

*dr. Gyulai Iván*

*A biomassza dilemma*



**Magyar  
Természetvédők  
Szövetsége**

Föld Barátai Magyarország

## ***A biomassza dilemma***

**Írta:**

*dr. Gyulai Iván*

**Kiadja:**

*Magyar Természetvédők Szövetsége  
1091 Budapest, Üllői út 91/b. tel: 216-7297,  
e-mail: [info@mtvsz.hu](mailto:info@mtvsz.hu), <http://www.mtvsz.hu>*

*2006. december*

*Készült a Kövice 2005. évi támogatásával.*

**ISBN-10: 963-86870-8-8**

**ISBN-13: 978-963-86870-8-1**

*Felelős kiadó: dr. Farkas István*

*Borító fotók: Monoki Ákos, Széll Antal*

*Arculattervezés, tördelés: Balmoral Bt. (20/391-41-47)*

*Készült 2006-ban 500 példányban a MacKensen Kft. nyomdájában.*

# Tartalomjegyzék

I. Bevezetés.....	4
II. A megújuló energiaforrások stratégiai és szabályozási környezete .....	5
III. A biomassa felhasználása .....	9
III.1. Fogalmak	9
III.2. Tüzelési célú energetikai növények	10
III.2.1. Fás szárú energianövények	10
III.2.2. Energiafű	15
III.3. A biodízel	19
III.4. Bioetanol	21
III.5. Melléktermékek és hulladékok hasznosítása	24
IV. Érvek a biomassa felhasználás mellett és ellen .....	26
IV.1. Általános érvek a biomassa felhasználás mellett	26
IV.2. Ellenérvek, kételyek	27
IV.2.1. Területi igények	28
IV.2.2. Területi korlátok Magyarországon	29
IV.2.3. Terület-felhasználási vetélkedés	30
IV.2.4. A területi versengés járulékos hatásai	32
IV.2.5. Energiamérlegek	33
IV.2.6. Természetvédelmi és ökológiai szempontok	38
IV.2.7. A szén-dioxid semlegesség mítosza	40
V. Állásfoglalás.....	47
Zárszó .....	49
Felhasznált irodalom .....	50
Felhasznált honlapok.....	51

## I. Bevezetés

A biomassa felhasználását sokan gondolják megfelelő alternatívának korunk fokozódó energetikai és környezeti gondjaira. Környezetvédők már vagy két évtizede sürgetik a biomassa felhasználását, ám javasolataikat eddig nem hallgatták meg, hiszen támogatások nélkül még ma is a legtöbb biomasszából nyerhető másodlagos energiahordozó versenyképtelen a fosszilis tüzelőanyagokhoz képest.

Az idők azonban változnak, a feltörekvő piacok, főleg Kína, és a világ fokozódó energiaéhsége konjunktúrát teremtett az olajra és földgázra. A tartósan hatvan dollár körüli olajár, a fogyatkozó készletekről szóló jelentések, a várhatóan tovább fokozódó kereslet, egyes gazdasági nagyhatalmak olajtól való függősége elgondolkodtatja ma már a politikusokat is. Egyre többen fedezik fel, hogy a fejlődés dáridójához kellenek az új erőforrások, olyanok is, amelyeket eddig kihasználatlanul hagytunk.

A nemzetközi folyamatokat figyelve jól látható, hogy az Európai Unió megújuló erőforrásokra vonatkozó szabályozása, főleg a bioüzemanyagok esetében, nem kívánt társadalmi és környezeti hatásokkal fenyeget. Furcsa azt látni, hogy míg a Közösség nemzetközi szinten élharcosa a biológiai sokféleség megőrzésének, addig egy másik cél, nevezetesen az üvegházhatású gázok csökkentésének érdekében olyan szabályozást vezet be, amely még az eddigieknél is jobban fenyegeti a biológiai sokféleség megőrzését. Az persze ugyancsak fontos kérdés, hogy a javasolt megoldás elvezet-e a kívánt csökkentés eléréséhez, vagy éppen ellenkezőleg, globálisan még több terhet jelent.

Még egy kis idő, és a környezetvédők javaslata bumeráנגgá változik. A jó szándékú javaslatok ugyan a környezetben kívántak segíteni, mégis arra csapnak vissza. Először a környezetre, azután ránk!

Ma már számos nemzetközi és fejlődő világban működő civil szervezet figyelmet a veszélyekre. A Magyar Természetvédők Szövetsége maga is úgy látja, hogy nagy szükség van az elővigyázatosságra, az alapos megfontolásokra. Ha ugyan már nem késő, hiszen a fejlesztéspolitika kegyeibe vette a biomassa felhasználását, s a támogatások reményében az üzleti világ is megtette első, nem is jelentéktelen lépéseit.

A Szövetség ezzel a kiadvánnyal, s öt helyszínen megtartott fórumokkal kíván hozzájárulni egy alkotó párbeszédhez, amelyben tisztázódnak a biomassa felhasználásának lehetőségei és korlátai. Szívesen vesszük mások észrevételeit, örömmel tanulunk mások tapasztalataiból!

## II. A megújuló energiaforrások stratégiai és szabályozási környezete

Megújuló energiaforrások használatának magyarországi sorsát uniós stratégiai és jogszabályi keretek alakítják, a támogatási lehetőségeket pedig az Új Magyarország Fejlesztési Terv fogja megszabni. A Közösségi elvárások 2010-ig egyértelműek, utána valószínű szigorodás várható.

Az európai stratégiai kereteket az EU megújult Fenntartható Fejlődés Stratégiája adja meg, amely a globális éghajlatváltozáshoz köti a tiszta energiák elterjesztésének szükségét. A EU biomassza hasznosításainak célkitűzéseit 2010-ig, az ún. Fehér Könyv (Energia a jövőnek: megújuló energiaforrások, 1997) határozza meg. A könyv tartalmazza a megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére irányuló Akciótervet. Az Unió a biomassza termelés fokozását összeköti a munkahelyteremtéssel, a vidéki jövedelemszerzés lehetőségével. A cél, hogy a mezőgazdasággal foglalkozók továbbra is mezőgazdasággal foglalkozzanak, de a termelés ne az eladhatatlan készleteket növelje. Ez úgy lehetséges, ha a szántóföldeken az élelmiszercélú termelés helyett energetikai célú termelés folyik. A fenti érvek miatt a bioüzemanyagok előállítására a kohéziós politika, s támogatások fontos célterülete.

Az EU célkitűzései 2010-ig:

- *Fehér Könyv: a megújulókból származó energia arányának növelése 2010-re 6%-ról 12%-ra.*
- *2001/77/EK irányelv: megújuló energiaforrásokból termelt elektromos energia részaránya 14%-ról, 22%-ra növekedjen.*
- *2003/30/EK irányelv: a bioüzemanyagok részaránya érje el az 5,75%-ot a teljes üzemanyag-felhasználáson belül.*

A belföldi, megújuló energiaforrások felhasználását sürgeti a Közösség magas szintű energiafüggsége a külső energiaforrásoktól, amely jelenleg 50%-os, és 20 éves időtávban akár 70%-ot is elérheti. Erre próbál választ adni az „Európai stratégia az energiaellátás fenntarthatóságáért, versenyképességéért és biztonságáért” c. Zöld Könyv (COM [2006] 105), amely az energiaszerkezet diverzifikációját, biztonságát, s az alacsony széntartalmú energiaforrásokból származó villamosenergia-termelés támogatását, a megújulók szerepének növelését célozza.

A fosszilis tüzelőanyagok megújulókkal való helyettesítése mellett a Közösség jelentős szerepet tulajdonít az energiahatékonyság javításának. Az Energiahatékonysági Akcióterv (COM. [2006] 247) évi 1%-os energiafogyasztás csökkenést irányoz elő.

Magyarország, a csatlakozási dokumentumban (2004. évi XXX. Tv. II. melléklete) vállalta, hogy a megújulók részarányát a teljes energiafelhasználáson belül megduplázza (2003-ban ez az érték 3,6% volt), villamosenergia-fogyasztást pedig 3,6%-ban fogja megújuló energiaforrásokból kielégíteni 2010-ig, az akkori kb. 2% helyett.

A nagyon szelíd vállalást már 2005-ben túlteljesítettük, néhány széntüzelésű erőmű faaprítékra történő átállításával.

A fentiekkel kapcsolatos előírásokat, a tájékoztatási programot, a fogalommeghatározásokat a 2233/2004. (IX.22) és 2133/2005. (VII.8) kormányhatározatok, illetve a 42/2005. (III.10) kormányrendelet tartalmazza.

A 2007-13-as időszakot is magába foglaló magyar energiapolitikai elképzelések szerint 2010-re 6,5%, 2013-ra 11,4% megújuló részesedést kell elérni a villamosenergia-termelésben, míg az összes megújuló energia részarányát a 2005. évi 5,3%-ról 2010-re legalább 8,2%-ra kell növelni.

Magyarország vállalása a bioüzemanyagok tekintetében a 2233/2004. számú kormányhatározat értelmében 2% volt, amely az Országgyűlés 63/2005. számú határozata szerint 4%-ra emelkedett. A 2010-es vállalás a legújabb 2058/2006 (II. 07.) kormányhatározat alapján 5,75%, amely 2010-re kb. 187 millió liter biológiai eredetű üzemanyagot jelent.

Ugyancsak ösztönzi Magyarországot az energetika területén a Kiotói Jegyzőkönyvben tett vállalása, amely szerint 6%-os üvegházhatású gáz kibocsátás csökkentést kell elérni a 2008-2012-es évek átlagában, az 1985-87 bázisévekhez viszonyítva. Ugyan egyelőre kényelmes helyzetben vagyunk a választott bázisévek, és a korábbi ipari szerkezet változása miatt, de ezeket a tartalékainkat hamarosan feléljük, s sokkal nagyobb nyomás fog ránk nehezedni 2012 után. Az Európai Tanács 2005. márciusi ülése szerint 2020-ban 15-30%-os csökkentést kellene elérni az 1990. évi kibocsátási szinthez képest, 2050-re, pedig 60-80%-ra kellene emelni a csökkentés mértékét.

A kitűzött célok végrehajtásának egyik fontos eszköze a Környezet és Energia Operatív Program (KEOP). Mivel a KEOP tervezési időszaka túlnyúlik a 2010-es vállalások időszakán, ezért a tervezési időszak végéig már más irányszámokkal kell kalkulálni. A célkitűzések megállapításánál figyelembe kell venni, hogy az Európai Tanács 2006. március 23-24-i ülésén az a határozat született, hogy az Európai Unió tagállamainak 2015-ig el kell érniük, hogy az összes megújuló energiahordozóforrás részaránya elérje a 15%-ot, a bioüzemanyagok részaránya pedig a 8%-ot. Ez hozzávetőleg összhangban van a GKM által kidolgozott megújuló energiahordozóstratégia távlati célkitűzéseivel, amely szerint 2013-ra a zöldáram részarányát az országos villamosenergia-felhasználás 11,4%-ára, az összes megújuló energiahordozó részarányát pedig az országos összenergia-felhasználás 14%-ára kívánják növelni. A távlati célkitűzések elérése érdekében 2005-2010 között legalább 1000 GWh-val kell növelni a zöldáram-termelést, 2013-ig pedig további mintegy 2400 GWh növekményt kell elérni. (forrás: KEOP)

A 2013-ra tervezhető zöldáram-termelés összetétele – figyelembe véve a hazai sajátosságokat – a következő lehet:

<i>szilárd biomassza</i>	3992 GWh
<i>biogáz</i>	262 GWh

<i>szélergia</i>	710 GWh
<i>egyéb technológiák</i>	436 GWh
<i>Összesen</i>	5400 GWh

A 2005-2013 között tervezett 3400 GWh/év növekmény kiemelkedően legnagyobb tételét a biomassza bázisú villamosenergia-termelés növekménye teszi ki, aminek az a feltétele, hogy a mezőgazdaságban megvalósuljon az energetikai célú növénytermelés tervezett mértékű felfutása. 2013-ig az összes megújuló energia-hordozó-felhasználás – figyelembe véve a zöldáram-termelés növekedéséből származó hatásokat – a következő módon növekedhet:

	2003	2013
	PJ	PJ
<i>Villamosenergia-termelés hőértéke</i>	2,3	56,6
<i>Bioüzemanyag felhasználás</i>	-	30
<i>Szilárd biomassza hőenergia célú felhasználása</i>	31,5	50
<i>Biogáz</i>	0,02	10
<i>Napkollektor</i>	0,08	0,4
<i>Egyéb technológiák</i>	4,7	18
<b><i>Összesen</i></b>	<b>38,6</b>	<b>165</b>

(forrás: KEOP)

A KEOP a biomassza felhasználással kapcsolatban három beavatkozási pontot ad meg (forrás: KEOP):

- Magyarország mezőgazdasági adottságai kiemelkedően kedvezőek a biomassza-felhasználás tervszerű növelése terén, ezért a mezőgazdasági fejlesztéshez kapcsolódó, energiatermelést végző biomassza projektek (szilárd biomassza, biogáz, illetve bioüzemanyag), ezen belül is a kis kapacitású üzemek prioritást élveznek. A bioüzemanyag felhasználás tervezett növeléséhez a felhasználói oldalon is meg kell teremteni a szükséges feltételeket. A jövedéki adó kedvezmények fenntartása mellett támogatni kell a bioüzemanyagokkal működő közlekedési eszközökre – elsősorban a tömegközlekedésben – történő átállásokat.
- Hulladék-felhasználás szempontjából fontos terület a nagy tömegben keletkező használt sütőolaj, illetve állati zsiradék energetikai és/vagy bio-motorhajtóanyag alapanyagként történő hasznosítása.
- A növényi eredetű és hulladék alapú, valamint az állattartó telepeken keletkező trágyából és a szennyvíztisztító telepeken képződő szennyvíziszapból

előállított biogáz hasznosítása hulladékkezelés és energiatermelés szempontjából is előnyös, hő- és villamosenergia-termelésre is felhasználható (regionális biogáz-üzemek kialakítása, kisméretű egyedi fogyasztói biogáz-üzemek létesítése, a szennyvíziszap energetikai és mezőgazdasági hasznosítása).

Mivel a biomassza hasznosítása még csak egy-egy hasznosítási formánál versenyképes, ezért a biomassza hasznosítás jövőjét nagyban befolyásolják a támogatások. A Közösségi források eddig főleg az AVOP-on keresztül támogatták a biomassza termelő és feldolgozó kapacitások kialakítását. 2007-től ezek a források szintén a vidékfejlesztési, illetve a környezetvédelmi és energetikai fejlesztési programokban jelennek meg. Előzetes értesülések szerint a látható 22,9 milliárd euróból mindössze 0,24 milliárd jutna energetikai fejlesztésekre. A gazdálkodók energetikai célú növénytermesztését a 25/2006 FVM rendelet szerint területalapú támogatásokkal ösztönözte az állam, az energetikai célra szánt növénytermesztés bázisterülete 155,5 ezer hektár volt. A bioüzemanyagok támogatása terén a jövedéki adó változása hat majd ösztönzőleg. Eszerint 2007. június 30-tól eltérő jövedéki adó bevezetése várható, amely a 4,4%-nál nagyobb bioüzemanyag tartalmú benzinnél 103.500 Ft/1000 l, a 4,4%-nál kisebb tartalom esetében 111.800 Ft lesz. Gázolaj esetében 2008. január 1-től, hasonló arányok mentén 85 illetve 93 ezer Ft/1000 l jövedéki adó várható. Továbbra is érvényben van a zöldáram magasabb átvételi ára (2003/CX. Tv.), amely minden januárban módosul.

### III. A biomassa felhasználása

#### III.1. Fogalmak

A primer energiaforrásokat két nagy csoportba oszthatjuk. Meg nem újuló energiaforrás a szén, a kőolaj, a földgáz és a hasadóanyag. A megújuló energiaforrások csoportjába sorolható a nap-, a víz- és a szélenergia, illetőleg a biomasszából nyerhető energia. Az energiaforrásokat csoportosíthatjuk kimeríthetőségük szerint is. Míg a nem megújuló energiaforrások kimeríthetők, addig a megújulók közül a nap és a szél nem kimeríthető, míg a biomassa ugyancsak kimeríthető.

A primer energiaforrásokból szekunder energiahordozókat állíthatunk elő, üzemanyagokat vagy villamos energiát nyerhetünk különféle energiaátalakítási eljárások eredményeként. Ezek az eljárások az átalakítás hatásfokában és környezeti hatásaiban nagymértékben különböznek egymástól.

A biomassa tehát megújuló, de kimeríthető primer energiaforrás. A biomassa biológiai eredetű szervesanyag-tömeg, egy biocönózisban vagy biomban, a szárazföldön és vízben található élő és nemrég elhalt szervezetek (növények, állatok, mikroorganizmusok) testtömege; biotechnológiai iparok termékei; és a különböző transzformálók (ember, állatok, feldolgozó iparok stb.) összes biológiai eredetű terméke, hulladéka, mellékterméke. Az ember testtömegét nem szokás a biomassa fogalmába vonni. A biomassa elsődleges forrása a növények asszimilációs tevékenysége. Keletkezésének folyamata a produkcióbiológia fő témája. A növényi biomassa a fitomassa, az állati biomassa a zoomassa. A termelési-felhasználási láncban elfoglalt helyük alapján a biomassa lehet elsődleges, másodlagos és harmadlagos. Az elsődleges biomassa a természetes vegetáció, szántóföldi növények, erdő, rét, legelő, kertészeti növények, vízben élő növények. A másodlagos biomassa az állatvilág, gazdasági haszonállatok összessége, továbbá az állattenyésztés főtermékei, melléktermékei, hulladékai. A harmadlagos biomassa a biológiai eredetű anyagokat felhasználó iparok termékei, melléktermékei, hulladékai, emberi települések szerves eredetű szerves hulladékai. (KÖRNYEZETVÉDELMI LEXIKON, AKADÉMIAI KIADÓ, 2002.)

A biomassa hasznosításának fő iránya az élelmiszertermelés, a takarmányozás, az energetikai hasznosítás és az agráripari termékek alapanyaggyártása. Az energetikai hasznosítás közül jelentős hasznosítási mód az eltüzelés, brikettálás, pirolizálás és biogáz-előállítás.

A világ negyedik legelterjedtebb energiaforrása a szén, a kőolaj és a földgáz után a biomassa. A biomassa energia fedezi a felhasznált energia 14%-át világátlagban.

A mezőgazdasági eredetű energiaforrásokat a következő módon osztályozzuk: szilárd biomassa; folyékony bioüzemanyagok; biogáz.

Az energetikai alapanyag-termesztés területei:

- *Fás szárú, különböző vágásfordulójú ültetvények telepítése (akác, éger, fűz, nemes nyár, stb.)*

- *Lágy szárú növények szántóföldi termesztése (energiafű, nád-félék, stb.)*
- *Biodízel előállításához olajos magvú növények (napraforgó, repce, stb.)*
- *Etanol előállítására alkalmas növények (árpa, búza, kukorica, stb.)*

Az energiatermelésre létrehozott kultúrákat energiaültetvényeknek nevezzük. Ezek lehetnek fás szárú és lágyszárú energianövények kultúrái.

## III.2. Tüzelési célú energetikai növények

### III.2.1. Fás szárú energianövények

A fa, bizonyára az emberiség legrégebben használt tüzelőanyaga, amely a szénhidrogének korában, főleg a „fejlett világban” háttérbe szorult. A kialakuló energia ínségben, szigorúbb környezeti szabályozás miatt, azonban úgy látszik, szerepe felértékelődik. Magyarország teljes energiafelhasználásában 3%-ot képvisel jelenleg, de a villamosenergia iparban a korábbi széntüzelésű erőművek faapríték tüzelésre való átállása miatt a tüzelőfa iránti kereslet, s vele a tüzelőfa ára is emelkedett. Az erőművek átállása gazdaságossági szempontokkal indokolható elsősorban, amelynek az oka az ún. zöldáram kedvező átvételi ára, illetve a befektetők versenyképességét javítja, hogy a barnaszemes erőművek közgazdasági szempontból elszűlyedt költséget képviselnek. Mivel nem versenyképes, s környezetileg sem megengedhető létesítményt tesznek nagyon alacsony átállási költséggel környezetileg elfogadottá (legalábbis a szabályozási oldalról) és versenyképessé, ezért a befektető számára lényegesen olcsóbb ez a megoldás, mint egy zöldmezős beruházás megvalósítása.

### Megújuló energiával történő villamos-energia termelés (GWh)

	2003	2004	2005
<i>Biomassza</i>	97	677	1 568
<i>Borsodi Hőerőmű</i>	71	247	278
<i>Tiszapalkonya</i>	15	77	229
<i>Pécs</i>	0	129	344
<i>Bakony V. VI.</i>	0	13	60
<i>Bakony VII</i>	3	189	201
<i>Mátra</i>	1	14	445
<i>Egyéb</i>	6	8	11
<i>Szél</i>	4	5	9
<i>Víz</i>	23	42	50
<b>Összesen</b>	<b>124</b>	<b>724</b>	<b>1 627</b>

*Forrás: Magyar Energia Hivatal*

Magyarország erdőállományából évente, a tartamos gazdálkodás szabályait figyelembe véve bruttó 8 millió m<sup>3</sup> (nettó 6,5 millió m<sup>3</sup>) fa termelhető ki, amelynek nagyjából a fele energetikai célú hasznosításra szánt. A 2005-ben kb. bruttó 7 millió, nettó 5,6 millió m<sup>3</sup> fát termeltek ki.

**Az egyes választéki arányok és mennyiségek (2005):**

<i>1.1.1. Választék megnevezése</i>	<i>Arány (%)</i>	<i>Mennyiség (ezer m<sup>3</sup>/év)</i>
<i>Lemezipari rönk</i>	<i>1,9%</i>	<i>106</i>
<i>Fűrészipari rönk</i>	<i>22,7%</i>	<i>1.271</i>
<i>Egyéb fűrészipari alapanyag</i>	<i>8,4%</i>	<i>470</i>
<i>Papírfa</i>	<i>10,2%</i>	<i>571</i>
<i>Rostfa</i>	<i>10,8%</i>	<i>605</i>
<i>Egyéb ipari fa</i>	<i>6,1%</i>	<i>342</i>
<i>Tűzifa</i>	<i>39,9%</i>	<i>2 234</i>
<b><i>Összesen</i></b>	<b><i>100%</i></b>	<b><i>5.600</i></b>

*Forrás: FVM elemzés*

A felhasználás szerkezete kapcsán fontos megjegyezni, hogy jelentős a lakosság tűzifaigénye, kb. 1,3-1,5 millió tonna, s korábban 1 millió tonna tűzifa exportra is került.

A fatüzelésű villamosenergia termelés esetében megjegyzendő, hogy már jelenleg is kb. 30%-ban importforrásból fedezik az erőművek a faigényüket. Tekintettel arra, hogy a beszerzések helyén a fenntartható erdőgazdálkodás kétséges, így a fa-behozatal környezeti terhek exportját jelentheti.

A természetközeli erdők fajlagos energiahozama 15-20 GJ/ha/év között van. A fa fűtőértéke élőnedves állapotban 10 MJ/kg, abszolút száraz állapotban a különböző fafajok fűtőértéke 5%-kal tér el egymástól. Tűzifára 17 MJ/kg fűtőértéket adnak meg.

Mivel a természetközeli erdőkből a hasznosítható faanyag csak körülményesen és költségesen termelhető ki, s mivel a kitermelt faanyag energiahozama alacsony, így egyre inkább előtérbe kerül az energetikai faültetvények gondolata. Az energetikai faültetvények mezőgazdasági hasznosításból kivont területeken jönnek létre, ott ahol a talajadottságok, s termőhelyi körülmények nem teszik lehetővé a hatékony mezőgazdálkodást. Fásszárú növények ugyanakkor mélyre hatoló gyökérzetük miatt jobban képesek az élőhelyi adottságokat felhasználni.

Az energetikai faültetvények két típusát kell megkülönböztetnünk a művelés-technológia szempontjából. Az újratelepítéses energetikai faültetvény valamely gyorsan növvő faj, nagy egyedsűrűséggel telepített, 10-12 év vágásfordulójú mono-

kultúrája, amelyet ezután betakarítanak, faaprítékká dolgozzák fel, a terület talaját előkészítik, majd az erdőt újraterlepitik. Évente 8-15 t/ha élőnedves hozammal, 80-150 GJ/ha/év energiataralommal számolhatunk. Hátránya a drága szaporítóanyag, s a vágásfordulók után igényelt talajelőkészítés.

A sarjaztatásos energetikai faültetvények lényege, hogy telepítésük után akár egy, de általában 3-5 évenként betakarítják, s ezt akár 5-7 perióduson keresztül is ismétlik. A letermelés utáni hozam a sarjak növekedéséből származik. A rövid vágásforduló, vékony sarj miatt lehetséges a járva aprítás alkalmazása, amely egy műveletté egyszerűsíti a kitermelést s aprítást. Fajlagos energiahozamát 150-250 GJ/ha/évben adják meg. Hátránya, hogy itt is szükség van az első telepítésre, s a nagyobb produkció az évenként ismétlődő sorközápolásból, műtrágyázásból származik.

„A biomassa (energiaerdő), mint az alternatív energia egyik lehetősége” címmel szervezett tanácskozáson (2006. március) az EU 5. kutatási programja keretében futó Energiaerdő (Energy Forest) projekt eredményeire hivatkozva, Marosvölgyi Béla, a Nyugat-Magyarországi Egyetem professzora a következőkben foglalta össze az energetikai faültetvényeknek előnyeit:

- *sok faj, sok termőhely jöhet számításba*
- *akár elárasztott területeken is lehet energiaerdőt nevelni*
- *egy telepítés, több betakarítás*
- *az energiaerdő élettartama nagyjából megegyezik a fűtőmű élettartamával (kb. 25 év)*
- *nagy energiahozam (200-350 GJ/ha/év)*
- *betakarításkor nagy az anyag- és energiakoncentráció*
- *mezőgazdasági holtidényben is lehet betakarítani*
- *a betakarítás elhalasztása nem okozza a termés elvesztését*
- *a termesztési cél megváltoztatható, ami csökkenti a kiszolgáltatottságot az átvevő felé*
- *az energetikai többszörös jobb (10-12) mint a lágyszárúak esetében (6-9).*

A sokat emlegetett előnyök mellett érdemes megvizsgálni, hogy mely fafajok azok, amelyek az eddigi kísérletek alanyai. Nos, mind kemény- (akác) és lágylombos fákkal (nemesnyárok, fűzek, bálványfa), illetve fás cserjékkel (tamariska, olajfűz, ámorfa) történnek próbálkozások Európa-szerte. A biodiverzitás szempontjából ezek közül legfeljebb a fűzek (fehérfűz, kecskefűz, kosárfonó fűz) elfogadhatók. Az akác a szokásos viták tárgyát képezi, a nemes nyárok veszélyeztetik a hazai nyárfajok genetikai állományát, a bálványfa invazív jellege miatt nemkívánatos. Természetesen maguk a monokultúrák fajszegegyisége is további kételyeket ébreszt a biodiverzitásért aggódók számára.

Fontos szempont a kiválasztott fajok, fajták esetében a termőhelyi érzékenység, amely nagyban befolyásolja a produkciót, s az életesélyeket. A nyárok, fűzek nedves

előhelyeket igényelnek, s rosszul tolerálják a szermaradványokat, ha korábban szántóföldi művelésbe vont területre kerülnek. Az ökológiai feltételekre való érzékeny reagálást mutatja, hogy más országokban eredményesen alkalmazott fajták hazai körülmények között (szárazabb, melegebb) még az életképességüket is elveszthetik. A termőhelyi adottságok tehát nagyban befolyásolják a produkciót, ezért nem lehet a legnagyobb produkciót kivetíteni mindenféle termőhelyre.

Tovább erodálja az energetikai faültetvények előnyeit a szántóföldi kultúrákkal szemben az energiaráfordítási igény. Ezek egy részétől csak extenzív körülmények között szabadulhatunk meg, amellyel párhuzamosan csökken a területegységre eső energiasűrűség.

Mind a sarjzatással, mind az újratelepítési módszerrel történő technológiánál jelentkezik a szaporítóanyag-igény. A szaporítóanyag lehet dugvány, gyökeres dugvány és csemete, s ez utóbbiak feltételezik a szaporítóanyag-telepek üzemelését. Ha jól meggondoljuk, a sarjztatás csak egy telepítést tud megspórolni, mert ott a végső kor 20 év, míg az újratelepítési eljárásnál tíz év. A telepítésnél számolni kell annak sikerességével és sikertelenségével, amelyek ugyancsak függenek a telepítési körülményeitől, a kérdéses év klimatikus jellemzőitől.

A telepítést mindkét technológia esetében a talajelőkészítés előzi meg, amely rendszerint a totális gyomirtással kezdődik, kémiai úton. Ezt követi az őszi mélyszántás, majd a tavasszal esedékes keresztántás, az évközi mechanikai, kémiai gyomirtás. Az őszi ültetés előtt szükség van még tárcsázásra és simítózásra, majd pedig talajfertőtlenítésre. A dugványozás tavasszal történik. Dugványozás után vegyszeres gyomirtást kell alkalmazni, majd évközben a sorok között többször is gyomirtást kell végezni, mechanikus vagy vegyszeres úton. Ennek különösen addig van jelentősége, amíg a fa ki nem nő a légyszárúak közül. Az első évben, amíg a cseranyag-tartalom alacsony, nagy a veszélye a vadkárnak, ezért a védelemről gondoskodni kell. A legtöbb telepítési esetben, kivéve a fűzültetvényeket, gondoskodni kell az évente ismétlődő sorköz-ápolásról, s műtrágyázásról. Energiaigénye ezután a betakarításnak, aprításnak, deponálásnak, többszöri szállításnak van még. Sarjztatásos módszernél, s különösen az alacsony vágáskor (akár egy év is) esetén számolni kell a vágásfelületek betegségek iránti érzékenységgel, gombafertőzéssel, amely megköveteli a növényvédelmi eljárások alkalmazását a betakarítást követően.

Fontos megjegyezni, hogy mivel nincsenek olyan időtáblatok, amelyekben látható lenne az energetikai faültetvények tényleges produkciója, annak fenntarthatósága, a termőhelyre gyakorolt hatás, ezért a nagy hozamokról szóló „eredmények” még bizonyítást igényelnek a gyakorlattól.

A talajéletre gyakorolt hatásokat tekintve, összehasonlítást végezve egy természetes erdővel, vagy szántóföldi kultúrával, az energetikai faültetvények valahol köztes helyet foglalnak el. Az erdőtalajok avarjában az izeltlábúak, s velük társult mikrobák elegendő idővel rendelkeznek ahhoz, hogy a talajra hulló leveleket humuszban gazdag, vízálló, tartós talajmorzsákká alakítsák. Ennek a talajfejlődésben,

szerkezeti tulajdonságok megőrzésében van pótolhatatlan szerepe. Szántóföldeken erre nincs lehetőség, kivéve, ha ugaroltatásra kerül sor elegendő ideig. Az energetikai célú faültetvények esetében, különösen az újratelepítési módszernél, lehetőség van – ha a természetes adottságokkal nem is összemérhető mértékben – a lehulló falevelek hasznosulására a talajon, a talajban élő biomassza számára.

A fa energetikai célú felhasználásának társadalmi hatásai ellentmondásosak. Sokan azt remélik, hogy új, jövedelemtermelő lehetőséghez jutnak az ültetvények révén, vagy az erdőbirtokosoknak nő a bevétele a növekvő faár miatt. Ugyanakkor már az erőművi felhasználás jelenlegi szakaszában is jól érezhető, hogy a fa iránti kereslettel együtt annak ára is drágul. Igaz, nehéz kiszámítani, hogy az árak növekedésében mennyi szerepet játszott a gáz árának drágulása, ám ez a drágulás aligha a lakossági keresletnövekedésből keletkezett, hiszen kiépített gáztüzelés esetén nem lenne könnyű átállni a fatüzelésre. Első reakciónkban az emberek inkább spórolnak. Ugyanakkor érdemes megvizsgálni, hogy a tűzifa 30-40%-os drágulása (2006 tavaszától őszig, két év alatt pedig megduplázódás) többnyire a legszegényebb vidéki népességet sújtja. A fa ára sokáig nagyon olcsónak számított, amelynek az oka a támogatott gázár volt, amely magasan tartotta a gáz iránti keresletet, főleg addig, amíg a gázhálózat fejlesztése folyt. Talán érdekes megemlíteni, hogy az erdészetek maguk ajánlották az erőműveknek az olcsó, nagy mennyiségben rendelkezésre álló fát.

A keresletnövekedés és árdrágulás háttérben döntő részben a korábbi széntüzelésű erőművek faapríték tüzelésre való átállása áll, amelynek egyik hajtóereje az ún. zöld áram kedvező átvételi ára. Az állam által ilyen módon juttatott támogatás magas profitot tesz lehetővé, amely eredményeként az erőművi felhasználóknak akár magasabb áron is megéri a vásárlás.

A keresletnövekedés oka egyértelműen kimutatható azzal, hogy a Borsodi és Pécsi Hőerőmű egyaránt évi 300 ezer tonna, az ajkai pedig 80 ezer tonna mennyiségű fa elégetését igényli.

A Borsodi Hőerőmű még 2002-ben, az észak-magyarországi régiót lefedő erdészetekkel 10 éves szerződést kötött, évi 250-270 ezer tonna, főleg bükk és tölgy rönk megvásárlására. Ez a mennyiség közel két kazán fűtéséhez elegendő, bővítés csak más források mozgósításával képzelhető el. Erre szolgálnának az energiatüzelvények, egy kazán működtetéséhez 16 ezer hektár ilyen ültetvényre lenne szükség. A 250-300.000 tonna tüzelőanyagból, 30 MW átlagos termelő kapacitással 220 GWh megújuló villamos-energia termelés történik éves szinten.

Számoljunk egy kicsit. Magyarországon 8 millió tonna bruttó köbméter fát termelnek ki. Ha ez mind tűzifa lenne, s teljes tömegét erőműben hasznosítanánk, akkor kb. 20 hasonló erőmű tüzelőigényét lehetne kielégíteni, s kb. 4400 GWh villamosenergia termelés folyhatna. Ez alig több mint a tizedrésze a 2004-ben felhasznált 41 180 GWh órának.

Sokan éppen ezzel, s a várható további keresletnövekedéssel indokolják az energetikai faültetvények telepítését, mondván azokkal megkímélhetők természetközeli

erdeink, s csillapítható a szociális hatás is. Ez természetesen aligha hihető, hiszen már a jelenlegi kiváltás alacsony szintjénél is érezhetőek a területi korlátok.

Az árdrágulás, a piacon fellépő hiány magával vonja a helyenként eddig is katasztrofális méreteket öltött fatolvajlást vagy szociális bűnözést, amelynek erdeink egészségi állapota, szerkezete, biológiai sokfélesége látja kárát.

Elméletileg az erdeinkkel való tartamos gazdálkodást mindez nem fenyegetné, hiszen azokban tervszerű, s felügyelt gazdálkodás folyik. Kérdéses azonban, hogy a létszámában fogyatkozó Erdészeti Szolgálat képes lesz-e megnövekvő szerepének eleget tenni.

### III.2.2. Energiafű

A Szarvasi Mezőgazdasági Kutató-Fejlesztő Kht. a nyolcvanas évek közepétől kutatja a nagy szárazanyag-tömeget adó energetikai, papír, építőipari és takarmányozási célú hasznosításra alkalmas fűfajtákat, amelyek kedvezőtlen adottságú térségeknek kínálnak foglalkoztatási lehetőséget. Az extenzív mezőgazdaság esetében 700-800 ezer hektár földterület felszabadulásával számolnak, amely lehetőséget kínál energiafű termelésére.

A kutatási program kiemelkedő eredményének tartják a Szarvasi-1 energiafű kinemesítését, amely 2004-től államilag elismert fajta. Nevét a nemesítők, Dr. Janowszky János és Janowszky Zsolt a nyilvánosságnak szánt információk között nem közlik, csupán annyit, hogy „*az Alföld szikes talajú területeiről, illetve Közép-Ázsia arid térségeiből begyűjtött növényanyagok keresztezésével jött létre a nagy variabilitást mutató nemesítési növényanyag*”. Más közlések szerint az eredeti szaporítóanyag a hazai Agropiron elongatus (magas tarackbúza) és a más fenotípusú kelet-kaukázusi *A. elongatus* fajok egyik tagja volt. Idehaza az *A. elongatus* a Hortobágyon és a Duna-Tisza Közén, szikeseken, sós homokon fordul elő.

„Évelő, bokros szálfű. Tövéből erőteljes, nagy tömegű gyökérzet hatol mélyen (1,8-2,5 m) a talajba. Szürkészöld színű szára gyéren leveles, egyenes, sima felületű, kemény, 180-220 cm magas. A náduszok száma mindössze 2-4. Szürkészöld levelei merevek, felületük kissé érdes. Virágzata egyenes, 20-30 cm hosszú, kalászképzű buga. Április közepén hajt, június végén - július elején virágzik. Július végén - augusztus hónap elején érik meg szemtermése a betakarításra. Szemtermése lándzsa alakú, 0,8-1,2 cm hosszú. Ezer szem tömege 6,0-6,5 g.” (A SZERZŐK KÖZLÉSEI ALAPJÁN)

#### Az energiafű agronómiai jellemzői:

- Jól tolerálja az extrém körülményeket (szárazság-, só- és fagytűrő), a homoktól a szikes talajokig termesztethő;
- Alacsony termőképességű területeken is termesztethő (10-25 AK);
- Hosszú élettartam: 10-15 év egy helyben;
- Növényi betegségekkel szemben (barna/vörös rozsdá, lisztharmat) ellenálló;
- Fűtőérték: 14-17 MJ/kg sz.a. (faapríték 14,7 MJ/kg);

- *Átlag hozama 1999-2000 között 15,82 t/ha szárazanyag volt (fa esetében 12 t/ha/év);*
- *Betakarítása nem drága, nem igényel speciális célgépet;*
- *Kiváló bio-melioratív növény, gyökérzete 1,8-2,5 méter mélyre hatol (erózió, defláció védelem);*
- *Vetőmagtermesztés egyszerű és gazdaságos;*
- *Első növedék után zöldsarjú termelés: legeltetés, széna és szilázs készítés, biogáz termelés;*
- *Termesztés után nagy mennyiségű szerves anyagot pótol nagy tömegű gyökérzete miatt;*
- *A telepítés költsége kevesebb, mint 20%-a az erdő telepítésének;*
- *Évente hasznosítható, szemben a fásszárú energiaültetvények 5-8 éves betakarításával;*
- *Helyettesíti a fát, erdők menthetőek meg;*
- *Sokcélú a használata: energetikai, papíripari alapanyag és ipari rost;*
- *Barnaszénnel, gázzal fűtött kazánokkal összevetve a legalacsonyabb az egységnyi hőenergia ára az energiafű esetében. Éves viszonylatban mindössze felébe kerül bálával tüzelni, mint szénnel, vagy gázzal egy hasonló légterű lakásra kivetítve;*
- *Az energiafű anyagösszetétele alapján megállapítható, hogy kéntartalma csekély (0,12%), a szén kéntartalmának mindössze 15-30-ad része, így eltüzelése esetén az SO<sub>2</sub> kibocsátás mértéke minimális. A szén 12-15%-os hamutartalmával szemben kis mennyiségű (2,8-4,2%) hamut tartalmaz, amelyet kálium- és foszfortartalmánál fogva a talajerő-visszapótlásnál jól hasznosítható;*
- *Gazdaságos.*

#### **1 egységnyi energia (1 MJ) ára (Ft):**

• földgáz	1,12
• olaj	4
• akác	0,9
• barnaszén	1,12
• energiafű (10 t/ha hozamnál, saját földterületen)	0,46
• energiafű (10 t/ha hozamnál, bérelt területen)	0,65
• energiafű (15 t/ha hozamnál, saját földterületen)	0,31
• energiafű (15 t/ha hozamnál, bérelt területen)	0,43

#### **Az energiafűvel kapcsolatos kérdőjelek**

A szerzők csak előnyöket ismertetnek, s mivel eddig nem történtek a fajtaival kapcsolatban terepi ökológiai vizsgálatok, vagy ha történtek, azoknak nincs nyilvánossága, így csak megválaszolatlan kérdéseket lehet feltenni.

Az energiatüzelést illetően számos olyan előnyt ismertettek a szerzők, amelyek elgondolkodtatók. Előnyként tüntetik fel, hogy fát lehet vele kiváltani, erdőket lehet megmenteni. Ez nyilván akkor lenne igaz, ha az energiatüzelés elegendő megújuló energiát szolgáltatna, s mellette nem kellene az erdőket is igénybe venni.

„Optimális esetben 2015-ig Magyarországon az energiatüzelés iparszerű természetvédelmi területe elérheti az 1 millió hektárt” ismerhetjük meg az MTI közleményét. „Az ebből a mennyiségből nyerhető energia éves mennyisége hektáronként 10 tonnás hozammal a jelenlegi teljes magyarországi energiatüzelés 15 százaléka” (173PJ – A SZERZŐ)

Energiatüzeléssel borítva az ország egész területét kb. 2100 PJ energia lenne nyerhető, amelyből következik, hogy az ország teljes területének több, mint a felét energiatüzeléssel kellene termelni, ahhoz, hogy a jelenlegi energiatüzelés kiváltható legyen.

Az energiatüzelés hasznosítását többcélúnak ítélik meg. Egyik fő hasznosítási területének a közvetlen erőművi tüzelést szánták. Azonban éppen amiatt, hogy gyökere nagy mélységekbe hatol, sok szilíciumot akkumulál, amely 900 fok felett megolvad, s lerakódik a kemence falára.

Bonyodalmakat okoz a betakarítás is, éppen a nagy tömeg miatt. A kaszálás után következik a szárítás. Aki szénbetakarítással foglalkozik, tudja, hogy milyen érzékeny művelet ez, még kis produkciójú természetes gyepes esetekben is behatárolja a lehetőséget az időjárás. A szárítás energiatüzeléses művelet, a kaszált rendet akár többször is szét kell szórni, majd sodorni, bálázni. A bálákat szállítani, majd tárolni kell. A nagy térfogatra való tekintettel komoly logisztikai műveletekre van szükség, amelynek igazi dimenziója nem látszik, amíg kis kiterjedésű termőterületekkel operálunk. Mivel egy évben kétszer lehet betakarítani, de tüzelőanyagra szinte folyamatosan szükség lenne, a logisztikai problémák nem megkerülhetők.

Az alacsonyabb hőmérsékletű égetésen az üvegesedés problémája nem jelentkezik. Ezért újabban a pellet készítés felé fordult néhány felhasználó. Hogy mennyi is a költsége annak, hogy nem a bálát tüzelik el közvetlenül, hanem pelletálják, az jól sejthető abból a különbségből, amely a bálátüzelés esetében a 10 Ft/kg-os árat a pellettüzelés esetében 28-30 forintra növeli. Ugyanakkor a bála 14,9 MJ/kg fűtőértéke a művelet után csupán 17,2 MJ/kg fűtőértékre emelkedik. (Boly Zrt. hirdeti, hogy megkezdte a pellet értékesítését, 30 Ft+ÁFA kilogrammonkénti áron, 16 MJ/kg fűtőértéken kínálja – 2006 októberében.)

További felhasználási lehetőséget kínál a pirolízis, amely során a hőmérséklettartomány és levegőhiány függvényében pirolízisgáz, alacsonyabb hőmérsékleti tartományban pedig pirolízisolaj keletkezik, amely motorhajtó anyagként használható.

Érdemes lenne megvizsgálni az energiamérlegekre vonatkozó számításokat, számítási logikát is. Ennek felülvizsgálatára kevés ismeret hámozható ki a közlésekből, pl. a műtrágyaigényre vonatkozó 200 kg/ha nitrogénműtrágyán kívül. A pontos mérlegek kiszámítását már csak az is megkérdőjelezi, hogy milyen szállítási útvonalakkal, távolságokkal számolhatunk. Ilyenkor a téma iránt lelkesültek szeme előtt

megjelenik egy optimális beszállítói terület az erőmű körül. Ám kérdés az, hogy egy létező, vagy újonnan építendő erőmű környezetében alárendelhető-e minden jelenlegi területhasználat az energetikai célú hasznosításnak.

A természetvédelmi szempontok miatt aggódok az energiafű nem szándékolt elterjedésétől, rokon fajokkal történő átkereszteződésétől, s ezek szelektív előnyeiktől tartanak. Erre válasz az, hogy a mag kiszóródását úgy lehet megakadályozni, hogy azt a virágzási időszakban kaszálják le, s csak ha magtermesztésre tenyésztik, akkor történik későbbi időpontban a betakarítás. Így például a 4-es számú fűtőtől északra egészen a Tisza vonaláig senkinek sincs engedélye, joga (?) a magérlelést megvárni, még virágzás idején le kell kaszálniuk a területeket.

*„A pollen terjedési távolságára vonatkozó vizsgálatok szerint 0,5-200 méteres távolságra terjedhet a pollen, de nagyon erős szél elősegítheti a távolabbra jutását. A növény agresszív terjedését sehol nem tapasztalták. Ez nem is valószínűsíthető, mert csak magjáról szaporodóképes, és a magok viszonylag nagy sűrűsége sem teszi lehetővé a nagyobb távolságra történő eljutást (kivétel, ha azt rágcsálók segítik elő). Az eltérő virágzási idejük miatt az A. repenssel (közönséges tarackbúza) történő hibridizációja kizárt.”*

Jelenleg egy megállapodás szerint a Hortobágyi Nemzeti Park és a Kiskunsági Nemzeti Park védett területeitől 2 km-es sávban tilos energiafűvet vetni.

Természetesen a fentiek igazát majd az idő dönti el, ám néhány erős kérdőjel már most megfogalmazható. A betakarítási körülmények, pl. esős időszak, nyilván késleltethetik a betakarítást, amely belecúsúzhat a magérlelésbe. Nehezen hihető, hogy a gazdák majd feláldozzák a termésüket ilyen esetben.

A közönséges tarackbúzával sem kizárható a hibridizációja. Ugyan annak eltérő virágzási idejére hivatkoznak, de aki ismeri ezt a nagyon sokféle élőhelyet toleráló fajt, tudja, hogy tág határok között mozog a virágzási ideje. Különösen nehéz pontos időszakokat elkülöníteni a klímaváltozás körülményei között, amikor mindenféle furcsaságokat tapasztalunk a megszokott életritmusokat illetően.

Nem valószínű, hogy a magas tarackbúzáttól való izolációja az idők végezetéig fenntartható, mint ahogyan a magvak elterjedését is befolyásolhatják olyan körülmények, amelyek felülírják az általános kijelentéseket. Ebben a tekintetben főleg az ember bizonyul megbízhatatlannak, akár véletlen, akár szándékos cselekedetei révén.

További kérdésként merül fel, hogy egy ilyen nagy szervesanyag-produkciójú növény mennyire használja ki a termőhelyét, s a következő időszakban (10-15 év után) milyen hasznosításra ad lehetőséget. A szerzők azt állítják, hogy a növény mélyre hatoló, szerteágazó gyökérzete éppen hogy javítja a talajt. Másokban az kelt félelmet, hogyan lehet majd egy ilyen mélyre hatoló gyökérzetű növénytől megszabadulni, ha éppen mást szeretnénk kezdeni a földdel.

Természetesen ha a fenti félelmek igaztalanok is lennének, az bizonyos, hogy a nemesítők által szándékolt 1 millió hektár energiafűnél nem kell nagyobb csapást keresni a biológiai sokféleségre.

### III.3. A biodízel

Eddig 20-25 éves tapasztalat halmozódott fel a dízelmotorok növényi olajokkal történő üzemeltetésével kapcsolatban. A biodízel az olajtartalmú növényekből (repce, napraforgó Európában; szója, napraforgó az USA-ban; repce, fenyőpulp-gyanta Kanadában; olajpálma a trópusi vidékeken) kisajtolt olajból (triglicerid) állítható elő. Két gyakorlati előállítás mód terjedt el, amelynek kétféle végterméke van. Egyrészt az ún. zöld dízel, amikor is a növényi nyersolajat tisztítják, gyantamentesítik, másrészt a metanollal, lúgos közegben észteresített változat. Repceolaj észteresített változatát repceolaj-metilészternek (RME), a szója észteresített változatát szójaolaj-metilészternek (SME) nevezik.

250 kg repce- vagy 500 kg szójamagból 100 kg olaj nyerhető és 100 kg tisztított növényi olajból 11 kg metanollal észteresítve 100 kg biodízellez és 11 kg glicerinhez jutunk. További melléktermék a fehérjedús extrahálási maradék.

A „zöld dízel” olcsóbban állítható elő, mint az észteresített változat. A „zöld dízel” nagy cetánszáma miatt alkalmas hozzákeveréssel a dízelolaj cetánszámának emelésére és annak hatékonyságát javító nitrátalapú adalékok helyettesítésére.

**A biodízel üzemanyagok előnyei a hagyományos, kőolaj alapú hajtó- és kenőanyagokkal szemben:**

- *A biodízellel működtetett motor kipufogógáz-összetétele kedvezőbb, mint a dízelolaj-emisszióé: kevesebb szén-monoxidot, 80%-kal kevesebb szén-dioxidot, kevesebb szénhidrogént és kormot tartalmaz, kén-dioxid tartalma elhanyagolható.*
- *A jelentéktelen kéntartalom (0,002% a biodízel, 0,15% dízel) miatt alkalmazhatók az oxidációs katalizátorok, s a nitrogénoxid kibocsátás csökkenthető.*
- *Biológiailag lebontható (a talajban néhány hét alatt lebomlik), kenőanyagként sem okoz fűradt-olaj problémát.*
- *Az RME energiamérlege pozitív: 1,9/l, ill. a melléktermékeket (olajpogácsa, glicerin) is figyelembe véve 2,65/l. A mérleg hőenergia nyeréssel javítható, ha a repcekórót is elégetik.*
- *Az SME energiamérlege pozitív: 2,5/l, észteresítve 4,1/l-re is növelhető. Az energiamérleg tovább javítható termőképesebb fajták termesztésével, takarékosabb termesztéstechnikával.*
- *A hagyományos dízelolajhoz keverve (5%-kos keverési arány) nem kell a motorokon változtatni.*

**A biodízel üzemanyagok hátrányai:**

- *A kipufogógáz nitrogénoxid-tartalma nagyobb a hagyományos dízelolajhoz képest, bár lényegesen csökkenteni lehet késleltetett befecskendezéssel és oxidáló katalizátorral (dízelolajjal működő motorokhoz nem lehet katalizátort használni, mert a dízelolaj kéntartalma a katalizátort „mérgezi”).*

- Szagkibocsátás jellemzi.
- Tízszer rákkeltőbb, mint a hagyományos gázolaj (Volvo, svédországi kutató-sokra hivatkozva).
- Oldószer jellegű viselkedése folytán károsíthatja a lakkozott alkatrészeket.
- Dermedéspontja  $-10$  fok, a dízelé  $-15$  fok.
- A zöld dízel megtámadja a gumitömlőket, ezért a vele érintkezésbe kerülő vezetékeket polietilénre vagy fémre kell kicserélni.
- Ha nem elég tiszta a biodízel, az üzemanyagszűrők eltömődését okozhatja.
- A zöld dízellel üzemelő motorok teljesítménye általában nem marad el a dízel-olajos motorokétól, de tapasztaltak 5-10%-os teljesítménycsökkenést is (turbófeltöltéssel kezelhető, vagy biodízel-dízelolaj keverése esetén nem jelentkezik).
- Az összes dízellel hajtott motor biodízellel való hajtása lehetetlen, mert sehol sincs elegendő terület a teljes szükséglet megtermelésére.
- Jelenleg csak adómentesen versenyképes az ásványi olajjal, ám az adó elengedése csökkenti a költségvetési bevételeket.

### **Biodízel az EU-ban**

Az Unióban évente 230 millió tonna dízelt használnak fel. A bioüzemanyagok jelenlegi részaránya 0,6%, a 2010-re várt 5,75%-kal szemben. A célkitűzés teljesítéséhez 14,5 millió tonna biodízelt kellene előállítani. 2005-ben 3,2 millió tonnát állítottak elő az EU-ban biodízelnél. Az EU-n belül Németország a vezető gyártó 1,6 millió tonnával. Ebben az országban ugyanis a bioüzemanyagok adómentesek, bár jelenleg tervezik az ÁFA kulcs növelését, mondván túlzott előnyt biztosítottak az ásványi olajjal szemben.

Európában a repce a legkézenfekvőbb alapanyag, hektáronként 27,4 GJ energia nyerhető, amely duplája a befektetett energiamennyiségnek. Biodízel alapanyagként Európában 36 millió tonna kellene, de a jelenlegi éves termelés csak 15,5 millió tonna. Ez importot eredményez a Közösség országaiban.

### **Biodízel Magyarország**

Magyarország is kötelezettséget vállalt a 2010-re megkívánt 5,75%-os helyettesítésre. A jelenlegi gázolaj fogyasztás 2,2-2,3 millió tonna körül mozog. A helyettesítést 2010-re 120-150 ezer tonna biodízel termeléssel lehet megvalósítani. Magyarországon az első számú termesztett olajos növény a napraforgó, majd a repce. A napraforgót étolaj készítésre használják fel, így a repce áll inkább rendelkezésre biodízel alapanyagként.

2005-ben kb. 145 ezer hektáron vetettek repcét, amely 281 ezer tonna repcemag termést eredményezett. A 145 ezer hektáros kiterjedés nagyjából megfelel a termőhelyi optimumnak. A nemzetközi versenyképesség tekintetében hektáronként 2,5-3 tonna terméshozamot kellene elérni, ám az eddigi rekordtermés esetében a hozam 2 tonna körüli volt hektáronként. 3 tonna termésre van szükség, hogy hektáronként elérhető legyen az 1,5 tonna biodízel alapanyag.

A repcemag értékesítése jól megoldott, főleg a német piac keresi, éppen a biodízel feldolgozás miatt. A 2005-ös évi termés több mint 90%-át még az év vége előtt kivitték az országból. 2007-től az EU az új tagországokban is támogatja majd az energetikai célú növénytermesztést, amely lendületet ad majd az energetikai célú növénytermesztésnek.

Magyarországon már kialakultak feldolgozó kapacitások Kunhegyesen, Mátészalkán (ez utóbbi 12 ezer tonna napraforgóból 5 ezer tonna biodízel termelését tervezi évente). A MOL 150 ezer tonna éves kapacitású biodízel üzem építését tervezi a MOL komáromi telephelyén a MOL Nyrt. és az osztrák tulajdonban levő Rossi Beteiligungs GmbH közös vállalkozásában, amelynek 25%+1 részvénye a MOL tulajdonát képezi. A MOL 120 ezer tonna biodízelt kötött le saját részére a várt termésből. 2006-ban már beszerzési tendert is hirdettek, amelynek eredményeként évi 200 ezer tonna alapanyagra kötnek szerződést.

### III.4. Bioetanol

A benzin alkohollal történő helyettesítése vagy keverése nem ismeretlen a világban, már a húszas években is alkalmazták. Igazi lendületet a nyolcvanas évektől kezdődően vett, amelyet az energetikai szempontok mellett a növekvő környezetvédelmi erőfeszítéseknek és agrárgazdasági megfontolásoknak lehet tulajdonítani.

A bioetanol előállítása gyakorlatilag azonos a élelmiszeripari célú szesz előállításával. Legfontosabb nyersanyagai a cukortartalmú növények közül a cukorrépa, cukornád, takarmányrépa, cukorcirok; a keményítőtartalmú növények közül a kukorica, búza, árpa, burgonyagumó; a lignocellulózok, mint a kukoricaszár, szalma, fás szárú növények, illetve az ipari melléktermékek, répamelasz, tejsavó, papírhulladék, fűrészpor.

**Néhány haszonnövény termésátlaga, s az abból kinyerhető alkohol:**

Növény	Termőterület 1000 ha	Termésátlag- tag/ha	Összes termés 1 000 t	Területegység- ről nyerhető alkohol l/ha
búza	1 150	5,2	5 980	1 600
cukorrépa	60	50	3 000	5 000
kukorica	1 225	7,1	8 700	2 400
burgonya	29	25	725	2 500

A motoralkoholok közül a világon a legelterjedtebben alkalmazott bioüzemanyag a bioetanol (víztelenített alkohol). A bioetanolt használhatják a kőolaj alapú üzemanyag helyettesítőjeként, vagy a benzinbe keverve. A keverés történhet közvetlenül, vagy az izobutilén (kőolajfinomítás mellékterméke) hozzáadásával. A bioetanol benzinhez történő keverését izobutilénnel történő reagáltatás előzi meg. Így jön létre

a jelentős bioetanol-tartalma miatt bioüzemanyagnak tekinthető etil-tercier-butil-éter (ETBE). Az ETBE leggyakrabban a Magyarországon is használt hagyományos oktánszám-növelő, az MTBE (metil-tercier-butil-éter) kiváltására szolgál, amelyet azért kevernek a benzinhez, hogy annak oxigéntartalmát, oktánszámát növeljék. Az ETBE azért bioüzemanyag, mert a gyártásához használt bioetanol növényi eredetű. Ezzel szemben az MTBE előállításához jelenleg használt metanol nem megújuló erőforrásból származik, hanem földgáz feldolgozásából.

Az ETBE gyártásához használt vízmentes alkohol, a bioetanol alapanyaga alapvetően két típusú lehet. Egyrészt készülhet keményítő és cukor alapanyagú mezőgazdasági terményekből (búza, kukorica, cukorrépa, burgonya, manióka, cukornád), másrészt alapulhat a gyártás cellulóz tartalmú biomasszán (növényi eredetű szálak, rostok) is. Ez utóbbi eljárás azonban kevésbé elterjedt.

Alapanyag bázisát illetően a lignocellulóz alapú alkoholgyártás lehetne ígéretes, de ezzel kapcsolatban kezdeti tapasztalatok állnak rendelkezésre, pl. Svédországban. A nagy tömegű olcsó alapanyag mellett drága beruházásra és üzemeltetésre, alacsony fokú alkohol kihozatalra lehet számítani.

#### **A bioetanol előnyei:**

- *A bioetanol alkalmazásakor keletkező kipufogógázok vizsgálatát Franciaországban folytatták le. A vizsgálatokba katalizátoros és katalizátor nélküli autókat is bevontak. A vizsgálatok szerint csökkent a szénhidrogének, a szén-monoxid kibocsátása, illetve nem keletkezik számos szennyező anyag, amely a benzin elégetésekor igen (pl. benzol).*
- *Tág skálán van az alapanyag lehetősége: cukortartalmú növények, s azok feldolgozásának melléktermékei, keményítő tartalmú gabonák, lignocellulóz.*
- *A mezőgazdasági túltermelés feleslege itt hasznosítható.*

#### **A bioetanol hátrányai:**

- *Energiamérlegük sokak szerint negatív, több energiát használnak fel az előállításához, mint amennyi a bioetanol energiátartalma. Pl. a kukoricatermesztés során 30 százalékkal több energiát használnak fel, mint amennyit a késztermékből ki lehet nyerni, nem beszélve a trágyázás okozta vízszennyezésről és talajerózióról;*
- *Az etanol használatával mindössze 13 százalékkal lehetne csökkenteni a széndioxid-kibocsátása a gyártási procedura miatt, (erjedés széndioxid kibocsátása) de itt sem számoltak az alapanyag megtermelése közben keletkező szén-dioxid-kibocsátással;*
- *Magas beruházási, üzemeltetési költségek;*
- *Etanollal a benzin hatékonyságának 70 százalékát lehet elérni a motorban;*
- *Melléktermékek hasznosításának megoldatlansága;*
- *Magas virtuális víztartalom.*

## **Biotenol külföldön**

Az ETBE gyártása és felhasználása különösen jelentős Kanadában és az EU országai közül Franciaországban, Spanyolországban, Svédországban és Hollandiában, míg az Egyesült Államokban és Braziliában az etanolt közvetlenül alkalmazzák. Az USA-ban évente mintegy 5 milliárd liter bioetanolt állítanak elő, ennek egy részét az ún. rugalmas üzemű motorokban használják fel (az üzemanyag 85%-a etanol, 15%-a benzin), a fennmaradó részből ETBE-t állítanak elő és 10%-ban keverik a benzinnel. Brazília a világ legnagyobb alkoholtermelője, évi 16 milliárd liter bioetanolt gyárt, egyrészt a tiszta alkohol üzemű autók működtetéséhez, másrészt újabban itt is nő a benzinnel kevert víztelenszesz-fogyasztás. Az alkoholt 24%-os koncentrációig keverik a benzinnel. Európában Franciaország az élenjáró a mezőgazdasági eredetű alkohol termelésében, így az alkohol üzemanyag célú felhasználásában is. Jelenleg 210 millió liter/év ETBE kapacitással rendelkezik. A keverési arány 2002-ben 2,0% lesz, ami 1,3 milliárd liter/év kapacitást igényel. Svédország, Hollandia és Spanyolország együtt 180 millió liter/év alkoholgyártó kapacitást tervez búzából és gabonaszármazékokból.

## **Bioetanol Magyarországon**

2005-ben 10 000 tonna bioetanolt gyártottak Magyarországon. Ez a MOL tendernek köszönhetően megháromszorozódhat 2006-ban.

A biotenol előállítás biztos felvevőpiacot jelentene a gabonát, cukorrépat termesztő gazdák számára, mindamellett, hogy az EU számunkra is előírja a 5,75%-os helyettesítést 2010-re.

A 74/2005 (VIII.22) FVM rendelet alapján az igazoltan bioetanol alapanyagként megtermelt gabonafélék a normál területalapú támogatáson felül kb. 7 eFt/ha támogatásban részesültek.

A bioetanolt idehaza kukoricából és cukorrépából célszerű előállítani. A cukorrépa etanolgyártásra való hasznosítását idehaza indokolhatja a cukorrépa vetésterületének várható csökkenés. Az EU cukorrendtartási reformjának következtében harmadával csökkenhet a cukorrépa vetésterülete.

Bioetanol-gyártás jelenleg meglévő szeszüzemek kapacitásbővítésével megoldható. Mivel sokan vélik, hogy a jövőben exportlehetőségek is kínálkoznak, ezért több beruházási terv is van (Martfű, Curgó, Marcali, Tápiószele, Hajdúsámson, Szabadegyháza (akár 1 millió tonna), Győr, Mohács, Gönyű, és Kaba).

Folynak kísérletek cukorcirokkal, melasszal is. A cukorcirokokat a Karcagi Kutatóintézetben még a nyolcvanas években kipróbálták, termesztésénél hígtrágya használattal 60-70 tonna, 18-24% cukortartalmú hozamokat is elértek hektáronként. Melaszból a Győri Szeszgyárban állítanak elő alkoholt 40 millió liter/év kapacitással referenciáüzemben. A melasz, mint cukoripari melléktermék olcsó önköltségű alkoholt ad (50-70 Ft/l), de ez feltételezi a cukrot is. A cukorgyártás viszont ismert okok miatt nem néz nagy perspektíva elé Magyarországon.

A gabonák értékesítési lehetőségeinek állandó bizonytalansága miatt, no meg a hazai mezőgazdaság túlzottan gabonatermelésre koncentráló szerkezete miatt is a termelőket segítő megoldásnak kínálkozik a gabonafölösleg alkoholgyártásra történő átcsoportosítása.

### III.5. Melléktermékek és hulladékok hasznosítása

Bár eltérőek a mennyiségi becslések a szántóföldi melléktermékek, kertészeti hulladékok, mezőgazdasági termények feldolgozásakor keletkező melléktermékek és hulladékok mennyiségével kapcsolatban, átlagosan évi 10 millió tonna ebbe a körbe tartozó biomassa képződik, melynek 40-45%-át lehet energetikai célra hasznosítani. Természetesen a hasznosítást befolyásolja az előállított energia költsége, s a támogatások lehetősége. A költségek egy jelentős részét a begyűjtési körzet nagysága befolyásolja, amely megszabja a szállítási távolságokat, s a feldolgozó kapacitások elhelyezését és nagyságát. Ma legfeljebb a pelletkészítés és -felhasználás versenyképes, de az emelkedő gáz- és olajárak egyre nagyobb kedvet fognak teremteni a hulladékok hasznosításához.

Az alternatívák tényleges bevezetésének lehetőségét megakadályozzák, gátolják vagy lassítják a meglévő infrastruktúrák. Hiába versenyképes a pellet mint tüzelőanyag, ha valakinek ki kell cserélni például a gázkazánját pelletéigőre, vagy ki kell alakítani a tárolási kapacitásokat, ezzel olyan beruházást kell megtennie, amely megtérülése közép- vagy hosszútávú, vagy olyan magas, hogy a lakosság többsége számára nem kifizethető. A szükséges strukturális változtatásokat csak jelentős ár-emelkedések kényszeríthetnek ki, de mivel az energiahordozók ára a piaci mechanizmusok, illetve a fosszilis energiaigények miatt összekapcsolódik, ezért a jövőben sem várhatók lényeges árkülönbségek. Az összekapcsolódás oka, hogy az alternatív üzemanyagok, tüzelőanyagok előállításához, de magához a primer energiaforrás megtermeléséhez is fosszilis energiahordozókat használnak. Így illúzió azt hinni, hogy a bioüzemanyagok ára elszakadhat a fosszilis energiahordozók árának emelkedésétől. Persze akad kivétel, pl. a biogáz, amikor a szekunder energiahordozóból nyert energia fedezi az energia előállítás teljes költségét.

#### Biogáz-hasznosítás

Biogáz a szerves anyagok bomlása során keletkező gáz. Mesterséges körülmények között 50-70%-ban metán, 28-48%-ban szén-dioxid, és 1-2%-ban egyéb gázok keletkeznek. A metántartalmú biogázt hőigény kielégítésére (gázkazánokban) és/vagy villamosenergia-termelésre, földgázhálózatra táplálásra is lehet használni.

Biogáztermelésre lényegében bármilyen szerves hulladék alkalmas. A legfontosabb biogáz-alapanyagok az állattenyésztés során keletkező hígtrágya, almostrágya, vágóhídi hulladékok, zsírok, élelmiszeripari, takarmánygyártási, szeszipari hulladékok, használt étolaj, ételmaradékok, biohulladékok, szennyvíziszap célirányos növénytermesztés terményei (silókukorica, rozs, cukorcirok, csicsóka, zöldségfélék, fűfélék).

A biogáz-hasznosítás előnye, hogy egyébként költségesen kezelendő hulladékok ártalmatlanítását lehet elvégezni, miközben energia és mezőgazdasági tápanyag termelődik.

Magyarországtól eltekintve széles körben működő bejáratott technológiáról van szó, de szórvány hasznosító üzemek már találhatóak nálunk is (Győr, Nyíregyháza, Szeged, Dél-Pest, Jászapáti, Nyírbátor stb.).

A biogáz termelése fermentorban történik, amely működhet folyamatosan és szakaszosan. A fermentálás hőigényes, külső energiabefektetést igényel. Ezt a megtermelt biogázból származó energia közel negyedével lehet biztosítani. A visszamaradt szerves anyag a talajjavításban használható fel.

Kommunális hulladéklerakókon, tekintettel a lerakott szerves anyagok jelentős mennyiségére, a szerves anyagok bomlása levegőtől elzártan szintén végbemegy, amelynek mellékterméke az ún. depóniagáz. A gázképződés folyamata lassú, 15-20 évig is eltarthat. Évente kb. 23 millió m<sup>3</sup> (4,5-5 millió t) települési hulladék keletkezik. 1 millió tonna hulladékból 35%-os biológiailag lebomló szervesanyagarány esetén, 500-550 m<sup>3</sup> depóniagáz szabadul fel óránként.

Hasonlóan fontos lehet a szennyvíztelepi biogáz hasznosítása is. Magyarországon évente kb. 700 ezer tonna települési szennyvíziszap keletkezik. Ennek közel felét hulladéklerakókban helyezik el, 40%-ot a mezőgazdaságban felhasználják (komposztálás, talajba injektálás). A viszonylag jelentős beruházási és állandó költségek miatt legalább 10 ezer lakos-egyenértékre, míg villamos és hőenergiát termelő egységek esetén 20 ezer lakos-egyenértékre gazdaságos hasznosítást tervezni.

## IV. Érvek a biomassza felhasználás mellett és ellen

### IV.1. Általános érvek a biomassza felhasználás mellett

Az Unióban és Magyarországon is túlermelés van az élelmiszer célú mezőgazdasági termelésben, részben a piaci lehetőségek szűkülése, részben a fokozódó nemzetközi verseny miatt a megtermelt áru nehezen eladható. Ha a túlermelést visszafogjuk, akkor a termelők megélhetését szűkítjük. A helyzet úgy oldható meg, ha a termelést fenntartjuk, de a fölösleget betápláljuk az energiaellátásba. Így több legyet ütünk egyszerre, mert ez jól jön a környezetnek is, és az EU is képes teljesíteni kiotói vállalásait, mondván, a biomassza felhasználása szén-dioxid semleges, mert ugyanannyi szén-dioxidot bocsátunk ki, mint amennyit a növény megkötött élelciklusa idején.

A másik általánosan hangoztatott érv az energiafüggőség. Mind az USA, mind az Unió országai, újabban Kína is ebben a helyzetben vannak, főleg kőolajfüggők, az USA kivételével földgázfüggők is. Függőségük oldását remélik attól, ha importjuk egy részét hazai termelésű megújuló energiaforrással tudják kiváltani. A függőséggel összekapcsolható olajárrobbanással és olajhaborúval magyarázható az is, hogy a politikusok körében nő a népszerűsége a biomassza-hasznosításnak.

Magyarországon is az egyik fő érv a hasznosítás mellett, hogy csökkenthető az ország kőolajfüggősége, növelhető az ellátás biztonsága és az árstabilitás.

Magyarország importfüggősége – ha eltekintünk az atomerőmű fűtőanyag behozatalától – 1993-ban 52% volt. A 2005-ös adatok szerint az ország importfüggősége megközelíti a 66,4%-ot. Legjelentősebb, 82%-os a földgázimport aránya. Az orosz forrástól való függés a földgáz esetében a legnagyobb, hiszen a teljes energiaigény több, mint 40%-át kitevő földgáz 90%-a jön innen. A földgáz korábban elsősorban lakossági hőigényt elégített ki, 2004-re azonban már a villamosenergia 35%-át földgázból állította elő az ország.

#### A primer energiaimport- függőség alakulása 1990-2005.

	1990	1998	2005
Szén	16,4	28,6	39,6
Olaj	75,9	80,9	86,1
Földgáz	58,0	72,7	81,8
Villamos energia (primer)	21,1	1,7	12,9
Egyéb (kocsz, brikett, tűzifa és egyéb megújuló)	43,4	-16,0	8,5

*Forrás: Energia Központ Kht.*

A hazai környezetpolitikai célkitűzések teljesítése is megköveteli, hogy növekedjék a megújuló energiaforrások részaránya, ez pedig hozzájáruljon olyan nemzet-

közi kötelezettségvállalásaink teljesítéséhez, mint amilyen a kiotói vállalás, vagy az Unió megújuló energiaforrás részarány előírásai.

Fontos társadalmi érv a vidéki lakosság munkahelyeinek megőrzése, esetleg bővítése az energiaszektorban, bízván, hogy új munkahelyeket teremt mind az erőművek, mind technológiák előállításának vonatkozásában. Magyarországon az állattenyésztés és növénytermesztés részaránya jelentősen megváltozott, amelynek következménye, hogy a növénytermesztésből származó termékeket az állattenyésztés nem képes felvenni. Mivel ezek a termékek nehezen eladhatók, így az energetikai célú növénytermesztés hozzájárul a termőterületen a struktúraváltáshoz, s ezzel mérsékelheti a terményfelesleget. Emellett az energetikai alapanyagok hosszú távon exportcikként is számításba vehetők.

Érvként hangoztatják, hogy kis beruházásigénnyel átállítható az élelmiszer-alapanyag termelésre szakosodott mezőgazdaság, hiszen az energetikai célú növénytermesztés természetstechnológiája kialakult, az energetikai célú feldolgozás technológiái ismertek, a mezőgazdaságban használt gépek alkalmazhatók.

## IV.2. Ellenérvek, kételyek

### Jól tudjuk-e azt, amit tudunk? Jók-e a számok?

Mielőtt az ellenérveket felsorakoztatjuk, fontos rávilágítani, hogy ismereteink kezdetlegesegek, a közölt adatok ellentmondók, sokszor inkább a vágyakat tükrözik, mint a valóságot.

Az ország területén éves szinten termelődő biomassa mennyisége az FVM számítása szerint 105-110 millió tonna, melynek energiatartalma közel 1200 PJ/év.

Ha az egész ország területével számolunk, akkor 9,3 millió hektár esetében az FVM számítása hektáronként 11-12 tonna élőnedves biomassa produkcióval számolt évente, s ekkor a betonozott területeket is beszámította. Energetikai célú faültetvények esetében, a legnagyobb produkciót adó fűzek esetében említ a szakirodalom 20-40 t/ha produkciót. Ezzel szemben egy természetes erdőből a tartamos gazdálkodás szabályait figyelembe véve évente 4-4,5 bruttó köbméter fa vehető ki.

Dr. Grasseli Gábor – Szendrei János (*DEBRECENI EGYETEM ATC MTK*) „A tüzelesési célú energetikai növények termesztésének jelentősége” című cikkében (Őstermelő, 2006. június – július, 70. oldal) az erdők fajlagos energiahozamát 15-20 GJ/ha/év értékben adja meg. Energiaerdők esetében 100-120, energetikai faültetvények esetében 150-250 GJ/ha/év az energiahozam. Magyarország jelenlegi (2005) teljes energiafelhasználása 1 153 PJ/év. 9,3 millió hektár természetes erdőből 186 PJ energiafelhasználási lehetőség adódik, tehát hazánk teljes energiaigényének kb. hatodrésze lenne kielégíthető. Energetikai célú faültetvényeket az ország majdnem felén kellene ültetni ahhoz, hogy kielégíthessük a jelenlegi energiaigényeket. Hasonló számokra jutnánk az energiafű esetében is. Ám azon is el kellene gondolkodni, hogy vajon egy természetes erdő miért csak az ötödét, tizedét produkálja egy ültetvénynek?

Prof. Dr. Marosvölgyi Béla, a Nyugat-Magyarországi Egyetem professzora az általa vezetett, energiaerdőket és energiaültetvényeket vizsgáló kutatás tapasztalatairól szóló beszámolóban 200-350 GJ/ha/év értéket ad meg energetikai faültetvények esetén. „Fás szárú energianövények” című cikkében (Új utak a mezőgazdaságban, Energia Klub, 2005.) újratelepítéses energetikai ültetvényekre 8-15t/ha/év élősúly produkciót, 80-150 GJ/ha/év értéket közöl, míg a sarjaztatásos üzemmóddal termesztettek esetében nem közöl energiahozamot, de hivatkozik 20-40 tonna produkcióra fűzfélék esetében.

Gergely Kinga, Varró László: Megújuló energiaforrások Magyarországon (ÖKO 2004. XII. évf. 1-2. szám 78-79 oldal): „A magyar erdőállomány szerkezetét figyelembe véve az erdők éves hozama átlagosan 5 millió köbméter/év... az ennek megfelelő energiahordozó produktum mintegy 45-50 GJ/ha, a hazai erdőállomány egészére vonatkoztatva körülbelül 71-79 PJ”. Magyarország területének 19,1%-a erdő, azaz 1773,3 ezer hektár. Még a 45-50 GJ/ha/év energiatermeléssel számolva is jól látható azonban, hogy ha az ország teljes terjedelemben ilyen energiaproduktumú erdő lenne, akkor is összesen 500 PJ-nál kevesebb energia lehetne megtermelhető. Ez pedig a jelenlegi fogyasztásnak kevesebb mint a fele.

#### *IV.2.1. Területi igények*

Nem kétséges, hogy a biomassza-felhasználási törekvések legátadhatóbb pontja a terület adta lehetőségek szükségessége. A területi kérdésekhez jó néhány más probléma is kapcsolódik, mint amilyen az élelmiszerellátás biztonsága, a Föld maradék természetes ökoszisztémáinak sorsa.

Ugyan jó néhány éve már, hogy felhívták a területi korlátokra a figyelmet, ám sem a környezetvédők, sem az új üzleti lehetőségekért éhezők nem akarták, sőt a mai napig nem akarják tudomásul venni a makacs tényeket. A kérdés akkor került jobban az érdeklődés középpontjában, amikor 2005 februárjában George Monbiot, a Guardian újságírója az Európai Szociális Fórumon kirohant a biodízel ellen, majd a Guardianben is cikket jelentetett meg a témában, „Ki lakjon jól: az autó vagy az ember?” címmel (GUARDIAN, 2004. NOV. 22.).

Véleménye szerint a bioüzemanyagokra való átállás humanitárius és környezeti katasztrófához vezetne. Az EU elképzeléseit, amely szerint 2010-re az üzemanyagok 5,75%-a helyettesíthető lenne biológiai eredetű üzemanyagokkal, az Egyesült Királyság példájával kérdőjelezi meg.

„Az Egyesült Királyságban a közúti közlekedés évente 37,6 millió tonna kőolajterméket emészt fel. A legtermékenyebb növényiolaj-forrás, mely ebben az országban termesztendő, a repce. Az évi átlagos termés hozam hektáronként 3-3,5 tonna. Egy tonna repcemagból 415 kiló biodízelt lehet előállítani, így egy hektár termőföldön átlagosan 1,45 tonna üzemanyagot lehetne termelni. Másként megfogalmazva: ahhoz, hogy a kocsikat, buszokat és teherautókat biodízellel üzemeltessük, 25,9 millió hektárnyi termőföldre lenne szükség. Az Egyesült Királyságban azonban mindössze 5,7 millió hek-

tár művelhető földterület található. A környezetbarát üzemanyagokra való átálláshoz négy és félszer ennyi termőfölddel kéne rendelkezünk. Még az EU szerényebb - mindössze 20%-os - célkitűzése (2020-ra) is felemészténé szinte az összes termőföldünket.”

További példák tucatjai hozhatók. A Föld Barátai által kialakított véleményben is találunk ilyeneket. Például „Spanyolországban évente 27 milliárd liter dízelt fogyasztanak. A 2010-ig megkívánt 5,75%-os helyettesítés biodízzel évi 1.350 milliő liter biodízel termelését igényelné. 1200 liter hektáronkénti hozammal számolva egy milliő hektár földterületre lenne szükség, amely a termékeny területek 5,5%-a. Ehhez még hozzá kellene adni a benzin helyettesítéséhez szükséges etanol termelésére fordítandó területet.”

„Németországban is hasonló a helyzet, a 2010-es célok teljesítéséhez 2 milliő hektárra lenne szükség a két milliő tonna biodízel előállításához. Erre nincs elegendő földterület. Manapság a megtermelt 1,5 milliő tonna biodízellel szükséges nyersanyag Franciaországból származik.”

„Az Amerikai Egyesült Államokban rosszabb a helyzet. Ahhoz, hogy a benzint kukoricából származó etanollal helyettesítsék, a teljes földterület sem lenne elegendő.” Az USA teljes üzemanyag-fogyasztása évente 518 milliárd liter, szénkibocsátása 308 milliárd kg.

A Proceeding of the National Academy of Sciences-ben megjelent cikk szerzői a szójababból készült biodízelt, valamint a gabonafélékből erjesztett etanol alapú üzemanyagot vetették össze, és arra a megállapításra jutottak, hogy a biodízel ugyan jelentősen hatékonyabbnak tekinthető, mint az etanol, ám így is mindössze az üzemanyagigény alig 9 százalékát tudnák fedezni vele az Egyesült Államokban. Az étkezési növényekből készült etanol az amerikai üzemanyagigény 12 százalékát lenne képes fedezni abban az esetben, ha minden kukoricaföldet alapanyagellátóvá alakítanának át.

#### **IV.2.2. Területi korlátok Magyarországon**

Lukács József vezető főtanácsos az Őstermelő 2006. június-júliusi számának 67. oldalán azt írja, hogy 2010-re a 2%-os (?) bioetanol célkitűzés 59 milliő liter, biodízel esetében ez 56 milliő liter. Ekkora etanol mennyiség előállításra 50-60 ezer hektárt, biodízelle 40-50 ezer hektárt kalkulált. Szerinte ez gond nélkül növelhető 200-300, illetve 80-100 ezer hektár nagyságrendig.

A jelenlegi fogyasztási adatok szerint (WILDE GYÖRGY, A MAGYAR ÁSVÁNYOLAJ SZÖVETSÉG FŐTITKÁRA, INDEX 2006. JÚLIUS 12.), 2005-ben 2 milliárd liter benzint, s 2,8 milliárd liter gázolajat fogyasztottunk. Mivel nem tudjuk, hogy 2010-ben mennyi lesz a fogyasztásunk, így maradjunk annál, hogy a jelenlegi fogyasztás 5,75%-át kellene helyettesíteni. A teljes benzin és dízel igény helyettesítése, hektáronként és évenként 1000-1200 liter etanollal és 1200-1400 liter biodízzel számolva, Magyarország teljes kukorica (1,34 milliő hektár) és búzatermő (1,13 milliő hektár 2005-ben) területét figyelembe véve, kb. 2 milliő hektáron lehetne kielégíteni a bioetanol

igényt, s még kb. ugyanennyi termőterületet kellene igénybe venni a biodízel-szükségletek kielégítéséhez. Ez már megközelíti az ország jelenlegi szántóföldi területét (4 509 ezer hektár), s akkor még nem termeltünk élelmiszert.

Reálisan, ha elfogadjuk a főtanácsos által javasolt lehetőségeket, akkor 400 ezer hektárral, s a legjobb hozamokkal számolva cirka 500 millió liter bioüzemanyagot állíthatunk elő, amely 10%-os helyettesítési érték körül mozog. Ezek mellett teljesen irreális az a sokat hangoztatott elképzelés, hogy a bioüzemanyag alapanyag jelentős exporthoz juttatná hazánkat. Mert vagy itthon helyettesítünk, ami muszáj, vagy exportálunk.

A teljes energiafelhasználásunk helyettesítésének területi korlátait mutatja a repce esete is. A repce hektáronként 3 tonna/ha/év (nálunk ilyen átlagtermés nem jellemző) termésnél adna 1,45 tonna repceolajat, amelynek fűtőértéke 40MJ/kg. Ez 58 GJ/ha/év, 9,3 millió hektáron ez 539,4 PJ. A teljes energiafogyasztás 2005-ben 1153,2 PJ, azaz nem egészen a felét lehetne kielégíteni repceből a teljes energiaigénynek. A szakirodalom szerint ennyi tiszta energia megtermeléséhez a repce esetében fele energiamennyiséget kell befektetni.

Ráadásul minden esetben feltételeztük, hogy semmilyen fosszilis energiát nem használtunk fel. Igaz, nem tudjuk, hogy mekkora a hazai teljes energiafogyasztásból az a hányad, amit arra használunk, hogy nettó energiához jussunk, de nyilván ebben az esetben is le kellene vonni az energiatermelésre fordított energiát. Érdekes megjegyezni, hogy az importált energiahordozók esetében az energiatermelésre fordított energia nem a hazai fogyasztásban realizálódik, míg hazai megtermelés esetén igen.

#### *IV.2.3. Területfelhasználási vetélkedés*

A terület-felhasználással kapcsolatos probléma abban csúcsoódik ki, hogy több, egymással vetélkedő felhasználási igény jelenik meg. Tegyük fel, hogy tényleg felszabadítható 1 millió hektár biomassza termesztés céljára. Ám ugyanezen területen szeretnének villamosenergia-előállítás céljából energiafűvet, energiaerdőt termelni, kukoricipát, kukoricát etanolnak, repcét biodízelnak stb.

Szintén Monbiot hívta fel arra a figyelmet, hogy a vetélkedés túlmutat a biomassza-termelési opciókon, a megújuló energiaforrások termelése a valóságban az élelmiszertermeléssel és a természetvédelmi célú területhasználattal vetélkedik, más területfelhasználási módok mellett. Az energiaétvág fokozódása és a szűkülő fosszilis energiakínálat, valamint a félreértelmezett környezetpolitikai célkitűzések már jelen pillanatban, az olcsó fosszilis tüzelőanyagok rendelkezésre állásánál is rákényszerítették az embereket a biomassza termelésre.

Nem nehéz kitalálni, hogy ennek a területhasználati vetélkedésnek először a természetes ökoszisztémák esnek áldozatul, majd pedig az élelmiszer alapanyag termelés. Ezen a téren is, mint más európai környezetjavítási szándékok esetében történt, a környezeti terhek harmadik világra történő áthárítása várható. Mivel ke-

vés, s jogilag védett természetes ökoszisztéma áll rendelkezésre a Közösség országában, ezért az élelmiszer és energiacélú alapanyag-termelésnek osztoznia kell a földterületen. A logikus osztozkodás, hogy a jelenlegi túltermelést helyettesítik energetikai célú termesztéssel. Ezek a készletek azonban messze nem elegendők a még csak kezdeti környezetpolitikai célok eléréséhez sem, ezért nyilván a külföldi beszerzés felé kell fordulni. Ez azért is logikusabb, mert a déli országok termőhelyi adottságai miatt ott található a nagyobb kihozatali potenciával rendelkező megújuló energetikai alapanyagok.

A szójabab-, cukornád-ültetvények a dél-amerikai országokban, a pálmaültetvények Indonéziában, s más délnyugat-ázsiai és afrikai országokban eddig is a fő okát képezték a trópusi erdők degradációjának. Például Malajziában 1985 és 2000 között a pálmaültetvények az erdőirtások 87%-ért voltak felelősek.

### **A veszély ma már nem lehetőség, hanem tény**

*„Az EU növényolaj-importja a 2005/2006-os szeptember-októberi szezonban 8,75 millió tonnára emelkedik a 2004/2005-ös szezon 7,8 millió tonnájáról” - írja az Oil World szaklap. „A bioüzemanyagok belföldi termelésének rohamos növekedése miatt az EU vált a világ legnagyobb növényolaj- és zsiradék importőrévé.” „A szezon legnagyobb importtétele a pálmaolaj lesz 4,9 millió tonnával, szemben a 2004/05-ös 4,4 millióval. Az EU az idén október-decemberben nettó szójaolaj-importőrré válik, ami meglehetősen újszerű fejlemény, hiszen már egy jó ideje szójaolaj-exportőrnek számított. A növekvő repcemag-sajtolási forgalom ellenére sem biztosítható belföldi forrásból a repceolaj-igény, ami a repceolaj esetében is nettó importőrré teszi az Uniót. A 2005/2006-os szezonban a repceolaj-import 250 ezer tonnára nő az előző szezon 28 ezer tonnájáról. Ebből 100-130 ezer tonna Észak-Amerikából érkezik majd, de nagy tételeket importál az Unió Ukrajnából és Oroszországból is. A lap értesülései szerint már kínai importra is sor került.”*

Az európai exportra számító maláj kormány nemrég jelentette be, hogy megépíti ötödik biodízel-finomítóját, miközben az országban – akárcsak Indonéziában – az őserdőt nagy iramban szorítják vissza az olajpálma-ültetvények, ráadásul az erdők felégetése és mocsarak lecsapolása metán és szén-dioxid-kibocsátással jár (területi átterhelés). Az Európában felhasznált bioüzemanyag nagy részét Braziliában gyártanák, ahol viszont az Amazonas esőerdejét irtják ki a termőföldért.

Ha nem marad bevonható termőföld – jelenleg a szárazföldi területek egy-negyede mezőgazdasági művelés alatt áll – akkor megkezdődhet a vetélkedés az élelmiszeripari és energetikai célú alapanyag-termelés között, ezáltal azok között, akik csak a létfenntartási szükségleteiket szeretnék kielégíteni, illetve akik nemcsak jóllakni képesek, de autójukat is feltankolni. Nem kétséges, hogy melyik érdekcsoport képes érdekeit jobban érvényesíteni, illetve mindezt megfizetni. A társadalmi polarizáció tehát még a biomassa-termelés okán is nőhet, mégpedig jelentősen. Monbiot írásának címe pontosan erre utal: Ki lakjon jól? Az ember vagy az autó.

A szegényekre leselkedő veszély nemcsak az élelmiszer szűkösségében, hanem az élelmiszerárak jelentős növekedésében is megnyilvánulhat. Az energetikai célú növényi termékek iránti keresletfokozódás, már ebben a kezdeti stádiumban is érezteti árfelhajtó hatását. Az MTI 2006 elején egy londoni nemzetközi konferenciára hivatkozva arról számolt be, hogy világszerte emelkedhet a szója- és pálmaolaj ára amiatt, hogy növekszik a kereslet a bioüzemanyagok nyersanyagaként használatos növényi olajok iránt.

Az árfelhajtó szerepet látszik alátámasztani a cukor árának világgpiaci emelkedése. *„Tizenegy éves csúcsra ugrott a nyerscukor ára szerdán a New York-i áru-tőzsdén, a londoni jegyzésárak pedig kilenc és fél éves rekordszintre emelkedtek. Piaci szakértők a drágulási trend folytatására számítanak. Miért is? Thaiföldön és Ausztráliában rossz a cukornádtermés, Brazília pedig az exportra szánt nádcukor egy részéből üzemanyagként felhasználható bioetanolt gyárt. A bioetanolt egyre több országban keverik a benzinbe, ezért a cukornak felmegy az ázsíója - az árával együtt. Sőt: van egy igen népes ország, Kína, ahol még csak most kezdenek el cukrot fogyasztani – ez idáig ugyanis csak mesterséges édesítőszerhez (szacharinhoz) jutott hozzá a lakosság.”* (VILÁGGAZDASÁG 2006.)

#### ***IV.2.4. A területi versengés járulékos hatásai***

Környezeti szempontból a növekvő területéhség, s ennek következtében a természetes élőhelyek pusztulása mellett a másik veszély a mező- és erdőgazdálkodás intenzitásának további növekedése. Szaklapokban egymást túllícitáló terméseredményekről, energia-kihozatalokról, s egyre jobb energiámérlegekről olvashatunk. Mint ahogyan láthattuk, a természetes erdő szerény energiaprodukciónak tízszeresére növelik az energia célú faültetvények, természetett haszonnövényeink produkcióját is tovább kell növelni a jobb termésátlagok, a magasabb gazdaságosság érdekében.

Természetesen egy adott termőhely, egy adott életközösség az éppen fennálló ökológiai körülményeknek megfelelő produkciókkal szolgálhat csak, s külső energiabefektetésre van szükség ahhoz, hogy a produkció nőjön. Nemcsak a közvetlen energiaköltségek, mint a gépi munka energiafelhasználása, de az egész termesztési folyamat is közvetlen vagy közvetett energia-befektetéssel jár. Az öntözővíz, a műtrágya, a növényvédőszer, a szállítás stb., mind energiát testesít meg, s természetesen minden kibocsátás is környezeti terhelést jelent.

További lehetőség a terméseredmények fokozására a növények genetikai képességének kihasználása, a növénynemesítés, legújabbán a génkészlet mesterséges módosítása géntechnológiai eljárásokkal. Többen is abban bíznak, hogy a jelenlegi produkciók a tulajdonságok javításával növelhetők a biotechnológia által. A Nature Biotechnology (24, 725. 2006. július) ([WWW.NATURE.COM](http://WWW.NATURE.COM)) „A bioetanolnak szüksége van a biotechnológiára” címmel jelentetett meg cikket. Az írás lelkesen ecseteli, hogy az etanol egyik alapanyagának, a kukoricának a termelése milyen magas költségekkel és környezeti károkkal jár, mint pl. a nitrogén műtrágya, a

talajerózió, a rovar és gyomirtó szerek, sőt még a fejlődő országok élőhelyeire leselkedő veszélyt is felemlíti. Ezeken a problémákon segíthetne a biotechnológia. *„Jelenleg főleg kukoricából és cukornádból gyártott etanol esetében már kidolgozták a rekombináns DNS technológiákat, amelyek egyrészt emelnék az etanolhozamot, másrészt pedig csökkentenék a betáplált nyersanyagok környezetre gyakorolt káros hatását, továbbá fokoznák a feldolgozás hatékonyságát a finomítóban”.* Ígéri a fotoszintézis szén-dioxid-fixáció hatékonyságának javítását, a nitrogén-fixáció megoldását, vagy az endospermiumban lévő keményítő egyszerűbb cukorra való lebontását végző enzimszisztéma beépítését a növényekbe.

Társadalmi szempontból is további hatásokat kell fontolóra venni. A szuperintenzív monokultúrák – hiszen az energetikai célú termesztés nagy táblaméreteket igényel – tovább torzítják a birtokviszonyokat. A Föld Barátai szerint az intenzitás növekedése további birtokkoncentrációval fenyeget. Például ma Brazíliában a területek 46%-a koncentrálódik a vidéki népesség mindössze 1%-ának kezében, ami azt jelentette, hogy a földtulajdonosoknak el kellett hagyni földjeiket, s korábbi foglalkozásukat. Ők a városok szegényebb negyedeibe költöztek, vagy erdőirtással próbáltak újabb területeket szerezni.

A területi igény fokozódásnak természetesen lehet árfelhajtó szerepe a földtulajdonosok számára. A kisbirtokosok aligha tudnak élni a magas intenzitást igénylő energetikai célú növénytermesztés lehetőségeivel, így legfeljebb magasabb áron értékesíthetik földjeiket, vagy magasabb bérleti díjra számíthatnak.

#### *IV.2.5. Energiamérlegek*

Ezen a területen nagyon kaotikus állapotokat találunk. Tudományos műhelyek egymásnak ellentmondó eredményeit ismerhetjük meg, annak megfelelően, hogy ki milyen általános ítéletet szeretne igazolni. Jelen tanulmány keretei nem tették lehetővé, hogy a közölt adatoknak utána számoljunk, azért sem, mert sem a számítási utak, sem a kiindulási adatok teljes körben nem ismertek.

A megismert mérlegek közös hibája, hogy az ún. virtuális energiaszámlálással, s ennek értelmében a virtuális környezeti terheléssel sem számolnak, ami ugyancsak megkérdőjelezi az energetikai vagy környezeti mérlegek (pl. szén-dioxid) eredményeit.

#### **Mit értünk virtuális energiaszámláláson?**

Bármely felhasználásra kész energiahordozó rendelkezik egy teljes életúttal, amely egy bonyolult, szerteágazó rendszer. Az életciklus-elemzések egy létesítmény esetében a létesítés, megvalósulás (működés), majd felhagyás szakaszainak környezeti összefüggéseit vizsgálják, egy termék esetében a bölcsőtől a sírig életutat követik. Ugyan jelentős előrelépésnek tekinthetjük ezt a gondolkodást, s már az is eredmény lenne, ha komolyan alkalmaznák az életciklus-elemzéseket, mégis azt kell mondanunk, hogy a jelenlegi életciklus-vizsgálatok csak több-kevesebb láncszemét vizsgálják a tényleges életciklusoknak. Egy-egy termék esetében ugyanis a különböző életciklus

láncok összekapcsolódnak. Ahhoz, hogy egy liter benzint előállítsunk, kell kőolaj, azt frakcionálni kell, adalékanyagokkal ellátni, szállítani a felhasználás helyére, majd elégetni. Energia kell a melléktermékek, hulladékok szállításához, elhelyezéséhez is. Ha csak egy kőolaj-finomítóban vizsgálom a benzin életútját, az ennyi energiát igényel járulékosan. Ám még ott sem csupán ennyi. Minden liter frakcionált olajra esik valamennyi (nagyon kicsi) környezeti terhelés abból, hogy létre kellett hozni a finomítót, energiát kellett befektetni, anyagokat kellett beszerezni, s természetesen üzemeltetni kell az üzemet. Ráadásul minden újabb megnyitott ág további nagyon-nagyon kicsiny környezeti terhelést hoz magával. Például a felhasznált építőanyagoknak is volt környezeti terhelés, erőforrásigénye, gyára stb. Azután a kőolaj-finomító üzemeléséhez is energiára van szükség, no meg munkásokra. Hol kellene elszámolni a munkások közlekedési költségeit vagy a gépekre, szerszámokra eső költségeket, vagy az üzem által produkált környezeti terhelések felszámolásának energiaköltségeit?

S a fenti még csak a finomítóra és kapcsolódási pontjaira utal. Egy másik életciklus az alapanyag révén kapcsolódik a finomítóéhoz. A kőolajat ki kellett bányászni, ahhoz fúrótornyot kellett létesíteni, ahhoz pedig anyagot kellett gyártani, azokat szállítani, szerelni kellett. A kitermelt olajat tárolni kell, ahhoz tárolók kellene, majd szállítani tankhajókban vagy éppen csővezetéseken. A szállításhoz energia kell, az eszközök gyártásához, karbantartásához szintén.

Amikor kimondjuk, hogy biodízel, legfeljebb egy szép virágzó repceföldre gondolunk, meg egy kevésbé szép olajsajtólóra. Ha csak a biodízel előállításához szükséges termelési segédanyagokat nézzük (metanol, kálium-hidroxid, nátrium-hidroxid, kénsav, foszforsav, hidrogén-klorid, ipari víz, szén-dioxid, nitrogén, elektromos áram, gáz) ugyancsak elcsodálkozunk, mi minden más anyagot is meg kell termelni ahhoz, hogy elérjük végcélunkat. Vagy logisztikai létesítmények sorát kell felépíteni (olajos magvak átmeneti tárolója betakarítás után, olajos magvak tárolója az olajütőben, nyersolaj-tároló, melléktermékek tárolója, technológiai segédanyagok tárolói, végtermék tárolása), amely együtt jár az anyagmozgatással, szállítással. Természetes lenne ezek energiaráfordításait s más terheit (szén-dioxid, hulladék, vízhasználat) is figyelembe venni a környezeti mérlegek számításakor, de ezek onnan rendre kimaradnak.

A benzin kapcsán beszélhetnénk még olyan indirekt kapcsolódásokról, mint az elsüllyedt tankhajók okozta környezeti károk elhárításának költségei, vagy az olajhoz kötődő háborúk energiaköltségei, környezeti katasztrófák, s persze egyéb társadalmi hatásai.

Lehetetlen lenne követni a teljes kapcsolati hálót, s kiszámolni, hogy egy liter benzinre milyen – aligha mérhető, mégis valóságos – környezeti terhelés jut. A liter ehhez túl kicsi mértékegység, de minél nagyobb léptékeket vennénk elő, annál jobban érezhetővé válnának ezek a virtuális terhelések.

Persze vannak erre kísérletek. Az ökológiai lábnyom vagy ökológiai hátizsák pontosan a háttérben maradó terhelést kívánja feltérképezni. Noha a tökéletesség

elérésére itt sincs esély, ám néhány napvilágot látott adat ugyancsak elgondolkodtatja az embert.

**A Wuppertal Intézet számításai szerint:**

- Fogkefe 1,5 kg
- Mobiltelefon 75 kg
- PC 500 kg
- 1 tonna importált fém 20 000 kg hulladék keletkezésével

**World Water Council (2004) szerint:**

- 1 kg búza 1 000 l
- 1 kg tojás 2 700 l
- 1 kg marhahús 13 500 l víz felhasználásával párosul.

A különböző biomassa-féleségekhez, s különböző hasznosítási módokhoz természetesen más és más energiamérlegek tartoznak. Nyilván meghatározó, hogy a kiszemelt alapanyag milyen produkciókra képes, milyen ökológiai, termőhelyi körülmények között.

**A következő táblázat néhány átlagos hozamot mutat be:**

Termény	Biodízel (l/ha)
Szója, északi vidékeken	375
Szója, déli vidékeken	900
Repce	1 000
Mustár	1 300
Pálma olaj	5 800
Algák	95 000

Termény	Etanol (l/ha)
kukorica (USA)	1 360
cukornád (Brazília)	3,960 benzinegyenértékben kifejezve (1:0,66)

Wikipedia 2006. Biodiesel. <http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>

A statisztikák szerint a pálmaolaj és a cukornád a trópusi zónákban adja a legtöbb hajtóanyag-alapanyagot hektáronként. A legígéretesebb a biodízel vonatkozásában az alga, de a technológia még javításra szorul. A cellulózhulladékokból előállítható etanol is jelentős potenciállal rendelkezik, bár az enzimatikus feltárás drága, s az eljárás néhány elemének környezeti hatásai sem tisztázottak még. (FOE INTERNATIONAL).

Kohlheb Norbert az Energia Klub kiadványában (Új utak a mezőgazdaságban, 2005), „Energiaültetvények termesztésének gazdasági jellemzői” című írásában közöl

energia input/output hányadosokat különböző fás- és lágyszárú fajok esetében, különböző termőhelyi adottságok és termesztési intenzitások között. Míg a legkedvezőbb energiakihozatali arányok általában a jó termőhelyeken extenzív körülmények között adódnak (kivéve kender), addig a legnagyobb energia outputok a jó termőhelyeken intenzív termesztési technológiák mellett érhetők el. Ez is mutatja, hogy a faj, termőhely és termesztési technológia befolyásolja a produkciókat, s ennek értelmében az energiatermelési lehetőséget is. Ám általában elmondható, hogy a nagyobb produciók elérését lehetővé tevő intenzív termesztés energiaráfordítása kisebb arányban térül meg, mint az extenzív. A közölt számok persze itt sem tartalmazzák a hiányolt virtuális háttérrel, s a számolások csak az ültetvényeken, s szállításba befektetett energiamennyiségekkel számolnak. A tüzelőanyagok előkészítésének (apríték, pellet, stb.), logisztikai műveleteknek, segédanyagoknak energiaigényei nem kerülnek bemutatásra.

A teljes energiamérleg összeállítását nagyban befolyásolják a konverziós utak, amelyek tovább bonyolítják az amúgy sem tiszta képet. A legnagyobb energiaigény feltehetően a konverziónál áll fenn. Ez kb. 60% is lehet, a konverziós út fajtájától függően.

A szakajtó, de a tudományos irodalom is ellentmondó kijelentéseket tesz. Íme néhány:

*A biomassza megtermelése is gyakran nevezhető fenntarthatatlannak. Magasak az inputok, energia, növényvédőszer, műtrágya, gépek stb. Jó példa erre az USA-ban a kukoricából előállított bioetanol. Néhány tanulmány azt állítja, hogy kukorica és belőle az etanol kinyerése hatszor több energiát igényel, mint a végtermék által leadott energia az autómotorban. (PESCOVITZ, D. ETHANOL STIRS ECO-DEBATE. BERKELEY ENG. LAB NOTES, VOL. 5, MARCH 2006.)*

*„A szójababból készült biodízel felhasználásával az előállításához szükséges energiaigénynek majdnem a dupláját vagyunk képesek kinyerni, addig az etanol alig termel 25 százalékkal több energiát, mint amennyit az előállítása során fel-emészt. Ez utóbbi különbség elsősorban abból adódik, hogy az etanol előállítása során erjedési folyamatokat kell beindítani, ami viszonylag nagy energiaigényű folyamat”. (NATIONAL GEOGRAPHIC)*

A biomasszával kapcsolatos elsőszámú kérdés tehát a kinyerhető energia, vajon pozitív vagy negatív-e az energiamérleg, kevesebb vagy több fosszilis energiát kell igénybe venni, mint amennyit a megújulókból remélhetünk?

A tudomány, úgy tűnik két táborra szakadt, annak megfelelően, hogy milyen érdekeltségek mozgatják.

Az ellenzők két amerikai professzor meglehetősen korai munkáira (DAVID PIMENTEL, CORNELL EGYETEM, TAD W. PATZEK, BERKLEY) hivatkoznak. Íme a szerzők néhány számításának eredménye, amely szerint az energiamérleg negatív.

- Kukoricából alkohol +29% fosszilis energia
- Fűből alkohol +45% fosszilis energia
- Fából alkohol +57% fosszilis energia

- Szójából dízel +27% fosszilis energia
- Napraforgóból dízel +118% fosszilis energia

Schmitz, N., Henke, J., (*INNOVATION IN THE PRODUCTION OF BIOETHANOL AND THEIR IMPLICATIONS FOR ENERGY AND GREENHOUSE GAS BALANCES*) német szerzők – szemben az amerikai iskolával – azt állítják, hogy az energiamérleg pozitív. Szerintük a fenti szerzők elfoglaltak, elavult statisztikai adatokat használtak, nem veszik figyelembe a mezőgazdaság javuló hatékonyságát, az energiafeltárás technológiájának javulását, valamint a terménymaradványok energiatartalmát. Ők 12 új tanulmányt választottak ki, amelyek nettó energianyereséget és szén-dioxid megtakarítást mutattak ki.

<i>Energianyerés módja</i>	<i>Nettó energia nyereség etanol literenként</i>	<i>ÜVHG megtakarítás 1l etanol egyenlő 0,647 l üzemanyag széndioxid egyenérték</i>
<i>Széna/biogáz</i>	<i>15,7 – 20,1 MJ</i>	<i>1,8 kg</i>
<i>Növényi magvak/természetes hajtóanyagok</i>	<i>6,6 MJ</i>	<i>0,7 kg</i>
<i>Melasz/olaj</i>	<i>6,4 MJ</i>	<i>0,8 kg</i>

Ilyen és hasonló elemzésekben szinte reménytelen igazságot tenni, mert az eredmények valóban attól függenek, hogy ki milyen tényezőket vesz figyelembe. Ugyan vannak ajánlott számítási szabványok, ám ezek tökéletessége is megkérdőjelezhető.

A legfőbb kritika, amely megfogalmazható, hogy általában csak első generációs, közvetlen energiaigényeket vizsgálnak, s nem foglalkoznak az ökológiai hátizsák teljes tartalmával.

Például a növénytermesztésnél figyelembe veszik a mechanikai talajmunkák, vetés, betakarítás és szállítás energiaigényét, de nem foglalkoznak a talajerő-utánpótlás, növényvédőszeres, vízpótlás másodlagos, harmadlagos energiaigényével. Nyilvánvaló, hogy egy műtrágya megtermeléséhez, alapanyagainak kitermeléséhez, szállításához is energiára van szükség. Vagy mindezek virtuális víztartalma, s az ahhoz szükséges energia, mint ahogyan már arra fentebb utaltunk.

Mint látjuk, vita tárgya az is, hogy vajon minden hasznosítható növényi rész energiatartalmát is be kell-e számítanunk az energiamérlegbe. Például miután learattuk a repce magját, hasznosítsuk-e a repce kóróját is? Ez a kérdés másként is jelen van a biomassza hasznosításról szóló vitákban. Sokan úgy vélik, hogy vétek, sőt pocsékolás az egyszerű megtermelt növények biomasszáját nem hasznosítani, hiszen ez csökkenti a befektetett természeti erőforrások hasznosulását. Ők azt javasolják, hogy először a maradványok hasznosítását kell megoldani, s utána jöhet a szerkezetváltás, a tisztán energianyerés céljából történő termesztés. Mások a maradvány biomassza kicsiny energiasűrűségére hivatkoznak, s az összegyűjtés magas költségeire, s ők elsődlegesnek tartják a lehető legnagyobb energiasűrűség elérését, azaz a tisztán energetikai hasznosítást.

Nyilvánvaló, hogy mindkét érvelés csak elsődleges gazdaságossági szempontokat vesz figyelembe, s nélkülözi a rendszerszemléletű megfontolásokat. Ha a megtermelt biomasszából semmi sem jut vissza a talajra, s ennek következtében a talajszerkezet romlik, és hosszú távon a műtrágyák érvényesülése is csökken, akkor abszurd módon az is előfordulhat, hogy azért termelünk energiát a maradványokból, hogy annak segítségével biztosítsuk a talajerő fenntartását. Egyesek szerint a szervesanyagoknak a legjobb és leggazdaságosabb felhasználása, ha talajba forgatásuk révén a talaj humuszvagyonát gyarapítják, hozzájárulnak a talajélet és szerkezet fenntartásához, és a növények táplálásához.

Ennél a kép egy kicsit árnyaltabb. Természetes körülmények között senki sem szántja be a talajfelszínre jutó növényi vagy állati maradványokat. Azokból élőlények közreműködésével stabil talajmorzsák keletkeznek, amelyek biztosítják a talajképződést, s a szervesanyagok hosszú távú hasznosíthatóságát. Ezzel szemben a talajba forgatott tarlómaradék, de akár istállótrágya is nagyon hamar degradálódik a talajban, főleg az ott folyó felgyorsított oxidáció miatt, ezért nem javítja a talaj szerkezetességét, legfeljebb tápelemek forrásaként szolgál rövid ideig. Bizonyos körülmények között az is előfordulhat, hogy mikrobiális bontásuk fitotoxikus anyagokat szabadít fel. A műtrágyák megfelelnek ugyan rövidtávon tápelemtáplálásnak, jó hozamfokozók, de a talaj szerkezetességét nem képesek javítani. Hosszú távon tehát nem lehet nélkülözni a talaj fenntartásához vezető természetes folyamatokat.

#### *IV.2.6. Természetvédelmi és ökológiai szempontok*

A biomassza termesztése és felhasználása esetén a következő szempontokat kell figyelembe venni:

- *Ne vezessen a természetes élőhelyek kiterjedésének és minőségének további romlásához, sem közvetlenül, sem közvetve.*
- *Az energetikai célból hasznosításba vont területen az előző felhasználással összevetve csökkenjen a környezeti terhelés.*
- *A hasznosított területen az előző felhasználáshoz képest javuljanak a biodiverzitás-mutatók, mind mennyiségi, mind minőségi vonatkozásban.*
- *A hasznosításból ki kell zárni az invazív és genetikailag módosított fajokat.*
- *Az eredeti ökológiai feltételeknek (talaj, vízháztartás, klíma) megfelelő, az azokat megtartó természettechnológia kerüljön kiválasztásra, amely nem csökkenti az adott ökológiai rendszer megújuló képességét.*

Az igazság az, hogy ha szeretnénk kizárni a környezeti feltételek romlását, akkor ugyancsak konfliktusba kerülünk az energetikai célú ültetvények legfontosabb elvárásával, a magas produkcióval. Márpedig ezeknek az ültetvényeknek ez a célja, különben megfelelénének a természetes körülmények között elérhető hozamok is a természetes rendszerekből.

Úgy tűnik azonban, hogy a természet elügyetlenkedte az evolúció során létrehozni az ember igényeinek megfelelő, feltehetően végtelen nagyságú produkciót



elől a hasznosítható elemet. Például gazdag szénforrások esetében a mikrobák immobilizálják a műtrágyával bevitt nitrogént és foszfort a növény elől. Ezek az antagonizmusok tudják biztosítani azt, hogy a növekedés ne lehessen végtelen, s hirtelen ne haladhassa meg az alkalmazkodáshoz szükséges idő sebességét. Ezek a mechanizmusok képesek bizonyos mértékig kiegyenlíteni az ember ismerethiányából fakadó téves beavatkozások hatásait is.

Az igazság az, hogy a biomassza célú termelés az egész növényi kultúrát szőröstül-bőröstül akarja hasznosítani. Egy természetes erdőben is sokkal több szervesanyag van, mint amennyit rönk formájában ki lehet hozni belőle, de az nem hozzáférhető vagy csak nehezen az. Egy energiaültetvényből minden, ami a föld felett nő levágható, elvihető. Egy erdőben a fák ágai, gallyai egy bizonyos vastagság után nem hasznosulnak az ember által, a cserjék s lágyszárú növények sem. Hasznosulnak viszont az egész erdei ökoszisztémában, ahol a lebontó szervezetek hatalmas „biomasszája” ezekből a „hulladékokból” fenntartja az ökoszisztémán belüli és azon kívüli anyag- és energiaáramlásokat.

Ha a talaj felől elviszünk mindent, akkor megsértjük a talaj és felszín között megvalósuló interakciókat, s „kiéheztetjük” azt az életet, amely az anyag- és energiaáramlásokat biztosítja. Ugyanis a mineralizáció folyamatát, amely heterotróf szervezetek közreműködésével zajlik, az elhalt élőlények anyaga táplálja. Ennek során a szerves vegyületek szervetlenné bomlanak, s miután a bomlástermékek egy része a légkörbe távozik, másik része a talajban ásványi anyaggá alakul, amely táplálékul szolgál a növényzetnek. A fent említett 30-40 elem körforgását a talajban egy négyzetméteren, s tetszőleges mélységben 400 gramm tömegű élő anyag biztosítja átlagosan, amely egy hektáron átlagosan 4 tonna, optimális esetben 30 tonna élőanyag-tömeget jelent. E mögött hihetetlen fajszámok és egyedszámok sorakoznak fel, pl. négyzetméterenként, s tetszőleges mélységben 1014 baktériumegyed, 1011 gomba, 108 algaegyed, stb. Minden egyes beavatkozás az ökológiai rendszerbe, talajművelés, taposás, talajvízszint-emelkedés, süllyedés stb., a mikrobaközösségek katasztrófájához vezet.

Anélkül eszközlünk bolygó léptékű beavatkozást az ökológiai rendszerekbe, hogy tisztában lennénk az egyes alrendszerekben, s azok között megvalósuló történésekkel. Ilyen bátorságra csak a tudatlanság jogosíthat fel bennünket! Általánoságban azt az ítéletet is kimondhatjuk, hogy a biomassza elégetésével az ökológiai rendszerek megújulását lehetővé tévő tápanyagot füstöljük el, hogy kielégítsük féktelen energiaéhségünket. Nézetem szerint a biomassza elégetésénél nagyobb csapást még nem mért az ember saját magára, hiszen most rúgja ki maga alól a táplálékpiramis alapköveit.

#### *IV.2.7. A szén-dioxid semlegesség mítosza*

A biomassza-hasznosítással kapcsolatban már láttam sokféle támogató érvet, s ellenérvet is szép számmal. Azonban még egyik sem vizsgálta a biomassza elégeté-

sének a kérdését a globális anyag- és energiaáramlás egészén belül. Tudósok ismételtetik, hogy a biomassza elégetése szén-dioxid semleges, mert hogy annyi szén-dioxidot bocsátunk ki elégetése során, mint amennyit az életében megkötött. Mások azt fejtegetik, hogy megtermelése, szállítása és elégetése során bocsátunk ki annyit, mint amennyit az megköt életében. Megint mások azt állítják, hogy maga a folyamat ugyan nem szén-dioxid semleges, de a fosszilis energiahordozók elégetéséhez képest szén-dioxidot takarít meg.

### Hogy is van ez?

Egy növény nem lóg a levegőben, azaz nem vizsgálható önmagában, hiszen interakcióban van a talajjal, vízzel, levegővel, s más élőlényekkel. Tehát ha például egy erdőt nézünk vagy egy mezőgazdasági ültetvényt, akkor annak az egész anyag- és energiaforgalmát kell néznünk. Ebben a megvilágításban már nemcsak a szén-dioxid, hanem más üvegházhatású gázok, mint metán,  $N_2O$  is szerepet játszanak.

Az autotróf szervezetek a fotoszintézis során évente 180 milliárd tonna biomasszát termelnek, s megközelítőleg ugyanennyi használódik el a lézés és mineralizáció útján. Az élő biomassza széntartalma szárazföldi élőlények esetében 800 milliárd tonna (20 év tartózkodási idő), az óceánokban élők 5 milliárd tonna (0,2 év tartózkodási idő) szenet reprezentálnak. Az elhalt szárazföldi biomassza széntartalma 1 200 milliárd tonna, az óceánokban 1 000 milliárd tonna (tehát viszonylag kis mennyiségű biomassza nagy produkciót állít elő!), mindkettő tartózkodási ideje 30 év. Az atmoszféra 700 milliárd tonna szenet raktároz szén-dioxid formájában (Papp, S.-Kümmel, R.: Környezeti kémia), amelyből a földi vegetáció és tengerek élővilágának fotoszintézise egyaránt 35 milliárd tonna szenet köt le. A fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származó, légkörbe kerülő szén mennyisége 5,3 milliárd tonna, amely az összes légkörbe jutó szén-dioxid kevesebb, mint 5%-a. Például ezzel is egyensúlyt kellene tartania az üledékképződésnek, s a talajban folyó irreverzibilis szénlerakodásnak, ami a tengeri üledékek esetében 0,5 milliárd tonna, az irreverzibilis lerakodásnál kevesebb, mint 0,1 milliárd tonna szén. A tengerek szén-dioxid elnyelő képessége az emberi eredetű kibocsátások felére korlátozódik, így a légkör karboniumtartalmának növekedése 2 milliárd tonna, illetve 0,3%.

Ha csupán egy szárazföldi autotróf szervezetet nézünk, akkor az a fotoszintézis során megtermelt szerves anyag egy részét elégeti, tehát a megkötött szén-dioxid egy részét maga is visszajuttatja a környezetbe, más részét szervezetének felépítésére fordítja, tehát a szenet időlegesen raktározza. Addig pozitív ez a mérleg, amíg növekszik.

Ha az ökoszisztéma egészét nézzük, akkor az autotróf, szervesanyag-termelő növényekre heterotróf, szervesanyag-fogyasztó szervezetek települnek, akik elégetik a szerves anyagot, a megkötött szenet szén-dioxiddá oxidálják, kilélegzik, illetve a szén egy részét maguk is beépítik szervezetükbe. Az elhalt szárazföldi biomassza a korhadás, rothadás során lassan kerül lebontásra, amely időlegesen (30 év körüli tartózkodási idő) szenet von ki a körforgalomból. Ha a szervesanyag közvetlenül levegőtől elzárt körülmények közé kerül, vagy az őt korábban elfogyasztó szerve-

zettel történik ez elhalása után, akkor a szén fosszilizálódik, s ideiglenesen (108 év tartózkodási idő) kivonásra kerül a körforgásból. Természetesen a talajban lévő víz is tartalmaz szenet, vagy szén-dioxidot oldott formában vagy karbonátokban megkötve. A szén egy része tehát kivonásra kerül a gyors körforgásból, ha az ökoszisztéma egészét nézzük.

A talaj ember általi közvetlen vagy közvetett bolygatása azonban részben képes mobilizálni a tárolt szenet. A gyakori talajművelés, szántás, lazítás stb., átrendezi a talajban működő természetes folyamatok dinamikáját.

Az egyik lényeges hatás a talaj bolygatása közben a talaj szellőztetése, amely két úton is hozzájárul a szén mobilizációjához. A talaj idealizált térfogati összetételében a levegő a talaj térfogatának egynegyedét teszi ki, másik negyede víz, 45%-a ásványi anyag, 5%-a szerves anyag. A különböző méretű pórusokat kitöltő levegőben a szén-dioxid tartalom 6% körüli (levegőben: 0,037tf%). A szellőztetés egyrészt üvegház hatású gázok (ÜVHG) felszabadulásához vezet (szén-dioxid, metán, dinitrogén-oxid), másrészt mivel megváltoztatja a szén-dioxid koncentrációját, s megnöveli az oxigénkoncentrációt, ezért a talajban az oxidatív folyamatok kerülnek túlsúlyba.

Csak Magyarországon évente 4,8 millió hektáron 30-32 milliárd m<sup>3</sup> talajt mozgat meg a földművelő. A talaj kiszántásakor annak rétegezetsége vagy megfordul, vagy részben átfordul, ami azzal jár, hogy a mélyebben lévő, anaerob körülmények uralta rétegek aerob körülmények közé kerülnek, a felsők pedig rossz oxigénellátás közé. Az alulra került rétegekben tömeges baktériumpusztulás indul meg, az ásványosodás lelassul. Felül a mikroorganizmusok aktíválódnak, a lebontási folyamatok, humusz bontó folyamatok felgyorsulnak. A humusz degradációjával romlik a talaj szerkezetessége. A szerkezetességet tovább rontja az esőcseppek, valamint a taposás mechanikai hatása, amelyek a pórustérfogatot csökkentik. Az eketalp tömörödötté válik, benne a fermentáló baktériumok kapnak nagyobb szerepet, amelyek toxikusá teszik a talaj ezen rétegét a növényi gyökerek számára, így azok képtelenek ezeket a talajmélységeket használni.

A szántással kapcsolatos problémák enyhítésére alkalmazott mélylazítás (50-70 cm) ugyancsak növeli az aerob dinamikát a talajban. Ez ugyan detoxikálja a mélyebb rétegeket, de ott is megnöveli az oxigén jelenlétét, s ezzel mobilizálja a szenet. Látható, hogy a talajművelés nagyban megzavarja a talaj biodinamikáját, ugyanakkor a növénytermesztésre gyakorolt hatásai egymásnak ellentmondók. A talaj szénháztartását illetően elmondható, hogy összességében csökkenti a szerves szén mennyiségét, s növeli a talaj széndioxid leadását.

Szabó István Mihály „Az általános talajtan biológiai alapjai” (Mezőgazdasági kiadó, 1986) című könyvének 331. oldalán Schneider (1975), Keulen (1980) munkásságára hivatkozva a következőket írja: „A légkör szén-dioxid készleteinek növekedése, amelynek hatására az elkövetkező ötven évben a mezőgazdasági termelésre is kiható klímaváltozásokkal kell számolnunk, a fosszilis energiahordozók elégetésén kívül elsősorban is a szárazulatok talajainak szervesanyag-veszteségeire vezethető vissza, ...

Stuvier (1978) szerint a földfelszín szerves szénkészletei 1850 és 1950 között több mint 100 gigatonnával csökkentek (100 milliárd tonna). Ez a mennyiség megközelíti az ebben az időszakban elégetett szén mennyiségét.

A periódust követően valószínű, hogy a fosszilis energiahordozók elégetéséből származó szén-dioxid sokkal nagyobb mértékben nőtt, mint a mezőgazdasági talajművelésből származó kibocsátás. A kibocsátást csökkenthetnék volna az agrotechnikai eljárások változásai, a kevesebb talajműveléssel járó gazdálkodás, de nyilván az újabb és újabb gazdálkodásba vont földterületek kompenzálták a kedvező hatásokat. Ha csak továbbra is évente 1 milliárd tonna szén mobilizációjával számolunk, az akkor is egy olyan jelentős diffúz kibocsátás, amely döntően járul hozzá a légkör terheléséhez.

A légkör ÜVHG terhelésében a talajművelés a műtrágyázáson keresztül is szerepet játszik. A talaj természetes biodinamikájához tartozik, hogy a főlegesen mennyiségben jelenlévő nitrogént a denitrifikáció eltávolítja a talajból. Oxigén hiányában a fakultatív anaerob baktériumok nitrátlégrézésre térnek át, ennek segítségével égetik el a szervesanyagokat. A denitrifikációban ezért a nitrit és nitrát nitrogén-monoxiddá, dinitrogén-oxiddá és nitrogénné redukálódik. A talajból távozó nitrogén gázok kb. 10%-a dinitrogén-oxid.

Régen úgy gondolták, hogy denitrifikáció káros folyamat, mert csökkenti a talaj nitrogéntartalmát. Ezért is erőltették a talaj fokozott szellőztetését, hiszen a talajlazítás során felvett oxigén csökkenti a denitrifikálók aktivitását. Valaki úgy gondolhatná, hogy ez nagyon jó, így legalább kevesebb dinitrogén-oxid kerül ki a levegőbe. Ám ha a denitrifikáció nem távolítja el a főlegesen nitrogént, akkor a nitritek, nitrátok a talaj és talajvíz, majd az élővizek nitrátosodásához járulnak hozzá.

A denitrifikáció szerepe azonban pont azáltal nélkülözhetetlen, hogy az ember mesterségesen fixál nitrogént a levegőből, s nitrogén műtrágyák formájában azt bejuttatja a talajba. A túlzott műtrágyahasználat vezet a nitrogénfőlösleghez, s fokozódó denitrifikációs aktivitáshoz. Végül tehát így lesz a műtrágyázásból fokozódó üvegházhatás. Ha pedig ezt a rossz tulajdonságot szeretnénk az oxigén jelenlétével kiküszöbölni, akkor pedig éppen több szenet mobilizálunk.

Természetesen az ember okoskodása mindenképpen megtöri az ökológiai rendszerek (kibernetikus nyílt rendszerek) önszabályozási mechanizmusain. Sokan gondolják úgy, hogy a légkörben halmozódó szén-dioxid, vagy a talajban főlegesen lévő nitrogén – mint alapvető alkotói a szerves anyagoknak – fokozni fogják a szervesanyag termelését. Ez azonban a különböző tápanyagok felvételének egymás általi limitáltsága miatt nem így van. Például hiába igyekeznek géntechnológusok rávenni növényeinket a nitrogénfixációra, ha a fixálható mennyiséget limitálja a magas energiaigény, a molibdén, vas, kén elegendő jelenléte, vagy éppen a folyamat oxigénérzékenysége. A növekvő szén-dioxid koncentráció maga is limitáló tényező a talajban, mert gátolja a növények víz-, kálium-, nitrogén-, foszfor-, kalcium- és magnéziumfelvételét.

Az agrotechnikai műveletek nemcsak a talaj biodinamikájának megzavarása miatt járnak szén-dioxid kibocsátással, hanem közvetett módon is a szén mobilizációjához vezetnek. A közvetve előidézett folyamatok közül a talajpusztulást (defláció, erózió), s a vizes területek lecsapolását kell megemlíteni, mint az időlegesen raktározott szén mobilizációjának a forrását.

Az agrotechnikai műveletek legkézenfekvőbb összefüggése a szén-dioxid kibocsátással a műveletek végrehajtásához használt fosszilis energiahordozó elégetése. Nem ennyire nyilvánvaló azonban, hogy a gépek üzemeltetéséhez használt hajtóanyagok, kenőanyagok virtuális szén-dioxid kibocsátását is itt kellene számba venni, hasonlóan a virtuális energiafelhasználáshoz az energiamérlegben.

A szén-dioxid mérleghez tartozik a természetéshez szükséges műtrágya, szerves trágya és növényvédő szer előállításának, szállításának, kijuttatásának látható és virtuális energiafelhasználására eső szén-dioxid kibocsátás is. Illő számba venni az összes szállítási út és eszköz energiaigényét reprezentáló, továbbá a logisztikai műveletek és létesítmények látható és virtuális energiafelhasználásának szén-dioxid kibocsátását.

Ezután kell számolni a primer mezőgazdasági termékek konverziójának energiaigényére adódó szén-dioxid kibocsátással. Ez az átalakítási utak milyenségével, szakaszainak számával és hatékonyságával változik. Jól látható az etanol esetében, hogy mennyire fontos a virtuális kibocsátások számbavétele is a teljes életcikluson keresztül. Az etanol elégetésénél kiemelik annak alacsony szén-dioxid kibocsátást, ám nem számolják, hogy az alkoholos erjedésnél már elszállt a maradék.

Ezt követi a létrehozott, közvetlenül hasznosításra szolgáló hajtóanyag elégetése közben keletkező szén-dioxid mennyiségének figyelembe vétele a mérlegben.

Az energiamérleghez hasonlóan nehéz, de egyáltalán nem jelentéktelen kérdés, hogy hol számoljuk el azoknak az energiabefektetéseknek a szén-dioxid terhelését, amelyeket azért kell megtennünk, hogy a létrejött közvetlen és közvetett környezeti károkat orvosoljuk?

Ezek után térhetünk vissza a bevezetőben feltett három kérdés megválaszolására. Az nyilvánvaló, hogy magának a hajtóanyagoknak az elégetésekor annyi szén-dioxidot adunk el, mint amennyit a biomasszát reprezentáló hajtóanyag megkötött. A teljes biomassza nem kerül teljes mértékben elégetésre, pl. lehullott levelek, gyökerek stb., a talajban bomlanak le, s nagyjából egyensúlyba kerülnek a megkötést, kibocsátást illetően. Hangsúlyozni kell azonban, hogy a talajban időleges tárolásra kerülő szénkészlet lényegesen kevesebb, mintha a biomasszát teljes egészében a talaj hasznosítaná, s ezzel a mérleg a kiindulási állapothoz képest pozitív a kibocsátási oldalon. Természetesen az elsőszámú érvelés teljesen félrevezető, hiszen megfelelnek arról, hogy az égetésre kerülő hajtóanyag elégetéséig vezető folyamat szén-dioxid kibocsátása – még a legrövidebb hasznosítási út esetén is – a mérleget szuficitessé teszi a kibocsátás szempontjából. Ezért a második állítás, hogy a biomassza megtermelése, szállítása és elégetése során bocsátunk ki annyi szén-dioxidot, mint amennyit megkötött növekedése során, teljes képtelenség.

A harmadik állításon, hogy maga a folyamat ugyan nem szén-dioxid semleges, de a helyettesítésre kerülő fosszilis energiahordozók elégetéséhez képest szén-dioxidot takarít meg, ezen lehetne gondolkodni.

Mint az ökológiai lábnyom koncepció alapján ismert, energiafogyasztásunk is kifejezhető területben. Ennek alapja két számolási út. Az egyik azt számolja, mekkora területre van szükségünk ahhoz, hogy a fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származó szén-dioxidot elnyelje. Míg az ún. etanolhelyettesítési módszer azt mutatja meg, hogy mekkora területen lehet helyettesíteni ekvivalens mennyiségű fosszilis energiahordozóból származó energiát. Íme Rees és Wackernagel számításainak eredménye.

<i>Energia hordozó</i>	<i>Produktivitás (gigajoule/ha/év)</i>	<i>100 gigajoule/év lábnyoma hektárban</i>
<i>Fosszilis</i>		
<i>Etanol módszer</i>	80	1,25
<i>Széndioxid elnyelés</i>	100	1,0
<i>Vízierő (átlag)</i>	1,00	0,1
<i>alsőszakasz</i>	150-500	0,2-0,67
<i>felsőszakasz</i>	15 000	0,0067
<i>Napkollektor</i>	40 000	0,0025
<i>Napelem</i>	1 000	0,1
<i>Szélenergia</i>	12 500	0,008

Mint jól látható, az etanolhelyettesítési módszernek nagyobb a lábnyoma. Miért? Mert ahhoz, hogy megtermeljük a biomasszát, feldolgozhatóvá tesszük, s feldolgozzuk, ahhoz fosszilis energiahordozókból származó energiára van szükség.

Végül, annak a kérdésnek a feltevése, hogy szén-dioxid semleges-e a biomassa felhasználása, teljesen értelmetlen, hiszen az egész ökoszisztéma történéseit, s annak ÜVHG következményeit csak együttesen vizsgálhatjuk. Ebben a megközelítésben számolnunk kell más, a folyamathoz tartozó ÜVHG kibocsátásokkal is, mint amilyen a metán, dinitrogén-oxid, vízgőz stb.

A szén-dioxid globális egyensúlyát vizsgálva a biomassa felhasználással összefüggésben meg kell említeni, hogy az energetikai alapanyag-termelésre felszabadított természetes erdőkből alkalmasint több szén-dioxid szabadul fel kitermelésük, s a faanyag elégetése során, mint amennyi a közlekedésben elégetett üzemanyagokból származik. Egy hektár cukornád ugyan lehet, hogy megköt majd 13 tonna szén-dioxidot, ám ez a mennyiség 20 tonna lenne, ha a területen megmaradt volna az eredeti erdő. Arról nem beszélve, hogy az erdő klímakiegyenlítő szerepe messze kedvezőbb, mint egy cukornád ültetvényé.

A fent vizsgált három kérdéssel szemben viszont jogosan feltehető az a kérdés, hogy a mezőgazdasági szerkezetváltás járhat-e energiafelhasználási megtakarítással és környezeti teher megtakarításával. Erre a kérdésre a válasz egy feltételes igen, tehát az a kérdés, hogy mi az új szerkezet. Az üzemanyag célú termelés a jelenlegi termelésbe vont fajták területi átrendeződését vonná magával, de nem jelentene művelésiág-változást. Ezzel szemben a művelésiág-váltás a szántóföldi növénytermesztésről az energetikai célú fásszárú ültetvények irányába az előző kultúrákhoz képest javíthatja a környezeti teljesítményt. Itt sem lehet azonban magát a természet folyamatát a konverzió folyamatától elválasztani.

## V. Állásfoglalás

A megújuló energiaforrások felhasználása környezeti szempontból csak akkor lehet eredményes, ha a megújuló energiaforrásokból származó energiamentiség helyettesíti a fosszilis energiaforrásokból származó energiatermelést, s nem járul maga is hozzá az emberiség rohamosan növekvő energiaigényéhez. Az OECD országok energiafogyasztása harminc év alatt a hatékonyság növekedése mellett is 57%-kal nőtt, a nem OECD országok esetében pedig 124%-kal.

Az MTvSz állásfoglalása szerint az energiafelhasználás azonnali befagyasztására, majd pedig tervszerű csökkentésére van szükség. A csökkentés az energiahatékonysági intézkedésekből származhat. Az első tíz évben átlag évi 1%-os hatékonyságnövekedést, s fogyasztás-csökkentést kell elérni, majd a következő tíz évben átlag 0,5%-os hatékonyságnövekedés célkitűzése indokolt. A célkitűzés teljesíthetőségét mutatja, hogy az OECD országok évente átlag 1,1%-os hatékonyságnövekedést könyveltek el az utóbbi harminc évben. A mindenkori energiaforrás-felhasználáson belül kell gondoskodni arról, hogy a megújuló energiaforrások egyre növekvő mértékben helyettesítsék a nem megújuló energiaforrásokat. Ezen a téren évente a fennmaradó fosszilis energiaforrások 1%-ának helyettesítést tarjuk követhetőnek.

A megújuló energiaforrások közül a nem kimeríthetők (nap, szél) felhasználást kell előtérbe helyezni a kimeríthetőkkel (biomassza) szemben.

Magyarországot érő napsugárzás energiataralma több ezerszerese az ország energiaigényének. Tiszta időben a sugárzás intenzitása maximum 900–1000 W/m<sup>2</sup>, amely kedvező a nemzetközileg elfogadott 800 W/m<sup>2</sup> átlagértékhez mérten. Napenergia hasznosításra az ország egész területe alkalmas, a legkevésbé napos területek az Alpokalja és a Kisalföld északnyugati része, valamint Szabolcs-Szatmár-Bereg megye, ahol 850 W/m<sup>2</sup> a sugárzási intenzitás. Az ország többi részén 850-990 W/m<sup>2</sup>.

Az évi 2000-2200 napsütéses óraszám 280-300 napon tenné lehetővé a napkollektorok használatát. A melegvízhasználat 70-75%-át, a fűtési energiaszükséglet 30-35%-át lehetne napenergiával fedezni. Ha pusztán a napsugárzás energiataralmát nézzük, a jelenlegi PV technológiákkal 320 km<sup>2</sup>-nyi napelemmel elő lehetne állítani Magyarország villamosenergia-szükségletét elméletben. Ekkora felületméret akár az épületeken is rendelkezésre áll.

Jelen pillanatban a nagy beruházási költségek s a hosszú megtérülési idő nem teszi versenyképessé a piacon a napenergia felhasználást. A napenergia (aktív és passzív) hőtermelési alkalmazásának legfőbb akadálya eddig a rendkívüli mértékben támogatott földgázfelhasználás, a '80-as évektől indult erőteljes gázhálózat-fejlesztési program volt. A földgáz kedvezményes áfa körbe tartozott, s eredetileg még 2006-ra is 220 milliárd lakossági gázár-kompenzációt terveztek.

Annak módja, hogy mind az államot, mind a fogyasztókat megszabadítsuk az egyre növekvő terhektől, s a külső függőségtől is megszabaduljunk, az energiafo-

gyasztás befagyasztása és a fosszilis energiahordozók a nem kimeríthető, megújuló energiaforrásokkal való helyettesítése.

A kimeríthető, megújuló energiaforrások felhasználási lehetőségét az azokat megújító természetes rendszerek teljes eltartó- és tűrőképességének figyelembe vételével kell megtervezni.

Energetikai célokat szolgáló mező- és erdőgazdálkodási alapanyag-termelés akkor elfogadható:

- *Ha a felhasznált területen az előző felhasználással összevetve csökken a környezeti terhelés.*
- *Ha a teljes életciklusra kivetítve, a virtuális energiafelhasználásokat is figyelembe véve, az alapanyag és az abból történő energiatermelés, valamint a megtermelt energia hasznosítása pozitív környezeti mérleget mutat.*
- *Javul az energiabevitel és -kihozatal aránya.*
- *Ha javulnak a biodiverzitási mutatók, mind mennyiségi, mind minőségi vonatkozásban.*
- *Ha tájhonos fajok kerülnek hasznvételbe, kizárva az invazív és genetikailag módosított fajokat.*
- *Ha az eredeti ökológiai feltételeknek (talaj, vízháztartás, klíma) megfelelő, az azokat megtartó természettechnológia kerül kiválasztásra, amely nem csökkenti az adott ökológiai rendszer megújuló képességét.*
- *Ha a használat célja és eredménye bizonyítottan előnyösebb társadalmilag a megelőző használatnál.*
- *Ha a hasznosítás nem hoz hátrányba társadalmi csoportokat, azaz az energetikai hasznosítással összefüggésben nem sérülnek az alapvető szükségletek kielégítésének lehetőségei, s nem nő a társadalmi polarizáció.*
- *A megadott szempontok alapján ki kell dolgozni a különböző biomassza-hasznosítási módok fenntarthatósági elemzésének modelljét, s elemzések útján kell meggyőződni a feltételek teljesüléséről. Csak a teljes életciklusban pozitív társadalmi és környezeti eredményt hozó hasznosítási módokat szabad engedélyezni.*

## Zárszó

Álmodozunk azon, hogy a biomassza-termelés és -átalakítás energiaigényét ugyancsak biomasszából nyert energiából elégítjük ki, tehát a biomassza minden fosszilis tüzelőanyagot helyettesíteni tud.

Ebben az esetben következne be az a forgatókönyv, amely a természetben zajlik, s amelynek során szigorúan szabályozott módon történik a természeti erőforrások termelése, megújulása, ahol is a nettó produkció a napenergia megkötéséből származik. Ez a fenntartható szint az erőforrás-használatban, amelynek nettó produkciója sokkal szerényebb, mint a jelenlegi ember általi igény. A fenntartható társadalomban ezzel kellene megelégedni!

A produkció fokozása az emberiség által csak újabb, a biogeokémiai ciklus által nem hasznosított energiák bevitelével lehetséges, amennyiben ezt a „túlpörgetést” képes sérülésmentesen tolerálni az élő rendszer. Eddig a rendszert a biogeokémiai ciklus által félretett geológiai raktárakból szerzett fosszilis energiahordozók segítségével vettük rá a gyorsabb produkcióra, most ezekhez adunk még megújuló energiaforrásokat. Ez a kettő így teljes mértékben lehetetlen, a rendszer sérelméhez, szerkezetének és funkciójának változásához vezet.

Mi a helyzet, ha képesek vagyunk arra, hogy a fosszilis energiahordozókat teljes mértékben helyettesítsük? Ebben az esetben a túlpörgetéshez szükséges energiát megújuló energiaforrásokból fedezzük, s már csak az a fontos kérdés marad, hogy túlpörgethető-e a rendszer.

A rendszer túlpörgetése annak sérelme nélkül nem lehetséges, mert mint látható, a különböző folyamatok egymást bonyolult szabályozó mechanizmusokon keresztül limitálják. Ha a rendszer sérelme nélkül lehetséges lenne a felpörgetés, akkor ezt már maga a rendszer is megtette volna, hiszen a napsugárzás fölösleges mennyiségét nem hagyta volna kihasználatlanul.

Jó lenne belátni, hogy az energiateljesítmény csökkentésének nincs alternatívája!

## *Felhasznált irodalom*

- Adatok hazánk környezeti állapotáról. KvVM, 2004
- A bioetanolnak szüksége van biotechnológiára. In Zöld Biotechnológia, 2006/9.
- A Bizottság Közleménye: A biomasszával kapcsolatos cselekvési terv.  
COM(2005)628
- EUROPEAN COMMISSION:** Green Paper for a Community Strategy: Energy for the Future: Renewable Sources of Energy COM(96)576
- EUROPEAN COMMISSION:** Energy for the Future: Renewable Sources of Energy, White Paper for a Community Strategy and Action Plan Com(97)599 final (26/11/1997)
- GERGELY, K; VARRÓ, L.:** Megújuló energiaforrások Magyarországon – gazdasági vizsgálat. In ÖKO 2004. XII. évf. 1-2.szám
- GONCZLIK, A.; KAZAI, Zs.; KÖRÖS, G.:** Új utak a mezőgazdaságban. Energia Klub, 2005
- GRASSELLI, G.; SZENDREI, J.:** Fás szárú energetikai ültetvények és hasznosításuk. In Östermelő, 2006/3.
- Háttér tanulmány a Nemzeti Fejlesztési Terv II. Környezeti Operatív Programjának környezetbarát energetikai beruházások prioritásaihoz. Megújuló Energia Ipari Társaság, 2006
- INFORSE\_Europe response to Review of EU biofuels directive. Public consultation exercise, 2006
- JANOWSKY, J.; JANOVSKY, Zs.:** A szarvasi-1 energiafű fajta – egy új növénye a mezőgazdaságnak és iparnak. In Östermelő, 2006/3.
- Környezet és Energia Operatív Program. KvVM, társadalmi vitaanyag, 2006
- LUKÁCS, J.:** A mezőgazdaságban termelhető alternatív energiaforrások. In Östermelő, 2006/3.
- PAPP, S; KÜMMEL, R.:** Környezeti Kémia. Veszprémi Egyetemi Kiadó, 2005
- SCHMITZ, N.; HENKE, J.:** Innovation in the Production of Bioethanol and their Implications for Energy and Greenhouse Gas Balances, 2005.
- SZABÓ, I. M.:** Az általános talajtan biológiai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, 1986

## *Felhasznált honlapok*

WWW.FORESTPRESS.HU  
WWW.GREENINFO.HU  
WWW.GENET-INFO.ORG  
WWW.BIOGAS.HU  
WWW.BIOGAZ-FORUM.HU  
WWW.ZOLDTECH.HU  
WWW.OMGK.HU  
WWW.KEKENERGIA.HU  
WWW.FOEK.HU  
WWW.MBMT.HU  
WWW.CAST-SCIENCE.ORG  
WWW.TECHNOLOGYREVIEW.COM  
WWW.INDYMEDIA.HU

## **Magyar Természetvédők Szövetsége**

A Magyar Természetvédők Szövetsége (MTvSz) A Magyar Természetvédők Szövetsége (MTvSz) célja a természet egészének a védelme, ezért állítottuk programunk középpontjába a fenntartható fejlődés megvalósításának elősegítését, ami a gazdasági, ökológiai és szociális kérdések együttkezelését követeli meg.

Az MTvSz 1989-ben alakult 32 tagcsoporttal, azóta dolgozik hazánk természeti értékeinek megóvásáért, a biológiai sokféleség megőrzéséért, valamint a környezetszennyezés csökkentéséért, megelőzéséért.

Az elmúlt 10 évben taglétszámunk többszörösére nőtt, így jelenleg 28 ezres tagságunk 93 tagszervezetben fejt ki tevékenységét. A tagcsoportok döntő többsége vidéken működik, programjaik rendkívül változatosak, jórészt a helyi környezeti, természeti problémák feltárására és megoldásának elősegítésére irányulnak. Ugyancsak nagy figyelmet fordítanak a helyi lakosság és fiatalok környezeti nevelésére, szemléletformálására, a környezetbarát fogyasztói magatartás kialakítására is. fogyasztói magatartás kialakítására is.

### **Nemzetközi kapcsolataink**

A Szövetség nemzetközi kapcsolatai kiterjedtek. A Szövetség nemzetközi kapcsolatai kiterjedtek. Szervezetünk tagja a Föld Barátainak (Friends of the Earth), a Természetvédelmi Uniónak (IUCN), az Európai Környezetvédelmi Irodának (EEB), a Közép- és Kelet Európai Bankfigyelő Hálózatnak (CEE Bankwatch) és a Közép-Kelet-Európai Biodiverzitás Munkacsoportnak (CEEWB). Biodiverzitás Munkacsoportnak (CEEWB).

### **Tevékenységeink**

- A fenntartható fejlődés elveinek megvalósítása
- A fenntartható fejlődés elveinek megvalósítása érdekében: döntéshozók meggyőzése, a lakosság szemléletformálása és a helyi programok támogatása
- Az országos, nemzetközi és helyi szintű döntések befolyásolása környezetünk megóvása érdekében
- Kampányok aktuális környezetvédelmi ügyekben, például Verespatak és a Zengő védelmében
- Gyakorlati természetvédelem segítése, a természeti értékek megőrzése
- Agrár-környezetgazdálkodás, vidékfejlesztés ügyének előmozdítása, génmódosított termékek elleni fellépés
- Hozzájárulás a globális környezetvédelmi problémák megoldásához
- Környezeti szemponok érvényesítése az ipar működésében, kampány egy szigorú európai vegyianyag politikáért
- A fenntarthatóság és a társadalmi részvétel erősítése a fejlesztési politikákban
- Nemzetközi pénzügyi intézmények ellenőrzése, Bankfigyelő Hálózat
- Környezeti szemléletformálás és nevelés, kapcsolattartás a médiával, rendszeres média megjelenések érdekében
- A tagszervezetek és a környezetvédő mozgalom tevékenységének támogatása
- Közös országos szakmai programok, kampányok szervezése a tagszervezetekkel szervezése a tagszervezetekkel