint lehetséges motorhajtóanyag, ugyanis Nicolaus August Otto, a négyütemű motorok ősenek megalkotója az alkoholt tüzelőanyagként alkalmazta első motorjaiban.

Az etanol először az első világháború után került középpontba mint motorhajtóanyag. A vesztes országokban ekkor a nemzetközi blokádnak köszönhetően óriási benzinhiány lépett fel, s a jelentéktelen kőolajkincsnek köszönhetően rászorultak az alternatív üzemanyagok kutatására és felhasználására. Hazánkban a húszas-hamincas évek fordulójától, egészen pontosan 1929-től foglalkoztak az alkoholok motorban való felhasználásának lehetőségeivel. Az év november elsején lépett életbe a törvény, mely egyötöd arányban tette kötelezővé víztelenített alkoholok motorbenzinekhez való hozzákeverését. Az

alkohol motorbenzinhez keverésének célja ekkor az oktánszám javítása volt. Ettől kezdve a második világháború végéig a magyar üzemanyag-felhasználás közel felét tette ki az úgynevezett „motalkó” (Emőd, 1995). A második vesztes háború után az etanolt csak motorhajtóanyag-adalékként alkalmazták, de ezt is elhanyagolható mértékben.

Ma már a világ számos pontján támogatja az állam az etanollal üzemelő járművek használatát. Nemcsak az Egyesült Államokban vagy Franciaországban, hanem Lengyelországban, Litvániában, Brazíliában, Svédországban vagy Zimbabwében. Itt most ismerkedjünk meg két, számunkra fontos ország etanolprogramjával.

*Brazília* • Dél-Amerika legnagyobb államának alkoholprogramja 1975-ben indult, közvetlenül az első olajárrobbanás után, noha már 1920-ban alkalmaztak etanolt motorhajtásra. A hetvenes évekbeli úgynevezett Proalcool-program (La Rovere, 1999) két fő irányt jelölt meg célként: elsőként a brazil gépjárműpark gazohollal – benzin-etanol – keverékkel való működtetése, másodsorban tiszta alkohollal működő járművek kifejlesztése és forgalomba hozása az állam hathatós közreműködésével, a brazil gépjárműgyártás támogatásával. A program hatékonyságát jelzi, hogy 1993-ra kötelező jelleggel bevezethetővé vált a 22% etanol-tartalmú motorbenzin. 1995-ös adatok szerint a brazil járművek 45%-a, körülbelül 4,6 millió gépjármű közlekedik tiszta etanollal, a többi pedig alkohol és benzin 22:78 arányú keverékével. A program sikeréhez szükség volt a brazil állam szerepvállalására, mely vállalta, hogy a bioüzemanyag ára nem fogja meghaladni a benzin árának 65%-át, illetve támogatta bioetanolt előállító üzemek létrehozását, melyek így azonos szabványok szerint épülhettek fel. Az alkoholprogram támogatására külföldi hiteleket vett fel a kormány, kb. 8 milliárd USD értékben, míg a nyolcvanas évek közepére a program önfinanszírozóvá

nem vált. Ugyancsak nem hanyagolható el a nagy nemzetközi autógyárak (Volkswagen, Ford, General Motors, Daimler-Benz) támogatása sem, melyek részt vettek az alkohol hajtású járművek kifejlesztésében.

**Svédország** • Európában a bioetanollal kapcsolatos fő kutatások és eredmények felmutatója Svédország. Mára már az országot behálózó ötven kútból álló hálózat létezik. Az autógyárak a Ford vezetésével egy értékesítési konzorciumot hoztak létre, mely ötezer koronával kínálja olcsóbban a tisztán alkohol üzemű járműveket. Ezért, illetve az állami adótámogatások révén versenyképes árú tiszta bioetanol üzemanyag (E100) miatt, a kilométerre vetített gazdaságosság tekintetében az alkohollal hajtott autók vezetnek a hagyományos benzinnel működő járművek előtt.

Ömsklödsvikben és Stockholm belvárosában is tiszta etanollal hajtott buszok szállítják az utasokat. Az SLC, a stockholmi közlekedési vállalat több mint négyszáz buszt üzemeltet etanol üzemanyaggal. A belvárosban közlekedő, tiszta etanollal üzemelő buszoknak köszönhetően annyira csökkent a kibocsátott gázok mennyisége, hogy Stockholm Európa legtisztább városa lett.

Svédország célul tűzte ki, hogy 2015-re a közlekedés energiaszükségletének 10 %-át bioüzemanyagokkal helyettesítse. Svédországban a bioetanolt fahulladékból, biohulladékokból és főlősleges borból állítják elő a Sekab alkoholgyár vezetésével. Nemcsak tiszta alkoholt lehet tankolni a flexibilis kutaknak köszönhetően, hanem lehetőség van E85 (85 % etanolt és 15 % benzint tartalmazó motorhajtóanyag) és E5 (5 % etanol és 95 % benzin tartalmú motorhajtóanyag) tankolására is (Zöldy, 2001).

### *Gyártás*

Az alkohol-előállítás technológiája relatíve egyszerű folyamat (Zöldy – Juhász, 2002). Ha egy közönséges élesztőgombát levegőtől

elzárt környezetbe helyezünk, és ellátjuk cukorral, leginkább szőlőcukorral, vagyis glükózzal, akkor az élesztőgomba a cukorból alkoholt fog erjeszteni, úgy, ahogy a kipréselt szőlőlében lévő szőlőcukrot erjesztik az élesztők borrá. Tehát könnyen előállíthatunk alkoholt, ha van kellő mennyiségű cukrunk. A leggyakoribb két cukorpolimer a keményítő és a cellulóz. Ahhoz, hogy a polimerekből cukrot tudjunk előállítani, le kell bontani őket. A lebontási folyamat neve hidrolízis, vagyis a keményítőt vagy a cellulózt kell hidrolizálnunk. Előfordul azonban néhány olyan növény is, ami monomer formában tartalmazza a cukrot. Ilyenek a cukorrépa és a cukornád. Ha ezeket használjuk fel bioetanoltermelésre, akkor nincs szükség a hidrolízisre.

### *Mezőgazdasági előnyök*

Ma az Európai Unióban élelmiszertütermelés van, melyet a parlagon hagyási támogatással próbálnak meg megoldani. Másik lehetőség a földek további hasznosítására, hogy nem élelmiszerként felhasználandó növényeket termelnek rajta. Az EU ezt a hasznosítást is támogatja, igényelhetők az EU kompenzációs forrásai. Felmerül ugyanakkor a kérdés: szabad-e élelmiszernövény helyett energiahordozó növényeket termelni, mikor a világ más részein éheznek? Gondoljunk arra, hogy korábban egy parasztgazdaság a területének egyharmadán a munkaállatoknak szükséges tápanyagot termelte meg. Ha most a termőterület egyötödén bioetanol előállítására alkalmas növényeket termesztene, újra önellátók lehetnének. A bioetanol alapanyag-előállítás biztos piacot és így biztos megélhetést jelent a mezőgazdaságból élőknek. A gabonafélékből képződő felesleg felhasználásának egyik praktikus módja lenne a bioetanol-előállítás, mert így az exportszubszenció megtakarítható lenne (László – Réczey, 2000). Nem elhanyagolható az a tény sem, hogy az etanol-alapanyag

termelése munkahelyeket teremt a mezőgazdaságban, illetve gátolja a munkaerő átáramlását más szektorokba. Növeli a gazdaságok bevételeit és erősíti a piac-elosztó szerepét. Az etanol gyártása abból a szempontból is előnyös, hogy nem szükséges hozzá első osztályú termék, a hibásat is fel lehet dolgozni. Ezzel csökkenthető a termelésből származó ilyen típusú veszteség (EC Directorate, 1994).

### Környezetvédelmi jellemzők

Az etanol újra bevezetésének Magyarországon ma környezetvédelmi, integrációs és gazdasági megfontolásai vannak. A klíma-egyezményben megfogalmazott kibocsátáscsökkentés mellett az EU motorszabványai is a kibocsátások mérséklésére ösztönöznek. A bioetanol létjogosultságát leginkább a környezet jelenlegi állapota indokolja. A bioetanol hasznosságát a környezet szempontjából az 1. ábrán figyelhetjük meg.

Az ábrán zárt ciklus látható, mely a szén-dioxid körforgását követi nyomon. A szén-dioxid a fotoszintézis során a napenergia hatására beépül a növényekbe, így biomasszává alakul. A biomasszát bioetanolá alakíthatjuk, ami hajtóanyagként szolgál. A tüzelőanyag elégetésével szén-dioxid és víz keletkezik,

amivel bezárul a kör. Az alapvető különbség a fosszilis energiahordozókhoz képest tehát az, hogy nem juttatunk többlet szén-dioxidot a légkörbe, mivel az ismét visszakerül a folyamatba, ezáltal csökkentjük az üvegházhatást. Az egész folyamatban valójában a napenergiát használjuk fel mint energiaforrást.

A környezetvédelemmel kapcsolatos előnyök is többfélék lehetnek. Nyilvánvalóan a legfőbb előny az, hogy nem szennyezzük a környezetünket. Másik előny, hogy egy hazai bioetanol-programmal lehetővé válna a nemzetközi környezetvédelmi egyezmények könnyebb teljesíthetősége. A legfontosabb ezen szerződések közül a Kiotói Egyezmény, melynek értelmében Magyarország 6 %-os szén-dioxid csökkentést vállalt.

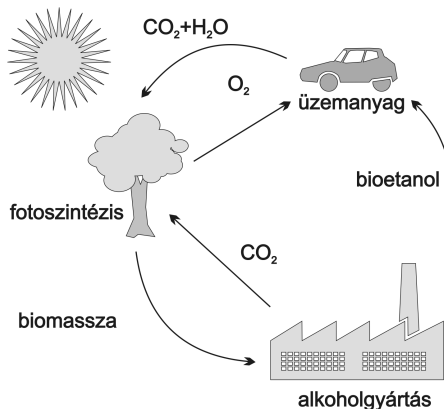
Az etanolban nincsen kén, így elégetésekor természetesen nem keletkeznek a savas esők okozójaként is számon tartott kénoxidok.

A bioetanolban nincsenek meg a dízelrészecske összetevői sem, így elégetésekor nem keletkezik sem dízelrészecske, sem pedig aromások, melyek között megtalálható a rákkeltő benzopirén. Emiatt az etanollal üzemeltetett dízelmotorok hiányzik a dízelmotorok jellegzetes velejárója, a sűrű füst.

A nitrogénoxidok emisszióját csökkenti nemcsak az etanol nagy párolgáshője és ezáltal a hengertöltet kisebb hőmérséklete, hanem a kipufogógáz visszavezetésének megnövekedett lehetősége is (Zahumenszky, 1990).

### Energetikai szempontok

A világban a legtöbb állam kőolaj- és földgáz-behozatalra szorul. Ennek először egy részét lehet kiváltani bioetanolal, amely hosszú távon, a tisztán etanolhajtású járművekre való áttéréssel, akár nullára is csökkentheti a behozatalt. Ezzel, az anyagköltségen felül, megtakaríthatóvá válik a behozatal költsége is. A saját energiaelállítás pedig megteremtheti a kisebb, illetve optimális esetben a teljes energetikai függetlenséget.



1. ábra • A zárt szén-dioxid ciklus

## GAZDASÁGOSSÁG

*Életciklus-elemzés*

A felhasznált energiára vonatkozó elemzésből kiderült (Zöldy – Juhász 2002), hogy azonos égéshőjű alkohol és benzin előállítása esetén az alkohol gyártása során több energiát szükséges befektetni. Az összes fosszilis energiafelhasználás azonban a bioetanol esetében sokkal kevesebb. A gyártásnál jelentkező többletenergia-igény miatt a szennyező anyag mennyisége szempontjából előnyösebb a bioalkohol alkalmazása a benzin helyett.

A legtöbb esetben azonban nem keletkezik több szennyező anyag a bioetanol elégetésével, így a benzin alkoholra cserélésével nem nőne a szennyezőanyag-kibocsátás. A bioetanol hátrányai azonban elenyészők az előnyeivel szemben, mivel alkalmazása esetén jelentősen kevesebb üvegházgáz keletkezik, és jelenleg talán az üvegházgázok mennyiségének csökkentése a legfontosabb feladatunk.

Az életciklus-elemzéseket többek között azért is bűzára készítettük, mert Magyarországon a búza igen jól termelhető. A másik termény, mellyel érdemes hazánkban foglalkozni, a kukorica. A bioetanol kukoricából való előállítására vonatkozóan nem áll rendelkezésünkre megfelelő mennyiségű adat, ezért nem végeztük el rá az életcikluselemzést. Valószínűsíthető, hogy az előállítás költségei arányaiiban hasonlóan alakulnak a kukorica esetében is, mint a búzánál. Így várhatóan az életciklus-elemzés is hasonló eredményt ad.

A kukorica azonban talán azért kedvezőbb, mert egy tonna bioetanol előállítására kevesebb mennyiségű kukoricát kell felhasználni, mint búzát. Kukorica esetén ez a mennyiség 2,72 tonna, míg búzánál 3,14 tonna. A kukoricának további előnye még, hogy magasabb a termésátlaga. Egy hektáron 2004-ben átlagosan 7,1 tonna kukorica és csak 5,1 tonna búza termett meg. Tehát azonos termőterületet feltételezve a kukorica

esetén több mint másfélszeres mennyiségű bioalkohol állítható elő.

Az életciklus-elemzés, a gazdasági számítások és a földrajzi adottságok miatt az első számú bioetanol alapanyag Magyarországon a kukorica. Az amúgy exportálandó termék felesleg és a mezőgazdasági hulladéknak minősülő száraz és csutkák kiváló alapanyagot jelentenek. Az előállítás területén az előtűnik álló feladatok a következők lehetnek: bioetanol kukoricából való előállítása, a folyamat hatékonyságának javítása. A felhasználás területén: motorfékpadai kísérletek elvégzése a Stuttgartban elvégzett kísérletek mintájára, a kukoricából előállított etanol, etanol-benzin keverék környezeti terhelésének kimérése.

*Költség-haszon vizsgálat*

A számítások során (Zöldy, 2003) az etanol motorhajtóanyagként való alkalmazásának gazdasági körülményeit, lehetőségeit vizsgáltuk. A sok lehetőség közül az 5 % etanoltartalmú gázolaj vizsgálatát végeztük el, melyet motorfékpadai méréseken választottunk ki, és vizsgáltunk meg részletesen.

Először számításba vettük azokat a tényezőket, ahol az etanol alkalmazása többletköltséggé jelentkezik. Ezeket a költségeket két nagy csoportra bontottuk, mégpedig időbeli lefolyásuk szerint: egyszeri, illetve folyamatos költségekre. Az E5 etanoltartalmú emulzió használatokor egyszeri költségekkel nem kell számoljunk, mert a motor átalakítása nem szükséges, a tárolási kapacitás rendelkezésre áll, s a technológiája megfelelő. A folyamatos költségek az etanol és a gázolaj árkülönbségén és az azonos teljesítmény eléréséhez szükséges mennyiségi különbségen alapulnak.

A költségek után megvizsgáltuk azokat a területeket, ahol az etanol alkalmazása előnyös. Ez a terület további elemzési lehetőségeket is rejt magában – például mezőgazdasági szektorban várható megtakarítások

–, azonban a területi korlátok miatt ezek vizsgálatától eltekintettünk. A felhasználás során jelentkező előnyök közül a legfontosabb a jelentősen csökkenő levegőszennyezés és a kárellhárítási költségek csökkenése. Az externális hatásokat internalizálva megbecsültük ezeknek a feltehető értékét. A költségek és a megtakarítások ezek után kerültek összevetésre. A költségszámítás során a költségnemeket és a megtakarítási formákat összesítettük.

A folyamatos költségek összehasonlítása az *1. táblázatban* látható. A táblázat kiemelt 3. és 5. sorának az összehasonlításához szükséges az az adat, hogy a vizsgált autóbuszoknak mekkora a fogyasztásuk. A mai modern szóló autóbuszok – a terep- és a forgalmi körülményektől függően – 100 km-en körülbelül 32 litert fogyasztanak. Az egy liter tüzelőanyagra számított költségeket az externális költségekkel való összehasonlíthatáshoz át kellett számítani 32 literre. Ezeket valós költségeknek neveztük. Az externális költségeket egy utaskilométerre számoltuk ki, és 60 %-os járműkihasználtság feltételezésével számítottuk át 100 járműkilométerre. Ezek a valós megtakarítások. A valós költségek és a valós megtakarítások egymáshoz viszonyítása adta meg, hogy az etanol motorhajtóanyagként való használata nemzetgazdasági szinten kifizetődő-e, s ha igen, mennyire. Ezeket az értékeket a keverék-összetétel függvényében mutatja meg az *1. táblázat*:

A táblázat utolsó sora megmutatja, hogy az externális költségek figyelembevételével az etanol használata 32 liter/100 km fogyaszt-

tást feltételezve előnyösebb a gázolajnál a kibocsátott szennyezőanyagok okozta károk költségeit is figyelembe véve. Ez alapján az a következtetés vonható le, hogy az etanol buszok motorhajtóanyagként való alkalmazhatóságát a folyamatos költségek elemzése alátámasztja. Az adalék nélküli változat mutatja meg az elméleti ár arányt, az adalékolt oszlop pedig a mérésekben felhasznált, adalékolt keverék árát.

#### *A bevezetéssel kapcsolatos egyszeri költségek*

A bioetanol bevezetésével kapcsolatos költségek három nagy csoportba sorolhatók. A számítás során a kiszolgáló létesítmények átalakításból jelentkező költséget elhanyagolhatónak tekintettük, lévén, hogy nincs szükség nagyobb tartályokra a jelenlegiek nem teljes kihasználtsága miatt, míg anyaguk megfelel az etanol támasztotta körülményeknek. Az etanol-gázolaj emulzió bevezetésekor 5 %-os etanoltartalomnál nincs szükség a motorban alkatrészek cseréjére. A harmadik költségnem a motorhajtóanyaggal kapcsolatba kerülő személyzet továbbképzése. Ez szükséges, mert az emulzió tulajdonságai néhány esetben – pl. lobbánypont – jelentősen megváltoznak (Zöldy et al., 2005).

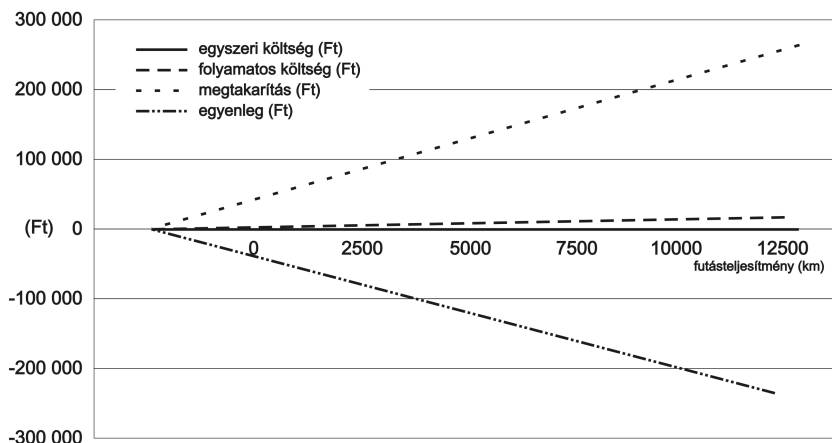
#### *Összesített költségszámítás*

Az egyszeri és a folyamatos költségek összesítését mutatja meg az alábbi, *2. ábra*.

Az ábra adatai szóló autóbuszokra vonatkoznak. Így a vízszintes tengelyen az egy járműre jutó szállítási teljesítmény, míg a

	Gázolaj	E5	E5 adalék nélkül	Etanol	
összesített ár [Ft]	156,4	161,5	159,1	209,4	Ft/1
bruttó ktg.	5006,9	5169,3	5091,7	6702,3	Ft/32 liter
<b>valós ktg.</b>	<b>0</b>	<b>162,4</b>	<b>84,7</b>	<b>1695,4</b>	<b>Ft/32 liter</b>
ext. megt.	0	1,7	1,7	34,9	Ft/km
valós megt.	0	174,5	174,5	3490,7	Ft/100 km
különbség	0	12,1	89,7	1795,3	Ft

*1. táblázat* • Folyamatos költségek összehasonlítása



2. ábra • Költségek és megtakarítások etanolüzem bevezetése és használata esetén

fügőleges tengelyen az egy buszra jutó megtakarítás/költség szerepel. Az ábrából látható, hogy az 5%-os etanolnál az egyszeri bevezetéssel kapcsolatos költségek elhanyagolhatóak, a megtakarítások pedig ellensúlyozzák a kiadásokat. Természetesen ez az összeg az externális megtakarításoknak köszönhető, melynek a pénzként való megjelenítése igencsak bonyolult feladat a gazdasági életben. A legegyszerűbb az államra hárítani, amely tovább fogja ezt hárítani adók formájában a nagyobb környezeti terhet okozó motorhajtóanyagok használói felé.

#### A bevezetés lehetősége

A bioetanol bevezetését az állam több módon is támogathatja, hogy kiegyenlítsa a környezetet kímélő, de drágább volta miatti hátrányait. Az állami támogatás másik indoka lehet az, hogy a bioetanol alkalmazása kivált sok más költségvetési tételt – mint például: az exporttámogatást, munkanélküli segélyt, parlamenti támogatást, környezetkárosítás elhárításának költségeit stb. –, mely megtakarítások egy részét ugyancsak a bioetanolra lehet fordítani. A támogatási formák skálája széles, a kutatás támogatásától az értékesítés szubvencionálásáig sok módja lehet: jövedékiadó-csökkentés, vissza nem térítendő

támogatás, forgalmiadó-csökkentés, kamattámogatás, garantált ár, nem élelmiszer célú EU-támogatások igénybevétele.

Az etanol kis százaléku hozzákeverése a benzinnel vagy gázolajhoz nem jár nagy változtatásokkal, a mai gépjárműparkon nem kell változtatásokat végrehajtani a bevezetéséhez. Ugyanakkor javul a füstgáz összetétele, változatlan motorteljesítmény mellett csökken a károsanyag-kibocsátás. Az előnyök közvetlenül a bevezetés után megmutatkoznak.

Az etanol előállító gyárak is költségként jelentkeznek. Ez azonban sok esetben kiváltható a már meglévő szeszgyárak ki nem használt kapacitásának munkába állításával.

#### FIZIKAI TULAJDONSÁGOK

Az etanol kiválóan alkalmazható benzinmotorokban mint hajtóanyag. A motor megváltoztatását egészen 22 %-os részarányig nem igényli. Magas oktánszáma miatt jó oktánszámnövelő adalék. Hátránya az alacsonyabb fűtőértéke, mely miatt nagyobb mennyiség elégetésére van szükség, ha azonos teljesítményt kívánunk elérni. A fékpedi mérésekhez kapcsolódva következik a bioetanol és a gázolaj összevetése.

Az etanol nem használható annyira könnyen és egyszerűen dízelüzemben, mint Otto-motorban, ahol minden motorikus módosítás nélkül használható adalékként. Annak ellenére, hogy nem várható termikus hatásfokjavulás, sok helyen foglalkoznak alkoholok dízelmotorokban való felhasználásával (Stimer, 2001). Ennek oka, hogy az alkohol-üzem a környezetet sokkal kevésbé szennyezi, s mert a dízelüzemű járműparkok általában zártak, például a városi buszvállalatoknál, ezért kisebb infrastrukturális beruházással megoldható az átalakítás.

Az alkoholok cetánszáma igen kicsi, így az etanolé is, melynek cetánszáma 8. Emiatt nem égethetőek el olyan egyszerűen dízelmotorokban, mint Otto-motorokban. Keverékekben már 10 %-nyi etanol annyira csökkenti a gázolaj cetánszámát, hogy az a szabványban előírt 45 alá kerül. Ezért szükséges égésjavító – például ciklo-hexanol-nitrát – hozzákeverése.

Sem az alkoholok, sem az emulgeátor nem befolyásolják a cseppenéspontot (CFPP). Ebből a szempontból az etanol-gázolaj keverék egyenértékű a gázolajjal.

Az alkohol-gázolaj keverékek viszkozitása 20 °C-on kb. 1 mm<sup>2</sup>/s-mal kisebb, mint a gázolajoké. Ez a viszkozitáscsökkenés nem kritikus a kenésre érzékeny alkatrészek, mint például az adagolószivattyú szempontjából.

Az etanol alacsonyabb forráspontja és erősebb illékonyasága nagymértékben megváltoztatja a gázolaj forrásgörbéjét. Míg a gázolaj forráspontja kb. 180 °C körül van, addig a keveréké a benne lévő etanol forráspontjánál kezd formi. Az etanol forráspontja 78 °C. A forráspontcsökkenés a tüzelőanyagrendszer módosítását igényelheti, mellyel a melegindítási tulajdonságok javíthatóak. Tűzveszélyességi szempontok alapján az etanol-gázolaj keverék egyenértékű a benzinnel.

Motorfékpadi és görgős járműfékpadi terheléses kísérletekkel bebizonyították, hogy teljes terhelésnél a gázolaj-etanol keverék

fajlagos energiafogyasztása megegyezik a gázolajével. A térfogategységben kifejezett fogyasztás a keveréküzemben nagyobb, ami egyenes következménye a keverék kisebb égéshőjének. Nagyobb víztartalmú eleggyel a motor teljesítménye 25 %-kal csökkent, miközben a fogyasztás 3–4 %-kal nőtt. Az etanol fűtőértéke körülbelül a gázolaj 60 %-a.

#### *Motorfékpadi mérések és értékelésük*

Az előzetes motorfékpadi mérések során kiválasztott 5 % etanoltartalmú gázolajjal – továbbiakban E5 – végeztük a méréseinket. A mérések során a tüzelőanyag viselkedését egy Rába D10 UTLL 218-as motoron vizsgáltuk. Méréseket végeztünk teljes terhelésen, majd pedig az EGB 96 – a mezőgazdasági járművek kibocsátásait előíró ciklus – és az ESC – a közúti forgalomban részt vevő járművek kibocsátásait előíró ciklus – szerint.

A műszaki és a gazdaságossági szempontok értékelése alapján megállapítottuk, hogy az etanol üzemanyagkénti felhasználási lehetőségei közül a korlátozott mennyiségű etanol és a gázolaj keveréke (mikroemulzió) a legkedvezőbb. A keverékhez annyi és olyan minőségű adalékanyagot kell adni, amely

- az etanol hatására csökkent cetánszámot eredeti értékre növeli,
- az etanol által lecsökkentett kenőképességet a szükséges értékre növeli, és
- a keverék stabilitását szélsőséges időjárási körülmények között, esetleg víz jelenlétében is megőrzi.

A vizsgálatokon indítási vagy egyéb nehézség, illetve üzemzavar nem fordult elő.

A méréseredmények az egyes jellemzők alakulásával kapcsolatosan a következőket mutatják (Emőd, 2004):

- az alkoholos keverékkel *teljes terheléssel* a motor teljesítménye az etiléntartalomtól függően kb. 2...5 %-kal kisebb,
- g/(kWh) mértékegységben kifejezett fajlagos CO-kibocsátása és füstölése lényegesen csökken, és



- fajlagos  $\text{NO}_x$ - és HC-kibocsátása gyakorlatilag nem változott,

Az alkoholos keverékkel *részterheléssel* üzemelő motor azonos feltételek (fordulat-szám, forgatónyomaték) mellett

- jelentősen kisebb részecskékibocsátású,
- kissé kevesebb  $\text{NO}_x$ -kibocsátású,
- kissé nagyobb CO-kibocsátású és
- a terhelés csökkenésével egyre nagyobb HC-kibocsátású.

Ezekkel a változásokkal kapcsolatosan megjegyzendő, hogy dízelmotoroknál a részecskékibocsátás és az  $\text{NO}_x$ -kibocsátás EU-határértékeinek kipufogógáz-utókezelés nélküli teljesítése általában komoly nehézségeket okoz, míg a CO- és HC-kibocsátás a nagy légviszony követeztében olyan kicsi, hogy még jelentősen megnövekedve is nagyon távol van a jelenleg érvényes EU-határértékektől. További – elvi – előnyük az etanolos keverékekkel üzemelő motoroknak, hogy (egyrészt az etanol kisebb széntartalma

miatt, másrészt az etanol zárt  $\text{CO}_2$ -környezet miatt)  $\text{CO}_2$ -kibocsátásuk kisebb; valamint az etanol kénmentessége miatt az égéstermékek kevesebb kén-dioxidot és kén-trioxidot tartalmaznak. Összességében az etanol a gázolaj környezetkárosító hatását kedvező irányban befolyásolja. Hangsúlyozandó, hogy az etanol-gázolaj keverék tűzveszélyességi szintje a benzinével azonos. Ez a gázolajnál megszokotthoz képest más előírásokat, fokozott odafigyelést kíván.

A vizsgálatok folytatását 5 % etanolt tartalmazó gázolajjal tartjuk célszerűnek. További vizsgálatokat igényel a gázolaj-etanol keverék téli körülmények közötti stabilitása, az ehhez szükséges emulgeátor mennyisége, a keverék esetleges korróziós hatása a motor szerkezeti anyagaira.

Kulcsszavak: *bioetanol, alternatív hajtóanyag, fenntartható fejlődés, életcikluselemzés, motorfékpadli vizsgálat*

#### IRODALOM

- Bull, Stanley R. (1996): *Renewable Energy Transportation Technologies*. WREC, National Renewable Energy Laboratory, Golden (Colorado, USA)
- Emőd István (1995): Alkohol hajtóanyag alkalmazása Otto-motorokban. Megbízó: Győri Olajipari Rt.
- Emőd István (2004): Megújuló motorhajtóanyagok alkalmazása mezőgazdasági haszonjárművekben, BME Gépjárművek tanszék, kutatási jelentés
- European Commission Directorate General XII, (1994): *Potential Benefits of Using Agricultural Commodities as Energy Sources* (A mezőgazdasági termények energiaforrásként való felhasználásának rejtett előnyei), Science Research and Development, EUR15647
- La Rovere, Emilio Lèbre (1999): Twenty Five Years of the Brazilian Ethanol Program (A brazil etanol program huszonöt éve). Rio de Janeiro, november
- László Elemér – Réczey Istvánné (2000). *Megújuló nyersanyagok nem élelmiszeripari felhasználása*. NF-2000 Magyarországi Információs Szolgáltató Rendszer, Budapest
- Stimer, Michael (2001): Pro & Kontra Diesel. auto touring, 3.
- Zahumenszky József (1990): Alternatív tüzelőanyagok alkalmazása a városi tömegközlekedésben 1-2. rész, Járművek, Mezőgazdasági Gépek 37. 4-5
- Zöldy Máté – Juhász Tamás (2002): *A bioetanol magyarországi bevezetésének környezetvédelmi és gazdasági előnyei*. TDK-dolgozat, konzulens: dr. Füle Miklós.
- Zöldy Máté (2003): *Bioetanol autóbuszokban való alkalmazásának költségvizsgálata*. OTDK-dolgozat, konzulens: dr. Tanczos Katalin.
- Zöldy Máté (2001): Bioetanol mint Otto- és dízelmotorok hajtóanyaga. *Járművek* 48. 12.
- Zöldy Máté – Emőd I. – Pollák I. (2005): The Technical and Economical Preparation of Investigations Carried out with Ethanol-Diesel Oil Mixtures. Periodica Polytechnica. 32. 1-2. (megjelenés alatt)