

KÖRNYEZETVÉDELMI MŰSZAKI FEJLESZTÉS
TANULMÁNY

***Mezőgazdasági termékekből és hulladékokból előállítható hajtóanyagok
belsőégésű motorok tüzelőanyagaként történő alkalmazása***

I. rész.

Készítette:

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Gépjárművek tanszéke

Tanszékvezető:

Dr. Melegh Gábor egyetemi docens

Témavezető:

Dr. Emőd István egyetemi docens

Projektazonosító szám: KMFP-00031/2002

BUDAPEST

2003.

Ez a tanulmány az OM KTF Környezet- és Energiatechnológiai Osztály által kiírt pályázati felhívásra 2002. április 15-én benyújtott pályázatunk, majd a támogatás elnyerését követően az Oktatási Minisztérium Alapkezelő Igazgatóságával (ma: Kutatásfejlesztési Pályázati és Kutatáshasznosítási Iroda) kötött, KMFP-00031/2002. projektazonosítójú szerződésünk 1. melléklete szerint, a projekt első munkaszakaszában elvégzendő tevékenység eredménye.

A hátralévő második munkaszakaszban az e jelentés alapján kiválasztott gázolaj-etanol keverékekkel és adalékanyagokkal szándékozunk motorlaboratóriumi vizsgálatokat végezni.

TARTALOM

I. BEVEZETÉS	4
II. Motorhajtóanyagok értékelési szempontjai.....	4
III. Alternatív járműhajtások és motorhajtóanyagok	5
IV. Motorhajtóanyagként felhasználható biohajtóanyagok.....	6
V. Biohajtóanyagok felhasználásának hazai helyzete.....	10
VI. A Bioetanol, mint dízelmotorhajtóanyag.....	11
Általános és speciális követelmények	11
Magyarországi előzmények.....	13
Külföldi előzmények és kísérletek	14
VII. A magyarországi felhasználás szempontjából vizsgálendő tüzelőanyag- rendszer kiválasztása	26
Etanol-alkalmazások összehasonlítása.....	26
A gázolaj-etanol keverési arányok	28
VIII. A vizsgálati gázolaj-etanol keverékek motorüzem szempontjából lényeges tulajdonságai.....	29
Cetánszám	29
Viszkozitás és kenőképesség	30
Stabilitás.....	30
Összeférhetőség más anyagokkal	33
Környeztkárosító égéstermékek.....	33
A gázolaj-etanol keverékek főbb jellemzőinek számítása	35
Az előkísérletek eredményei	41
Szakirodalom a VIII. fejezethez.....	45
IX. Gazdaságossági számítások	45
Egyszeri költségek	45
Folyamatos költségek.....	45
Szakirodalom a IX. fejezethez.....	47
X. Irodalomjegyzék	47

I. BEVEZETÉS

A fosszilis energiahordozók évmilliók alatt biomasszából, azaz növényi (és állati) eredetű anyagokból, kémiai és biológiai folyamatok eredményeképpen keletkeztek. A jelenlegi motorhajtóanyag-ellátás szinte kizárólagosan (99,5 % felett) egyetlen ilyen, eredetileg biomassza eredetű energiahordozót használ, a kőolajat. A kőolajtermékek használatakor egyrészt nagymennyiségű üvegházhatású CO₂ gáz keletkezik, amelyet a természet egyre kevésbé képes feldolgozni; másrészt a gazdaságosan kitermelhető készletek fokozatosan kimerülnek.

Ezek a jelenségek már magukban is elegendő okot szolgáltatnak arra, hogy az alternatív energiaforrások kérdésével komolyan foglalkozzunk.

További ok, hogy az EU kőolajszükségletének $\frac{3}{4}$ -ét importból fedezi, és ha nem születnek új megoldások, ez a hányad 2020-ra 90 %-ra emelkedik. A Föld ásványolajkészletének 75 %-át birtokló közel-keleti országok 10 éven belül a jelenlegi 40-ről 50 %-ra növelik világpiaci részesedésüket, ami az ipari országok növekvő függőségével járhat.

Középtávon a földgáz a legreálisabb lehetőség. Tartalékai viszonylag nagyok, szintetikus motorhajtóanyag (pl. szintetikus benzin) alapanyagaként, vagy közvetlenül (sűrítve ill. cseppfolyósítva) egyaránt alkalmas motorhajtásra. Ma a hidrogén előállításának is elsődleges nyersanyaga a földgáz.

Hosszú távon azonban kizárólag a megújuló ill. megújítható energiaforrások kerülhetnek számításba. A szakemberek véleménye egyezik abban, hogy az általános tüzelőanyag feladatát a vízből napenergia segítségével előállított hidrogén fogja betölteni. Hidrogén a hajtóanyaga a napjainkban nagy ráfordításokkal fejlesztett tüzelőanyag-cellának is. Arról azonban megoszlanak a vélemények, hogy a megfelelő hidrogén-infrastruktúra hogyan és mikorra alakulhat ki.

Köszönetnyilvánítás

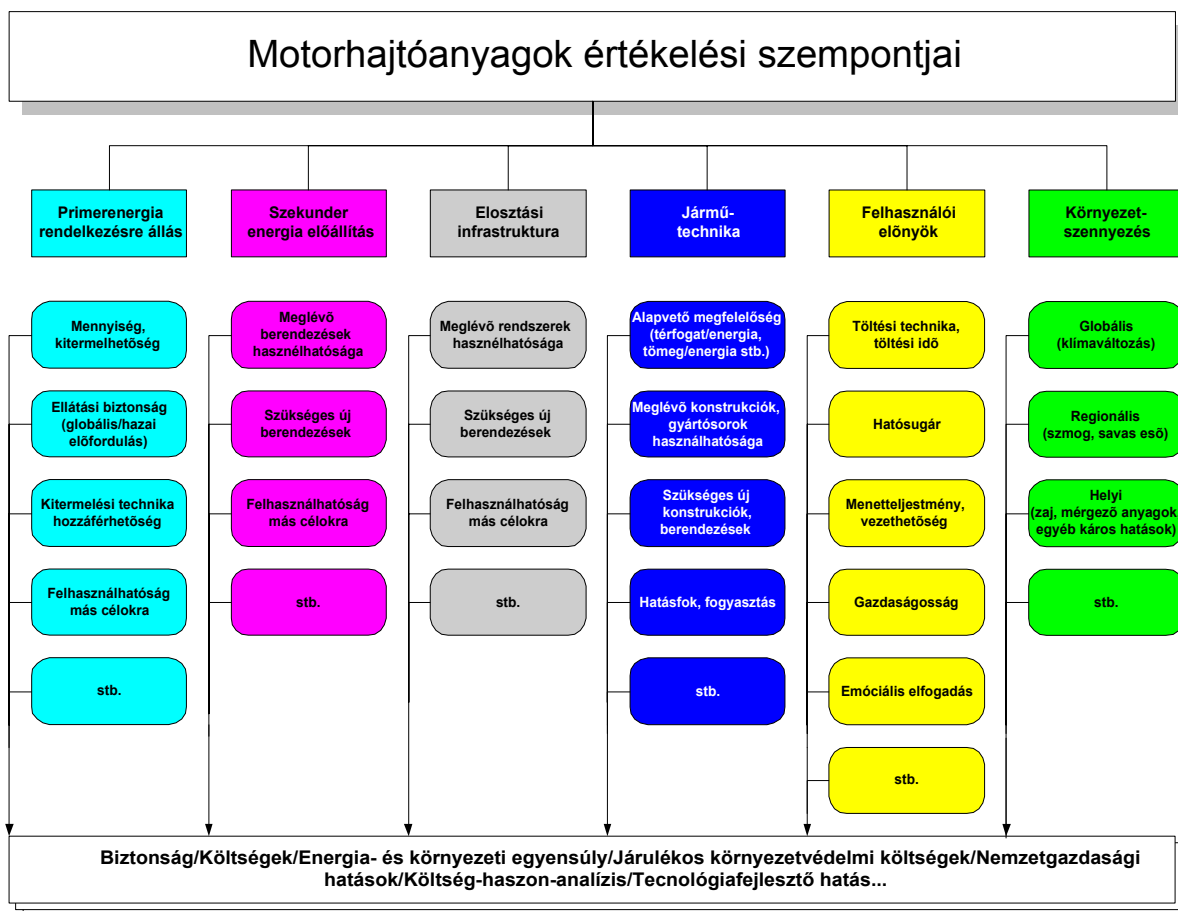
Köszönettel tartozunk elsősorban az Oktatási Minisztérium KTF Környezet- és Energatechnológiai Osztályának és Alapkezelő Igazgatóságának a pályázat kiírásáért és az anyagi támogatásért.

Köszönjük a pályázati munka elkészítéséhez nyújtott önzetlen segítségét a MOL Kutatási-Fejlesztési Osztályának és a RÁBA Rt.-nek.

Köszönjük azt a megbízható munkatársi kapcsolatot, amellyel a KTI Rt. Motortechikai és Levegőtisztaság-védelmi Tagozata és a BME Kémiai Technológiai Tanszéke hozzájárult munkánkhoz.

II. MOTORHAJTÓANYAGOK ÉRTÉKELÉSI SZEMPONTJAI

A motorhajtóanyagok használhatóságát belsőégésű motorokban, a 1. ábrán általánosságban bemutatott főbb tényezők alapján választják ki, illetőleg határozzák meg [4].



1. ábra. Motorhajtóanyagok értékelési szempontjai

Az szempontok relatív fontossága az idő függvényében változó. Míg régebben a motorteknikához való igazodás, az üzembiztonság, a rendelkezésre állás, az előállítási költségek stb. voltak a legfontosabbak, mára ezek mellett egyre inkább előtérbe került a környezetvédelem, és ezen belül a kipufogógáz károsanyag-tartalmának és a szén-dioxid kibocsátás csökkentése.

Ez utóbbi szempont kielégítése szempontjából az alternatív járműhajtásoknak és a biohajtóanyagoknak nagy jelentőségük van, mert ezek égésekor annyi szén-dioxid keletkezik, amennyit a növény a környezeti levegőből felhasznált; tehát a folyamat – legalábbis elméletileg – nullszaldós.

III. ALTERNATÍV JÁRMŰHAJTÁSOK ÉS MOTORHAJTÓANYAGOK

Az 1. táblázatban az előzőekben említett szempontok közül néhány fontosabbat kiemelve értékeltük azokat a motorhajtásokat és motorhajtóanyagokat, amelyek a közelebbi és távolabbi jövőben számításba jöhetnek [2].

A táblázatból már egyszerű ránézésre is megállapítható, hogy a növényi eredetű (u.n. bio-) hajtóanyagoknak – a gazdaságossági szemponttól eltekintve – jelentős negatív tulajdonságaik nincsenek.

1. táblázat. Alternatív motorhajtóanyagok és járműhajtások összehasonlítása

Alternatíva	Meglévő motorok alkalmazsága	Infrastruktúra	Biztonság	Újratöltési idő	Hatósugár	Kenés	Gazdaságosság
H ₂	·	●	·	·	·	·	●
LNG	·	●	·	○	·	○	○
CNG	·	·	·	·	·	○	○
LPG	·	·	·	○	○	○	○
Metanol	·	·	·	○	·	·	·
Etanol	·	·	○	○	·	○	●
RME*	○	·	○	○	○	·	●
Villamos	●	○	·	●	●	○	●

○ problémamentes
 · kisebb · közepes ● nagy nehézségek

(A táblázat rövidítései: H₂ hidrogén, LNG cseppfolyósított földgáz, CNG sűrített földgáz, LPG propán-bután gáz, RME repceolaj-metilészter.)

* A zsírsav-észterek a növényolaj-észterekkel közel azonos tulajdonságúak.

IV. MOTORHAJTÓANYAGKÉNT FELHASZNÁLHATÓ BIOHAJTÓANYAGOK

Járműhajtásra a növényi anyagokból előállított növényi olajat vagy biológiai termékekből, melléktermékekből és hulladékokból előállított termékeket (alkoholt, metánt) használhatunk.

A biohajtóanyagok felhasználása már 1995-ben is jelentős volt, a számértékeket a 2. táblázat tartalmazza [55]:

2. táblázat. Biohajtóanyagok felhasználása 1995-ben

	Biodízel 1000 t/év	Bioetanol 1000 t/év
EU	566	344
USA	42	3531

Brazília		9375
----------	--	------

Ma a biodízel (repceolaj-metilészter, RME) az Európai Unióban a teljes gázolajfogyasztás 1 %-át teszi ki. Etanol az USA-ban a teljes motorhajtóanyag-fogyasztás 1 %-a, Brazíliában 45 %-a.

[17] szerint 2020-ig három alternatív motorhajtóanyag alkalmazása érheti el a teljes fogyasztás 5 %-át. A jövőképet a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat. Alternatív motorhajtóanyagok alkalmazási jövőképe

	Biohajtó- anyag	Földgáz	Hidrogén	Összesen
2005	2 %			2 %
2010	6 %	2 %		8 %
2015	7 %	5 %	2 %	14 %
2020	8 %	10 %	5 %	23 %

Az Európai Bizottságnak az Európa Parlament és Tanács részére készített javaslata szerint a biohajtóanyag-alkalmazás 2005-re legalább az összes értékesített motorhajtóanyag 2%-ával legyen egyenlő. Ezt átlagosan évi 0,75 %-kal növelve, az arány 2009-re már 5 % legyen. Ettől az évtől a tagországok számára a kötelező bekeverési arány is előírásra kerül [52].

A motorhajtóanyag célú növény-felhasználás növekedésével párhuzamosan a biohajtóanyagokkal szemben támasztott követelmények is megfogalmazódtak. A legfontosabbak a következők:

- a meglévő motorokban való alkalmazhatóság
 - ne okozzon beruházási bizonytalanságot az üzemeltetőnél,
 - ne legyen piacbevezetési fékező hatása,
 - ne legyen különösebb kockázata az esetleges pótlólagos beruházásokat is vállaló hajtóanyaggyártóknak és -forgalmazóknak,
 - a gépjárművek az alternatív hajtóanyag hiányában a hagyományossal is üzemeltethetők (pl. távolsági közlekedés, gépjármű eladása stb.) legyenek;
- a meglévő motorok átalakítása, ha egyáltalán szükséges
 - problémamentes és kis költségű legyen,
 - a motor az esetleges változtatás után is alkalmas legyen a hagyományos hajtóanyaggal való üzemeltetésre, vagy könnyen visszaállítható legyen,
 - ha lehet, a változtatásokat lehetőleg csak a beállítható paraméterek és/vagy üzemeltetési előírások esetében kelljen végezni (például a be-

- fecskendezett hajtóanyag mennyisége, vagy rövidebb olajcsere-időköz, vagy más motorolaj);
- környezetvédelmi és humánbiológiai szempontból legalább olyan legyen, mint a dízelgázolaj
 - korlátozott károsanyag-kibocsátás (szénhidrogének, szén-monoxid, nitrogén-oxidok, részecskék) szempontjából,
 - a fontosabb nem korlátozott károsanyagok kibocsátása (pl. policiklusos aromások, aldehidek) szempontjából,
 - a teljes ciklusra vonatkozó szén-dioxid-kibocsátás szempontjából,
 - biológiai lebonthatóság szempontjából,
 - az üzemi zajkibocsátás szempontjából;
- az üzemeltetőtől a lehető legkisebb járulékos költségráfordítást igényeljen
 - ne legyen nagyobb az üzemanyag-fogyasztás, mint a hagyományos hajtóanyaggal,
 - hosszú távon álljon rendelkezésre,
 - alkalmazásakor a karbantarthatóság és üzembiztonság ne legyen rosszabb,
 - a karbantartási és javítási költségek ne növekedjenek,
 - ne legyen drágább a hagyományos hajtóanyagoknál,
 - a szükséges egyéb üzemanyagok (pl. motorolaj) ne kerüljenek többre;
- adott régióban vagy az egész országban „területet lefedően” elegendő és állandó minőségű hajtóanyag álljon rendelkezésre.

A biohajtóanyagok rendszerét a 2. ábra szemlélteti.

A biomasszán alapuló energiakinyerés csak akkor folytatható hosszabb időn keresztül, ha

- adott területről nem takarítunk be több biomasszát, mint amennyi újratemelésére ez a terület képes (az erdők letarolása nem jelenthet tartós megoldást),
- az energia célú biomassza termelés nem foglalja el egyéb, fontosabb termékek (élelmiszer, textilipari nyersanyag, építőanyag) termőterületét,
- a biomassza-termelés nem meríti ki, nem teszi tönkre (növényvédő szerek, műtrágyák, erózió stb.) a termőterületet
- a monokulturális termelés nem veszélyezteti a régió fajtasokféleségét,

munkát és

- megélhetést hoz a vidéki lakosságnak, és a falvak kiürülése ellen hat.

Értelemszerűen nem kell figyelembe venni ezeket a feltételeket, ha a felhasználandó biomassza valamilyen hasznosítási folyamat végén fennmaradó anyag, vagyis az élelmiszer- és feldolgozás mellékterméke vagy hulladéka. Ezek feldolgozása sokféleségük miatt ugyan műszakilag igényesebb, de érdemes ezzel is foglalkozni, mert mennyiségük jelentős. Mértékére jellemző, hogy Svájcban az erdőgazdasági és egyéb fahulladékok mennyisége 50 000 t/év [15]. Ha ebből 50 %-os hasznosítással

motorhajtóanyagokat állítanánk elő, ez az 1999-es év motorhajtóanyag-felhasználásnak – 275 500 t/év – 10 %-át fedezné [18].

A mezőgazdasági termékekből és hulladékokból előállított alkoholok közvetlen előállítás költsége – a növényolaj-zsír-sav-metilészterekhez viszonyítva – kedvező.

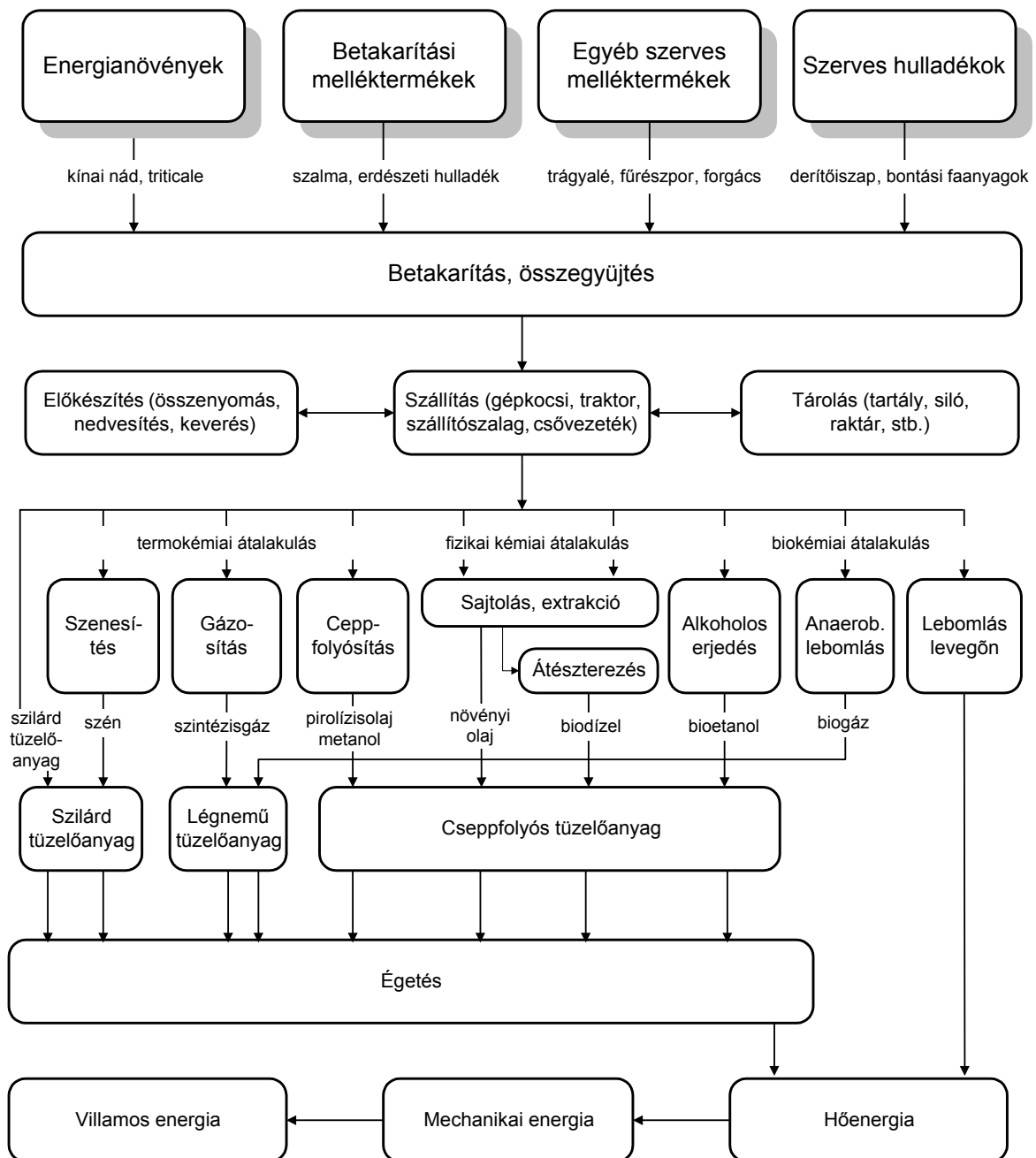
A biohajtóanyagok jelentőségét nem elsősorban a költségelemzéssel számított (és támogatott) ár adja, hanem a kimutatható környezetvédelmi előnyük (napjainkban már elsősorban a kisebb széndioxid-kibocsátás, a jobb biológiai lebomlási tulajdonságok), a mezőgazdasági túltermelési válságok levezetésében játszott szerepük, azaz az ugaroltatás és a munkanélküliség feloldása, továbbá a fosszilis energiahordozókkal – elsősorban kőolajjal – való takarékoság, illetőleg ezek motorhajtóanyag-kénti felhasználásánál előnyösebb és nagyobb hasznot eredményező termékek nyersanyagként való hasznosítása.

V. BIOHAJTÓANYAGOK FELHASZNÁLÁSÁNAK HAZAI HELYZETE

Magyarország a biomassza hasznosítása szempontjából kedvező adottságú, a keletkező és másra nem – vagy eddig alig – hasznosított mezőgazdasági-erdőgazdasági hulladék tömege 30...40 millió tonna/év. Tény, hogy a biomassza energiasűrűsége kisebb, mint a hagyományos motorhajtóanyagoké, ennek ellenére fontos energetikai felhasználása, hiszen más energiahordozót válthat ki. Az energiasűrűség növelésére is van lehetőség (pl. alkoholkészítés, biobrikettgyártás stb.).

A biomassza-hasznosítás új útjait nyithatja meg, ha piaci értékesítési nehézségek miatt Magyarországon is (mint az Európai Unió országaiban is) ki kell vonni a termőföld kb. 20 %-t az élelmiszergazdaságból. Ebben az esetben motorhajtóanyag termelésére is be lehet rendezkedni a növénytermesztési struktúra megfelelő átalakításával. Az egyik út a cukorrépa és burgonya termelése, és ezek fermentálásával etilalkohol előállítása. Ez benzinhez vagy gázolajhoz keverve környezeti előnyöket nyújt. A másik út a növényi olaj termelése, mivel ebből megfelelő technológiai átalakítással dízelmotor-hajtóanyag (biodízel) állítható elő.

A meredek fekvésű és a növénytermelés szempontjából eleve kedvezőtlen földterületeken az olajárak növekedése esetén célszerűvé válhat energiaültetvények létesítése. Ezek közül Magyarországon elsősorban az igénytelen és gyors növésű (3-4 év után hasznosítható) akác vehető számításba. Az ily módon termelt faapríték – valamint a ma is meglévő erdőkben a fakitermelési technológia módosításával gazdaságosan kinyerhető hulladék – további kis erőművek létesítését tenné lehetővé az ország különböző területein. Összességében leszögezhető, hogy a környezetbarát megújuló energiaforrások közül hazai viszonylatban a biomassza rejti a legnagyobb lehetőségeket.



2. ábra. A biohajtóanyagok, előállításuk és felhasználásuk rendszere

A megújuló energiaforrások, ill. hasznosításuk eltérő módjai nem zárják ki egymást, sőt – mivel külön-külön csak kis hányadát tudnák a kőolajsükségletnek kiváltani – együttes, párhuzamos alkalmazásuk szükségszerű.

Az alternatív üzemanyagok bevezetése terén hazánkban is megtörténtek az első lépések. A biodízel alkalmazásáról már 1996-ban tárgyalt a kormány, de a tízéves, mintegy 100 milliárd forint költségvetésű biodízel program csak 1999-ben indult el. A program részeként az országgyűlés elé terjesztették a biodízel kivonását a jövedéki termékek köréből, amit az elfogadott. A program menedzselésével az Országos Területfejlesztési Központot (OTK) bízták meg. A tervek szerint hazánkban, az éghajlati adottságoktól függően, repceből és napraforgóból állítanák elő a biodízelt, amelyet nem önálló hálózatban értékesítenének, hanem a MOL üzemében a hagyományos gázolajhoz kevernék, 8...10%-os arányban.

Jó hír, hogy 2002. decemberében biogázüzemet avattak Nyírbátorban, ezzel szemben érthetetlen, hogy 2003. július elején, rövid próbaüzem után leállították az ország egyetlen, a Középtiszai Mezőgazdasági Rt. által épített, 3,5 millió tonna/év kapacitású kunhegyesi biodízelgyárát.

A bioetanol – ha motorhajtóanyag-adalékként használják – 2003-tól jövedékiadómentes Magyarországon [49].

VI. A BIOETANOL, MINT DÍZELMOTORHAJTÓANYAG

Általános és speciális követelmények

A dízelmotorok hajtóanyagainak számos követelménynek kell megfelelniük. Ezek egy részét többé vagy kevésbé ki lehet elégíteni a hajtóanyag megfelelő kémiai összetételével, más részük (ilyen a kis zajterhelés, a kis károsanyag-kibocsátás stb.) csak a motorkonstrukcióval kölcsönhatásban realizálható.

A dízelmotorok hajtására szolgáló anyagokkal szemben támasztott fontosabb általános és speciális követelmények a következők ([4], [5]):

A hajtóanyag legyen

- alkalmas energiaátadásra a dízelmotor működési körülményei között,
- könnyen kinyerhető, illetőleg előállítható,
- kinyeréskor, illetőleg előállításakor minimális károsanyag-kibocsátású,
- elegendő mennyiségű és viszonylag állandó minőségű,
- nagy energiatartalmú,
- kis illékonyságú,
- szükséges mértékű elpárolgási tulajdonságú,
- könnyen szivattyúzható,
- megfelelő viszkozitású,
- megfelelő kenőképességű,
- hőmérséklettel szemben ellenálló,
- kémiai ellenálló képességű,
- kenőanyagokkal összeférhető,
- könnyen kezelhető (tárolás, szétosztás, kiskereskedelmi forgalmazás),
- olcsó a többi hajtóanyaghoz képest.

Ne legyen

- kellemetlen szagú égéstermék,
- szennyező és korróziókeltő sem az égéstermék, sem a visszamaradó hajtóanyag-komponensek, ezek ne koptassák a hengereket, illetőleg más motorelemeket,
- mérgező (gyártása, elosztása, felhasználása),

- kipufogógáza az élőlényeket és a környezetet károsító hatású, illetőleg a lehető legkisebb mértékben.

A dízelmotor feltalálása óta működtetésére több alkalmas anyagot fedeztek fel, illetőleg javasoltak. A technika jelenlegi állása szerint ezek lehetnek mind a hagyományos, mind pedig az azoktól eltérő, ún. alternatív hajtóanyagok. (Alternatívnak nevezik tágabb értelemben a nem fosszilis energiahordozókból előállított hajtóanyagokat, míg szűkebb értelemben minden nem kőolaj eredetű hajtóanyagot.) Ezek fontosabb képviselői a következők:

Hagyományos dízelmotor-hajtóanyagok (MSZ 1627)

- normál gázolaj,
- kis kén- és aromástartalmú gázolaj („city Diesel”).

Alternatív dízelmotor-hajtóanyagok

- Fosszilis eredetűek
 - gázolaj szintézisgázból (szintetikus kőolajon, illetőleg metanolon át),
 - sűrített földgáz (CNG),
 - alkohol (kőszén, földgáz stb. alapon előállítva),
 - dimetil-éter (kőszén vagy földgáz alapon előállítva).
- Megújuló, illetőleg megújítható energiaforrásból származók
 - szintetikus gázolaj (biomassza → szintézisgáz → szintetikus kőolaj → gázolaj, vagy pedig szintézisgáz → metanol → kis szénatomszámú olefinek → oligomerizáció → hidrogénezés → gázolaj),
 - bioetanol,
 - biodízel (metilalkohollal átészterezett növényolaj)
 - biogáz
 - biometanol
 - biodimetil-éter bioolaj.

A felsoroltakon kívül alkalmas a belsőégésű motorok hajtására a *cseppfolyósított* földgáz (LNG - liquified natural gas) és a különböző úton előállítható gáz vagy cseppfolyós halmazállapotú hidrogén (LH) is, de ezek felhasználását késlelteti, hogy biztonságos tárolásukat, szállításukat, elosztásukat stb. eddig nem, illetőleg csak részben oldották meg, cseppfolyósításuk energiaigényes, illetve infrastruktúrájuk kialakítása költséges.

Dízelmotorban az alkoholok – kis (10 alatti) cetánszámuk miatt –nem égethetők olyan egyszerűen el, mint Otto-motorban. Az Otto-motorral ellentétben nem várható a termikus hatásfok jelentős javulása sem.

Ennek ellenére világszerte egyre többet foglalkoznak alkoholok alkalmazásával dízelmotorban, mert

- az alkoholüzem kevésbé szennyezi a környezetet (füstmentesen ég, a részecske-kibocsátás gyakorlatilag nulla és az NO_x és PAK mennyisége kisebb),
- az üvegházhatást növelő szén-dioxid kibocsátása kevesebb,
- világszerte igény van a kőolaj kurrens közepes szénatomszámú frakcióinak helyettesítésére, és
- dízelmotoros haszonjárműveknél a zárt járműparkok (pl. a városi közlekedési vállalat autóbusszai) alkoholos üzemeltetése kisebb infrastrukturális ráfordításokkal megoldható.

A dízelmotor-kipufogógáz NO_x-tartalmának csökkenését a nemcsak az alkoholok nagy párologáshője és ez által a hengertöltet kisebb hőmérséklete eredményezi, hanem a kipufogógáz-visszavezetés megnövekedett lehetősége is. Ennek, valamint az alkoholmolekulák oxigéntartalmának köszönhető korommentes égés az Otto-motorokéval teszi összehasonlíthatóvá az alkoholüzemű dízelmotorok részecske-kibocsátását.

Az etanol-gázolajüzemű motorok a következő koncepciók valamelyikével valósíthatók meg:

- tiszta etanol motorhajtóanyag, nagymennyiségű, 10-15 %-nyi gyulladási hajlam javító (cetánszám-növelő) és egyéb tulajdonságú adalékkal, szerkezetileg változatlan motorban (Brazíliában megvalósított koncepció),
- tiszta etanol motorhajtóanyag átalakított dízelmotorban, az etanol gyulladását szikra, izzógyertya vagy izzófej indítja el,
- kettős hajtóanyagú motor, amelyben az etanol gyulladását kis, állandó mennyiségű (10-15 %) gázolaj (gyújtódózis) befecskendezése indítja el (motoronként két adagolószivattyú, hengerenként két porlasztófúvóka,
- a turbótöltő után, a sűrített levegőbe beporlasztott 20...25 %-nyi etanol,
- etanol-gázolaj keverék motorhajtóanyag, szerkezetileg gyakorlatilag változatlan motorban.

Magyarországi előzmények

Magyarországon már 1929-42 között is folytattak vizsgálatokat alkoholok motorikus felhasználásával kapcsolatosan. Ezek eredményeként MOTALKO néven 20 % alkoholt és 80 % benzint tartalmazó keveréket forgalmaztak.

A második világháború után – megtorpant az alkohol motorhajtóanyagkénti alkalmazása, legfeljebb kis mennyiségben, adalékként keverték a benzinhoz.

Dízelmotorban az első etanol-kísérleteket 1981-83 között az FM Műszaki Intézetében végezték. A vizsgálatok célja annak megállapítása volt, hogy gázolaj és cukorcirokból előállított alkohol keveréke milyen feltételek mellett alkalmazható motorhajtóanyagként.

A vizsgálatok az alábbi lépésekből álltak:

- a gázolaj-alkohol elegy főbb kémiai jellemzőinek meghatározása,
- a vizsgálat tárgyát képező MTZ 80 traktor D-240 típusú motorja fékpadi jellemzőinek meghatározása gázolaj hajtóanyaggal,

- az előbbi motor vizsgálata különböző alkohol-gázolaj keverékekkel és
- a kísérleti hajtóanyaggal korlátozott időtartamú tartós üzemi vizsgálat végzése.

A vizsgált hajtóanyagok kb. 10 % etanolt, 15-20 % vizet és 1-2 % emulgeátort tartalmaztak. A víztartalomtól függően a keverék viszkozitása 7-130 mm²/s volt.

A nagyobb víztartalmú eleggyel szerzett tapasztalatok:

- a nagy viszkozitás miatt a tüzelőanyag-tartályt nyomás alá kellett helyezni, de még így is ki kellett szerelni a finomszűrőt, hogy a tüzelőanyag eljusson a motorba,
- 2-5 nap alatt az elegy alkotórészeire bomlott, az alkohol egy része elpárolgott,
- a motor névleges teljesítménye 25 %-kal csökkent és
- a fajlagos energiafogyasztás 3-4 %-kal emelkedett.

A kisebb víztartalmú eleggyel:

- az elegy viszkozitása megközelítette a gázolajét, nem kellett a tartályt nyomás alá helyezni és a szűrőt sem kellett kiszerezni,
- a motor fajlagos energiafogyasztás 5-6 %-kal kedvezőbb volt, mint gázolajjal, de teljesítménye 20 %-kal kisebb lett,
- a tartós üzemi vizsgálatok során a keverék-összetétel módosítását igénylő üzemzavarok léptek fel és
- a keverék alkotórészeire bomlása, az alkohol kipárolgása továbbra is megoldatlan kérdés maradt.

Külföldi előzmények és kísérletek

Az alkoholnak – mint motorhajtóanyagnak – a motortechnika fejlődésének kezdetén nem volt jelentősége. Adalékként vagy alkotórészként viszont mindig alkalmazták.

Az első világháború után a vesztes országokban nyomasztó benzinhiány volt. Ennek következménye, hogy Németországban már 1921-től különböző, burgonyából készített, 25...35 % etanolt tartalmazó motorhajtóanyagot forgalmaztak. 1925-ben már 50...65 % etanolt tartalmazó hajtóanyag (monopolin) is piacra került. Ennek etanol-tartalma azonban a motorok igényéhez alkalmazkodva 1928-ra 25, majd később 20 %-ra csökkent. 1930-ban a német vezetés – főként a mezőgazdaság támogatására – rendeletileg előírta, hogy minden motorhajtóanyagnak legalább 2,5 % etanolt kell tartalmaznia. Az egyre fokozódó motorizációt az etanol-előállítás nem tudta követni, ezért később vízmentes metanolt, sőt nagyobb szénatomszámú alkoholokat is kevertek a benzinhoz. Míg 1932/33-ban 1,57 millió hektoliter etanolt, 1937-38-ban már 1,59 millió hektoliter etanolt és 0,75 millió hektoliter metanolt és nagyobb szénatomszámú alkoholt használtak el motorok hajtóanyagaként.

Napjainkban egyre gyakrabban foglalkozik a szakirodalom az etanol motorikus felhasználásával.

Mollenhauer átfogó kézikönyve [8] a következőket írja: Metanol vagy etanol dízelmotor-hajtóanyagkénti alkalmazása a gázolajüzemhez képest lényeges hátrányokat mutat. A motort és/vagy a motorhajtóanyagot az alkohol rossz gyulladási hajlama és nagy párolgáshője miatt költséges átalakításoknak kell alávetni.

Ilyen pl. az a második befecskendező rendszer, amely a kettős tüzelőanyagú motor második tüzelőanyagának (az etanolnak vagy a metanolnak) befecskendezésére szolgál. Ennél a megoldásnál hidegindításkor, az ezt követő melegítéskor és alapjáraton csak gázolajjal, majd növekvő terhelésen és fordulatszámon fokozatosan egyre nagyobb mennyiségű alkohollal üzemel a motor. A hajtóanyag gyulladását kis mennyiségű gázolaj befecskendezése indítja meg.

Másik lehetőség az alkohol gyújtógyertyával vagy izzógyertyával való meggyújtása, vagy az alkoholhoz gyulladáskönnyítő adalék keverése.

Hátrányos az alkohol lényegesen kisebb fűtőértéke, ez kisebb teljesítményt és nagyobb tüzelőanyag-fogyasztást okoz. Előnyös viszont a részecske- és az NO_x-kibocsátás csökkenése.

Metanol vagy etanol és gázolaj keveréke, és az ezzel való üzemeltetés könnyebben megvalósítható. Mivel azonban az etanol és a metanol környezeti hőmérsékleten nem keveredik a gázolajjal, emulgeátort (pl. etilacetátot) kell hozzákeverni. A stabil keverékképződés feltételei a háromfázisú oldhatósági diagramból kiolvashatóak.

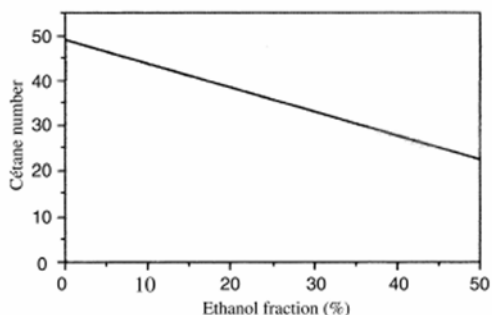
„Az alkoholkonceptiók műszakilag lehetségesek, de a mai költségviszonyok és adóterhelések mellett nem versenyképesek.”

P. Sattge de Caro és társai tanulmánya [27] részletesen és sokoldalúan ismerteti a gázolaj-etanol keverékkel működtetett motor méréseredményeit. Gázolajjal, adalékoltatlan és adalékolt gázolaj-etanol keverékkel végzett méréseket hasonlít össze. A tanulmány bevezetésében leszögezi, hogy az adalékolás célja hármas:

- az etanol hatására lecsökkent cetánszám eredeti értékre növelése,
- az etanol által lecsökkentett viszkozitás eredeti értékre növelése az adagolószivattyú kenése érdekében és
- a keverék stabilitásának megőrzésére szélsőséges időjárási körülmények között, esetleg víz jelenlétében is.

Adalékként 1 % 1-oktilamino-3-oktiloxi-2-propanolt és 1 % N-(2-nitrato-3-oktiloxi propil)-t, N-oktil nitramint használ. Ezt az összesen 2 % adalékot 10...20 v/v. % etanolhoz tartja megfelelőnek.

Az etanol a 3. ábra szerint csökkenti a keverék cetánszámát.



3. ábra. A gázolaj-etanol keverék cetánszáma

A kisebb cetánszám megfelelő mennyiségű és minőségű adalékkal visszaemelhető. Így pl. az eredetileg 49 cetánszámú gázolaj cetánszámát 15 % etanol 41-re csökkenti, ez az említett összetételű 2x1 % adalékkal 47-re emelhető.

A vizsgálatokat

- közvetlen befecskendezésű egyhengeres 667 cm³ lökettérfogatú léghűtéses HATZ motoron (Φ100x85, ε=18, P_{max}=10 kW/3000 1/min.) és
- osztott égésterű négyhengerű 1870 cm³ lökettérfogatú folyadékhűtésű RENAULT motoron (Φ80x93, ε=21,5, P_{max}=50 kW/4500 1/min.)

motorokon végezték.

A HATZ motor vizsgálati eredményei

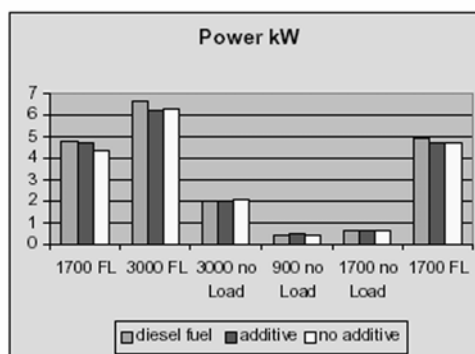
- Teljes terheléssel 1700 és 3000 1/min fordulatszámokon, és
- terhelés nélkül 3000, 1700 és 900 1/min (alapjárat) fordulatszámokon végeztek vizsgálatokat.

A motorhajtóanyag gázolaj, gázolaj+10% etanol és gázolaj+10 % etanol+2 % adalék volt. Ezek jellemzői a 4. táblázatban láthatók.

A motor teljesítmények alakulását a 4. ábra szemlélteti. A diagramból látható, hogy az etanol-gázolaj keverékkel a motor teljesítménye teljes terhelésnél (FL=full load) mintegy 5 %-kal kisebb. Ez nagyjából megfelel a kisebb fűtőértéknek. Azonos effektív teljesítménynél ez mintegy 3 % többletfogyasztást jelent.

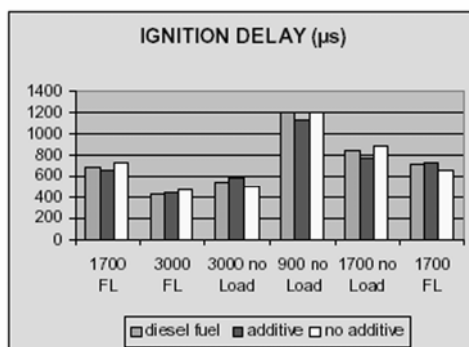
4. táblázat. Gázolaj és 10 %-os gázolaj-etanol keverék jellemzői

	Fűtőérték MJ/kg	Cetán- szám	Sűrűség g/l 20 °C-on
Gázolaj	42,35	49	837,6
Gázolaj+10 % etanol	41,00	43,5	832,8
Gázolaj+10 % etanol+2% adalék	40,98	50	834,5



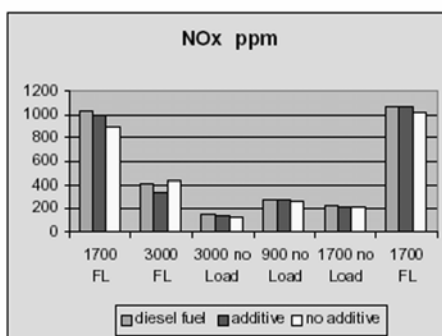
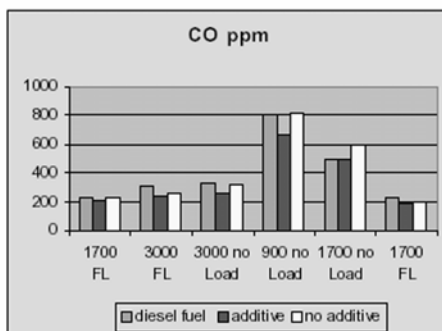
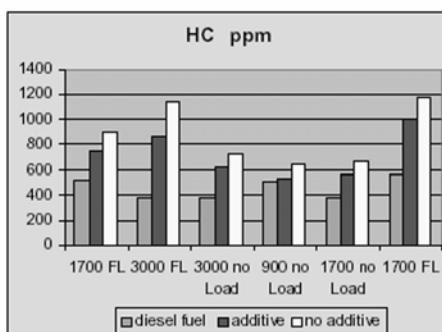
4. ábra. A HATZ-motor teljesítménye

A gyulladási késedelem nagyjából a cetánszámnak megfelelően alakult (5. ábra).



5. ábra. Gyulladási késedelem

A károsanyag-kibocsátások a 6. ábrán látható módon alakultak. Az ábrából látható, hogy a HC-kibocsátás jelentősen, teljes terhelésnél mintegy kétszeresére nőtt. A CO-kibocsátásnál az etanol és az adalék hatására nincs jelentős különbség. Az NO_x-kibocsátás szempontjából sem szignifikáns a különbség.



6. ábra. Károsanyag-kibocsátás

A RENAULT motor vizsgálati eredményei

- 4000, 3000, 2000 és 1000 1/min fordulatszámokon,
- 100, 75, 50 és 25 %-os terhelésekkel

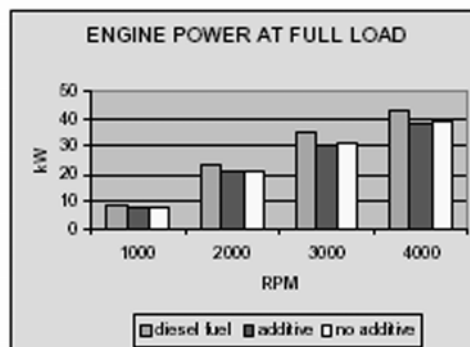
végeztek vizsgálatokat.

A motorhajtóanyag gázolaj, gázolaj+20% etanol és gázolaj+20 % etanol+2 % adalék volt. Ezek jellemzőit az 5. táblázat tartalmazza.

A motor teljesítményének alakulását teljes terhelésnél a 7. ábra szemlélteti. A diagramból látható, hogy a motor teljesítménye teljes terhelésnél (full load) mintegy 10 %-kal kisebb. Ez nagyjából megfelel a kisebb fűtőértéknek. Azonos effektív teljesítményénél ez mintegy 7 % többletfogyasztást jelent. A gyulladási késedelem nagyjából a cetánszámnak megfelelően alakult.

5. táblázat. Gázolaj és 20 %-os gázolaj-etanol keverék jellemzői

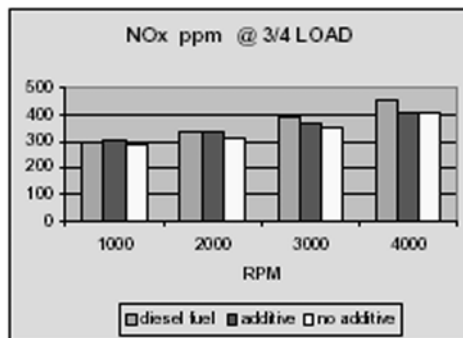
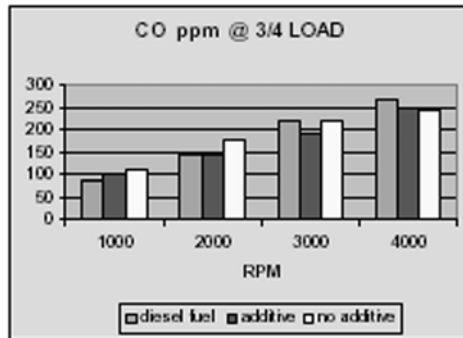
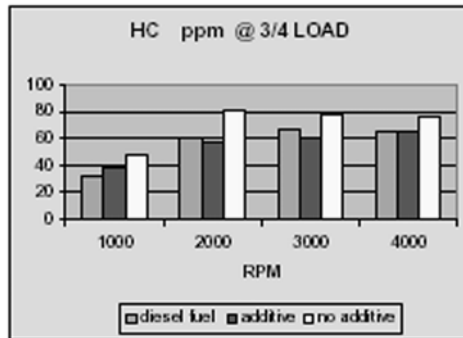
	Fűtőérték MJ/kg	Cetán- szám	Sűrűség g/l 20 °C-on
Gázolaj	42,35	49	837,6
Gázolaj+20 % etanol	39,65	35,6	827,8
Gázolaj+20 % etanol+2% adalék	39,59	41,6	829,7



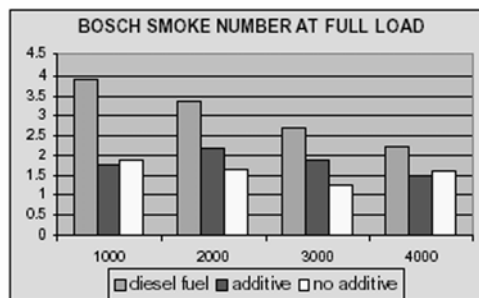
7. ábra. A Renault motor teljesítménye

A károsanyag-kibocsátások 75 %-os terhelésnél a 8. ábrán látható módon alakultak. Az ábrából látható, hogy a HC- és a CO-kibocsátás az etanol hatására megnőtt, ezt a növekményt az adalék csökkenti. Az NO_x-kibocsátás az etanol hatására kismértékben csökkent.

A füstszűrőség (Bosch szerint mérve) 20 % etanollal mintegy 45 %-kal csökkent (9. ábra). A közbenső fordulatszámokon az adalék ehhez képest növeli a füstölést, de az még így is 35 %-kal kisebb, mint gázolajjal.



8. ábra. Károsanyag-kibocsátás 75 %-os terhelésen



9. ábra. Füstszűrőség teljes terheléssel

A Pure Energy Corporation az általa gyártott adalékkal a következő jellemzőket adja meg [51]:

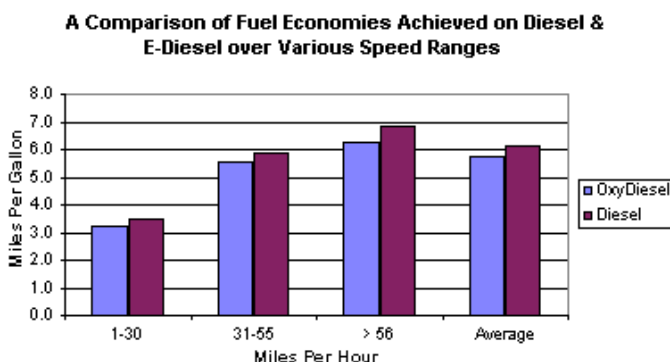
- *Összetétel:* 80...84 % kis kéntartalmú gázolaj, 15 % etanol, 1...5 % PEC adalék (várhatóan átlagosan 2 %). E keverék jellemzői:
- *Cetánszám:* 2...5-tel nagyobb, mint az alapgázolaj cetánszáma
- *Hidegtulajdonságok:* a keverék stabil -22 °F (-30 °C)-ig, (nem válik szét, nem dermed)
- *Energiatartalom:* 126 000...128 000 Btu/gal (39,7...40,3 MJ/kg) a gázolaj kb. 135 000 Btu/gal (42,5 MJ/kg) fűtőértékéhez képest
- *Tüzelőanyag-fogyasztás:* a vizsgálatok max. 7 % többletfogyasztást mutatnak
- *Kéntartalom:* az alapgázolajhoz képest 17...20 %-kal kisebb (az etanol és az adalék kénmentes)
- *Bekeverés:* az OxyDiesel a töltőállomáson a meglévő berendezésekkel és technológiákkal bekeverhető
- *Kenőképesség:* hasonló a gázolajéhoz
- *Víztűrés:* a keverék 3 %-áig
- *Biológiai lebomlás:* a 28 napos ASTM-teszt szerint 75 %-a lebomlik (a gázolajnak 45 %-a bomlik le).
- *Károsanyag-kibocsátás:* a nehéz haszonjármű-motorok EPA FTP vizsgálati eljárás szerint mérve 41 % részecskékibocsátás-csökkenést, 5 % NO_x- és 27 % CO-kibocsátás-csökkenést mértek.
- *Költségek:* a gázolajhoz képest gallononként (3,79 literenként) 0,05...0,07 \$ többletköltség

A méréseredményeket a 6. táblázatban foglaljuk össze.

6. táblázat. E-Diesel (Oxygenated Diesel) mérések Mack teherautókon (1998. nov. 24. – 1999. febr. 24.)

	E-Diesel	Diesel
Összesen megtett út, mérföld	57 658	60 833
Összes elfogyasztott tüzelőanyag, gallon	10 020	9 942
Egységnyi tüzelőanyaggal megtett út, mérföld/gallon	5,7	6,1
Százalékos különbség	-5,77%	
Fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás, gallon/(tonna·mérföld)	0,0255	0,0235

A tüzelőanyag-fogyasztást a sebesség függvényében a 10. ábra szemlélteti.



10. ábra. Tüzelőanyag-fogyasztás a sebesség függvényében

Az AAE Technologies Inc. [44] 7,7 % etanol + 1% AAE cég által szabadalmaztatott adalékot + cetánszám-növelő adalékot ad hagyományos vagy ultra kénszegény gázolajhoz (OxiDiesel®-keverék). Az adalékkal az etanol-gázolaj keverék mikroemulziót képez, amely szélsőséges hőmérsékleti viszonyok között és víz jelenétében is stabil marad

A vizsgálatokat 1997-től USA EPA, USA CARB előírások szerint 60 db. Detroit Diesel motoron végezték.

Méréseredmények:

OxiDiesel® motorhajtóanyag-keverékkel az NO_x-kibocsátás 0...4 %-kal, a részecskékibocsátás 34 %-kal és a CO-kibocsátás 23...28 %-kal kisebb, mint gázolajjal.

A kísérleti üzemben járművek több százezer mérföldet tettek meg OxiDiesel® motorhajtóanyaggal, és a motorok fogyasztása nem tért el a kis kéntartalmú gázolajjal üzemeltetett motorokhoz képest.

2000-ben 500 órás tartós vizsgálatot végeztek Cummings Diesel NTC-350 típusú motorral. A vizsgálatokat követő megbontáskor a tüzelőanyag-szivattyú, a porlasztók, a hajtórudak, a csapágyak és más alkatrészek normális (a kis kéntartalmú gázolajhoz hasonló) elhasználódást mutattak.

Költséganalízis:

Az USA gazdasági feltételei között – és annak ellenére, hogy az AAE adalék gyártása még nem nagy sorozatban történt – egy gallon OxiDiesel®-keverék 3...6 centtel kerül többre, mint az alapgázolaj.

E.A. Ajava és tsai [45] stabil dízelmotoron,

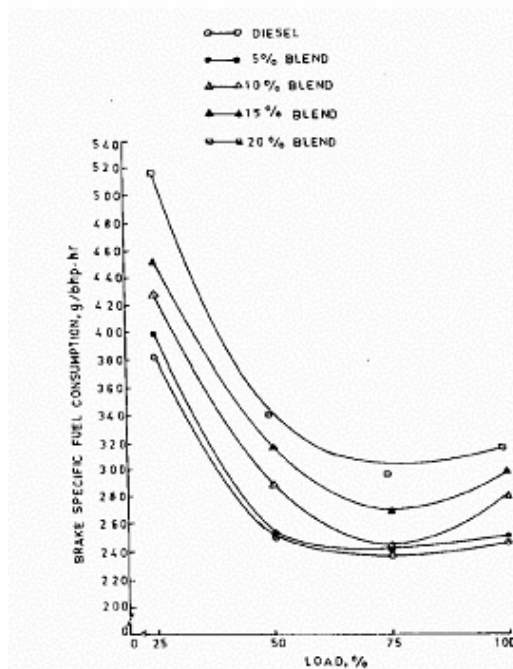
- állandó fordulatszámmon,
- 5, 10, 15 és 20 % etanol-gázolaj keverékkel

végeztek vizsgálatokat. A motoron átalakítást nem végeztek. A motorteljesítmény és az effektív hatásfok az etanol hatására szignifikánsan nem változott (20 % etanolhányadnál 3%-kal csökkent a teljesítmény), a g/(kW·h)-ban kifejezett fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás az etanolhányad növelésével kismértékben emelkedett – 20 %-os etanolhányadnál 9 %-kal (11. ábra).

A motor hidegen és melegen egyaránt jól indult.

A kipufogógáz és a motorolaj hőmérséklete etanol-gázolaj keverékkel kisebb volt, mint gázolajjal.

A CO-kibocsátás 62 %-kal, az NO_x-kibocsátás 24 %-kal volt kisebb 20 %-os etanol/gázolaj keverékkel.



11. ábra. Fajlagos fogyasztás a terhelés függvényében

A 2002-es FISITA konferencián elhangzott előadás [32] EU2 emissziós szintű Volvo autóbuzsmotorban hasonlít össze több biológiai eredetű motorhajtóanyagot – köztük gázolajból (svéd I. oszt) és 15 % etanolból álló keveréket, amelyet EtDI motorhajtóanyagnak nevez. Ezzel a motorhajtóanyaggal az NO_x-kibocsátás kisebb volt, mint az összes többi hajtóanyaggal, köztük a szabványos EN 590 gázolajjal, ezzel szemben a CO- és a HC-kibocsátás szignifikánsan (a HC háromszorosan) nagyobb volt.

A részecskekibocsátás ugyancsak kisebb EtDI motorhajtóanyaggal, mint EN590 gázolajjal, ezzel szemben a PAH kibocsátás nagyobb.

A többi mért összetevőnél nem mértek szignifikáns különbséget.

Weidmann és tsa [31] alkoholok (etanol és metanol) és gázolaj keverékével üzemelő járművek üzemi vizsgálatairól számol be. A kísérleti motorhajtóanyag-keverékeket sorozatgyártású, 1,6 l lökettérfogatú, négyhengeres, örvénykamrás dízelmotoros VW Golf gépkocsikban vizsgálták.

Háromféle keverékkel végeztek vizsgálatokat. Ezek összetétele a 7. táblázat szerinti volt.

A motorhajtóanyag-keverékeket a BASF (Ludwigshafen) cég fejlesztette ki. Emulgeátorként nagyobb szénatomszámú alkoholt választotta, azt tartották szem előtt, hogy a keverék -20 °C-ig stabil legyen.

Az alkoholok cetánszáma kicsi. Mivel 10 % alkohol már a DIN 51601 szabványban megadott minimális 45 cetánszám alá vitte volna a keveréket, ezért gyulladásvitót, pl. ciklohexanolnitrátot adtak hozzá. Gyulladásvitó nélkül az 52 cetánszámú gázolaj

cetánszáma 35...37-re csökkent volna. Gyulladásjavítóval rendre 45, 45 és 44-re csökkent az eredetileg 52 értékű cetánszám.

7. táblázat. Gázolaj-alkohol keverékek összetétele

Alkohol	Emulgeátor	Gyulladás-javító	Gázolaj
Etanol (vízmentes) 25 %	5 %	1 %	69 %
Metanol 15 %	15 %	1 %	69 %
Etanol (4 % vízzel) 20 %	10 %	1,5 %	68,5 %

A gázolaj és a keverékek sűrűségét, fűtőértékét és viszkozitását a 8. táblázat táblázat tartalmazza:

8. táblázat. Gázolaj-etanol keverékek fizikai tulajdonságai

	Gázolaj	Etanolos keverék (vízmentes)	Metanolos keverék	Etanolos keverék (4 % vízzel)
Sűrűség, kg/cm ³	0,821	0,815	0,820	0,820
Fűtőérték, MJ/kg	43,47	39,04	39,10	39,80
Kin. viszkozitás, mm ² /s	4,01	3,10	3,50	3,05

A 8. táblázat adataiból látható, hogy a bekeverhető alkoholok mennyiségét nem csak a gyulladási hajlam romlása, hanem az energiatartalom csökkenése is korlátozza.

A hidegsűrűhetőségi határhőmérsékletet (CFPP) sem az alkohol, sem az emulgeátor nem befolyásolja.

A gázolajhoz képest a viszkozitás 20 °C-on 0,5...1 mm²/s-mal kisebb. Ez ugyan nem elhanyagolható, de a kenés szempontjából kényes szerkezetek – pl. az adagolószivattyú – üzembiztonságát még nem veszélyezteti.

Az alkohol a gázolaj párolgási tulajdonságait lényegesen befolyásolja. Míg a gázolaj kezdő forrási hőmérséklete 150...180 °C, a keverékeké az alkoholhányadtól függő kisebb hőmérséklet. Ez a melegindítási tulajdonságok javítása szempontjából konstrukciós változtatásokat tehet szükségessé.

Az alkohol hozzákeverése a gázolaj alacsonyabb tűzveszélyességi szintjét a benzin szintjére emeli.

A tárolás folyamán a keverékek stabilitásával nem volt probléma.

A sorozatgyártású járművek egyes részegységein a következő módosításokat végezték:

- az adagolószivattyú tömítéseit metanol-álló tömítésekre cserélték ki,

- az adagolószivattyú súrlódás szempontjából erősebben igénybevett felületű alkatrészeit különleges edzhető acélból készültre cserélték,
- a maximális dózist a hajtóanyag kisebb égéshőjének megfelelően nagyobbra állították,
- a porlasztótartóba a sorozatgyártásúnál kevésbé kemény rúgót tettek. Ezzel azt érték el, hogy a befecskendezés kezdetén nagyobb mennyiségű tüzelőanyag kerüljön a hengerbe.
- a papírszűrőket metanolálló ragasztóval rögzítették a szűrőházba,
- az izzógyertyákat nagyobb teljesítményűre cserélték (a 170W-os helyett 260W teljesítményűt tettek be),
- az izzógyertyák vezérlő egységeit (a hűtőfolyadék-hőmérséklettől függően) nagyobb elő- és utóizzítási időkre állították be.

Az üzemi kísérletek előtt motorfékpadon, görgős járműfékpadon és hidegkamrában is végeztek vizsgálatokat.

A *motorfékpad*i vizsgálatok alapján a fajlagos energiafogyasztás teljes terhelésnél gázolajjal és a keverékekkel a mérési pontosságon belül azonos volt. Ezzel szemben a füstszűrőség (Bosch szerint mérve) a keverékekkel lényegesen kisebb lett, a közepes fordulatszámok felett kevesebb, mint a felére csökkent.

A *görgős próbapad*on az USA előírások szerinti FTP 75 dinamikus vizsgálatokat végeztek. Ezek szerint a HC- és a CO-kibocsátás a keverékekkel nagyobb, mint a gázolajjal. Abszolút értékben a CH-kibocsátás azonban még így sem éri el a 0,41 g/mérföld (a cikk írásakor aktuális USA határ-) értéket, és a CO-kibocsátás abszolút értéke még ennél is kisebb. Ezeknek a károsanyag-kibocsátásoknak a növekedése az alkoholkeverékek rosszabb gyulladási tulajdonságára vezethető vissza. Ez elsődlegesen a kisebb fordulatszám- és terhelési tartományban jelentkezik erősebben, mert ekkor az égéstér még nem eléggé meleg.

Ugyanezen okok miatt viszont kedvezően alakul az NO_x-kibocsátás: az alkoholkeverékeknél ez mintegy 10 %-kal kisebb. A részecske-kibocsátás ennél jóval nagyobb mértékben csökken az alkoholos keverékekkel.

Hátránya az alkoholos üzemnek a térfogatban kifejezett nagyobb fogyasztás, és a nagyobb aldehid-kibocsátás, ezzel szemben kedvezően kisebb a rákkeltő policiklusos aromás szénhidrogének és ezen belül a benz(a)piren kibocsátása.

Az *üzemi kísérletek* során elsősorban a keverékképző rendszer elemeinek élettartamára figyeltek. Mielőtt az etanolos keverékről a metanolos keverék vizsgálatára áttértek volna, kiszereletek és megvizsgáltak több, különböző (3 000...21 000 km) futásteljesítményű adagolószivattyút. A tapasztalatok a következők voltak:

- az adagolószivattyú szárnylapátjain és ezek futófelületén kisebb mértékű kopást állapítottak meg,
- a befecskendező porlasztófúvókákon nem találtak túlzott kopást.

A megbontás igazolta azt a tapasztalatot, hogy a legtöbb üzemzavart a tápszivattyú meghibásodása okozta, ezen belül az a villamos mágnesszelep, amelyik a nagy nyomású részhez vezető vezetéket nyitja. Ez a szelep – elsősorban a vizsgálatok kezdetén – több esetben elszennyeződött.

Az a feltételezés, hogy az izzítóberendezés és mindenek előtt az izzógyertyák a hosszabb idejű izzítást nem fogják elviselni, nem igazolódott.

1983 rendkívül meleg, +35 °C-t elérő nyarán a tüzelőanyag-rendszerben néhány esetben buborékképződést tapasztaltak. Ezt a rendellenességet egy további, villamos hajtású tápszivattyúval megbízhatóan ki tudták küszöbölni.

A kenőolajból (Aral Multiturbural) vett minták vizsgálata nem mutatott rendellenes kopást, igaz, az üzemidő még nem volt túl nagy.

Az üzemi vizsgálatokban részvevő járművek vezetőivel kérdőívet töltettek ki az alkoholos keverékekkel üzemelő motorok indítási és menettulajdonságainak felmérésére. Ezek alapján megállapították, hogy a gépkocsivezetők tapasztalatai az alkoholos keverékekkel kapcsolatosan nem negatívak.

Heinrich tanulmánya [24] 1985-ben arra a kérdésre keres választ, hogy alkohol és gyulladáscsökkentő adalék alkalmas-e dízelmotor-hajtóanyagként? Több tucat gyulladáscsökkentő adalék vizsgálata alapján – a korróziós tulajdonságok és a kenőképesség megfelelő adalékkal való javításával – egyhengeres vizsgálati motoron, majd sorozatgyártású motoron végzett vizsgálatokból azt a következtetést vonta le, hogy lehetséges adalékolt alkoholokkal kompressziógyújtású motort üzemeltetni. A cikk írásakor már mintegy 1700 adalékolt alkohollal üzemelő járművet helyeztek üzembe, ezek közül néhány már a 110 000 km futásteljesítményt is elérte.

Syassen tanulmánya [29], [30] az újratemmelhető hajtóanyagok átfogó elemzését tartalmazza. Ezen belül az alkoholok dízelmotorban történő alkalmazását a következőkben foglalja össze.

A Diesel-eljárás gazdaságossága és a motorok környezetszennyezésében játszott viszonylag nagy szerepe vetették fel azt az ötletet, hogy a dízelmotort alkohollal is lehet üzemeltetni. A három lehetséges eljárásból (gyújtósugaras, gyertyagyújtású és gyulladáscsökkentő adalékos) a szerző szerint eddig egy került sorozatgyártásba: a gyújtósugaras Brazíliában. Az alkalmazás okát mindenestre nem az emissziócsökkentési törekvésekben kell az keresni, hanem abban, hogy Brazíliában egyrészt nagy gázolajhiány, másrészt nagy alkoholfelesleg van. A 80-as években több mint 2000 traktormotor működött ily módon alkohollal, ezek megbízhatósága azonban – elsősorban az alkoholok szennyezettsége miatt – még kívánnivalót hagyott maga után.

Dél-Amerika legnagyobb állama, Brazília alkoholprogramja, közvetlenül az első olajárrobbanás után 1975-ben indult. Megjegyezzük, hogy már 1920-ban is alkalmaztak etanol motorhajtásra. A hetvenes évekbeli úgynevezett Proalcool program két fő irányt jelölt meg célként: elsőként a brazil gépjárműpark gazdálkodásának – 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 vállalata, 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.

Európában a bioetanollal kapcsolatos fő kutatások és eredmények felmutatója Svédország. Mára már 50 kútból álló, az országot behálózó hálózat létezik. Az autógyárak a Ford vezetésével egy értékesítési konzorciumot hoztak létre, mely 5000 koronával olcsóbban kínálja a tisztán alkohol üzemű járműveket. Ezért, illetve az állami adótámogatások révén versenyképes árú tiszta bioetanol üzemanyag (E100) miatt, a megtett útra vetített gazdaságosság tekintetében az alkohollal hajtott autók vezetnek a hagyományos benzinnel működő járművek előtt.

Több városban, így Örnsköldsvikben és Stockholm belvárosában is, adalékolt etanollal hajtott buszok szállítják az utasokat. Az SLC, a stockholmi közlekedési vállalat, több mint 400 buszt üzemeltet etanol üzemanyaggal. A belvárosban közlekedő tiszta etanollal üzemelő buszoknak köszönhetően annyira csökkent az emissziós szint, hogy Stockholm Európa legtisztább városa lett.

Svédország célul tűzte ki, hogy 2015-re a közlekedési energiaszükséglet 10%-át biohajtóanyagokkal helyettesítse. Svédországban a Sekab alkoholgyár vezetésével fahulladékból, biohulladékokból és főlősleges borból állítják elő a bioetanol. A tiszta alkohol mellett E85 és E5 gázolaj-etanol keverékek tankolására is van lehetőség.

VII. A MAGYARORSZÁGI FELHASZNÁLÁS SZEMPONTJÁBÓL VIZSGÁLANDÓ TÜZELŐANYAG-RENDSZER KIVÁLASZTÁSA

Etanol-alkalmazások összehasonlítása

A kiszolgáló infrastruktúrát minden felhasználás szempontjából meg kell teremteni, így ezzel itt az összehasonlítás során nem foglalkozunk. A két fő vizsgálati terület:

- a motoron ill. a hajtóanyagban szükséges változtatások költsége (gazdasági ráfordítások) illetve
- a károsanyag-kibocsátások változása (környezeti haszon).

Ezek jelentőségét foglaltuk össze a 9. és a 10. táblázatokban.

9. táblázat. Átalakítási és adalékolási költségek

Módszer	Átalakítandó részek* és	költségei	Adalékanyag költségei
etanol-gázolaj keverék emulgeátor nélkül	nincs	nincs	nincs
etanol-gázolaj keverék emulgeátorral	nincs	nincs	kicsi
etanolbefecskendezés a beszívott levegőbe	+ tartály; szabályzó, befecskendező szivattyú, porlasztó	közepes	nincs
etanolbefecskendezés az égéstérbe	+ tartály; szabályzó, befecskendező szivattyú, porlasztók	közepes	kicsi (kenőanyagok)
motorátalakítás szikragyújtásra	gyújtórendszer, gyújtógyertya	közepes	nincs
etanol + adalék	nincs	nincs	nagy

*minden motorban cserélendő: tömlők, tömítések, szűrők

Minden motoron cserélni kell azokat a (műanyag és gumi) részegységeket, melyeket az etanol megtámadhat.

A kibocsátott káros anyagok arányai is eltérnek a különböző felhasználási módokban.

A költségek alakulását és a környezeti hatásokat a 10. táblázat foglalja össze.

10. táblázat. Költségek és károsanyag-kibocsátás alakulása

szempont, alkalmazás	Bioetanol felhasználási lehetőségei dízelmotorban					
	keverék emulgeátor nélkül	keverék emulgeátorral	keverék alkohol- beporlasztás	keverék kettős befecskendezés	szikragyújtású motorra alakítás	alkohol gyulladásjavító adalékkal
Költségek						
átalakítási költségek	0	0	++	++	++	0
adalékanyag költség	0	+	0	0	0	++
Károsanyag-kibocsátás						
részterhelés, CO ₂ *	-	-	-	--	--	--
NO _x	0	0	--	---	---	0
CO	0	0	+	0	+	+
CH	++	+	+	0	+	---
részecske	-	-	---	---	----	----
teljes terhelés, CO ₂ *	--	--	--	---	---	---
NO _x	0	0	--	---	---	--
CO	+	--	+	0	+	--
CH	++	+	+	0	+	---
részecske	-	--	---	---	----	----

Jelölések: - - - - sokkal kisebb, - - - jelentősen kisebb, - - kisebb, - valamivel kisebb, 0 nem változik, + kissé nagyobb, ++ nagyobb

*Az etanol kisebb széntartalma (az etanolé 52 tömeg %, a gázolaj 86 tömeg %-ához képest) csökkenti a bruttó CO₂ kibocsátást. Ugyancsak fontos, hogy a bioetanol elégetéséből származó széndioxid nem növeli a légköri CO₂ mennyiségét, ugyanis csak annyi CO₂ kerül vissza a levegőbe, amelyet a növények a fotoszintézis során megkötöttek.

A részecskekibocsátás csökkenése egyidejűleg a látható füstölés (koromkibocsátás, füstűrség) csökkenését is jelenti.

A motorátalakítások (beporlasztás, befecskendezés, szikragyújtásúvá alakítás) költségei, a tiszta alkohol alkalmassá tétele gyulladásvajító adalékkal jelentős többletkiadást jelentenek.

A továbbiakban, a költségek és a környezeti hatások alakulását értékelve a legegyszerűbbel, a gázolaj-etanol keverékekkel foglalkozunk.

A gázolaj-etanol keverési arányok

Elsőként a pontosság kedvéért – az etanol-gázolaj keverékekkel kapcsolatos – néhány alapfogalom meghatározását adjuk meg [17] alapján.

Oldat. Az oldat egyfázisú folyékony rendszer, molekuláris szintig homogén. Néhány etanol-gázolaj keverék lehet etanol + adalékok oldata gázolajban.

Oldószer. Az oldószer olyan folyékony anyag, amely képes egy, vagy többféle másik anyagot feloldani. A *társoldószer* (együttoldó) egy olyan oldat-összetevő, amely oldószer képességet ad egy rendszernek, amelyben az *oldékony* egyébként korlátozott, vagy egyáltalán nincs.

Elegyedés (keveredés). Az elegyedés, vagy elegyíthetőség fogalma azt jelenti, hogy két, vagy több komponens külön fázisokra szétválasztás nélkül bármilyen arányban képes egymással keveredni. Két olyan folyadékból, amelyek *nem elegyednek* egymással nem készíthető (homogén) oldat (ilyen például az olaj és a víz). Az etanol és a gázolaj nem tartozik pontosan sem az elegyedő, sem a nem elegyedő kategóriába. Szobahőmérsékleten gázolajban feloldható bizonyos mennyiségű etanol, de csökkentve a hőmérsékletet, az oldat két fázisra válik.

Emulzió. Emulzió olyan rendszer, amelyben egy folyadék emulgeátorral – vagy a nélkül – parányi cseppek formájában szétoszlik (diszpergálva van) egy nem elegyedő folyadékban (mint például a zsír a tejben). Az emulziók zavaros, tejszerű folyadékok. Az etanol-gázolajkeverék nem emulzió. Az emulziók stabilitása mindig kérdéses, az emulziók tárolás során két fázisra válhatnak.

Mikro-emulzió. A mikro-emulzió kémiai és termodinamikailag stabil ultrafinom (vagy koloid) rendszer, amelyben egy folyadékfázis diszpergálva van egy nem elegyedő befogadó fázisban. A mikro-emulziók átlátszóak, mint az oldatok, bár valójában molekula-aggregátumokat, koloid cseppecskéket tartalmaznak diszpergálva a befogadó (gazda) fázisban. A molekulaaggregátumok mérete egy mikron nagyságrendű. A mikroemulzió képződéshez jellemzően felületaktív adalék (*emulgeátor*) és kis mennyiségű víz szükséges. **Az etanol-gázolaj keverékek leginkább mikro-emulziók.**

A hazai és a nemzetközi vizsgálatok a legkülönbözőbb etilénhányaddal történtek. A szakirodalmi forrásokból kigyűjtve – a teljesség igénye nélkül – a 11. táblázatban összefoglalt hányadokat gyűjtöttük ki.

A szakirodalomban a különböző gázolaj-etanol keverékre számos fantázianévvel találkozunk. Néhány ezek közül: O² Diesel, OxiDiesel, E-Diesel, E-15 Diesel stb.

11. táblázat. Előforduló keverék-összetételek

Etanol	Emulgeátor	Víz
--------	------------	-----

7.7 %	1 %	n.a.
10 %	1...2 %	15...20 %
10 %	-	n.a.
10 %	2 %	n.a.
15 %	1...5 %	max. 3 %
20 %	2 %	n.a.
20 %	10 %	4 %
25 %	5 %	vízmentes

McCormick [17] emulgeátor fajta szerinti kigyűjtését a 12. táblázatban adjuk közre:

12. táblázat. Különböző gyártók által ajánlott etanol- és emulgeátorhányadok, %

Emulgeátor gyártó	Ajánlott etanolhányad	Emulgeátorhányad
AAE Technologies, Inc./Octel Starreon. LLC	7,7 vagy 10	0,5
Akzo-Nobel	10...15	1...4
Betz-Dearborn, Inc.	5, 10 vagy 15	0,25, 0,35...0,75, vagy 1
Pure Energy Corporation	5...15	1...5
Biodiesel	10	10

Mi a továbbiakban a keverékeket az etanol v/v %-ára utaló E5, E10 vagy E15 stb. gázolaj-alkohol keveréknek – röviden E5, E10 vagy E15 stb. keveréknek – nevezzük.

VIII. A VIZSGÁLATI GÁZOLAJ-ETANOL KEVERÉKEK MOTORÜZEM SZEMPONTJÁBÓL LÉNYEGES TULAJDONSÁGAI

Ezt a fejezetet a BME Kémiai Technológia Tanszék munkatársai által készített jelentés (témavezető: Dr. Bajnóczy Gábor egyetemi docens) felhasználásával állítottuk össze.

Cetánszám

Az etanol kompressziótűrése nagyon jó, oktánszámuk nagy. Ennek megfelelően viszont cetánszámuk kicsi. Az etanol kis cetánszáma miatt az etanol-hozzáadás függvényében a gázolaj-etanol keverék cetánszáma olyan mértékben romlik, hogy bizonyos etanoltartalom felett cetánszám-növelő adalékokat kell alkalmazni (pl. trietilén glikol nitrát, oktílnitrát stb.) A cetánszámcsökkenés mértékét a 13. táblázat alapján lehet megbecsülni.

13. táblázat. A gázolaj cetánszám-csökkenése az etanoltartalom függvényében

Etanol, v/v	0	5	10	15	20	25	30
-------------	---	---	----	----	----	----	----

%							
Cetánszám	49	46	43	41	38	35	33

A cetánszám-csökkenésből megállapítható, hogy minden 5 v/v%- os etanoltartalom növekedés a cetánszámot kb. 3 egységgel csökkenti.

A szakirodalom arra is utal, hogy amennyiben az etanol oldatban van akkor cetánszám-csökkentő hatása sokkal jobban érvényesül, mintha az etanol emulzió formájában található. Ez a hatás valószínűleg annak tulajdonítható, hogy az emulzió-szerkezet az etanol elpárolgását késlelteti.

Viszkozitás és kenőképesség

A gázolaj etanollal történő keverése csökkenti a viszkozitást és a kenőképességet is. A száraz etanol viszkozitása 1,1 mm²/s. Irodalmi adatok szerint 2,46 mm²/s viszkozitású gázolaj viszkozitása 18,5 v/v % etanol hatására 2,0 mm²/s -re (37,8 °C-on) csökken. A 12. táblázatban felsorolt adalékgyártók szerint az emulzióképző adalékok a viszkozitás csökkenést bizonyos mértékig kompenzálni tudják, azonban határértékhez közeli viszkozitás értékkel rendelkező gázolajat nem szabad etanollal keverni.

Viszonylag kevés vizsgálati eredmény található a gázolaj-etanol keverékek kenőképességével kapcsolatban. Egy 15 % etanol 5 % detergens (Betz Decarbon) és 80% gázolajat tartalmazó elegyen végzett SBOCLE (Scuffing Load Ball-on-Cylinder Lubricity Evaluator) vizsgálat 5200 g értéket mért, míg az adalékotlan gázolaj esetén ez az érték 3100 g volt.

A biobázisú olajok, így a biodízel is adalékként alkalmazva növelni tudja a gázolaj-etanol keverék kenőképességét.

Stabilitás

A gázolaj-etanol keverék stabilitását az alábbi tényezők befolyásolják

- a./ a hőmérséklet,
- b./ a gázolaj minőségi és mennyiségi összetétele, és
- c./ a víztartalom.

a) A gázolaj-etanol keverék stabilitása a hőmérséklet függvényében

Gyakorlatilag vízmentes etilalkohollal szobahőmérsékleten a gázolaj könnyen elegyedik, azonban 10 °C alatt a homogén fázis két fázissá – egy gázolajtartalmú alkoholos felső és egy alkoholtartalmú gázolajos alsó fázissá válik szét. A fázissztékváláshoz tartozó hőmérséklet függ a gázolaj-etanol keverék alkoholtartalmától (14. táblázat). A táblázat adataiból megállapítható, hogy 5 v/v% vízmentes etilalkohol bekeverése stabilitási szempontból még nem jelent problémát. Az elegy előállítása technológiai szempontból nem támasz különösebb követelményeket, mivel az elegyedés könnyen és gyorsan végbemegy.

14. táblázat. Átlagos minőségű gázolaj-etanol keverék fázissztékválási hőmérsékletei az etanoltartalom (v/v %) függvényében

Etanol, v/v%	0,0	2,5	5,0	10,0	17,5	20
Fázisszétválasztási hőmérséklet, °C	-16 °C	-16 °C	-16 °C	-7,0 °C	-4,0 °C	6,0 °C

5 v/v% etanolnál nagyobb mennyiség bekeverése esetén azonban emulzióképző anyagot vagy koszolvenst kell alkalmazni.

Az emulzióképzésre általában olyan felületaktív anyagokat használnak, amelyeknél a képződött micella méret kisebb, mint a látható fény hullámhossza, mikroemulzió képződik, így a keletkezett kolloid oldat szabad szemmel átlátszónak tűnik. A használható felületaktív anyagokkal kapcsolatban az irodalmi hivatkozások meglehetősen szűkszavúak, általában csak a gyártó cég nevét adják meg (12. táblázat).

A különböző emulzióképző anyagokkal előállított keverékek esetén a hidegfolyási tulajdonságok lényegesen javulnak, de a zavarosodási pont 10...30 °C közé is eshet. Ez a zavarosodás azonban nem zavarja az olajsűrűt, mivel a zavarosodást okozó anyag szintén folyadék. A zavarosodási pont növekedését valószínűleg a mikroemulziót alkotó micellák méretének a növekedése okozza.

Elméletileg minden olyan anyag alkalmas lehet emulzióképzésre, amely hosszú szénláncú apoláros, pl. szénhidrogénláncot és egy poláros csoportot tartalmaz.

Ennek alapján a biodízel is jó emulzióképző anyag, amelynek további előnye, hogy – az etanolhoz hasonlóan – megújuló energiaforrás, és a cetánszáma nagyobb mint a gázolajé. Pontos irodalmi adatok nélküli közlés alapján a gázolaj 20 v/v %-ban keverhető biodízel és etanol 1:1 arányú elegyével. A közlés szerint az etanol oldhatósága széles hőmérséklet tartományban drámai mértékben megjavul. Az így adalékolt gázolaj hidegfolyási tulajdonságai lényegesen jobbak, mint az adalékolatlan, 20 % etanolt tartalmazó gázolaj tüzelőanyagának.

Az etanol oldatban tartásának másik lehetséges útja a koszolvens alkalmazása. A koszolvens elősegíti az etanol oldódását kisebb hőmérsékleten is. Ilyen anyag lehet például az etilacetát, amely 0 °C hőmérsékletig biztosít tökéletes elegyedést – abban az esetben, ha az etilacetát-etanol arány mindig 2:1. Az említett hőmérsékletig azonban a gázolaj-etanol keverék téli alkalmazásához nem elegendő.

b) A gázolaj-etanol keverék stabilitása a minőségi és mennyiségi összetételtől függően

A a) pontban említett stabilitást jelentős mértékben befolyásolja a gázolaj aromástartalma (15. táblázat) és a könnyen illó frakciók mennyisége.

A táblázat adatai szerint azonos etanoltartalom mellett az aromástartalom növekedésével a fázisszétválasztás egyre alacsonyabb hőmérsékleten következik be.

A gázolaj-etanol keverékek alacsony hőmérsékletű stabilitását azonban az aromástartalom mellett a desztillációs próba alapján meghatározható könnyű frakciók mennyisége is erőteljesen befolyásolja. A 16. táblázatban közelítőleg azonos aromástartalmú, de könnyű párlatokat eltérő mennyiségben tartalmazó gázolajok desztillációs próbájának részadatai találhatók.

15. táblázat. Különböző minőségű gázolajból készült gázolaj-etanol keverékek

fázisszétválasztási hőmérsékletei az etanoltartalom (v/v %) függvényében

	aromás-tartalom	Etanol 0,0%	Etanol 2,5%	Etanol 5 %	Etanol 10 %	Etanol 17,5 %	Etanol 20 %
Krakkolaj	54 v/v %	-3 °C	-16,5 °C	-16,5 °C	-16 °C	-16 °C	-16 °C
Gázolaj-2	11 v/v %	-16 °C	-16 °C	-16 °C	-7 °C	-4 °C	6 °C
FT-gázolaj*	0 v/v %	-31 °C	-15 °C	-4,5 °C	12 °C	23 °C	24 °C

* Fischer-Tropsch gázolaj

16. táblázat. Desztillációs próba részadatai

	Aromás-tartalom	Desztillált v/v. %					
		5	10	15	30	60	90
1D gázolaj	7 v/v %	191 °C	195 °C	199 °C	208 °C	228 °C	258 °C
3D gázolaj	6 v/v %	219 °C	238 °C	249 °C	264 °C	284 °C	325 °C

Az 17. táblázatban az előbbi két gázolaj fázisszétválasztási hőmérsékletei szerepelnek különböző etanoltartalom mellett

17. táblázat. Átlagos minőségű gázolajból készült etanos keverék fázisszétválasztási hőmérsékletei az etanoltartalom (v/v %) függvényében.						
Etanol v/v%	0,0	2,5	5,0	10,0	17,5	20
1D gázolaj	-28 °C	-33 °C	-29 °C	-18 °C	-7,5 °C	6,0 °C
3D gázolaj	-17 °C	-17 °C	-11 °C	9 °C	22 °C	23 °C

A táblázat adataiból megállapítható, hogy azok a gázolajok, amelyek nagyobb mennyiségű könnyű frakciót tartalmaznak, azonos etanolkoncentráció esetén alacsonyabb hőmérsékletet viselnek el fázisszétválasztás nélkül.

Összefoglalásként megállapítható, hogy az etanol oldhatósága adott hőmérsékleten függ a gázolaj aromás és könnyű frakciótartalmától.

c) Az e-dízel vízerzékenysége

A gázolaj etanollal történő keverése nem javít jelentősen a gázolaj víztoleranciáján, amelynek értéke tiszta gázolajok esetén kb. 0,1 tömeg % nagyságrendjében van. Harminc m/m % etanolhányad is csak 0,2 tömeg %-ra emeli a víz oldékonyságát. Amennyiben az etanollal kevert gázolaj a tartályban vagy a csővezetékben vízzel érintkezik, a víz gyakorlatilag kioldja a keverék etanoltartalmát és egy növekvő térfogatú etanoltartalmú vizes fázis képződik. 5 v/v % etanol bekeverése jelentős mértékben csökkenti a korom emissziót és még alacsony hőmérsékletek esetén sem kellenek adalékok az elegyhez keverni, de a víztolerancia hiánya miatt még az ilyen típusú elegyeknél is emulzióképző hozzáadását javasolják. A 12. táblázatban felsorolt cé-

gek által forgalmazott emulzióképző anyagokkal – gyártóik szerint – 3 %-os víztoleranciát is el lehet érni.

Sajnálatos módon a biodízel-etanol-gáz olaj rendszerek vízfellevő-képességére nem található irodalmi utalás.

Összeférhetőség más anyagokkal

Az 1980-as években az etanoltartalmú benzin vizsgálatok során számos összeférhetőségi vizsgálatot végeztek, amelyek eredményei az etanoltartalmú gázolajra is érvényesíthetők.

A fémszerkezeti anyagok közül a magnéziumra, ólomra és az alumíniumra jelent veszélyt a száraz etanol, mivel a vízmentes etanol ezeket a fémeket vegyületképződés kíséretében oldja, fémetilátok képződnek. Ez a folyamat azonban már kis mennyiségű víz megjelenésékor már leáll.

A víztartalom megjelenésével azonban egy új korrózióval, az elektrokémiai korrózióval kell számolni. Az etanol a levegő oxigénje hatására, korróziós hatású ecetsavvá alakul, de ecetsav nyomok már a vízmentes alkoholt is szennyezhetik. A gázolajban található minden ionos jellegű szennyeződés – de különösen a kloridionok a gázolaj-etanol keverék víztartalmának növekedésekor növelik a tüzelőanyag korrózióveszélyességét. A vízmentes etanol erőteljesen nedvszívó tulajdonsága miatt az eredetileg vízmentes gázolaj-etanol keverék víztartalma lassan növekedni kezd.

Az etanol számos esetben megtámadja a nemfémes anyagokat: az anyag ridegkedését, vagy duzzadását okozza. Etanol hatására a gyantakötés, gyantatömítés számos esetben károsodhat az. Ilyen károsodás fordulhat elő a tüzelőanyag-szűrőknél, a szűrőanyag kapcsolódása a szűrőházhoz károsodik és a szűrőfelület rögzítése elválhat.

Környezetkárosító égéstermékek

Az etanol adalék - az etanol oxigéntartalmának köszönhetően - a gázolajban egyenesen elosztott oxigénforrás többletnek tekinthető, így az oxidációs reakciók konverziós hatásfoka várhatóan jelentősen javul.

Részecske, korom

A részecske- és koromkibocsátás csökkenése etanol hatására egyértelműen és számos esetben bizonyított. Természetesen a károsanyag-kibocsátás mértéke számos egyéb hatás függvénye is, pl. a motor terhelése, motor állapota stb. A várható részecske emisszió csökkenést tájékoztató jelleggel a 18. táblázat tartalmazza.

18. táblázat. Várható részecske kibocsátás-csökkenés a gázolaj-etanol keverék etanoltartalmának függvényében (emulzióképző: Betz Decarbon).

Etanol v/v %	5	7,7	10	15
Részecske-kibocsátás	13 %	18 %	22%	35%

Szénmonoxid

A vizsgálati eredmények nem olyan egyértelműek, mint a korom esetében, de a közlemények túlnyomó többsége 10 v/v % etanoltartalmú keverék esetén 15...20 %-os szén-monoxid-emisszió csökkenésről számolnak be.

Szénhidrogén

Gázolaj-etanol keverékek használatakor a szénhidrogén-kibocsátás közel 100 %-os növekedéséről számolnak be, de még ezek a megnövekedett értékek is nagyságrenddel a megengedett határérték alatt maradnak. A növekedés főtömege etanol, acetaldehid és ecetsav. Az aldehid különösen veszélyes környezetvédelmi szempontból, mivel a fotokémiai szmog egyik alkotóeleme és a fotokémiai oxidánsok képződésének kiinduló vegyülete. Ezek a vegyületek azonban egy oxidációs katalizátorral viszonylag könnyen széndioxiddá és vízzé oxidálhatók.

Nitrogénoxidok

Amennyiben az etanol okozta cetánszám-csökkenést kompenzáljuk, a nitrogénoxid emisszió nem változik lényegesen az e-dízel használatakor.

Kénoxidok

A kéntartalomtól mentes etanol az etanolhányadtól függően csökkenti a tüzelőanyag kéntartalmát – és így módon a kipufogógázokban lévő kénvegyületek mennyiségét.

Gyulladáspon, robbanási határok, biztonságos kezelés

A gyulladáspont és a robbanási határkoncentrációk ismerete különösen fontos az üzemanyag szállítása, tárolása és felhasználása szempontjából. Az etanol bekeverése még kis koncentrációban is alapvetően megváltoztatja a dízelolaj tulajdonságait (19. táblázat)

A gyulladási vizsgálatok 10%, 15% és 20% etanoltartalmú gázolaj-etanol keverékek-nél azt mutatták, hogy az etanol koncentrációjától függetlenül a lobbanáspont kb. 12 °C-nak míg a felső gyulladási hőmérséklet 42 °C-nak adódott. Ezekből az adatokból nyilvánvaló, hogy a keverék gyulladási tulajdonságait nem a gázolaj, hanem az etanol – az etanolhányadtól – függetlenül határozza meg,.

A gázolaj-etanol keverékek használatakor egészen más biztonsági előírásokat (a gázolajnál szokásosnál lényegesen szigorúbbakat) kell betartani, mint a tiszta gázolaj esetén.

19. táblázat. Motorhajtóanyagok jellemzői

Jellemzők	Gázolaj	Etanol	Benzin
Gőznyomás 37,8 °C-on, kPa	0,3	17	60
Lobbanáspont, °C	64	13	- 40
Öngyulladás hőmérséklet, °C	230	366	300
Éghetőségi, robbanási határok, v/v. %	0,6...5,6	3,3...19	1,4...7,6
Éghetőségi határokhoz tartozó	64 ⇒ 150	13 ⇒ 42	-40 ⇒ -18

A gázolaj-etanol keverékek főbb jellemzőinek számítása

A számításokhoz szükséges tüzelőanyag-adatok

- a gázolaj 42629/1/6657811 sz. Minőségi Bizonyítványából (mellékelve),
- az etanol 225/02/2003 sorszámú Minőségi Bizonyítványából (mellékelve) és
- a [7] forrásműből

származnak.

Az adatokat a 20. táblázatban foglaltuk össze.

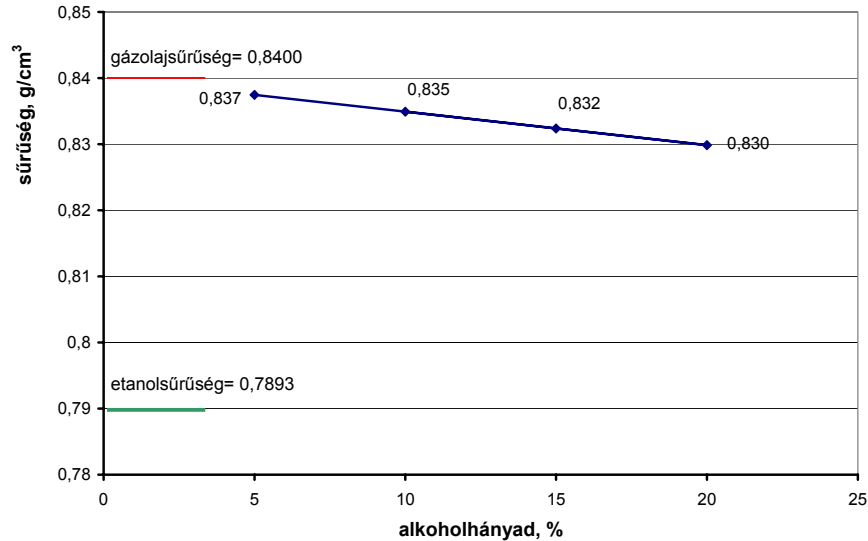
20. táblázat. Gázolaj és etanol főbb jellemzői		
Tüzelőanyag	Gázolaj MSZ EN 590:2000	Etanol MSZ-08- 1601/3-87
Összeg- ill. szerkezeti képlet	$C_{14,5}H_{30}$	C_2H_5OH
Széntartalom, tömeg %	86	52
Hidrogéntartalom, tömeg %	14	13
oxigéntartalom, tömeg %		35
Moltömeg, kg/kmol	204	46,07
H/C atomarány	2,7	3,0
Forráspont 1,013 bar-on, °C		78,3
Sűrűség cseppfolyós fázisban 20 °C-on, kg/m ³	840	790
Lobbanáspont, °C	66	12
Gyulladási hőmérséklet, °C		425
Alsó fűtőérték, MJ/kg	42,5	26,8

Sűrűség

A 14. táblázat adataival számolva az x % etanolt tartalmazó keverék sűrűsége

$$\rho_{EX} = (1 - x/100) \cdot 0,85 \cdot \rho_g + x/100 \cdot \rho_e$$

Diagramban ábrázolva az egyenletet a 12. ábra szemlélteti.)



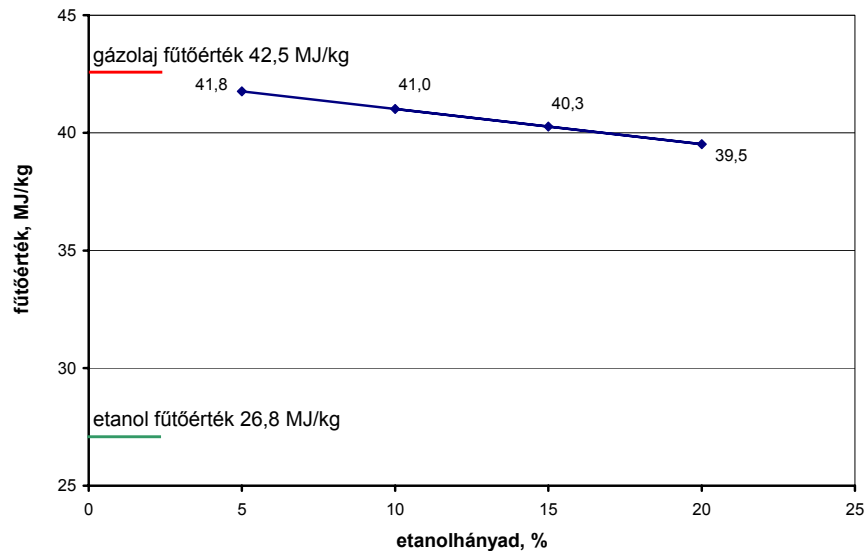
12. ábra. Gázolaj-etanol keverék sűrűsége

Fűtőérték

A 14. táblázat adataival számolva az x % etanolt tartalmazó keverék fűtőértéke

$$H_{EX} = \frac{(1 - x/100) \cdot \rho_g \cdot H_g + (x/100) \cdot \rho_e \cdot H_e}{\rho_{EX}}$$

Az egyenletet diagramban a 13. ábra ábrázolja.



13. ábra. Gázolaj-etanol keverék fűtőértéke

Általánosan megállapítható, hogy minden 5%-os etanoltartalom-növekedés közelítőleg 2 %-os energiatartalom-csökkenéssel jár. Amennyiben az etanol mellett biodízel adalékot is alkalmazunk, további fűtőérték csökkenés gyakorlatilag nem következik be, mivel a biodízel energiatartalma csak 1...3 %-kal kisebb, mint a gázolajé.

A keverék összetétele

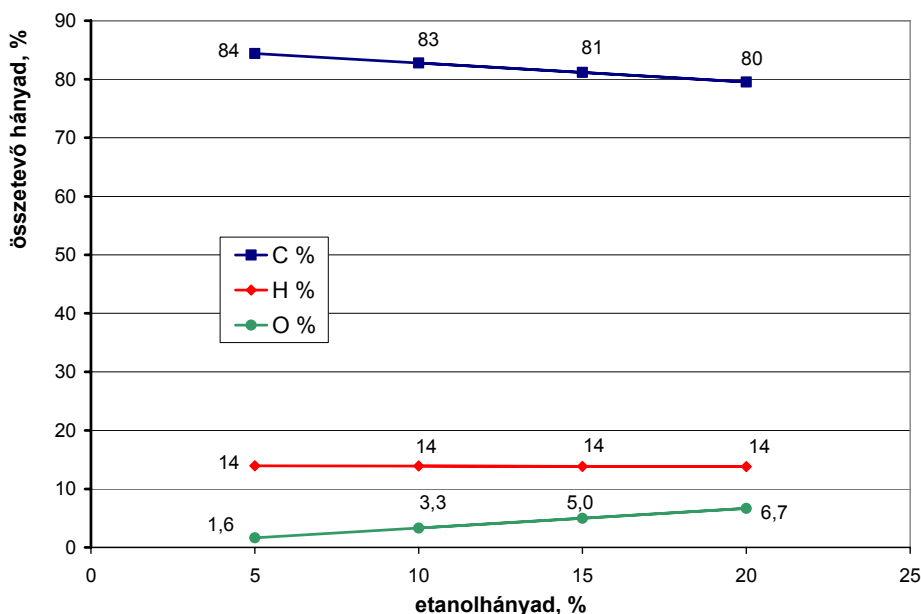
A 14. táblázat adataival számolva x % etanolt tartalmazó keverék szén- és hidrogén- és oxigéntartalma (tömeg %)

$$C_{EX} = \frac{(1-x/100) \cdot \rho_g \cdot C_g + (x/100) \cdot \rho_e \cdot C_e}{\rho_{EX}}$$

$$H_{EX} = \frac{(1-x/100) \cdot \rho_g \cdot H_g + (x/100) \cdot \rho_e \cdot H_e}{\rho_{EX}}$$

$$O_{EX} = \frac{(x/100) \cdot \rho_e \cdot O_e}{\rho_{EX}}$$

Az összetevők tömeg %-át a 14. ábrán ábrázoljuk.

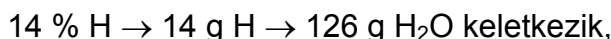


14. ábra. Gázolaj-etanol keverék szén-, hidrogén- és oxigéntartalma (tömeg %)

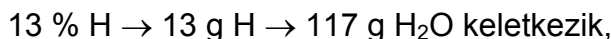
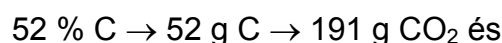
Az égéstermékek (széndioxid, víz)

A 14. táblázat adataival végzett sztöchiometriai számítások alapján 100 g

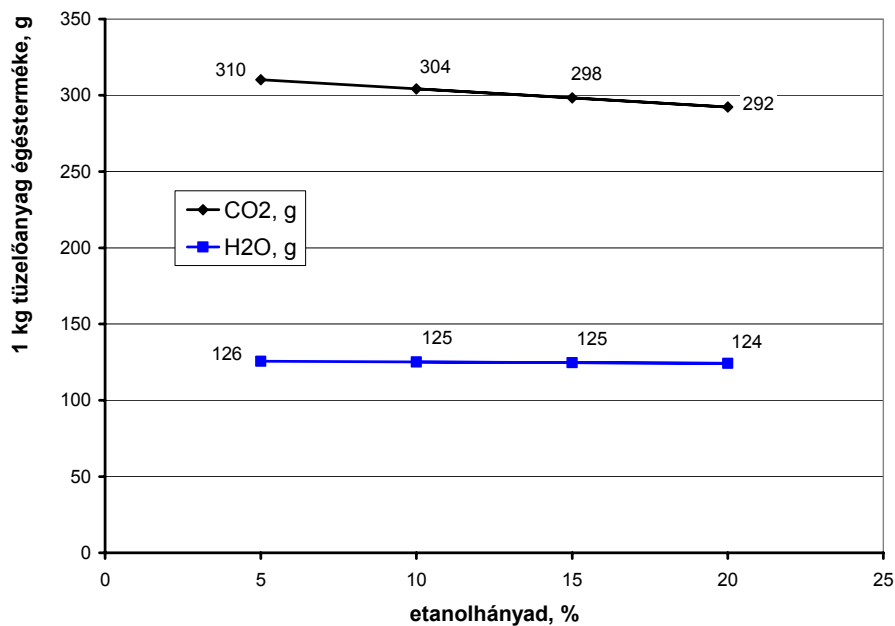
- gázolaj égésekor



- etanol égésekor



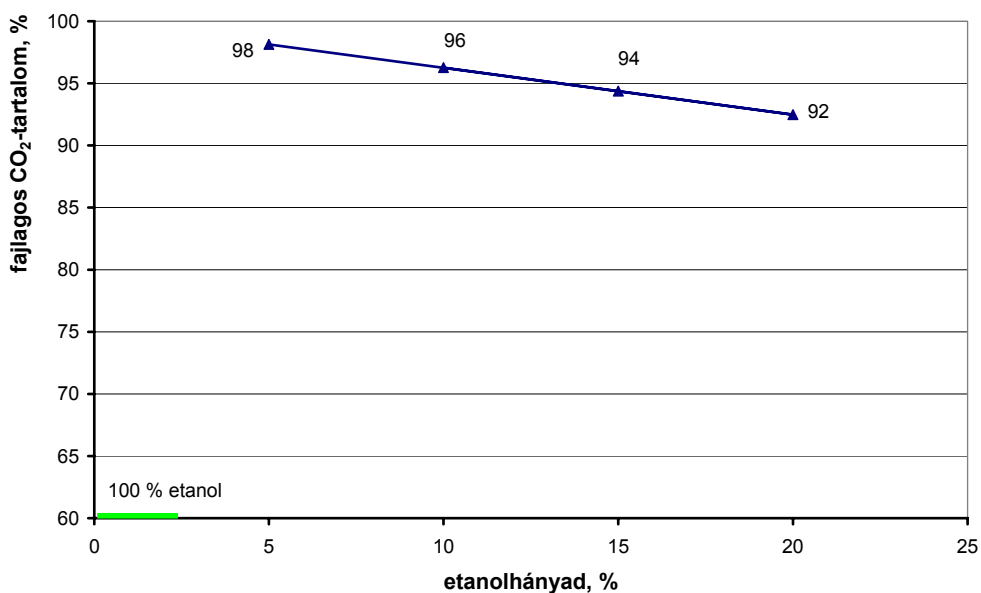
1 kg x % etanolt tartalmazó gázolaj-etanol keverék égésekor keletkező szén-dioxid és víz mennyisége grammokban kifejezve a 15. ábrából olvasható ki.



15. ábra. 1 kg gázolaj-etanol keverék égésekor keletkező szén-dioxid és víz

Egységnyi tömegű

- gázolaj égésekor keletkező széndioxidtömeget 100 %-nak véve
- etanol égésekor 60 %-nyi,
- x % etanoltartalmú gázolaj-etanol keverék égésekor keletkező szén-dioxid tömeghányadot a 16. ábra szemlélteti.

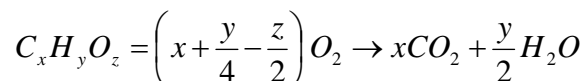


16. ábra. Az égéstermék fajlagos CO₂-tartalma (gázolaj = 100%)

Elméleti levegőarány

kmol/kmol-ban kifejezve

A sztöchiometrikus levegőszükségletet a reakcióhoz szükséges oxigén mennyiségből számíthatjuk. Ennek mennyiségét az alábbi egyenletek alapján számolhatjuk. A szénhidrogének égési egyenlete általában:



az etanol jellemzőit behelyettesítve:

$$O_{20} = C_2 H_5 OH = \left(2 + \frac{6}{4} - \frac{1}{2} \right) O_2 = 3 \text{ kmol } O_2/\text{kmol etanol}$$

a gázolaj jellemzőit behelyettesítve:

$$O_{20} = C_{14,5} H_{30} = \left(14,5 + \frac{30}{4} - \frac{0}{2} \right) O_2 = 22 \text{ kmol } O_2/\text{kmol gázolaj}$$

A sztöchiometrikus oxigén szükségletből a levegő összetételének ($N_2/O_2 = 0,79/0,21$) ismeretében az elméleti levegőarány számítható:

etanol elégetésekor

$$K_{LO} = \frac{1}{0,21} \cdot O_{20} = 4,76 \cdot O_{20} = 4,76 \cdot 3 = 14,28 \text{ kmol levegő/kmol etanol}$$

gázolaj égésekor

$$K_{LO} = \frac{1}{0,21} \cdot O_{20} = 4,76 \cdot O_{20} = 4,76 \cdot 22 = 104,72 \text{ kmol levegő/kmol gázolaj}$$

Ezekben az egyenletekben

K_{LO} az elméleti levegőarány (az 1 kmol tüzelőanyag sztöchiometrikus körülmények közötti elégetéséhez szükséges levegő kmolban kifejezve)

kmol/kg-ban kifejezve

Ennél a számításnál is a 14. táblázatból vett a tüzelőanyag alkotó részarányokból indultunk ki.

Ezekkel az adatokkal (az etanol nem tartalmaz ként, a gázolaj kéntartalma 260 mg/kg, azaz 0,026 %, tehát elhanyagolható):

$$O_{20} = \frac{c}{12,01} + \frac{h}{4,032} + \frac{s}{32,06} - \frac{o}{32,00} = \frac{0,52}{12,01} + \frac{0,13}{4,032} - \frac{0,35}{32,00} =$$
$$= 0,0646 \text{ kmol } O_2/\text{kg etanol, és}$$

$$O_{20} = \frac{c}{12,01} + \frac{h}{4,032} + \frac{s}{32,06} - \frac{o}{32,00} = \frac{0,86}{12,01} + \frac{0,13}{4,032} =$$
$$= 0,1038 \text{ kmol } O_2/\text{kg gázolaj.}$$

Az eredményekből az elméleti levegőarány

$$K_{LO} = 4,76 \cdot O_{20} = 4,76 \cdot 0,0646 = 0,3075 \text{ kmol levegő/kg etanol, és}$$

$$K_{LO} = 4,76 \cdot O_{20} = 4,76 \cdot 0,1038 = 0,4943 \text{ kmol levegő/kg gázolaj.}$$

kg/kg-ban kifejezve

A tüzelőanyag – esetünkben etanol illetve gázolaj – egy kg tömegére vonatkoztatott elméleti levegőaránya kg-ban kifejezve:

$$K_{LO} = 137,8 \cdot O_{20} = 8,90 \text{ kg levegő/kg etanol, és}$$

$$K_{LO} = 137,8 \cdot O_{20} = 14,31 \text{ kg levegő/kg gázolaj.}$$

Ez a jellemző – a szöchiometrikus levegőszükséglet és az elméleti levegőarány – fontos adat a tüzelőanyag-levegő keverék légviszonyának meghatározásához.

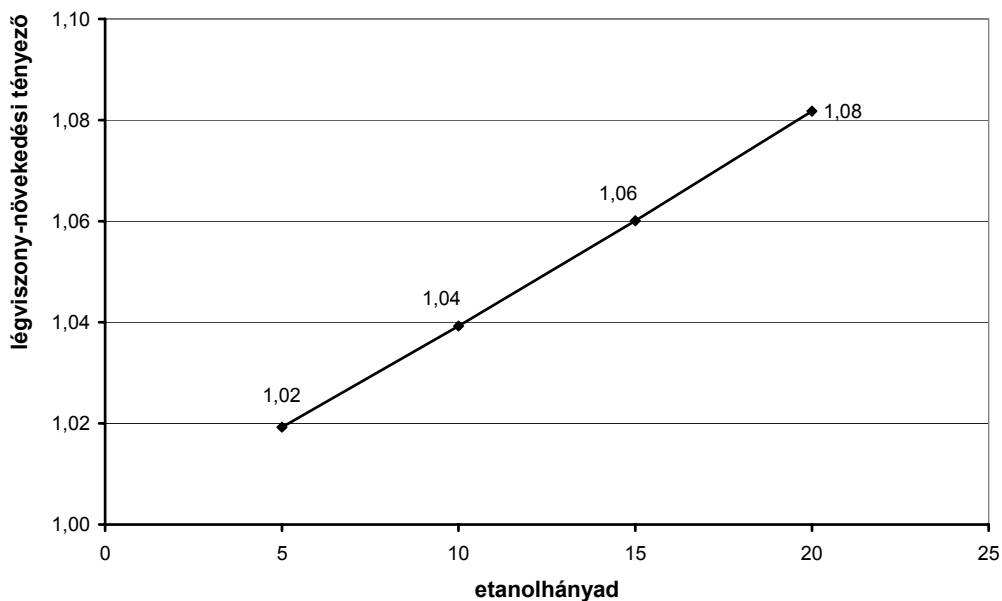
A légviszony

$$\lambda = \frac{O_2}{O_{20}} = \frac{K_L}{K_{L0}},$$

azaz a beszívott levegő mennyisége az égéshez elméletileg szükséges levegőmennyiséghez viszonyítva.

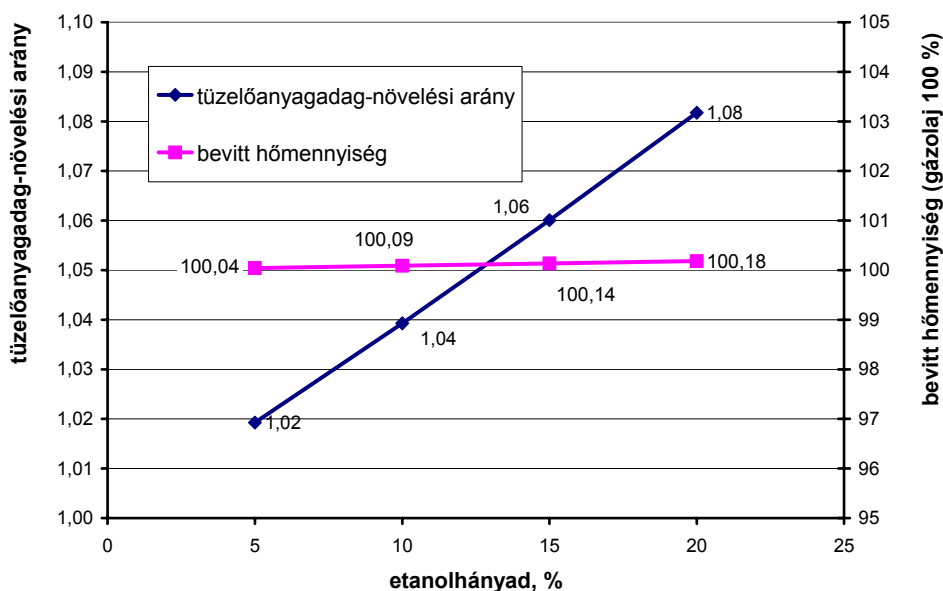
Az etanol-gázolaj keverék tüzelőanyagok égésfolyamatának tanulmányozásakor nagyjelentőségű az etanol és a gázolaj egymástól jelentősen eltérő elméleti levegőaránya.

Az alkohol lényegesen kisebb elméleti levegőaránya következtében adott, gázolaj-üzemre beállított motorban (beszívott levegőmennyiség és befecskendezett tüzelőanyag-adag változatlan) a keverék légviszonya etanol és gázolaj-etanol keverék-üzemben nagyobb lesz. A növekedés mértékét a 17. ábra mutatja.



17. ábra. A légviszony növekedése az etanolhányad függvényében

A nagyobb légviszony lehetővé teszi, hogy a befecskendezett tüzelőanyag-mennyiséget a megnövekedett légviszonynak megfelelően addig növeljük, amíg ugyanaz a légviszony valósul meg, mint amekkora gázolajüzemben volt. Számításaink szerint ezzel a többlet-tüzelőanyaggal jó közelítéssel kompenzálható az etanol kisebb fűtőértéke (vagyis pl. a 15 %-os etanol-gázolaj keverékkel üzemelő motorba, 6 %-kal megnövelt tüzelőanyag-adaggal kb. ugyanannyi hőmennyiség vihető be, mint gázolajjal (18. ábra).



18. ábra. A motorba bevitt hőmennyiség

Ez azt is jelenti, hogy – ha a másodlagos jelenségektől eltekintünk – az etanol-gázolaj üzemű motor teljesítménye azonos lehet a gázolajjal üzemelő motor teljesítményével. Arra a kérdésre azonban, hogy a lokális károsanyag-kibocsátás hogyan alakul, csak mérések alapján adhatunk választ.

Az előkísérletek eredményei

A Budapesti Műszaki Egyetem Kémiai Technológia Tanszékének munkatársai előkísérleteket végeztek a gázolaj-etanol keverékek stabilitására és kezdeti korróziós tulajdonságaira vonatkozólag. A vizsgálatokhoz felhasznált etanol tulajdonságait a 21. táblázat, a gázolaj tulajdonságait a 22. táblázat tartalmazza.

Korróziós vizsgálatok

A korróziós vizsgálatot az MSZ 11788-79 szabvány alapján végeztük gázolaj és 15 v/v % etanolt tartalmazó e-dízel esetén. A vizsgálat időtartama 3 óra, hőmérséklete 50 °C. Méréseink szerint a gázolaj és a frissen készült 15 v/v% etanolt tartalmazó gázolaj-etanol keverék korróziós fokozatát egyaránt 1a és 1b (korróziómentes) között állapítottuk meg.

Természetesen ez az érték a friss készítményre vonatkozik és a gázolaj-etanol keverék esetén további vizsgálatokat célszerű végezni, abban az irányban, hogy a különböző hőmérsékleten levegővel érintkező gázolaj-etanol keverékben milyen mértékben szaporodik fel az alkohol oxidációjából eredő ecetsav. Figyelembe kell továbbá venni, hogy a leírt szabványvizsgálat eredménye az etanolnak magnéziumra, ólomra és alumíniumra gyakorolt hatását nem minősíti, erre külön vizsgálatokat kell végezni.

21. táblázat. A gázolaj-etanol keverékhez felhasznált etanol tulajdonságai

Vizsgált jellemzők	Mért érték
Külső megjelenés	Tiszta, színtelen, átlátszó
Szag	Termékre jellemző
Etanoltartalom	99,99 v/v %
Sűrűség	0,7893 g/dm ³
Aldehydtartalom	0,02 g/dm ³
Savtartalom ecetsavban kifejezve	0,008 g/dm ³
Észtertartalom etilacetátban	0,08 g/dm ³
Metanoltartalom	0,0001 v/v %
Bepárlási maradék	0 g/dm ³
N-propil-alkohol	Kisebb, mint 1 g/dm ³
Oldószertartalom	Kisebb, mint 0,6 g/dm ³
Gyártó	Győri Szeszgyár és Finomító Rt.

22. táblázat. A gázolaj-etanol keverékhez felhasznált gázolaj tulajdonságai

Jellemzők	Mért érték
Külső megjelenés	Tiszta folyadék
Sűrűség 15 °C-on, g/dm ³	0,8400
Kinematikai viszkozitás 40 °C-on, mm ² /s	2,720
10 v/v % átdestillált	211 °C
50 v/v % átdestillált	266 °C
90 v/v % átdestillált	335 °C
Lepárlási maradék	1,6 v/v %
Pensky-Martens lobbanáspont	66 °C
Korróziós fokozat, 3 óra, 50 °C	1 b
CFPP	-25 °C
Cetánszám	51,1
Zavarosodási pont, °C	-7,333
Policiklusos aromástartalom, tömeg %	6,38

Az etanol oldhatósága gázolajban

Az etanol gázolajban történő oldhatóságát megvizsgálva megállapítottuk, hogy a 15 v/v % etanolt tartalmazó gázolaj-etanol keverék három hónapos szobahőmérsékleten

történő tárolásakor sem mutatott szételegyedést. A 15 v/v %-os és az ezt meghaladó etanoltartalmú gázolaj-etanol keverék készítmények azonban már szobahőmérséklet alatti értékeknél kezdek szétválni. A kísérleti eredmények igen jó összhangban vannak az irodalmi eredményekkel, ugyanis a vizsgált dízelolaj kis aromástartalma és viszonylag kevés illóanyag frakciója lényegesen csökkenti az etanol alacsony hőmérsékletű oldhatóságát gázolajban. A vizsgált gázolaj tulajdonságai közel állnak az irodalmi összefoglalóban szereplő 3D megjelölésű gázolaj tulajdonságaihoz (16. és 17. táblázatok).

Az emulgeátorok hatásának vizsgálata

A kísérletekhez az alábbi emulgátorokat illetve koszolvenst használtuk fel,

- Dodekanol,
- Lorol: C₁₂₋₁₄ zsíralkohol, beszerzési forrás Caola,
- Ecorol 26: C₁₂₋₁₄ zsíralkohol, beszerzési forrás: Ecogreen Oleo Chemical (Magyarországi képviselő Ondrusek András (30) 942 0013),
- 2-propanol: analitikai tisztaságú, forgalmazója Reanal,
- Genapol: oligoetilén-glikol-monoalkil éter, forgalmazó Hoechst,
- Etilacetát: koszolvens, analitikai tisztaságú, forgalmazója Reanal.

Az emulgeátorok kiválasztásának fő szempontja az volt, hogy szobahőmérsékleten és fagypontra is folyadék-halmazállapotúak legyenek, továbbá a cetánszám miatt hosszú egyenes szénlánccal rendelkezzenek (dodekanol, Lorol, Ecorol).

A kísérletek során az adott etanoltartalmú szobahőmérsékletű gázolaj-etanol keveréket hűtőkeverékbe helyeztünk és folyamatosan keverve vizuális észleléssel állapítottuk meg azt a hőmérsékletet, amelyenél a folyadék átlátszóságát elvesztve zavarosodni kezdett. A kísérleti eredményeket a 23. táblázatban foglaltuk össze.

A mérési adatok alapján megállapítható, hogy a 2-propanol és a genapol nem alkalmas gázolaj-etanol keverék előállítására, mivel emulgeáló hatást nem tud kifejteni.

Az etilacetáttal mint koszolvenssel a stabilitás csak kb. 0 °C-ig biztosítható. A mérési adatok összhangban vannak az irodalmi adatokkal is.

A dodekanol alkalmazásával már lényegesen jobb alacsony hőmérsékletű stabilitás érhető el, és ez valószínűleg növelhető is lenne a dízelolaj aromás és könnyűfrakció tartalmának változtatásával, de ennek gazdaságilag nem lenne értelme, mivel a tiszta dodekanol ára olyan nagy, hogy még néhány százalékban alkalmazva is jelentősen megnövelné a gázolaj-etanol keverék árát.

A dodekanollal végzett kísérletek eredményei alapján olyan emulgeátort kerestünk, amely hasonló típusú, mint a dodekanol azonban ára lényegesen alacsonyabb. Ennek a célnak jelenleg egy nagymennyiségben forgalmazott zsíralkohol elegye felel meg, amely C₁₂ és C₁₄ szénlánc hosszúságú zsíralkoholok elegye, márka neve Lorol vagy Ecorol 26.

Mindkét emulgeátor közelítőleg ugyanazt az eredményt szolgáltatta, 2 v/v%-ban alkalmazva mínusz 7 °C körüli zavarosodási hőmérsékletet mértünk. További vizsgálatokat igényel azonban, hogy a zavarosodási hőmérsékleten már a fázisszétválás kezdődött meg, vagy a gázolaj parafintartalma kezdett kiválni, ugyanis a vizsgált gázolaj zavarosodási pontja mínusz 7,333 °C (22. táblázat). Néhány gyors teszt alap-

ján inkább parafinkristályok kiválása történt meg, és így valószínűsíthető, hogy az elegy meg alacsonyabb hőmérsékleteken is stabil maradna. Ennek a kérdésnek a tisztázása azonban további vizsgálatokat igényel.

23. táblázat. Különböző emulgeátortartalmú e-dízelolajok zavarosodási pontjai.

emulgeátor	Mennyisége tömeg %	Etanoltartalom v/v %	Zavarosodási hőmérséklet, °C
dodekanol	1	15	-3
dodekanol	2	15	-5
Lorol	1	10	-2,5
Lorol	2	10	-4,5
Lorol	1	15	-4,5
Lorol	2	15	-7,5
Ecorol 26	1	15	-4,5
Ecorol 26	1,5	15	-5
Ecorol 26	2	15	-7
2-propanol	1	15	-
genapol	1	15	-
etilacetát	1	15	2
etilacetát	2	15	3

A kísérlet során alkalmazott Ecorol 26 ára a magyarországi képviselő közlése alapján nagymértékben függ a rendelt mennyiségtől, a legolcsóbb ár a 20 tonnás tartálykosiban történő szállítással érhető el, amikor az ár 1130 € tonnánként.

Az előkísérletek során részletes víztolerancia vizsgálatot nem végeztünk, de a tapasztalataink szerint az Ecorol 26 tartalmú gázolaj-etanol keverék víztoleranciája nem javult lényegesen a tiszta gázolajhoz képest. Már a lombik falára tapadó nedvesség hatására is zavarosodás következett be.

Összefoglalás

Az elvégzett előkísérletek alapján megállapítható, hogy az Ecorol 24 alkalmas lehet olyan gázolaj-etanol keverék előállítására, amely jóval fagyponat alatt is hosszú ideig stabil marad. További vizsgálatok azonban szükségesek.

A gázolaj-etanol keverékre vonatkozó szakirodalom alapján a biodízelt is tartalmazó gázolaj-etanol keverék vizsgálata külön tanulmányozásra érdemes, mivel a biodízel szintén megújuló energiaforrás, és az etanollal együttes alkalmazása csökkenti az etanol negatív hatását a kenőképességre és a cetánszámra.

Szakirodalom a VIII. fejezethez

ALAN, C. - HANSEN - PETER, W. L. - LYNE, ZHANG Q.: Etanol-diesel blends: a step towards a bio-based fuel for diesel engines. ASAE Meeting presentation jul. 30 - aug. 1. 2001.

MCCORMICK, R. - PARISH, R.: Milestone Report: Technical Barriers to the Use of Ethanol in Diesel Fuel. = National Renewable Energy Laboratory, 2001. p.1-20.

SATGE DE CAROA, P. - MOULOUNGUIA, Z - VAITILINGOMB, G. - BERGEC, J.Ch.: Interest of combining an additive with diesel-ethanol blends for use in diesel engines. = Fuel 80 (2001). p. 565–574.

GERDES, K.R. - SUPPES, G.J.: Miscibility of Ethanol in Diesel Fuels. Ind. Eng. Chem. Res. 40, 949-956, 2001.

Hanna, M. - MILFORD, A. - YUSUF, A. - CUPPET, S.L. - ZHENG, D.: Crystallization Characteristics of Methyl Tallowate and its Blends with Ethanol and Diesel Fuel. Journal of the American Oil Chemists Society 73. 759-763. 1996.

BÁSTYI E.: Dízel-etanol elegy stabilizálásának lehetőségei. Témalabor dolgozat. Témavezető: dr.Bajnóczy Gábor

IX. GAZDASÁGOSSÁGI SZÁMÍTÁSOK

Ezt a fejezetet Zöldy Máté ötödéves közlekedésmérnök-kari hallgató TDK munkája (témavezető: Dr. Tánczos Lászlóné egyetemi tanár) alapján készítettük el.

Egyszeri költségek

A mintaképpen elvégeztük a 15% etanol tartalmú gázolaj-etanol keverék költségvizsgálatát. Előzetes vizsgálataink szerint, 15%-os – vagy ennél kisebb etanoltartalmú keveréket használunk a motorban, akkor annak átalakítására nincs szükség, vagyis az átalakítási költségek nullának vehetők.

A változó költségek alakulása független attól, hogy motor-átalakításra szükség van-e, vagy sem.

Folyamatos költségek

A folyamatos költségeket két nagy csoportra bonthatjuk: az ár és a mennyiségi eltérésekből adódóakra és a kibocsátások változásából jelentkező költségekre illetve megtakarításokra.

A kibocsátások változásából számíthatjuk ki azokat a költségeket/megtakarításokat, amelyekkel az emulzió használata együtt jár. Az összesített értékelés adatait felhasználva, illetve támaszkodva az irodalomjegyzékben közölt externális költségekre a várható megtakarítások a 24. táblázat szerint alakulnak.

A 24 táblázat alapján a keverék használata egy jármű·km-re 18,3 Ft megtakarítást jelent.

24. táblázat. Externális megtakarítások gázolaj-etanol keverék használata esetén (gázolajhoz képest)

szennyező	változás	szennyező költségaránya, Ft	költség-változás, Ft/km
SO ₂	-15%	0,13733	1,236
NO ₂	-3,5%	0,24234	0,504
CO	-16,5%	0,04119	0,402
korom, por	-36%	0,20599	4,404
CO ₂	-10%	0,19650	11,79
Összesen			18,336

Az emulzió árából adódó költségtöbbletet mutatja be a 25. táblázat. A táblázat értékeinél figyelembe vettük, hogy az etanolt motorhajtóanyagként való felhasználása esetén jövedéki adó nem terheli, és a nagyfelhasználók jogosultak ÁFA és a jövedéki adó egy részének a visszaigénylésére.

25. táblázat Tüzelőanyagok árkülönbségének alakulása literre vonatkoztatva

Alkotó	Emulzió		Gázolaj	
	Részarány, %	Ár, Ft.	Részarány, %	Ár, Ft.
Gázolaj	83,00	122,98	100,00	148,17
Etanol	15,00	25,24	0,00	0,00
Emulgeátor	1,00	6,50	0,00	0,00
Égésjavító	1,00	5,00	0,00	0,00
Összesen	100,00	159,72	100,00	148,17

A 25. táblázat alapján az emulzió várható ára a nagyfogyasztók számára literenként mintegy 11 forinittal több, mint a gázolaj ára.

Az emulzió használatának másik költségnövelő tényezője, hogy nagyobb mennyiséget kell elégetnünk ugyanakkora teljesítmény eléréséhez. Az előzetes mérések alapján azonos teljesítményre vonatkoztatva a fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás a teljes tartományban 107,4 %-kal nőtt meg. Ezt figyelembe véve az egy liter gázolajjal egyenértékű gázolaj-etanol keverék literenkénti 171,52 Ft.

Ebből következőleg a keverék ártöbblete – az ugyanakkora teljesítmény eléréséhez szükséges nagyobb mennyiség figyelembevételével – 23,35 Ft/liter.

Ennek a költségtöbbletnek és a 24. táblázat 18,3 Ft/km-enkénti megtakarításának az összehasonlításához a céljárművek fogyasztási adatainak ismerete szükséges. A

gázolaj-etanol keveréket használó járművek elsősorban buszok, mezőgazdasági járművek és stabil motorok, ezeknek az átlagfogyasztását – figyelembe véve, hogy a keverék alkalmazása nem csak a legmodernebb technológiájú motoroknál jöhet szóba – 35 liter/100 km-nek feltételezhetjük. Ezzel az értékkel számítva a növényi alapanyagokból készült etanolt tartalmazó emulzió árelőnye a gázolajhoz képest 10,12 Ft/km.

Szakirodalom a IX. fejezethez

1/2000. (VII. 21) KöViM-KöM együttes rendelete, Magyar Közlöny 2000/76. szám

ZÖLDY M.: Bioetanol autóbuszokban való alkalmazásának költségvizsgálata, BME OTDK 2003

X. IRODALOMJEGYZÉK

Könyv:

1. DEZSÉNYI GY. - EMŐD I. - FINICHIU L.: Belsőégésű motorok tervezése és vizsgálata, 2. kiadás. Tankönyvkiadó, 1992.
2. EMŐD I. - FINICHIU L.: Növényi olaj - környezetvédő motorhajtó anyag a közlekedésben és a mezőgazdaságban. Környezetvédelmi Füzetek. 1-28. old. OMIKK 1995.
3. EMŐD I. - FODOR ZS.: Villamos autók. Bibliográfia. A BME Központi Könyvtára Tudományos Műszaki Bibliográfiák 21. sz. 1986.
4. HANCSÓK J. - KOVÁCS F. A biodízel. Környezetvédelmi Füzetek. 1-56. old. OMIKK 2002.
5. HANCSÓK J. – VARGA Z.: A biobenzin. Környezetvédelmi Füzetek. 1-71. old. OMIKK 2003
6. HANCSÓK J., LAKATOS I., VALASEK I.: Üzemanyagok és felhasználásuk, Budapest: Tribotechnik Kft., 1998
7. Kraftfahrtechnisches Taschenbuch/Bosch, 23. kiadás. Vieweg, 1999.
8. MOLLENHAUER, K. (szer): Handbuch Dieselmotoren, Springer 1997.

Tanulmány:

9. EMŐD I. - FINICHIU L. - KESZTHELYI K. - VARGA F.: Növényi eredetű tüzelőanyagok motorikus vizsgálata. Megbízó: Ardex Biotermelő Részvénytársaság. 1-43. old. + mellékletek. 1991.
10. EMŐD I. - FINICHIU L. - KESZTHELYI K. - VARGA F.: Állati eredetű tüzelőanyagok motorikus vizsgálata. Megbízó: INEX Kft. 1-47. old. + mellékletek. 1991.
11. EMŐD I. - FINICHIU L. - KESZTHELYI K. - VARGA F.: Alternatív motorhajtóanyag előállítás és felhasználási lehetőségek. I-IV. kötet. (Szerkesztette: dr. Tóth László). Tanulmány az OMFB részére. 3.1.2, 3.1.3, 4.1.4 és 4.2.4 fejezetek. 165. old. Gödöllő, 1992.

12. EMŐD I. - FINICHIU L. - KESZTHELYI K. - VARGA F.: Repceolaj-metilészter tüzelőanyaggal végzett autóbuszüzemi kísérletek. Kutatási jelentés. 1-61. old. 1992.
13. EMŐD I. - FINICHIU L. - KESZTHELYI K. - VARGA F.: Repceolaj-metilészter tüzelőanyaggal végzett járműüzemi kísérletek. Megbízó: Gépfet Kft. 1-59. old. 1992.
14. EMŐD I.: Alkohol hajtóanyag alkalmazása Otto-motorokban. Megbízó: Győri Olajipari Rt. 1-20. old. 1995.
15. HERSENER, J.-L. – MEIER, F.: Energetisch nutzbares Biomassepotential in der Schweiz, Stand der Nutzung in ausgewählten EU-Staaten und den USA, im Auftrag des Bundesamtes für Energie, April 1999.
16. KASS, M. - THOMAS, F. - STOREY, J. – DOMINGO, N. – WADE, J.: Effects of Blending Ethanol with Diesel Fuel on Exhaust Emissions from a Heavy-Duty Diesel Engine (Emissions From a 5.9 Liter Diesel Engine Fuelled With Ethanol Diesel Blends), SAE Paper No. 2001-01-2018,
17. MCCORMICK, R. - PARISH, R.: Milestone Report: Technical Barriers to the Use of Ethanol in Diesel Fuel. = National Renewable Energy Laboratory, 2001. p.1-20.
18. Schweizerische Gesamtenergiestatistik 1999. Bundesamt für Energie, 2000.

Folyóirat cikk:

19. BULLA M.: Áttekintés az alternatív erőforrásokról. = Környezet és fejlődés 5. k. 7. sz. 1995. p.19-23.
20. EMŐD I. - FINICHIU L. - KESZTHELYI K. - VARGA F.: Repceolaj-metilészter motorhajtóanyag hatása a kenőolajra II. = Járművek, Mezőgazdasági Gépek. 42. k. 4. sz. 1995. p.136-139.
21. EMŐD I.: Környezetkímélő Motorhajtóanyagok. = Környezet és fejlődés, 5. k. 7. sz. 1995. p.24-26.
22. EMŐD I.: Lerakódások benzinmotorokban. = Járművek, Mezőgazdasági Gépek. 42. k. 9. sz. 1995. p.305-307.
23. EMŐD I.: Repceolaj-metilészterrel üzemelő dízelmotorok teljesítménye, tüzelőanyag-fogyasztása és környezeti hatásai = Járművek, Mezőgazdasági Gépek.
24. HEINRICH, W.: Entwicklung und Erprobung von Alkoholkraftstoffen für Nutzfahrzeug-Dieselmotoren. = MTZ Motortechnische Zeitschrift. 48.k. 3.sz. 1987. p.91-98.
25. Jövedékiadó-mentesség a bioetanol-gyártóknak 2003-tól = Jogi Fórum 2002. október 10.
26. POITRAT-ADEME, E.: The Potential of Liquid Biofuels in France. = Renewable Energy. 16. k. 1999. p.1084-1089.
27. SATGE DE CAROA, P. - MOULOUNGUIA, Z - VAITILINGOMB, G. - BERGEC, J.Ch.: Interest of combining an additive with diesel-ethanol blends for use in diesel engines. = Fuel 80 (2001). p. 565–574.
28. STUCKL, S - BIOLLAZ, D.: Treibstoffe aus Biomasse = MTZ Motortechnische Zeitschrift. 62.k. 4.sz. 2001. p.308-312.

29. SYASSEN, O.: Chancen und Problematik nachwachsender Kraftstoffe I. = MTZ Motortechnische Zeitschrift. 53.k. 11.sz. 1992. p.510-517.
30. SYASSEN, O.: Chancen und Problematik nachwachsender Kraftstoffe II. = MTZ Motortechnische Zeitschrift. 53.k. 12.sz. 1992. p.560-568.
31. WEIDMANN, K. - MENRAD, H.: Fahrzeugkonzept und Flottenversuche mit Alkohol-Diesel-Mischkraftstoffen. = Motortechnische Zeitschrift. 46. k. 10.sz. 1985. p.373-377.

Előadás:

32. AAKKO, P. - MAKELA, T.: Emission from Heavy-duty Engine with and without Aftertreatment Using Selected Biofuels. F02E195, Fisita 2002.
33. AJAVA, E. A., - BACHCHAN, S., - BHATTACHARYA T. K.: Performance of a Stationary Diesel Engine Using Vaporized Ethanol as Supplementary Fuel. FISITA 2002.
34. ALAN, - HANSEN, P.-LYNE, Q.: Ethanol-Diesel blends: A step towards a bio-based fuel for Diesel engines, ASAE Meeting Presentation, Paper Number: 01-6048
35. EMŐD I. - ABONYI TÓTH I.: Környezetbarát motorhajtóanyagok. Kutatás és Oktatás a Környezetvédelemért Konferencia. Veszprém, 1993.
36. EMŐD I. - FINICHIU L. - VARGA F.: A biodízel program eddigi tapasztalatai a 19. VOLÁN-nál Győrben. Energiatakarékosság, Energetikai együttműködés Konferencia. Győr, 1993.
37. EMŐD I. - FINICHIU L. - VARGA F.: Alternatív tüzelőanyagokkal Magyarországon végzett kísérletek. IX. Nemzetközi Közúti Fuvarozási és Közlekedésbiztonsági Konferencia. Budapest, 1992.
38. EMŐD I. - VARGA F.: Egyéb megoldások a dízelmotorok környezetvédelmi üzemeltetésében, a repceolaj alkalmazása dízelmotorokban. Autózás és Környezetvédelem '94. Debrecen, 1994.
39. EMŐD I.: Alternatív gépkocsihajtások környezetszennyezése. Smog-Stop Környezetvédelmi Konferencia. Budapest, 1992.
40. EMŐD I.: Alternatív tüzelőanyagok felhasználásának lehetőségei az autóbusz üzemben. XXIII. Autóbusz Szakértői Tanácskozás. Tata, 1992.
41. EMŐD I.: Repceolajjal, mint motorhajtóanyaggal végzett hazai kísérletek. Folyékony bio-hajtóanyagok előállítása és felhasználása II. Kerekasztal-tanácskozás. Nyíregyháza, 1993.
42. EMŐD I.: Repceolaj-metilészter, mint belsőégésű motorok hajtóanyaga. Intact '94. Budapest, 1994. március 22-25.
43. RICKEARD, D. – KHSEHGI, H.: European Fuel and Vehicle Options for the Future. F02E199, FISITA 2002.

Internet

44. AAE Technologies Inc.
<http://www.aatechnologies.com/>

45. AJAVA, E. A., - BACHCHAN, S., - BHATTACHARYA T. K.: Experimental study of some performance parameters of a constant speed stationary diesel engine using ethanol+diesel blends as fuel. Biomass and Bioenergy 17 (1999) 357-365
www.elsevier.com/locate/biombioe
46. Alcohol and cotton oil as alternative fuels for internal combustion engines
<http://www.fao.org/docrep/T4470E/t4470e08.htm>
47. European Emission Regulations
<http://www.automotivecatalists.com>
48. IFT Technology Based Fuel, Solutions for a Sustainable Future: Enhanced E-Diesel
http://www.internationalfuel.com/prod_e_diesel.shtml
49. Jövedékiadó-mentesség a bioetanol-gyártóknak
<http://www.jogiforum.hu/103424964030852>
50. OxiDiesel. An oxygenated Diesel Fuel Formulation for Compression-Ignition Engines
<http://www.ccities.doe.gov/conference/pdfs/andlinger.pdf>
51. Product & Processes Pure Energy
<http://www.oxydiesel.com/oxyindex.html>
52. Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen (92/81 EWG.)
<http://www.europa.eu.int/comm/energy/library/comm2001-547-de.pdf>

Diplomamunka, Tudományos diákköri dolgozat

53. ÁDÁM Zs.: Etanol-gázolaj keverékkel működő dízelmotor vizsgálata. Diplomamunka BME 2003.
54. ZÖLDY M.: Biológiai úton előállított etanol, mint Otto- és dízelmotorok hajtóanyaga. OTDK 2003
55. ZÖLDY M.: Tüzelőanyagok keverésének hatása a dízelmotorban lejátszódó égésfolyamatokra, OTDK 2003

Törvény, rendelet, szabvány

56. 1/2000. (VII. 21) KöViM-KöM együttes rendelete, Magyar Közlöny 2000/76. szám
57. 14. számú melléklet a 44/2001. (XII. 18.) KöViM rendelethez, Magyar Közlöny 2001/147/II. szám
58. ENSZ-EGB 24. sz. előírás
59. ENSZ-EGB 49.03. sz. előírás: Egységes feltételek kompressziógyújtású és földgázzal, valamint propán-butángázzal működő motorok és ilyen motorokkal szerelt járművek jóváhagyására a motor szennyezőanyag-kibocsátása szempontjából.
60. ENSZ-EGB 96. sz. előírás
61. MSZ 1627