

A BIOMASSZA ENERGETIKAI CÉLÚ TERMELÉSE MAGYARORSZÁGON*



**Budapest
2011**

Kiadó:
Agrárgazdasági Kutató Intézet

Felelős kiadó:
Kapronczai István
főigazgató

Szerkesztőbizottság:
Biró Szabolcs, Juhász Anikó, Kapronczai István,
Kemény Gábor, Mihók Zsolt (titkár), Popp József,
Potori Norbert

Szerkesztők:
Popp József
Potori Norbert

Szerzők:
Popp József
Aliczki Katalin
Garay Róbert
Kozak Anita
Nyárs Levente
Radócné Kocsis Teréz
Potori Norbert

Lektorok:
Dr. Lengyel Antal
Dr. Penninger Antal
Dr. Olajos Péter

Szerkesztőség:
Agrárgazdasági Kutató Intézet
H-1093 Budapest, IX. Zsil u. 3-5.
Tel.: (36-1) 217-1011 Fax: (36-1) 217-7037
aki@aki.gov.hu
www.aki.gov.hu

Nyomda, kötészet: Prime Rate Kft.

ISBN 978 963 491 570 6
HU ISSN 2061 8204

Minden jog fenntartva. A kiadvány bármely részének sokszorosítása, adatainak bármilyen formában (nyomtatott vagy elektronikus) történő tárolása vagy továbbítása, illetőleg bármilyen elven működő adatbázis kezelő segítségével történő felhasználása csak a kiadó előzetes írásbeli engedélyével történhet.

Tartalomjegyzék

Köszönetnyilvánítás	5
Bevezetés	7
1. A biomassa fogalma	11
2. A biomassa energetikai hasznosításáról általában	13
2.1. Hőtermelés	13
2.2. Biogáz-előállítás	14
2.3. Termikus kigázosítás	16
2.4. Folyékony hajtóanyagok előállítása	17
3. A biomassa közvetlen eltüzeléssel történő hasznosítása Magyarországon	21
3.1. Alapanyagok	24
3.2. Erőművi felhasználás	35
4. A biogáz termelése és felhasználása Magyarországon	39
4.1. A biogázüzemek létesítésének feltételei	42
4.1.1. Alapanyagok	42
4.1.2. Jogszabályi feltételek	43
4.1.3. Gazdasági feltételek, az üzemeltetés költségei és bevételei	47
4.1.4. A biogázüzemek gazdaságossága az Európai Unióban	54
4.1.5. A zöld villamos energia kötelező átvételével kapcsolatos tapasztalatok az Európai Unióban	59
4.1.6. A biogáz földgáz-minőségre tisztítása és további hasznosítása	60
4.1.7. A biogáz földgázhálózatba történő betáplálásával kapcsolatos tapasztalatok az Európai Unióban és Magyarországon	62
4.1.8. A biogáztermelés helyzete és lehetőségei Magyarországon	64
5. A bioüzemanyagok termelése és felhasználása	71
5.1. A bioüzemanyagok gyártásának, felhasználásának és kereskedelmének nemzetközi tendenciái	71
5.1.1. Helyzetelemzés	71
5.1.2. A fejlett bioüzemanyagok elterjedése	76
5.1.3. Az autópálya, a közlekedés és a szállítás energiahatékonysága	80
5.2. A bioüzemanyag piacának szabályozása az Európai Unióban	82
5.3. A bioüzemanyagok termelése és felhasználása Magyarországon	85
5.3.1. Az első generációs bioüzemanyag-gyártásban felhasználható mezőgazdasági alapanyagok termelése	85
5.3.2. A bioüzemanyag-gyártás alapanyagigényének élelmiszerárakra gyakorolt hatása	88
5.3.3. A meglévő és az építés, tervezés fázisában lévő bioüzemanyag-termelő kapacitások	92
5.3.4. A komplex kisüzemi rendszerek életképessége	96
5.3.5. A bioüzemanyag-gyártás során keletkező melléktermékek hasznosítási lehetőségei	97
5.3.6. A bioüzemanyagok termelésének és felhasználásának hatása az energiabiztonságra és a környezetre	103

5.3.7. A bioüzemanyagok felhasználása Magyarországon.....	107
5.3.8. A közlekedés várható energiaigénye és a 2020. évi célok eléréséhez szükséges bioüzemanyag-mennyiség	110
5.3.9. Magyarország bioüzemanyag külkereskedelme	111
5.3.10. A bioetanol regionális piacának elemzése.....	113
Összefoglalás	117
Summary	123
Kivonat.....	129
Abstract.....	130
Irodalomjegyzék	131
Táblázatok jegyzéke.....	139
Ábrák jegyzéke	141
Mellékletek	143
Mellékletek jegyzéke	144
A könyvsorozatban megjelent kiadványok	157

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk dr. Dióssy Lászlónak (Uniker Zrt.), dr. Fári Miklósnak (Debreceni Egyetem), Fuchsz Máténak (Első Magyar Biogáz Kft.), dr. Kohlheb Norbertnek (Szent István Egyetem), dr. Márton Lászlónak (Debreceni Egyetem és University of South Carolina, Columbia-SC, USA), dr. Rétzey Istvánnének (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem), dr. Simon Lászlónak (Nyíregyházi Főiskola), Somosné Dr. Nagy Adriennek (Pilze-Nagy Kft.), továbbá a Biomassza Termékpálya Szövetségnek, akik észrevételeikkel, hasznos tanácsaikkal segítették kutatómunkákat.

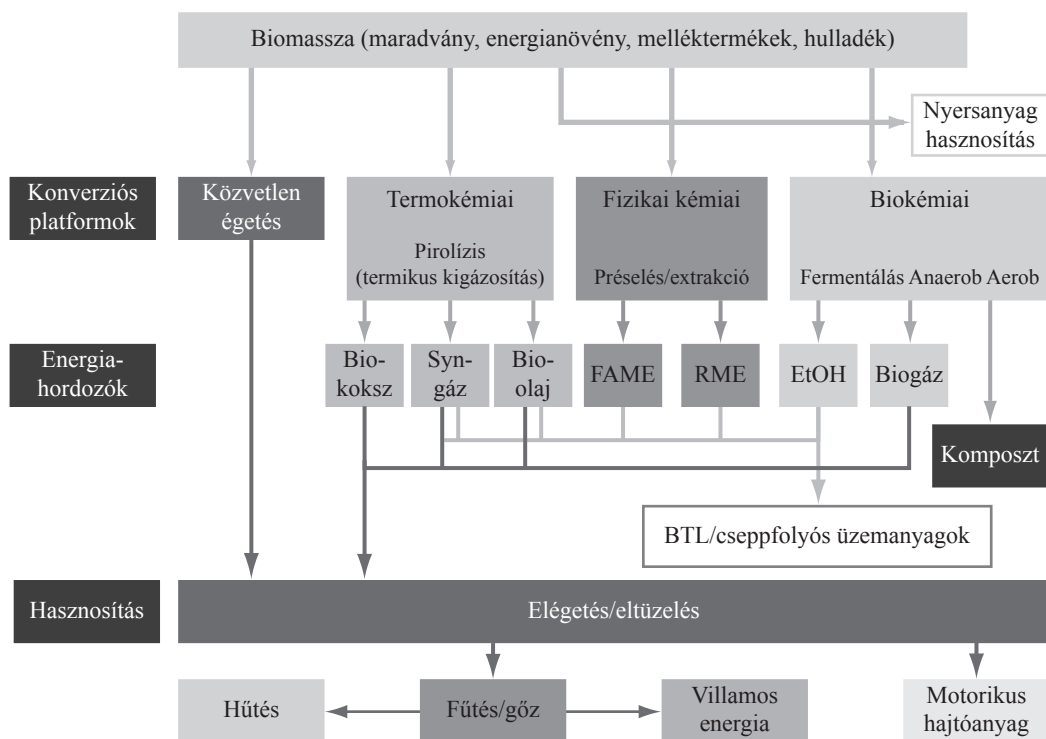
Bevezetés

Magyarország megújuló energiaforrások tekintetében szegény ország, a biomassa termeléséhez azonban megfelelő adottságokkal rendelkezik. A hazai primerenergia-felhasználásnak jelentős része megtermelhető lenne biomasszából – még a mai technológiai szint mellett is. Korlátot elsősorban a különböző gazdaságossági és fenntarthatósági szempontok, valamint a felhasználói oldalon a környezettudatosság lassú fejlődése és a szerény fizetőképes kereslet jelentenek.

A biomassa energetikai célú hasznosításakor egyrészt számolni kell azzal, hogy egyes biomasszaféleségek a korlátozottan rendelkezésre álló termőföldrért versenyeznek és hosszabb vagy rövidebb időre kizárják annak egyéb célú hasznosítását (haszonáldozat), másrészt figyelembe kell venni, hogy egy-egy biomasszaféleség többféle módon is előkészíthető, feldolgozható, így abból különböző végső felhasználásra alkalmas energiahordozók állíthatók elő (1. ábra).

1. ábra

Biomassa átalakítási platformok energetikai hasznosítás esetén



Forrás: GKI [2009]

A biomassa energetikai hasznosításának optimalizálásához fel kell mérni az átalakítási platformok és az ellátórendszerek korlátait és lehetőségeit. A biomassa egyik fontos tulajdonsága a fosszilis energiaforrásokénál kisebb energiasűrűség (a szénláncokhoz sok oxigénatom kapcsolódik). A biomasszára alapozott energiatermelés méretgazdaságossági optimuma a logisztikai költségek miatt esetenként kisebb az energetikában általában jellemzőnél, ami bizonyos nyersanyagok decentralizált, keletkezési helyéhez közeli felhasználása mellett szól.

Noha természeti adottságaink megfelelőek a megújuló biomassza hasznosításához, fontos leszögezni, hogy a biomassza energetikai célú felhasználásának és az ehhez szükséges alapanyag előállításának szempontjai ütközhetnek a természetvédelmi szempontokkal, az erdőgazdálkodás és az élelmiszeripar, de akár más feldolgozóipar (pl. takarmány- és textilipar) érdekeivel is. Ezért fontos kormányzati feladat térségenként összhangot teremteni a rendelkezésre álló földterületek ökológiai funkciója, a lehető legmagasabb szintű ökoszisztéma-szolgáltatás iránti igények és az energetikai szempontok, illetve a befektetői elvárások között.

A politika ma környezetvédelmi, de különösen vidékfejlesztési szempontból ítéli kiemelten fontosnak és igyekszik ösztönözni a decentralizált energiatermelést, akkor is, ha a piaci realitás az ilyen törekvésekkel esetenként nem harmonizál (pl. üzemanyag célú etanol vagy biodízel gyártása). Ezért a megújuló energiaforrásokat és ezen belül biomasszát hasznosító rendszerek széleskörű elterjedéséhez és használatuk elősegítéséhez állami segítségre (adókedvezmények, támogatások) van szükség. Az ezzel kapcsolatos felelős, az elérhető uniós és nemzeti források ésszerű elköltéséről rendelkező döntések meghozatalakor egyszerre kell figyelembe venni a hatékonyság (gazdaságosság), a fenntarthatóság és a decentralizáció szempontjait.

Versenyképességünk javítása érdekében a mezőgazdaság fejlesztése, modernizálása elkerülhetetlen, ez azonban a foglalkoztatás csökkenését vonja maga után. Ugyanakkor a biomasszára alapozott decentralizált energiatermelésnek – különösen a nem hasznosított területek termelésbe vonása esetén – pozitív hatása lehet a foglalkoztatásra, hiszen a biomassza jellemzően olyan rurális térségekben keletkezik Magyarországon, ahol a munkanélküliség egyébként komoly probléma. A szilárd biomassza begyűjtése, szállítása, valamint a feldolgozóüzemek és az erőművek kiszolgálóegységeinek kezelése kétségtelenül támaszt valamekkora élőmunkaigényt. Ennél talán fontosabb, hogy az erőművek hulladékhőjének hasznosítására például új kertészeti termesztő berendezések épülhetnek, amelyekben a nagy kézimunka-igényű kultúrák (zöldségfélék, dísznövények) – egyéb korántsem elhanyagolható feltételek (részletesen ld. Popp *et al.* [2008]) teljesülése esetén – versenyképesen termeszthetők. Ezáltal a biomassza hasznosítása hozzájárulhat az alacsonyban képzett és a munkaerőpiacon hátrányos helyzetű rétegek alkalmi, illetve rendszeres foglalkoztatásához.

A biomassza hasznosítása terén kiemelt szerepe van a kutatás-fejlesztésnek (K+F) és az innovációnak (I). Mivel a technológiai fejlődés gyors és látványos, a K+F+I tevékenység elhanyagolásának kétségtelen következménye a lemaradás. A biomassza hasznosításával kapcsolatos kutatás-fejlesztésnek a fenntartható mezőgazdasági termelést kell szolgálni. Ehhez olyan, évtizedeken átívelő stratégia kidolgozására van szükség, amely az egyes termékpályák minden szintjének (nyersanyag-termelés, feldolgozás, felhasználás, logisztika) input- és output-elemeit magában foglalja. Lényeges feladat a beruházók és a fogyasztók széleskörű tájékoztatása a megújuló energiaforrások gyakorlati alkalmazásának lehetőségeiről. A „zöld marketing” és a szemlélet formálása legalább olyan fontos, mint a konkrét jogszabályi beavatkozások.

Tanulmányunkban a biomassza fogalmának definiálása, majd energetikai hasznosításának rövid, általános bemutatása – ami a témakörben még kevésbé tájékozott olvasók eligazodását könnyíti – után külön fejezetekben, részletesen tárgyaljuk a szilárd biomassza, továbbá a biogáz és a bioüzemanyagok termelésének és felhasználásának magyarországi lehetőségeit.

A mozgásteret az előttünk álló évtizedre az Európai Unió tagállamaként tett kötelezettségvállalásaink és a piaci realitások egyértelműen meghatározzák. Nem célunk a létező, illetve fejlesztés alatt álló termelési, feldolgozási és felhasználási technológiák tényleges környezeti hatásainak vizsgálata, hiszen a szakpolitika uniós és tagállami szinten megszabta a fenntarthatósági minimumfel-

tételeket, amelyek teljesítése a piaci szereplők számára elméletileg nem okozhat nehézséget. Nem célunk továbbá a biomassza-termelés és -felhasználás olyan alternatíváinak bemutatása, amelyeket a piac egyelőre nem igazolt vissza.

Vizsgálatunkat megnehezítették a különböző források hazai biomassza-potenciálra vonatkozó adatai közötti jelentős eltérések, különösen a szilárd biomassza és a biogáz esetében. Az objektív, szakmailag megalapozott elemzést és a jövőre vonatkozó következtetések levonását hátráltatta, hogy a biomassza bármilyen energetikai hasznosításáról kevés a független forrásból származó, megbízhatónak tekinthető információ. A szakértői becslések, illetve a kutatóintézetek, a szakmai szervezetek és a különböző érdekcsoportok által publikált számok és megállapítások közötti ellentmondások miatt többnyire a Magyarország megújuló energia hasznosítási cselekvési tervében közölteket fogadtuk el kiindulási alapnak, számításaink során ezekre támaszkodtunk.

1. A biomassza fogalma

A Föld legfontosabb energiaforrása az élő és élettelen szerves anyagokban megkötött energia, ami származhat nem megújuló (fosszilis energiahordozók), megújuló (pl. napsugárzás, légmozgás stb.), illetve megújítható forrásból (pl. biomassza). A nem megújuló, fosszilis energiahordozók mennyisége korlátozott és kimeríthető. A fenntartható energiagazdaság biztos és kiegyensúlyozott működése hosszútávon már nem építhető kizárólag fosszilis energiahordozókra, ezért a figyelem egyre inkább a megújuló és megújítható energiaforrások használatára irányul. A megújuló energiaforrásokra jellemző, hogy egy bizonyos időciklus alatt, jelentősebb emberi beavatkozás nélkül újratermelődnek és a kimerülés veszélye nélkül felhasználhatók. Használatuk nem ütközik a fenntartható fejlődés alapelveivel és szemben a fosszilis energiahordozókkal (kőszén, kőolaj, földgáz stb.), nem okoznak olyan halmozódó káros hatásokat, mint amilyen az üvegházhatás, a levegő vagy a vizek szennyezése. A megújuló energiatípusok közé tartozik a napenergia, a vízenergia, a szélenergia, az árapály-energia, a hullámzási energia, a geotermikus energia és a biomasszából nyerhető energia. Az árapály és a hullámzási energia termelésére Magyarországon nincs lehetőség, míg a víz- és szélenergia előállítását a nagy területigény, a kinyert energia raktározásának nehézségei és a szélsőséges rendelkezésre állás korlátozzák. A napenergia – jóllehet, begyűjtésére alkalmasak a napelemek és a napkollektorok – a legtermészetesebben és a leghatékonyabban a biomasszát alkotó fotoszintetizáló növényekkel akumulálható. Ezért a legegyszerűbben előállítható, tárolható és felhasználható megújuló energiaforrásnak Magyarországon a biomassza számít.

A biomassza fogalma rendkívül összetett: másként értelmezi azt egy természettudós, másként egy környezetvédő vagy egy energetikai szakember. A különböző alapanyagok és hasznosítási technológiák figyelembevételével született számos meghatározásból [Brown, 1998; Barótfi, 1998; Bai *et al.*, 2002; Giber, 2005; stb.] kiindulva az alábbiak szerint definiáltuk a biomassza fogalmát.

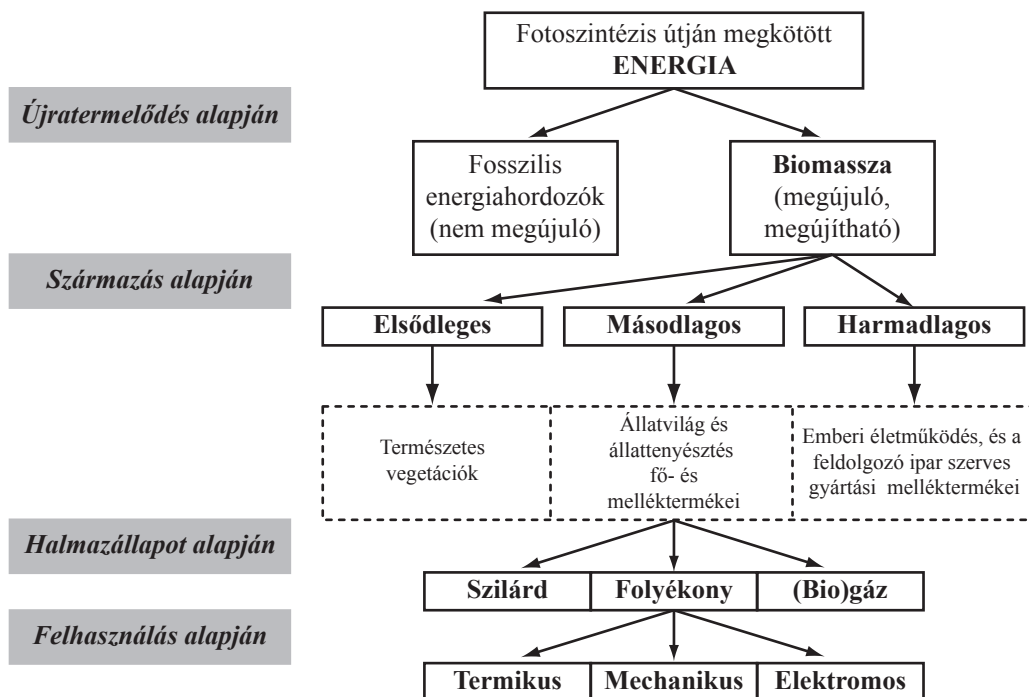
A biomassza valamely élettérben egy adott pillanatban jelenlevő élő és élettelen szerves anyagok összessége. Ez tágabb értelemben a Föld teljes élőtömegét, szűkebb értelemben az energetikailag hasznosítható megújuló, illetve megújítható szerves anyagokat jelenti.

Származás alapján megkülönböztetünk elsődleges, másodlagos és harmadlagos biomasszát. Az elsődleges biomassza körébe soroljuk a szántóföldi és kertészeti növényeket, az erdőket, a réteket és a vízben élő növényeket. A növénytermesztés és az erdőgazdálkodás befektetett összes energia négy-öttszörösét termeli meg biomasszaként. A másodlagos biomassza az állatvilág, illetve az állattenyésztés fő- és melléktermékeit, hulladékait foglalja magában, míg az emberi életműködés melléktermékeit és a feldolgozóipar szerves gyártási melléktermékeit a harmadlagos biomasszákat körébe helyezzük (2. ábra). A biomassza tehát lehet növényi, állati, emberi és vegyes eredetű.

A biomassza felhasználásának módját összetétele és nedvességtartalma határozza meg. Az alacsony nedvességtartalmú biomassza eltüzelhető, fűtőértéke magas. A közepes nedvességtartalmú biomassza – jellemzően növényi vagy állati eredetű hulladékok (pl. zöld növényi hulladék, állati eredetű szennyvíziszap, trágya) gázosítható, biogáz előállítására kitűnően alkalmas. A magas nedvesség-, cukor-, keményítő-, cellulóz- és olajtartalmú növényekből előállítható biomassza elsősorban folyékony motorhajtóanyagként (közlekedés) hasznosítható.

A biomassza alapvetően öt nemzetgazdasági ágból származhat: növénytermesztés, állattenyésztés, élelmiszeripar, erdőgazdaság és kommunális szféra. Hasznosításának fő irányai az élelmiszertermelés, a takarmányozás, az energetikai hasznosítás és a talajerőpótlás. Az energetikai hasznosításon belül kiemelendő az eltüzelés, a pirolizálás, továbbá a biogáz-, az etanol- és a biodízel-előállítás.

A fotoszintézis útján megkötött energia csoportosítása



Forrás: AKI, Agrárpolitikai Kutatások Osztálya

A biomasszából közvetlen eltüzeléssel hőt, fizikai-kémiai átalakítással szilárd és folyékony energiahordozókat, termokémiai eljárással gáznemű, míg biokémiai konverzióval folyékony és gáznemű energiahordozókat lehet előállítani. Ezekkel motorokat, turbinákat, tüzelőanyag-cellákat lehet üzemeltetni, valamint villamos áramot lehet előállítani. A biomassa – a szén, a kőolaj és a földgáz után – a világ negyedik legfontosabb hasznosított energiaforrása. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) becslése szerint világviszonylatban a felhasznált energia kb. 10 százaléka származott biomasszából 2008-ban.

2. A biomassza energetikai hasznosításáról általában

2.1. Hőtermelés

A szilárd biomassza (pl. fás és lágyszárú energianövények, mezőgazdasági hulladékok) felhasználása a légköri üvegházhatás szempontjából azért előnyös, mert az elégetéskor levegőbe kerülő széndioxid mennyisége kisebb, mint amit a biomasszát alkotó szervezetek fejlődésük során magukba építettek.

A biomassza-erőművek Magyarországon döntően erdészeti alapanyagokat (pl. tűzifa, vágástéri hulladék, nyesedék, tuskó, ág) használnak fel¹. A faipari hulladékok (pl. forgács), a rövid vágásfordulójú fás szárú (pl. fűz, nyár) és a lágyszárú szántóföldi energianövények (pl. energiafű, *Mischantus*), a mezőgazdasági melléktermékek (pl. szalma, szár, csutka) és hulladékok (venyige, nyesedék), az állattartásban és a mezőgazdasági alapanyagok feldolgozása során keletkező hulladékok (pl. maghéj), valamint melléktermékek (pl. olajpogácsa) és szennyvíziszap fosszilis tüzelőanyagokkal történő együttegetése is gyakorlat. Ez utóbbi alapanyagok részaránya a bioenergia-termelésben azonban egyelőre még elenyésző.

A nemzetközi gyakorlatban az erőműveknek beszállított biomassza döntő része ún. biomix. A biomix különféle biológiai eredetű összetevők elegye. A vegyítésnek köszönhetően a biomixek minőségi paraméterei kiegyenlítettebbek, fajlagos fűtőértékük azonos². Így az erőművek működése az optimális tartományban tartható.

A biomassza-tüzelőanyagok elégetése aprítékként, pelletizálva, brikettként vagy bálázva történik. Kisebb teljesítményigényű vagy egyedi megoldásoknál más módszerek (pl. kandalló vagy elgázosító esetén kisebb rönkök, hasábok tüzelése) is elterjedtek.

Az apríték laza szerkezetű halmaz, amelynek nedvességtartalma széles tartományban változhat, ezért szállítása és tárolása átgondolt, esetenként speciális technológiai rendszert igényel. Az apríték szokásos mérete 5-10 cm (rostirányú hosszúság).

A pellet kis méretének és nagy energiasűrűségének köszönhetően gazdaságosabban tárolható és szállítható, adagolása tüzeléstechnikai szempontból könnyen automatizálható. A körcellás, görgős préseken készített pellet jellemzően henger alakú, átmérője 6-8-10-12 mm, hossza 10-25 mm. A tűzipellet fizikai, energetikai és minőségi jellemzőit nemzetközi szabványok rögzítik, amelyek alapján homogén, kiegyenlített, 10 százalékos nedvességtartalmú tüzelőanyagról beszélhetünk.

A dugattyús vagy csigás préseken gyártott brikett szintén egy tömörítvény, amely csupán méreteiben (hossza 50 mm vagy több) és alakjában (kör, négyszög, sokszög stb.) tér el a pelletétől.

¹ Nemzetközi szakirodalmi adatok alapján az erdőművelés energia-kihozatala igen kedvezőnek mondható. Az 1 m³ kérgezett faanyag teljes termelési életciklust felölelő energiaszükséglete 150-200 MJ/m³, attól függően, hogy kisebb (3-4 m³/hektár/év) vagy nagyobb hozamú (9 m³/hektár/év) területről van szó, illetve hogy milyen betakarítási technológiát alkalmaznak. Ugyanis a nagyüzemi gépesített betakarítás energiaszükséglete 32 MJ/m³, míg a motormanuális (kézi láncfűrész) megoldásé 27 MJ/m³. A kitermelt fa átlagos energiatartalma 7 700 MJ/m³, amihez képest a termeléshez szükséges 200 MJ mindössze 3 százalékot képvisel [Berg és Lindholm, 2003]. Korszerű tüzelőberendezéseknél 1 kg tüzelőolaj 2,5-3 kg faaprítékkal, illetve 2-2,5 biobriketttel váltható ki, a fa nedvességtartalmától függően.

² Pl. a száraz-örléses technológiával működő etanolgyárakból kikerülő 90 százalékos szárazanyag-tartalmú gabonatörköly, röviden DDGS fűtőértéke hasonló a lignitéhez, míg a malomiparban keletkező korpáé annak közel kétszerese; az olajpogácsákat és a szalmát, eltérő tulajdonságaik miatt, rendszerint gombakomposztal keverik stb.

A bála elsősorban a mezőgazdasági eredetű lágyszárú növények (többnyire a gabonaszalma³) összepréselésével előállított, nagyméretű tömörítvény, préselvény. Jól tárolható, gépi anyagmozgatása megoldott. A bálákat rendszerint megjelenési formájuk szerint osztályozzuk, így megkülönböztetünk körbálát, szögletes bálát, kis és nagy bálát. A bálák eltüzelésének technológiai megoldásai ki vannak dolgozva, erre számos európai országban akad működő példa. A bálátüzeléses erőművek beruházásának előkészítésénél mindenképpen indokolt kikérni a technológiát szállító és/vagy gyártó írásos állásfoglalását arról, hogy a berendezések a hazai követelményeknek megfeleljenek. A hazai gyártású bálátüzelő kazánok ilyenek.

2.2. Biogáz-előállítás

A biogáz olyan gázelegy, amely szerves anyagok anaerob körülmények között (oxigénmentes környezetben) történő lebontása során képződik. A biogáz-előállítás során, az eljárástól és a felhasznált szerves anyagtól függően, metán, széndioxid, kisebb részben nitrogén, hidrogén, kénhidrogén és ammónia keletkezik (1. táblázat).

1. táblázat

A biogáz összetétele

Megnevezés	Max. (%)	Mín. (%)	Átlagosan (%)
Metán	70	55	66
Széndioxid	44	27	31
Oxigén	1	-	Egyéb energetikailag használhatatlan gázok: 3
Nitrogén	1	0,1	
Kénhidrogén	2	-	

Megjegyzés: az ammónia megengedett koncentrációja 100 ppm, a kénhidrogén megengedett koncentrációja 500 ppm a nyers biogázban.

Forrás: Kacz és Neszmélyi [1998], valamint Jensen és Jensen [2005]

A biogáztermelés mikrobiológiai folyamatában fontos szerepe van a hőmérsékletnek. A mezofil baktériumok 32-42°C, a termofilok 50-57°C között legaktívabbak. A biogázok fűtőértéke 20-24 MJ/m³ között változik.

A **biogáz-erőművek döntően állati ürülék** (híg- és istállótrágya), **szennyvíziszap és növényi zöldhulladék keverékével üzemelnek**. Egy tipikus európai biogáz-erőmű 20 százalékban természetes hulladékot, 80 százalékban trágyát használ fel. Schulz és Eder [2005] szerint a biogáz-erőművet létesítő gazdaságok számára a biogáz előállítása a következő előnyökkel jár:

- a biogáz értékes energiaforrás;
- a trágya kellemetlen szaghatása csökkenthető;
- a trágya maróhatása csökkenthető;
- a trágya higiénizálható;
- a trágya nitrát-kimosódása mérsékelhető;
- a trágya állaga javítható;
- a trágya tápanyagai megőrizhetők;
- az állattartás kevésbé szennyezi a levegőt ammóniával és metánnal;
- a kijuttatott lebontási maradék javítja a növények tápanyag hasznosítását;

³ A gabonaszalma energiaértéke kb. 4,15 kWh/kg (250 kg szalma = 100 liter fűtőolaj).

- a kijuttatott lebontási maradék rontja a gyomnövények csírázókéességét;
- a szerves hulladékanyagok hasznosíthatók;
- a csatornadíj csökkenthető.

Ezek súlya természetesen eltérő lehet az egyes gazdaságoknál. Bár a felsoroltak kivétel nélkül fontosak, az elsődleges szempont mindig az, hogy értékes, sokoldalúan használható, **villamos és hőenergiává átalakítható, környezetbarát energiahordozó állítható elő**. A biogáz fejlődése számos tényezőtől (pl. alkalmazott technológia, fermentáció hőmérséklete, trágya összetétele, nedvességtartalma stb.) függ, ezért kihozatali mutatókat csak igen tág határok között indokolt megadni. A biogáz-termelés főként az alábbiakra alapozható:

- mezőgazdasági eredetű alapanyagok, közülük is elsősorban az állattartás melléktermékei (trágya, hígtrágya), lágyszárú növények stb.;
- szennyvíztisztítókból kikerülő szennyvíziszap;
- települési hulladékok (depóniagáz).

A mezőgazdasági melléktermékekre alapozott biogáz-erőművek gazdaságos működtetéséhez élelmiszeripari és élelmiszerhulladékokat (vágóhídon vagy halfeldolgozás során keletkező hulladékok, ételmaradékok stb.) is kevernek a biomasszába, ezáltal ugyanis növelhető a kinyerhető biogáz mennyisége és – korántsem mellékesen – csökkenthető a hulladékok ártalmatlanításának költsége.

A biogáz-erőművekből kikerülő **lebontási maradék** kórokozó mikroorganizmusokat nem tartalmaz, szaga nem kellemetlen (a komposztéhoz hasonló), állaga laza, könnyen kezelhető, a talajjal könnyen vegyül, nitrogéntartalma jól érvényesül. Ha megfelel a jogszabályokban meghatározott követelményeknek és teljesíti az ezekben rögzített határértékeket, **mezőgazdasági területre kijuttatható**.

A biomasszából nyert metán tisztítva, szűrőkkel finomítva biogáz-égőkben közvetlenül eltűzelhető vagy gázüzemű generátorok meghajtására használható⁴. A generátorok elektromos áramot, hőt és széndioxidot termelnek. Az áram felhasználható a mezőgazdasági üzemek ellátására, illetve az áramszolgáltatói hálózatra csatlakozva értékesíthető. A keletkezett hő a biogáz-erőmű tartályainak fűtése mellett (ez a hő kb. 30 százalékának hasznosítását jelenti) irodaépületek, istállók, üvegházak, földlak fűtéséhez, de akár terményszárítókna, szárítóüzemeknél is hasznosítható. A széndioxid üvegházakba juttatva a növények természetes tápanyagként szolgál.

A szűrt metán nem csak generátorok meghajtására lehet alkalmas, hanem betáplálható a földgázhálózatba is. Ekkor biometánról beszélünk. A földgázszolgáltatók által támasztott követelmények azonban szigorúak, hiszen a gáz minőségének széles sávban történő változását a nem lakossági végfelhasználók nehezen tolerálják. Ipari teljesítményű fogyasztóknál a gáz minősége közvetlenül befolyásolja a berendezések hatásfokát, ami arra ösztönzi az ellátókat, hogy a lehető legszűkebb tartományban tartsák/tartassák a gázminőségi jellemzők értékeit⁵.

⁴ A szűrt metángáz nem alkalmas sem közvetlen eltűzelésre, sem lakossági szolgáltatásra. Az előtisztítási eljárás során vizet és kénhidrogént választanak el, amelyek közül ez utóbbit ártalmatlanítani kell. Az előtisztított gáz már közvetlenül eltűzelhető. További szűrés után akár a földgázhálózati vagy gépjárművek üzemeltetésére alkalmas minőség nyerhető. A tisztítás mértékétől függően az előállítás költsége számottevően emelkedhet. A kis mennyiségben keletkező összetevőket (alkáli fémek, aromás vegyületek, szénmonoxid, halogének, sziloxánok stb.), a gáz felhasználásának módjától (gázturbina, földgáz-hálózat stb.) függően szintén ki kell vonni.

⁵ Megjegyzendő: a különböző forrásból származó földgázok legfontosabb összetevője a metán és bizonyos esetekben a széndioxid, valamint a nitrogén. Kéntartalmú összetevőket nem vagy csak igen kis mennyiségben tartalmaznak. A biogázokban jelen lévő ammónia, halogének és sziloxánok jellemzően nem fordulnak elő a földgázokban.

A biogázra alapozott belső energiaellátó rendszerek megépítése előtt célszerű körültekintő, alapos számításokat készíteni a hő- és áramsükségletről, az éves üzemeltetési időről és a költségekről, valamint az esetleges bevételekről (külső értékesítés) és a megtakarításokról.

2.3. Termikus kigázosítás

Éghető gáz nem csak szerves anyagok anaerob bomlásából, hanem azok termikus kigázosításából is nyerhető. Ez utóbbit biológiai szintézisgáznak is szokás nevezni. A kigázosításra már több működő technológia (fixágyas, fluidágyas, pirolízisen alapuló eljárás) létezik. Ezek mindegyikére jellemző, hogy a felaprított biomasszából nagy nyomáson és magas hőmérsékleten hidrogénben és szénmonoxidban gazdag éghető gázt állítanak elő. A keletkező szintézisgáz nagy arányban tartalmaz hidrogént (10-45 százalék) és szénmonoxidot (10-40 százalék), metánt azonban csak viszonylag keveset (0-20 százalék).

A légköri széndioxid biológiai megkötésével felépülő biomassza hőbontása (pirolízis) során a szintézisgáz mellett szilárd, porózus biokoksz és erősen savas kémhatású bioolaj keletkezik. Két alapvető hőbontási eljárás ismert, a gyors és a lassú pirolízis. Az előszárított, 10 százalékos víztartalmú biomassza gyors pirolízise 450-550°C-on másodpercek alatt lezajlik; a végtermékként nyert biokoksz, bioolaj és szintézisgáz súlyaránya 1:3:1 lesz. Amennyiben a piaci helyzet indokolja, a biokoksz súlyaránya lassú pirolízissel akár 50 százalékra is növelhető. E folyamat azonban órákig eltarthat.

A gyors pirolízis más biomassza-hasznosítási technológiákhoz képest energetikai szempontból igen hatékony: a reakció beindításához szükséges energia az előállítható energia mindössze 15 százalékaival egyenlő. A hőbontásos eljárások előnye, hogy a beruházás kevésbé tőkeigényes és a technológia kevésbé érzékeny a nyersanyag tisztaságára, homogenitására [Laird, 2008].

A szintézisgáz vegyipari szintézisek (metanolszintézis, formaldehid-szintézis, aldehidek és alkoholok előállítása, szénhidrogének *Fischer-Tropsch* szintézise, olefinszelektív *Fischer-Tropsch* szintézise) alapanyaga, szénmonoxid és hidrogén, továbbá nagy metántartalmú mesterséges földgáz (SNG) előállítására használható. A végtermékek többek között műtrágyák, vegyi és hajtóanyagok.

A bioolaj elsősorban értékes biokemikáliák előállítására használható gazdaságosan, de elektromos áram vagy szintézisgáz termelésére is alkalmas lehet. Hollandiai kísérleti eredmények alapján 1 tonna bioolajból 1,66 MWh energia nyerhető. Eszerint – az előállítási költségek figyelembevételével – a bioolaj olcsóbb energiaforrás, mint a nehézőlaj, míg ára a földgázéhoz hasonló [Wagenaar *et al.*, 2004].

A biokoksz a természetben igen lassan, évszázadok alatt bomlik le. A talajba juttatva kedvezően befolyásolja annak fizikai és kémiai tulajdonságait, ugyanis megköti a tápelemeket (ezért a biokokszsal dúsított talajokon kevesebb műtrágyát kell kijuttatni), csökkenti az agyagos talajok kötöttségét, javítja a homokos talajok vízmegkötő képességét. Emellett hozzájárul a légkör széndioxid-tartalmának csökkentéséhez. Lehmann [2007] becslései szerint a pirolízis akkor válhat gazdaságossá, ha a széndioxid-kvótarendszerben a kibocsátás-megtakarításért tonnánként legalább 37 dollárt (USD) fizetnek a piacon.

2.4. Folyékony hajtóanyagok előállítása

Az **etanol** (más néven etil-alkohol) kémiai úton etilénből, biokémiai úton magas cukor-, keményítő- és cellulóztartalmú növényekből állítható elő. Az első generációs üzemanyagcélú etanol (bioetanol) előállításának alapanyagai a magyarországi éghajlati viszonyok között elsősorban a gabonafélék (főleg a kukorica, esetleg a búza), másodsorban a gyökér- és gumós növények (pl. a cukorrépa vagy a burgonya) lehetnek.

Az etanol üzemanyagcélra használható tisztán, különböző arányú benzin (és dízel) keverékekben vagy vegyileg átalakítva. A benzinbe keverés történhet közvetlenül (jelenleg legfeljebb 10 térfogatszázalékig), illetve a kőolaj finomítása során keletkező melléktermék, az izobutilén hozzáadásával. Így jön létre a jelentős, 43-47 százalék közötti etanoltartalma miatt bioüzemanyagnak tekinthető etil-tercier-butiléter (ETBE). Az ETBE a leggyakoribb Magyarországon is használt hagyományos oktánszámnövelő, az ólomvegyületeket helyettesítő MTBE (metil-tercier-butiléter) kiváltására szolgál. Mivel az olajfinomítás melléktermékeként keletkező izobutilén csak korlátozott mennyiségben áll rendelkezésre, az ETBE gyártása erősen behatárolt.

Az etanol majdnem tisztán, ún. E85 üzemanyagként (névlegesen 85 térfogatszázalék, de legalább 70 térfogatszázalék etanol, valamint – a hidegindításhoz szükséges göznyomás beállítása érdekében – benzin keveréke) is használható a speciálisan kialakított, rugalmas üzemelésű (*flex-fuel*) motorokban. Korszerű elektronikával a hagyományos benzinüzemű gépjárművek is átalakíthatók, így teljes értékű benzinesként és etanolosként vagy bármilyen arányú benzin és etanolkeverékkel üzemeltethetők.

A benzin, az etanol és az ETBE energiataralma lényegesen különbözik: a motorbenzin fűtőértéke a legnagyobb, 32 MJ/liter, míg az etanolé a legkisebb, csupán 21 MJ/liter. Az ETBE fűtőértéke e két érték között van, 27 MJ/liter. Ugyanakkora távolság megtételéhez tehát etanoból többet kell tankolni, mint motorbenzinből. Az etanol azonban a magasabb oktánszám miatt hatékonyabban ég el, aminek következtében a motor hatékonysága is javul, így az etanolos jármű fogyasztása az alacsonyabb energiataralom által indokoltnál kisebb mértékben nő.

Biodízel alatt a növényi olajok bontásából keletkező növényi zsírsavak metil-alkohollal történő átéstervezésével nyert zsírsav-metilésztereket értjük. A növényi olajok természetes trigliceridek, vagyis egy háromértékű alkohol, a glicerin nagy szénatomszámú zsírsavakkal (pl. az olajsav: $C_{18}H_{34}O_2$) alkotott észterei.

Az első generációs biodízel termelésére a nagy olajtartalmú növények (pl. repce, napraforgó, szója, olajpálma) a legalkalmasabbak, de ezek közül Európában nagyobb területen csak a repce és a napraforgó termesztethető. A repcemagokból a 33-48 százalék olajtartalom 75 százalékát mechanikus préseléssel, a maradékot oldószeres extrakcióval nyerik ki; ezt az eljárást elsősorban a nagyobb kapacitású olajútók alkalmazzák.

A repceből (vagy a napraforgóból) kinyert olaj közvetlenül is hasznosítható motorhajtóanyagként, ehhez azonban át kell alakítani a motorokat. A probléma az olaj átéstervezésével kiküszöbölhető. Az átéstervezés során a növényi olajat lúgos közegben metanollal reagáltatják; végtermékként olaj-metilésztert (biodízelt) és glicerint kapnak. A biodízel tulajdonságai erősen hasonlítanak a hagyományos gázolajéhoz, ezért a biodízel bizonyos arányban – a jelenlegi üzemanyagszabványok szerint 7 térfogatszázalékig – a gázolajba keverhető (B7), és így alkalmas a hagyományos dízelmo-

torok meghajtására. Bizonyos, főként új konstrukciójú nehéz áruszállító járművek, traktorok, betakarítógépek, személygépkocsik és autóbuszok viszont a biodízelt tisztán (B100) is probléma nélkül tankolhatják.

A gázolaj és a biodízel energiatartalma jóval közelebb áll egymáshoz, mint a motorbenziné és az etanolé: a gázolaj fűtőértéke 36 MJ/liter, míg a biodízelé 33 MJ/liter.

Fontos megjegyezni, hogy míg a bioetanol tulajdonságai az alapanyagtól függetlenül állandóak, addig a zsírsav-metilészterek (biodízelek) kémiai és motorteknikai tulajdonságai eltérőek attól függően, hogy előállításuk milyen növényi olajból vagy állati zsírból történt. Ennek oka, hogy a különböző olajokat és zsírokat eltérő szénatomszámú és telítettségű zsírsavak építik fel, az olaj, illetve a zsír típusának megfelelő arányban [Hancsók *et al.*, 2006]. Az észterezendő zsírsavak hosszát és telítettségét a jelenleg alkalmazott feldolgozási technológiák nem befolyásolják, így a kiindulásul szolgáló olaj tulajdonságai a biodízellel átörökítődnének. Az évszakonként és földrajzi régióként eltérő biodízel szabványnak való megfelelést eltérő alapanyagok esetében ezért csak adalékanyagok hozzáadásával lehet biztosítani.

A hagyományos bioüzemanyagokkal szemben a **második generációs bioüzemanyagok** alapanyagai már nem élelmiszer- és takarmánynövények, nem feltétlenül versenyeznek a jó minőségű termőföldrékért, ezért – megfelelő technológia alkalmazása mellett – sikeresebben és hatékonyabban járulhatnak hozzá az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentéséhez.

A második generációs bioüzemanyagok alapvetően biokémiai és termokémiai eljárással állíthatók elő. A biokémiai eljárások közé tartozik az alkoholos erjedés; ekkor az aprítást, előkezelést, enzimes hidrolízist követően nyert erjeszhető cukrokból kémiai reakció útján etanol keletkezik. A cellulóz alapú bioetanol előállításához az alapanyagok széles köre, kukoricaszár, gabonaszalma, erdészeti melléktermékek, faipari hulladékok használhatók fel.

A termokémiai eljárás többféle technológiát (kokszosítás, gázosítás és pirolízis) foglal magába; ilyenkor az alapanyagokat a szárítást, aprítást követően hevítik, általában katalizátor jelenlétében. A folyamat során szilárd, folyékony (bioolaj) vagy gázhalmazállapotú termékek (szintézisgáz: szénmonoxid és hidrogén elegye) keletkeznek. Az alkoholos fermentáció során a lignin nem alakítható át etanollá, viszont a termokémiai folyamatban a szénhidrátok mellett a ligninből is szintézisgáz keletkezik. A szintézisgázból biometanol, dimetil-éter és *Fischer-Tropsch* dízel állítható elő. A metanol benzinbe keverhető vagy MTBE-vé (metil-tercier-butil-éterré) alakítható. A dimetil-éter a gázolaj helyettesítésére szolgál, átalakított dízelmotorokban használható.

Az első és második generációs bioüzemanyagok típusait, alapanyagait és gyártási eljárásait a 2. táblázat ismerteti.

2. táblázat

**Az első és második generációs bioüzemanyagok típusainak
áttekintése, alapanyagaik és termelési eljárásaik**

Bioüzemanyag típusa	Egyéb elnevezés	Alapanyag	Termelési eljárás
Első generációs bioüzemanyagok			
Bioetanol	konvencionális bioetanol	cukorrépa, gabonafélék	hidrolízis és fermentáció
Növényi olajok	tiszta növényi olaj (<i>pure plant oil</i> : PPO)	Olajnövények	hideg sajtolás/extrakció
Biodízel	biodízel energianövényekből repce-metil-észter (RME) zsírsav-metil/etil-észter (FAME/FAEE)	Olajnövények	hideg sajtolás/extrakció és átészterezés
Biodízel	biodízel hulladékokból (FAME/FAEE)	használt sütőolaj, állati zsír	átészterezés
Biogáz	tisztított biogáz	nedves biomassza	anaerob fermentáció
Bio-ETBE		Bioetanol	kémiai szintézis
Második generációs bioüzemanyagok			
Bioetanol	cellulóz alapú etanol	Lignocellulóz	előkezelés, fejlettebb tech- nológiát képviselő hidrolízis és fermentáció
Szintetikus bioüzemanyagok	<i>biomass-to-liquids</i> (BtL): <i>Fischer-Tropsch</i> (FT) dízel szintetikus biodízel biometanol bio-dimetil-éter (Bio-DME)	Lignocellulóz	gázosítás és szintézis
Biodízel	hidrogénezett biodízel	növényi olajok, állati zsír	hidrogénezés
Biogáz	SNG (<i>synthetic natural gas</i>)	Lignocellulóz	gázosítás és szintézis
Biohidrogén		Lignocellulóz	gázosítás és szintézis/ biológiai eljárás

Forrás: Biofuels Research Advisory Council

Harmadik generációs bioüzemanyagoknak azokat a bioüzemanyagokat tekintik, amelyek előállításához kizárólag bioüzemanyag-gyártás céljából termelt alapanyagokat (lág- és fásszárú energianövényeket, algákat) használnak fel. Az algák a növekedési és olajtermelési képesség tekintetében a leghatékonyabb organizmusok. Hektárra vetített olajhozamuk jóval nagyobb, mint a termelésben lévő, ismert olajnövényeké⁶, ezért területigényük lényegesen kisebb. Az olajtermelő algák tenyésztése azonban még egy sor kihívással néz szembe. Ilyen pl. a megfelelő alfajok szelekciója, a termeléstechológia – ezen belül főleg a betakarítás, víztelenítés, szárítás –, valamint a lipidek kivonásához, átalakításához szükséges technológia kidolgozása. A legfőbb probléma azonban – ha nem az egyébként kisebb hozamú nyílttavi termelésről van szó – a szükséges berendezések drágasága, továbbá hogy egy bioreaktor csöveiben növekvő algatelep keverése sok energiát emészt föl, ami megkérdőjelezi a biodízel ily módon történő előállítását. Megjegyzendő, hogy az algák tenyésztése némi tápanyag és a víz mellett – ami lehet édes, sós vagy akár szennyvíz is – nagy mennyiségű széndioxidot, intenzív megvilágítást és fagymentes környezetet igényel, ezért a kísérleteket főként erőművek közelében végzik.

⁶ Az algákból évente 2 000 gallon (7 600 liter), az olajpálmából 650 gallon (2 470 liter), a szójából 50 gallon (190 liter) üzemanyag nyerhető hektáronként [Euractiv, 2011].

A bioüzemanyagok legújabb generációját azok az üzemanyagok jelenthetik, amelyek molekulaszervezete a legközelebb áll a fosszilis hajtóanyagokéhoz. Ezek az ún. „*drop-in*” vagy más néven „*petroleum equivalent*” bioüzemanyagok, amelyek bármely arányban tankolhatók, és nem csak a benzint, hanem a gázolajat és a kerozint is helyettesíthetik. Az eljárás során – amely egyelőre csak laboratóriumi körülmények között működik – enzimek és baktériumok alkalmazásával alakítják át a cukrot 12 és 16 szénatomos egyenes szénláncú alkánokká. Az egyik nagy olajipari társaság érdekeltségébe tartozó cég a gyártáshoz Brazíliából fog cukrot importálni, csakúgy, mint egy másik, a *drop-in* üzemanyag-technológiában élenjáró vállalat, amely génmódosított élesztő segítségével kíván biodízel előállítani [The Economist, 2010]. Léteznek próbálkozások a biobutanol előállítására is, amely alkohol az etanolénál kétszer hosszabb szénlánc miatt tulajdonságaiban sokkal jobban hasonlít az alkánokhoz.

3. A biomassza közvetlen eltüzeléssel történő hasznosítása Magyarországon

A Magyar Energia Hivatal adatai szerint Magyarország energiatermelése 434,9 PJ⁷, nettó energiaimportja 724,2 PJ, végső energiafelhasználása 1126,8 PJ volt 2008-ban. A megújuló energia, amely ez esetben a megújítható energiát is magában foglalja, 15 százalékot képviselt az összes energiatermelésből (1,6 százalékpont növekedés a 2007. évihez képest), míg a primerenergiafelhasználásból 5,4 százalékos szeletet hasított ki (0,2 százalékpont növekedés).

Magyarországon a megújuló energia 92 százaléka (olajgyejenértékben számolva) biomassza-eredetű volt 2006-2008 között, ezzel szemben az Európai Unióban a biomassza részaránya 68-70 százalék között változott. Az erdőgazdálkodási és faipari nyersanyag részaránya nálunk az összes felhasznált biomasszából 91 százalékról 82 százalékra, a Közösség 27 tagállamában 75 százalékról 68 százalékra esett vissza a vizsgált hároméves időszakban. Míg a biogáz részaránya Magyarországon 1 százalékról csupán 1,5 százalékra emelkedett, addig az EU-ban 5,6 százalékról 7,4 százalékra nőtt 2006-2008 között (3. táblázat).

3. táblázat

Megújuló energiaforrások az Európai Unióban és Magyarországon (2006-2008)

ezer tonna olajgyejenérték (toe)

	EU-27			Magyarország		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008
Megújuló összesen	127 497	140 459	148 134	1 352	1 404	1 656
Nap	989	1 265	1 729	2	3	4
Biomassza	87 332	97 807	102 315	1 245	1 288	1 520
- Fa	65 222	67 344	69 677	1 128	1 146	1 244
- Biogáz	4 871	7 201	7 586	12	17	22
- Egyéb (MSW*)	10 969	14 438	14 848	94	108	92
Geotermikus	5 562	5 751	5 778	86	86	96
Víz	26 537	26 666	28 147	16	18	18
Szél	7 077	8 971	10 165	4	9	18

* Kommunális szilárd hulladék.

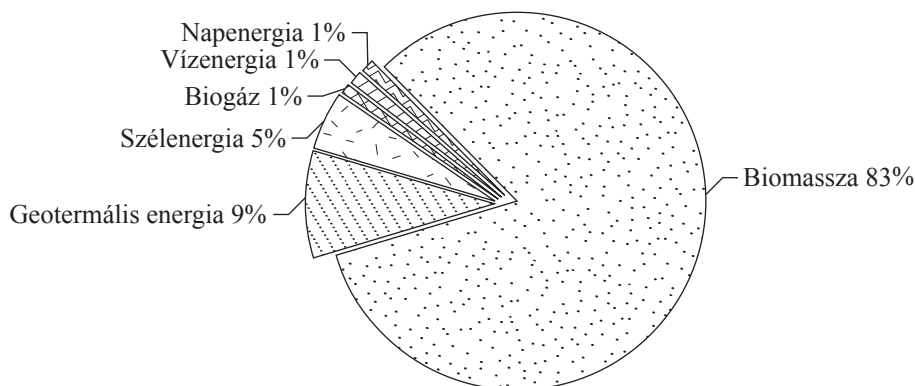
Forrás: Eurostat

Az elmúlt években számottevően megugrott a megújuló energiahordozók részesedése az összes energiafelhasználásból, ami elsősorban a széntüzelésű erőművek biomasszára történő átállásának köszönhető. A legtöbb erőmű már 2005-ben, a zöldáram kötelező átvételi rendszerének (KÁT) 2006. évi bevezetése előtt részben vagy teljesen biomassza-eltüzelésre állt át. A Magyarország megújuló energia hasznosítási cselekvési tervében (a továbbiakban: cselekvési terv) 2010-re megadott becslés szerint a villamos energia előállítására, illetve a hűtés-fűtés szektorokban felhasznált megújuló energiaforrások 83 százaléka tűzifa és egyéb szilárd biomassza volt 2008-ban (3. ábra).

⁷ 1 PJ (petajoule) = 10¹⁵ J.

3. ábra

**A megújuló energiaforrásból előállított villamos- és hőenergia megoszlása
(2008)**

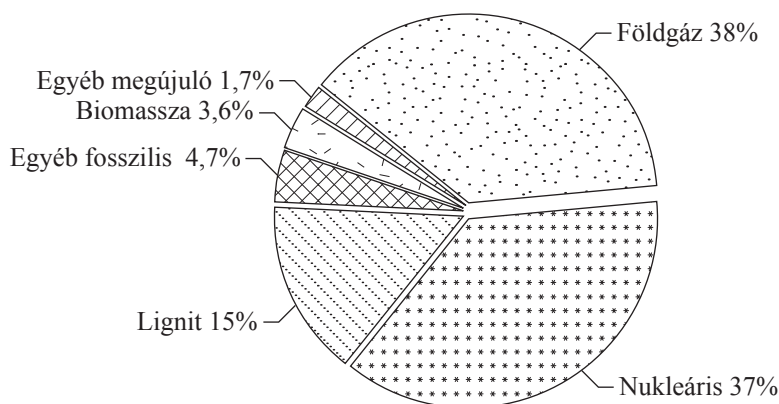


Forrás: Magyarország megújuló energia hasznosítási cselekvési terve [2011]

A biomasszából történő közvetlen áramtermelés alacsony hatásfoka miatt Magyarország elektromosenergia-termelésének csupán 3,6 százaléka volt biomassza alapú 2009-ben (4. ábra), ugyanakkor a zöldáram 73 százalékát biomassza eltüzelésével állítják elő, az áramtermelésre hasznosított biogáz aránya mindössze 2 százalék volt 2008-ban⁸ (5. ábra) [Őri, 2010; Stróbl, 2010].

4. ábra

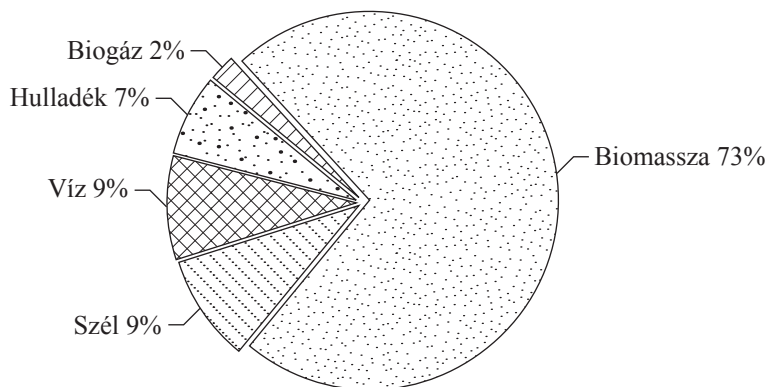
**Magyarország elektromosenergia-termelése
(2009)**



Forrás: Őri [2010]

⁸ A biomassza hőtermelésben való részesedésre vonatkozó adatok nem állnak rendelkezésünkre.

**A megújuló forrásból előállított energia részesedése
a villamos energia előállításban (2008)**



Forrás: Stróbl [2010]

A 2010 augusztusában társadalmi vitára bocsátott Új Széchenyi-terv (ÚSZT) szerzői a mezőgazdaság, a vidék és az egész nemzetgazdaság egyik kitörési pontját a megújuló energiaforrásokban látják. Hegedűs [2010] szerint azonban már az is nagy erőfeszítést igényelt, hogy Magyarország 2009-ig néhány év alatt 2-3 százalékról 5-6 százalékra növelte a megújuló energia részarányát. A 2020-ra kitűzött 13 százalék eléréséhez a nemzetgazdasági átlagnál töke- és eszközigényesebb beruházásokat, fejlesztéseket már most el kell indítani, viszont az ezekhez szükséges ezermilliárdos nagyságrendű forrásnak előreláthatóan csak a töredéke lesz elérhető hazai és uniós támogatásként. A kilátások a nemzetközi hitelek drágulása és beszűkülése, valamint a hazai üzleti szférát általánosan jellemző eladósodottság és hitelképtelenség időszakában tehát kevésbé biztatóak.

A megújuló erőforrások kiaknázásához szükséges tőkéről kevés szó esik, a hangsúlyt a politika, az ÚSZT inkább arra helyezi, hogy e fejlesztések révén nemcsak az ÜHG-kibocsátás csökkenthető, hanem munkahelyek jönnek létre. Ugyanakkor Hegedűs [2010] szerint még **a legtöbb élőmunkát igénylő, biomasszára alapozott fejlesztések esetében is kétséges, hogy az új munkahelyek száma megközelíti azt az elméleti szintet, amelyet akkor lehet elérni, ha a nemzetgazdaság más területén eszközölnének hasonló léptékű befektetést.**

Míg az energetikai szakemberek úgy vélik, a pénzügyi források szükségessége miatt hiba lenne minden megújuló energiaforrást egyformán támogatni, a cselekvési tervben meghatározottak szerint a szél- és a vízenergiát kivéve minden, nem biomassza alapú megújuló energiaforrás részesedését emelni kell 2020-ig. A legnagyobb mértékben a geotermális energia (+8 százalék) felhasználását és a hőszivattyúk (+6 százalék) alkalmazását kell bővíteni, kisebb mértékben a napenergia (+3 százalék) hasznosítását kell növelni. A biomassza felhasználása ezzel szemben a tervek szerint a jelenlegi 83 százalékról 62 százalékra csökken, ezen belül a biogáz- előállítás növelését (+4 százalék) tervezik.

3.1. Alapanyagok

A szilárd biomassza közvetlen eltüzelése technológiai szempontból a legegyszerűbb és a leg-
alacsonyabb költség mellett megvalósítható módja a zöldenergia előállításának mind az erőművek,
mind a háztartások esetében, ezért a biomassza várhatóan a jövőben is fontos energiaforrás lesz.
Ebből kifolyólag elengedhetetlen a jelenleg rendelkezésre álló biomassza összetételének ismerete,
illetve a jövőben fenntartható módon energetikai célra felhasználható mennyiségének pontos meg-
határozása. A zöldenergia-termelésben előnyben kell részesíteni a hulladékokat és a másként fel nem
használható melléktermékeket. Az erdészeti nyersanyagok és az egyéb melléktermékek, illetve az
energianövények csak e források kiaknázása után következhet [Gyuricza, 2010].

Az elsődleges és másodlagos biomassza zöme a talaj szervesanyag-készletét gyarapítja. Az
elsődleges biomasszából a növények és fák gyökerei, továbbá a bedolgozásra kerülő szalma és szár-
maradványok, a másodlagos biomasszából az állati eredetű trágya emelendő ki. Gémesi *et al.* [2009]
szerint Magyarország összes biomassza-készlete 350-360 millió tonnára tehető, ebből 105-110
millió tonna elsődleges (növényi) biomassza évente újratermelődik. A mezőgazdaság (növényter-
mesztési és állattenyésztési fő- és melléktermékek) átlagosan évi 57-58 millió tonnával részesedik
az újratermelődő biomasszából. Az erdők évi 9-10 millió tonna újratermelődő biomasszát adnak,
míg az élőfa mennyisége mintegy 250 millió tonnára tehető.

Az energetikai célokra hasznosítható biomasszáról, az egyes biomasszatípusok energetikai
potenciáljáról kevés konkrét, megbízható információ áll rendelkezésre. A szakirodalmi adatok igen
eltérőek, általában a biomasszatípusok becsült fűtőértékét adják meg, ezért csak fenntartásokkal
alkalmazhatók gyakorlati számításoknál. Ebből adódóan az erdőkben, illetve a mezőgazdasági terü-
leteken termelődő szerves anyagok becsült mennyiségéből indultunk ki, ebből számítottuk ki az
energetikai célokra hasznosítható biomassza mennyiségét.

A közvetlen eltüzeléssel előállítható energia alapanyaga elsősorban az elsődleges biomassza,
azon belül a szántóföldi és erdészeti fő- és melléktermékek. Nagyobb mennyiségben az erdőgazdál-
kodásból származó nyersanyagok és a mezőgazdasági melléktermékek hasznosulnak, míg az ener-
giaültetvényekről származó alapanyagok csak kis arányban kerülnek felhasználásra.

Az erdőtelepítéseknek köszönhetően az elmúlt tíz évben 130 ezer hektárral nőtt az erdőgaz-
dálkodási terület Magyarországon, mára elérte a 2 millió hektárt. Ezen évente mintegy 13 millió m³
famennyiség termelődik újra (folyónövedék), ebből 10 millió m³ (kb. 7,5 millió tonna) termelhető ki
fenntartható módon. Ehhez képest **a tényleges éves fakitermelés az elmúlt évtizedben 7 millió m³**
(kb. 5,3 millió tonna) **körül alakult** (4. táblázat).

4. táblázat

A hazai erdőkben kitermelt faanyag mennyisége

ezer m³

Megnevezés	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Erdőtervi lehetőség	9 183	9 298	9 444	9 857	10 130	10 078	10 235	10 160	10 384	10 508
Tényleges fakitermelés	7 287	7 011	7 013	7 086	7 095	7 167	7 005	6 609	7 024	6 773

Forrás: MgSzH Erdészeti Igazgatósága [2010]

A rendelkezésre álló legfrissebb adatok szerint Magyarországon a kitermelt faanyag 47,4 százaléka ipari fa, 52,6 százaléka tűzifa volt 2008-ban [KSH, 2010]. Az energetikai célra kitermelt faanyag mennyisége folyamatosan nőtt az elmúlt tíz évben, a tűzifa volumene meghaladta a 3,5 millió m³-t (47,6 PJ) 2009-ben. Ez 750 kg/m³ átlagtömeggel számolva (légszáraz tölgy: 730 kg/m³; légszáraz akác 770 kg/m³) 2,6 millió tonnának felel meg. Gyulai [2009] ebből 1,3-1,5 millió tonnára teszi a lakossági felhasználást. Ezzel együtt **messze nem termeljük ki a hazai erdőterületről fenntartható módon begyűjthető tűzifamennyiséget**. Ha abból indulunk ki, hogy a 10,5 millió m³ erdőtervi lehetőség 50 százaléka tűzifa, a kihasználtság jelenleg mindössze 67 százalékos körüli (5. táblázat).

5. táblázat

Energetikai célra felhasznált erdei fatermékek mennyiségeezer m³

Megnevezés	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Vastag tűzifa	1 621	1 494	2 092	2 472	2 356	2 774	2 869	2 550	2 588	3 012
Vékony tűzifa	241	196	303	302	311	348	346	279	396	363
Erdei apríték	4	3	3	7	5	14	31	50	151	151
Mindösszesen	1 866	1 693	2 398	2 781	2 672	3 136	3 246	2 879	3 135	3 526

Forrás: MgSzH Erdészeti Igazgatósága [2010]

A kitermelt fa mennyiségén túl a hazai erdőkben évente 300-400 ezer tonna (a cselekvési terv szerint 1,4-1,5 millió m³, azaz kb. 1,1 millió tonna) **vágástéri apadék**⁹ is keletkezik, amely az általánosan alkalmazott begyűjtési technológiák miatt szinte teljes egészében hasznosítatlan marad [Jung, 2009].

A cselekvési terv szerint a hazai fafeldolgozó üzemekben évente kb. 700 ezer m³ (kb. 525 ezer tonna) **faipari melléktermék** (pl. fahulladék, faforgács, bútorigipari hulladék) keletkezik. Ennek jelentős része vegyi anyagokat (felületkezelő, ragasztó, műgyanta) tartalmazó bútorigipar melléktermék, amely veszélyes hulladéknak minősül, ezért nem hasznosítható újra és nem tüzelhető el hagyományos kazánokban. Így a faipari melléktermékeknek csak közel fele hasznosul energetikai célokra. Ennek egy részét helyben eltüzelik a feldolgozóüzem fűtésére, a hulladékok nagy része (darabos hulladék, apríték, faforgács, fűrészpor) azonban tovább feldolgozható a bútorigipar gyártásában. **A faipari melléktermékek felhasználásánál ezért elsődleges szempont az újrahasznosítható komponensek további feldolgozása**, az eltüzelés csak akkor jelent alternatívát, ha az újrahasznosítás a hulladék összetétele miatt nem lehetséges vagy túl költséges. Ebből következik, hogy csak a kéreg és a fűrészpor esetében indokolt az energetikai hasznosítás [Szűcs és Szemmelveisz, 2002].

Mind az erőművek, mind az olcsóbb nyersanyagok felhasználására törekedő bútorigipar részéről megnőtt a kereslet a faipari hulladékok iránt. Ezek szűkös kínálata miatt **a bútorigipar előállító üzemek és a fatüzelésű erőművek egymás konkurenseivé váltak az elmúlt években**, a szénttüzelésű erőművek 2005-ben történt átállását követően. Az erőművek olcsó biomasszaként a lemezipar és a forgácslap-gyártás alapanyagait (faforgács, fűrészpor) is felvásárolják, ezért a faforgácsot és a fűrészport feldolgozó vállalkozások kénytelenek magasabb árat fizetni az erőművekkel folytatott verseny miatt [Németh, 2009]. Mindebből az szűrhető le, hogy a fafeldolgozásból származó melléktermékek a közeljövőben az árverseny miatt nem szolgáltatnak számottevő mennyiségű nyersanyagot energetikai célra.

⁹ Vágástéri apadéknak nevezzük a választékolás után az ágtuskó, a választékolási eselék, valamint az 5 cm-nél vékonyabb gally összegyűjtését követően az erdőben visszamaradó faanyagot.

Az erdőgazdálkodásból származó nyersanyagok mellett a **mezőgazdasági eredetű melléktermékek** adják a legnagyobb tömegű biomasszát. Ebből a szántóföldi növénytermesztésben keletkező biomassza nagyobb hányada egyelőre értéktelen melléktermék a feldolgozóipar számára, és csak elenyésző mértékben hasznosul az energiatermelésben.

Magyarországon a **kalászos gabonafélék szalmájából** évi 4-4,5 millió tonna keletkezik. Ebből az állattartás és az ipar 1,6-1,7 millió tonnát vesz fel. A maradék 2,4-2,8 millió tonna szalmából a Biomassza Termékpálya Szövetség (BITESZ) becslése szerint ma 1-1,2 millió tonnát lehetne az energiatermelésben felhasználni úgy, hogy az még nem veszélyeztetné a szervesanyag-körforgást¹⁰. Megjegyzendő: új tartástechnológiák (gumiszőnyeg, árnyék-almozás) elterjedésével a jövőben nagyobb mennyiségű szalma szabadulhat fel az állattenyésztésben.

A hazai szántóföldi növénytermesztés évi 8-10 millió tonna **kukoricaszárát** is termel (a kukorica szártömege meghaladhatja a szemtermést). A BITESZ becslése szerint ebből akár 2,5-3 millió tonnát ugyancsak az energiatermelésben lehetne hasznosítani. A szalma és a kukorica-szár mellett még számottevő mennyiségű **napraforgószár** és **repceszalma** is keletkezik, amelyek szintén felhasználhatók hőfejlesztésre¹¹.

A gyakorlatban azonban adódnak még megoldásra váró problémák, olyan költségnövelő tényezők, amelyek korlátozzák e melléktermékek energetikai felhasználását. Míg a szalmából készült hengeres körbála a nedvesedésnek jobban ellenáll, mint a kockabála, szállítása és tárolása költségesebb. A kukoricaszárát zúzás után renden kell szárítani, ami Magyarországon a kései betakarítás miatt nem kecsegtet sok sikerrel (nem véletlen, hogy e mellékterméket elsősorban a déli országokban hasznosítják, ahol a betakarítás még a hosszú tenyészidejű fajták esetében is sokkal alacsonyabb nedvességtartalomnál kezdődik). A napraforgószárát nehéz betakarítani, mert az érés-gyorsítás után könnyen pattan, bálázására pedig egyelőre nincs kiforrott technológia. A repceszalma törekel, ezért betakarításakor nagy a veszteség (viszont kétségtelen előnye, hogy renden szárítható, utána a bálában megáll). A technológiai nehézségek és a logisztikai kihívások (egymenetes betakarítás, szállítás, rakodás, minőségromlás nélküli tárolás stb.), illetve az ezekből eredő többletköltségek mellett a legnagyobb problémát az alkalmas tüzelőberendezések magas beruházási költsége jelenti. Jelenleg még kevés a biomasszát igénylő hőközpont, mezőgazdasági szárító, illetve növényház, ebből adódóan túlságosan messzire kellene szállítani a melléktermékeket [Marosvölgyi, 2010].

Említést érdemelnek a **szőlő- és gyümölcsstermesztés fás szárú növényi melléktermékei** (szőlővenyige és gyümölcsfa-nyesedék), amelyek energetikai felhasználása egyelőre csekély. A nagyüzemi szőlőültetvények évenkénti metszésekor keletkező venyige mennyisége 150-200 ezer tonna. Ennek nagyobb részét ma még a szabadban elégetik, a többit összezúzzák, majd a talajba keverik, noha léteznek a venyige elégetésére is alkalmas, hazai gyártású tüzelő berendezések¹². A viszonylag magas fűtőértékű venyigéből készült apríték vagy bála jól tárolható. A gyümölcsfák évenkénti ritkító metszésekor 400-500 ezer tonna, míg a négy-ötévente esedékes felújítások során ennél is nagyobb mennyiségű nyesedék keletkezik. Az aprítva jól tüzelhető gyümölcsfa-

¹⁰ A legnagyobb területen és mennyiségben termelt kalászos gabonából, a búzából – gyakorlati tapasztalatok alapján – hektáronként 4,5 tonna termés esetén 2,5-3 tonna szalmát lehet bálázni. A bálázott szalma ára elérheti, sőt, az ország nyugati megyéiben – az ausztriai keresletnek köszönhetően – bőven meg is haladhatja a 8 000 forintot tonnánként.

¹¹ Megjegyzendő, hogy a felsoroltakon túl a kukoricacsutka, amely pl. a hibridvetőmag-termelő üzemekben nagy mennyiségben keletkezik, kiválóan hasznosítható a vetőmagüzemek hőellátására. A kukoricacsutka 12-16 százalékos nedvességtartalommal kerül ki a szárítóból.

¹² Pl. Kerecsenden 2005 óta üzemel egy ilyen berendezés, 4 tonna/óra gőzteljesítményű kazán, amely egy konzervüzem technológiai hőellátását biztosítja.

nyesedék fűtőértéke a venyigééhez hasonló. A száraz körülmények között készített apríték kazalban jól tárolható. A szőlővenyigében és gyümölcsfa-nyesedékben bővelkedő megyék Bács-Kiskun, Borsod-Abaúj-Zemplén, Heves, Pest és Szabolcs-Szatmár-Bereg.

A cselekvési terv szerzői kiemelt szerepet szánnak az **energianövények termesztéséből származó biomasszának**. Becsléseik szerint ma Magyarországon mintegy egymillió hektár olyan, intenzív művelés alatt álló kedvezőtlen adottságú (17 AK alatti, belvíz- és árvízveszélyes) szántóterület van, amelyen nem kifizetődő – helyesen fogalmazva: az átlagosnál kockázatosabb – az élelmiszeripari növények termesztése. (Az extra kockázatok felvállalását persze mindig erősen befolyásolják a termények értékesítési árával kapcsolatos várakozások.) Így, ha középtávon (3-5 év) ebből 800 ezer hektáron a bioüzemanyag-ipar által keresett nyersanyagokat állítanak elő, még mindig marad 200 ezer hektár, amelyre energiaültetvények telepíthetők. A kalkuláció szépséghibája, hogy a szerzők arról megfeledkeznek: a mezőgazdasági termelők profitmaximalizáló piaci szereplők, ezért **az élelmiszer-, a takarmány-, a bioüzemanyag- és az energiaipar nyersanyagai mindig a legjobb termőterületért versenyeznek.**

Magyarországon – a cselekvési tervben közölt statisztikák szerint – összesen 401 hektáron termesztenek fás szárú, 2 122 hektáron lágyszárú energianövényeket. Az innen lekerülő biomassza – 20 atrotonna¹³ átlaghozammal számolva – mintegy 50 ezer tonnára tehető.

Az energetikai felhasználásra telepített ültetvények lehetnek lágyszárú vagy fás szárú kultúrák. Magyarországon a **lágyszárú energianövények** közül az energiafű, a japánfű és a pántlikafű a legelterjedtebb. Bár 2010-től telepítési támogatás igényelhető az energiafűre (hektáronként évi 75 ezer forint), a japánfűre, a kínai nádra, az elefántfűre (hektáronként évi 250 ezer forint), illetve az amerikai bársonymályvára (hektáronként évi 110 ezer forint), a Szarvasi-1 energiafű kivételével azonban egyelőre nem állnak rendelkezésre kidolgozott termesztéstechnológiák és hazai fajták. A lágyszárú energianövények terjedésének egyrészt azok tűzifánál kisebb fűtőértéke szab határt, másrészt magas hamu és szilíciumtartalmuk miatt az eltüzelésükhöz olyan speciális tűzterű kazánokra van szükség, amelyekben nem rakódnak le a megolvadt ásványi anyagok. A kazánokat károsító lerakódások 900°C felett képződnek, ezért a lágyszárú energianövényekből inkább alacsonyabb hőmérsékleten eltüzelhető pelletet készítenek. A pelletálás azonban, bár az energiafű fűtőértékét alig javítja, számottevően megdrágítja a tüzelőanyagot.

A gazdasági megfontolások mellett a független forrásból származó, sokéves összehasonlító vizsgálatok hiánya szintén hátráltatja a lágyszárú energiaültetvények terjedését. Így pl. az elmúlt időszakban sokat emlegetett, jelenleg az egyik legperspektivikusabb lágyszárú energianövénynek tartott óriás olasznádról (*Arundo donax*) publikált adatok is meglehetősen ellentmondásosak. A szaporítóanyagot forgalmazó cég szerint a növény hektáronként évi 20-40 atrotonna hozamot ad 20 évig, emellett alacsony a tápanyagszükséglete és – csírázóképes mag hiányában – nem tekintendő invazívnak. A szakértői vélemények szerint azonban az *Arundo* egyrészt jelentős műtrágyabevitelt igényel, másrészt 650-800 mm éves csapadék mellett hektáronként átlagosan 20-22 atrotonna hozammal lehet számolni, ennél fogva szárazabb területek betelepítésére nem alkalmas. Magas, 37-45 tonna hektárhozamot kizárólag öntözött területeken lehet a növényvel elérni (6. táblázat) [Gyulai, 2009; Csete, 2008c].

Az óriás olasz nád csak egy példa a lágyszárú energianövényekre vonatkozó adatok ellentmondásosságáról. **Európában a perspektivikusnak tartott energianövények ültetvényélettartamot átfogó, összehasonlító termesztés-technológiai és hozamvizsgálata még nem tör-**

¹³ Atrotonna: abszolút száraz fa tömegére vonatkozó mértékegység.

tént meg. A rendelkezésre álló információk (tápanyagszükséglet, vízigény, hosszú távú produkció) egyelőre hiányosak, csak néhány év során szerzett tapasztalatokon alapulnak és többnyire a szaporítóanyagok értékesítésében érdekelt vállalatoktól származnak [Csete, 2008]. Eddigi ismereteink nem teszik lehetővé, hogy a lágyszárú energianövények termesztésének gazdaságosságáról egyértelműen állást tudjunk foglalni.

6. táblázat

Néhány perspektivikus lágyszárú energianövény termesztéstechnológiai jellemzője

Megnevezés	Szarvasi energifű (<i>Agropyron elongatum</i>)	Vesszős köles (<i>Panicum virgatum</i>)	Japánfű (<i>Miscanthus giganteus</i>)	Óriás olasz nád (<i>Arundo donax</i>)	Pántlikafű (<i>Phalaris arundinacea</i>)	Kender (<i>Cannabis sativa</i>)
Származási hely	Őshonos	Észak-Amerika	Dél-kelet-Ázsia	Ázsia, Európa (?)	Őshonos	Közép-Ázsia
Élettartam	Évelő	Évelő	Évelő	Évelő	Évelő	Egyéves
Hozam (atrotonna/ha)*	6-25	5-10,5 (34)	4-22 (44)	5-20 (37)	5-12	7-15
Talajigény	Laza, közepkötött talajok	Homoktalajtól a kötött talajig	Laza, közepkötött talajok	Homoktalajtól a kötött talajig	Laza, magas szervesanyag-tartalmú talajok	Öntéstalaj, láptalaj, réti agyagtalajok
Ph	7,5-9	4,9-7,6	5,5-7,5	Nincs adat	Nincs adat	7-8
Vízigény	Szárazság-tűrő, a tartós vízborítást nem tűri	Szárazság-tűrő, a tartós vízborítást gyengén tűri	Sem a tartós szárazságot, sem az elnyúló vízborítást nem tűri	Kedveli az átszellőzött, jó vízellátottságú területeket	Átszellőzött, jó vízellátottságú talaj	Jó vízellátottságot igényel
Nedvességtartalom betakarításkor (m/m%)	15-17	15	16-62	n.a.	10-23	15
Hamutartalom	4,4-6,5	4,5-10,5	1,6-4	4,8-7,8	1,9-11,5	4-5
Fűtőérték (MJ/kg)	16,6-17,5	17	17,1-19,2	14,8-19	16,6-19,3	14,5-16

* Zárójelben az EU-szerte végzett hozamvizsgálatok kiugró eredményei, zárójel nélkül az átlagosan jellemző értékek szerepelnek.

Forrás: Csete [2008b]

A **fás szárú energianövényeket** alapvetően kétféle termelési eljárással, újratelepítéssel és sarjasztással állítják elő. Az **újratelepítésnél** gyorsan növvő fajokat telepítenek alacsony tőszámmal (5-8 ezer tő/hektár), majd az ültetvényt 8-15 évvel később erdészeti módszerekkel takarítják be. A **sarjasztásnál** gyorsan növvő, jól sarjadó, nagy hozamú fajokot ültetnek kis térállásba (13-15 ezer tő/hektár). Ez esetben az első betakarítást 3-5 éves korban lehet elvégezni tarvágással, ezt követően az ültetvény 3-5 évente vágható újra. Az ilyen ültetvények élettartama 15-20 év, ami 5-7 kitermelést tesz lehetővé. A tarvágást, illetve a sarjasztásos technológia esetén az utolsó betakarítást követően a terület rekultiválásra szorul (gyökér- és számaradványok eltávolítása, mélyszántás), majd a talaj előkészítését követően a terület újra betelepíthető. A fás szárú energiaültetvények létesítésé-

hez használható fajok és fajták körét a 45/2007. (VI. 11.) FVM rendelet határozza meg. Eszerint sarjztatásra csak a fűz, a nyár és az akác használható, míg újratelepítésre, az előbbieket mellett, az éger, a kőris, a tölgy, a juhar és a feketedió.

Magyarországon a sarjztatásos technológia terjedt el inkább. A legnépszerűbb energetikai faj a sokféle termőhelyre telepíthető nyárfa. A szárazabb területeken az akác-, a vízenyősebb részeken pedig a fűzültetvények adják a legnagyobb biomassza-tömeget. A fás szárú energia-növények közül az energiafűz és a nyár átlaghozama a legmagasabb, ami nagyrészt az energetikai hasznosításra nemesített (pl. *Salix alba* 'Express', olasz ANC nemesnyár¹⁴) fajtáknak köszönhető (7. táblázat). Meg kell azonban jegyezni, hogy a hullámterek betelepítésére kevésbé alkalmasak az egy-két éves vágásfordulójú (ún. SRC, vagyis *Short Rotation Coppice*) ültetvények. Ennek oka egyrészt a talaj gyakori vágások okozta tömörödése, másrészt vízügyi szempontból sem előnyös a sűrű ültetvény, mert akadályozhatja az árhullámok levonulását.

7. táblázat

Fás szárú energia-növények hozama

Megnevezés	Hozam (atrotonna/ha/év)
Fűz	18-24
Nyár	20-23
Akác	6-20

Forrás: Rénes [2008], Barkóczy *et al.* [2007]

Magyarországon több energetikai célra telepített kísérleti faültetvény létezik, amelyeken a kutatók a természetű, gyorsan növő fajok, illetve fajfajták kiválasztására, az optimális termelési és betakarítási technológia kidolgozására, illetve az elérhető hozamok és a kinyerhető energiamennyiség maximalizálására (pontos meghatározására) törekednek.

Egy-egy ültetvény létrehozása jelentős tőkeáfordítást igényel: a telepítés költsége energiafűz esetén hektáronként kb. 460 ezer forint (8. táblázat) [Danis, 2008]. Ugyanakkor az ÚMVP keretében 40 százalékos (kedvezőtlen adottságú területeken 50 százalékos) támogatás igényelhető a fás szárú energiaültetvények telepítésére¹⁵. A növényvédelmi és ápolási munkák (ekézés, kapálás, gyomirtás) az első és a második évre korlátozódnak, **a harmadik évben az állomány annyira összezár, hogy nem igényel további munkákat.** A lombtalan vesszők betakarítása az első fagyoktól egészen márciusig lehetséges. Az energiaültetvények létesítése során a betakarított vesszők tárolása jelenti a legnagyobb kihívást, mivel a betakarítás télen, kora tavasszal történik, így az apríték közel egyéves tárolás után kerül felhasználásra. (Éppen ezért célszerű a betakarítást a felhasználáshoz közeli időpontban elvégezni. Ilyenkor is szükséges a vesszők eltárolása, ami alatt egyes növényfajok képesek nedvességtartalmuk 30 százalékát is leadni. Amennyiben a kitermelt vesszőket huzamosabb ideig kell tárolni, akkor a kérés a legmegfelelőbb megoldás.)

A fás szárú energia-növények termesztése során a legtöbb munkafolyamat (pl. telepítés, növényvédelem, betakarítás) gépesíthető, ezért az élőmunka iránti igény minimális¹⁶. Igaz, egy betakarítógépet nem éri meg 35-40 hektárnál kisebb energiaültetvényre kiszállítani.

¹⁴ Az olasz *Alasia New Clones* energetikai célra nemesített, kiemelkedően magas hozamú, általában két éves vágásfordulójú technológiával termesztett nyár fajtái.

¹⁵ Az akác telepítésének támogatása hektáronként legfeljebb 160 ezer forint, míg a fűzé és a nyaré hektáronként legfeljebb 200 ezer forint.

¹⁶ Pl. az első két évben az egy-két hónapig tartó kapáláshoz hektáronként 4-5 emberre van szükség.

Az energiafűz telepítésének költségei

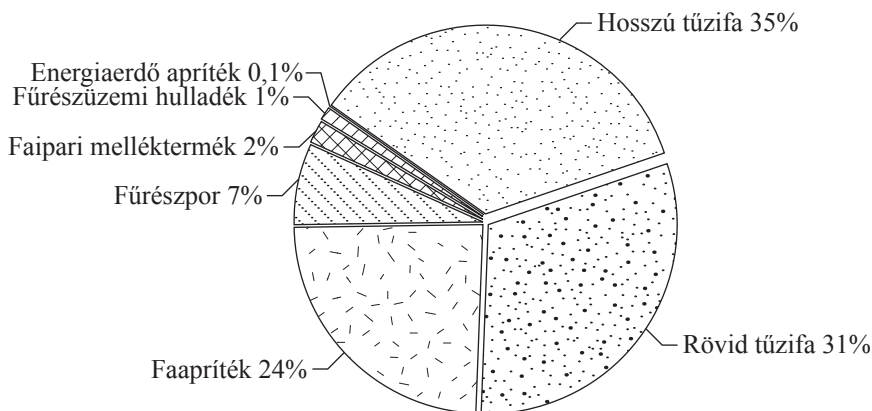
Megnevezés	Költség (Ft/ha)
Talaj előkészítés	40 000
Dugványok	350 000
Ültetés (kézierővel)	70 000
Mindösszesen	460 000

Forrás: Danis [2008]

A magas beruházási költségek ellenére nő az érdeklődés az energetikai célra telepített faültvények iránt. Ennek egyik oka az érdekképviselőktől és szakmai szervezetektől érkező információk, amelyek szerint a mezőgazdasági termelésre kevésbé alkalmas területek ilyen ültetvényekkel jól hasznosíthatók, azok nagy hozamokkal, biztos felvevőpiaccal és jövedelemmel kecsegtetnek. A másik ok a szántóföldi növények nemzeti kiegészítő támogatásának termeléstől való függetlenítése (*decoupling*) és lenullázása, továbbá a gabonapiaci intervenciós felvásárlási rendszer drasztikus átalakítása. További érv az energiaültvények mellett, hogy a szilárd biomassza iránt minden felhasználói szegmensben (lakossági felhasználók, önkormányzatok, KKV, mezőgazdasági üzemek, erőművek) nő a kereslet. Bár a települési, illetve az ipari erőművek létesítése folyamatos, ami alapján tartós kereslet valószínűsíthető, Gyuricza [2010] szerint **az energianövények termesztésével mégis ott érdemes foglalkozni, ahol a termékre 50-80 kilométeres körzeten belül van átvévo**. Ebből adódóan a fás szárú energianövények telepítésének elsősorban az állami tulajdonban lévő árterületeken, használaton kívüli legelőkön vagy egyéb, élelmiszeripari növények gazdaságos termesztésére alkalmatlan területeken van perspektívája, ahol az ültetvények elsődleges célja a helyi biomassza-erőmű nyersanyagokkal történő ellátása, illetve néhány fő foglalkoztatása (ültetvény-ápolási munkák, betakarítás, szállítás) a közmunka program keretében. E feltétel azonban még ritkán teljesül, mivel nem alakult még ki nagyobb mennyiségű növényapríték befogadására képes biomasszaerőmű-hálózat.

Általános szabályként megfogalmazható: egy átlagos energiaültetvényt tízéves életsiklusa alatt ötször takarítanak be, ebből a második, a harmadik és a negyedik betakarítás hoz pénzt, mert **az elsőből a telepítés költségeit kell fedezni** (40 százalékos állami támogatás mellett), **az ötödikből a terület rendbetételét kell finanszírozni**.

A cselekvési terv szerzői úgy számolnak, hogy 2020-ra éves szinten már 7,8-8 millió tonna biomasszára lesz szükség a megújuló energia iránti igények kielégítéséhez. E mennyiség az erdőkben és a szántóföldeken keletkező biomasszaként jelenleg is rendelkezésre áll, a jövőben azonban az eddiginél jobban indokolt kiaknázni a mezőgazdasági melléktermékek felhasználásában rejlő lehetőségeket, illetve célszerű hatékonyabban hasznosítani az erdőkben keletkező biomasszát. Elengedhetetlen lesz a felhasznált biomassza összetételének diverzifikációja, hiszen az erőművek ma szinte kizárólag erdészeti alapanyagokat hasznosítanak (6. ábra).

Az erőművek biomassza-felhasználása (2008)

Megjegyzés: az apríték, illetve a rövid és a hosszú tűzifa egyaránt a primer választékból kerül ki, amelynek a gyűjtőneve tűzifa. A felkészítés során alkalmazott technológiától függően lesz belőle apríték, illetve rövid (1 méteres) vagy hosszú tűzifa.

Forrás: Magyar Energia Hivatal, 2010

Magyarországon éves szinten mintegy 13 millió tonna energetikai célra hasznosítható biomassza termelődik az erdőkben és a szántóföldeken. Ebből mintegy 3-3,5 millió tonnát használunk fel, amely mennyiségnek kb. a felét az erőművek veszik át¹⁷. Nem szűkölködünk tehát hasznosítható biomasszában. Ebből adódóan, amennyiben megvalósul az erdészeti nyersanyagok, illetve a mezőgazdasági melléktermékek egy részének energetikai felhasználása, az ország középtávon energianövények telepítése nélkül is képes lehet biomassza-szükségletének kielégítésére (9. táblázat).

Ezzel szemben a cselekvési terv a középtávon hasznosítható biomassza mennyiségének becslése során gyakorlatilag figyelmen kívül hagyja a szőlő- és gyümölcstüvelvényekben képződő, mintegy 700 ezer tonna nyereséket, továbbá mindössze 5,4 millió tonnára becsüli a hasznosítható mezőgazdasági melléktermékek mennyiségét. Ebből adódóan a cselekvési terv készítőinek számításai szerint középtávon 9,2 millió tonna biomassza áll rendelkezésre energetikai hasznosításra. Elméletileg tehát ez a biomassza mennyiség is elegendő lenne arra, hogy teljesítsük a cselekvési terv készítőinek becslése szerint 2020-ig 8 millió tonnára emelkedő biomassza szükségletünket. Ugyanakkor a cselekvési terv szerzői ezen felül középtávon 5,6 millió tonna energiaültetvényből származó biomassza előállításával számolnak, ehhez azonban (hektáronként 20 tonna átlaghozammal számolva) az elkövetkező 5-6 évben legkevesebb 280 ezer hektár, legalább közepes minőségű, jó vízellátottságú termőföldre lenne szükség.

¹⁷ Az erőművek 2008-ban összesen 1,4 millió tonna biomasszát használtak fel.

9. táblázat

A közvetlen eltüzelésre hasznosítható biomassza-mennyiség várható alakulása

ezer tonna

Megnevezés	Potenciálisan felhasználható biomassza	Közvetlen eltüzelésre hasznosított biomassza 2009	Középtávon reálisan begyűjthető/előállítható biomassza	Becsült biomassza felhasználás 2020
Erdészeti termék (tűzifa)	3 439 (kb. 4,6 millió m ³)*	2 644	3 250	2 114
Vágástéri apadék	400 (kb. 533 ezer m ³)			
Szőlő- és gyümölcsültetvényekből származó melléktermékek	700 (kb. 933 ezer m ³)**			
Faipari melléktermékek	260	260	550	231
Energianövények	50	50	5 600	1 914
Mezőgazdasági melléktermékek	8 500	0	5 400	3 522
Mindösszesen	13 349	2 954	14 800	7 781

* A kitermelés a 10,5 millió m³ erdőtervi lehetőség 64,5 százaléka volt 2009-ben. Potenciálisan tehát, a 9 millió m³ fakitermelést tekintve a felső határnak, kb. 30 százalékkal több fa (2,2 millió m³) vágható ki fenntartható módon. Amennyiben ennek a fele tűzifaként hasznosul, fenntartható kitermelés mellett potenciálisan 1,1 millió m³-rel több tűzifa hasznosulhat energetikai célokra.

** A szőlő- és a gyümölcsültetvények éves ritkító metszésekor csak kisebb mennyiségben képződik nyesedék, nagyobb mennyiséggel a pár évente végzett fiatalító metszéseknel lehet számolni.

Forrás: Az AKI Agrárpolitikai Kutatások Osztályán készült számítások, valamint a Magyarország megújuló energia hasznosítási cselekvési tervében [2011] publikált adatok összesítése.

Az energiaültetvények összesített területe az EU tagállamai közül Ausztriában és Svédországban haladja meg a 10 ezer hektárt. A tagállamok cselekvési terveiből arra lehet következtetni, hogy ahol a szántóföldi növénytermesztés szerepe viszonylag nagy és ebből adódóan értékesek a földterületek, ott nem az energianövények termesztésére fektetik a hangsúlyt, sokkal inkább a nap, a szél, a földhő, illetve az erdőkben keletkező biomassza nagyobb arányú és hatékonyabb hasznosításával állítanak elő zöldenergiát. Az energianövények termesztését főleg azon tagállamokban támogatják, amelyekben a szántóföldi növénytermesztés súlya kisebb. Magyarország a több százezer hektáros telepítési szándékával az EU legambiciózusabb tagállamai közé sorolható (10. táblázat).

Ausztriában a mezőgazdasági termelésből származó, energetikai célra hasznosított biomasszának mindössze 2 százaléka volt szilárd eltüzelésű biomassza, ezzel szemben az elsősorban kukoricaszilázsából előállított biogáz aránya 20 százalékra rúgott 2008-ban [Kranzl és Kalt, 2010]. Ennek megfelelően a biogáz-előállításra termesztett növényeket is a lágyszárú energianövények közé sorolják, amelyek döntő hányadát a silókukorica, a napraforgó, a biomassza-hozamra nemesített téli rozs, illetve a szudánifű és a lucerna adják. Az ország cselekvési terve szerint Ausztriában továbbra is a biogáz-előállítás a biomassza-hasznosítás fő irányvonala.

10. táblázat

A közvetlen eltüzelésre hasznosított biomassza mennyisége az EU-ban

ha

Tagállam	Fás szárú energiaültetvény 2006	Lágyszárú energiaültetvény 2006	Összesen 2006	Energianövényekkel potenciálisan hasznosítható/hasznosítani tervezett terület 2020-ig
Ausztia	800	33 000	33 800	300 000
Svédország	14 000	n.a.	14 000	44 000
Hollandia	0	10 000	10 000	10 000
Egyesült Királyság	4 196	5 316	9 512	700 000
Lengyelország	6 566	250	6 816	n.a.
Olaszország	5 105	n.a.	5 105	n.a.
Szlovénia	0	2 980	2 980	n.a.
Magyarország	401	2 122	2 523	200 000
Németország	1 200	1 100	2 300	2 300
Dánia	1 000*	50	1 050	n.a.
Írország	63	617	680	n.a.
Szlovákia	150	200	350	n.a.
Litvánia	300	0	300	n.a.
Portugália	0	236	236	n.a.
Franciaország	192	0	192	n.a.
Románia	20	n.a.	20	n.a.

* 2010-ben 4 000.

Forrás: A tagállamok cselekvési tervei alapján az AKI Agrárpolitikai Kutatások Osztályán készült összesítés

Danis [2008] szerint az energiaültetvényekről lekerülő nyersanyagok az erdészeti nyersanyagok reális alternatíváját jelentik, az energianövények nagyobb mértékű felhasználása csökkenti az erőgazdálkodásra nehezedő nyomást. Elsőre tehát több érv szól az energianövények termesztése mellett, ugyanakkor kevés szó esik az energiaültetvények környezeti hatásairól. A betakarítás, aprítás, szárítás, tárolás, illetve a szállítás energiaigénye miatt **az energianövényekből származó biomassza felhasználása során az erdészeti biomasszához képest magasabb a széndioxid-kibocsátás**, másrészt a különböző fás és lágyszárú energianövények hasznosításáról még **hiányoznak azok a 15-20 évet felölelő tapasztalatok és hozam adatok**, amelyek alapján megalapozott kijelentéseket lehetne tenni a hosszú távú produkcióra, a tápanyagigényre és a termőhelyre gyakorolt hatásokra vonatkozóan [Gyulai, 2009].

Az energianövények ökológiai igényeiről közölt adatok elgondolkodtatók. Ilyenek ugyan még csak a lágyszárú energianövényekről állnak rendelkezésre, a növényi termelésbiológia alapjait figyelembe véve azonban a fás szárú energianövényekre is nyilvánvalóan elmondható, hogy **a maximális hozam elérésére csak bizonyos feltételek teljesülése esetén lehetséges** (ld. 6. táblázat). Vagyis az 5, 10 vagy 20 éves termesztés során csakis megfelelő vízellátással és tápanyag-utánpótlással érhető el számottevő biomassza-hozam. Az energianövények degradált talajokon történő termesztésének gazdaságossága tehát megkérdőjelezhető.

Az energiamérleg szempontjából szintén indokolt az erdészeti, illetve a mezőgazdasági biomassza hasznosításának előtérbe helyezése, hiszen az energianövényekkel és a pellettel szemben a feldolgozatlan biomassza (pl. tűzifa, faapríték) környezetbarátabb. Elégetésekor legfeljebb annyi széndioxid szabadul fel, amennyit a biomassza növényként megkötött, a betakarítás, ugyanakkor a szállítás és tárolás energiaigénye miatt az erdészeti biomassza sem tekinthető teljes mértékben széndioxid-semlegesnek.

Az elmúlt 4-5 évben egyre nagyobb népszerűsége tett szert a tisztán és kényelmesen felhasználható, magas hatásfokú **pellet**, amelyet erdészeti, faipari, illetve mezőgazdasági melléktermékekből állítanak elő. Mivel a faipari hulladékok a pelletgyártók számára csak korlátozott mennyiségben érhetők el, az elkövetkező években az európai pelletüzemek közül előreláthatóan egyre többen állnak majd át az elsősorban erdészeti és faipari melléktermékekre alapozott fapellet gyártásáról a mezőgazdasági melléktermékekből készíthető **agripellet** előállítására [Varga, 2010].

Magyarországon 2006 óta gyártanak pelletet; 2009-ben országszerte már 10, elsősorban fapelletet előállító üzem működött [Magyar Pellet Egyesület, 2009]. A hazai felhasználást mind az ipari, mind a háztartási kazánok esetében egyelőre hátráltatja, hogy **a pellet csak speciális, adagolórendszerrel ellátott, egyelőre igen drága kazánokban tüzelhető.**

A nagyfelhasználók jelenleg 17 900-23 200 forint/atrotonna (+áfa) áron vásárolják az energiaültetvényekből származó faaprítékot, amelynek 18 GJ/atrotonna (± 5 százalék) fűtőértéke megegyezik a szárított tűzifa vagy az erdészeti termelésből származó faapríték átlagos fűtőértékével (11. táblázat) [Rénes, 2008; Győri-Kert Agrárenergetikai Kft, 2010].

11. táblázat

A fosszilis és a biomassza eredetű tüzelőanyagok fűtőértéke

Megnevezés	Fűtőérték (MJ/kg)
Tüzelőolaj	42
Földgáz	34**
Feketekőszén	20-30
Barnakőszén	14-20
Fabrikett	17-18
Fapellet (10-12 százalék víztartalom)	18
Fa szárított* (10-15 százalék víztartalom)	18
Szalma (10-15 százalék víztartalom)	16
Napraforgószár (25-30 százalék víztartalom)	12-14
Fa friss (kb. 50 százalék víztartalom)	6-7
Kukoricaszár (30-40 százalék víztartalom)	10-12

* Tűzifa, faapríték, vagy energia üetvényből származó apríték.

** MJ/m³.

Forrás: BITESZ és Juhász [2009]

Az energiaültetvényekből származó biomassza ára tehát gyakorlatilag megegyezik a szárított tűzifa árával, ugyanakkor nagyobb ráfordítással állítható elő (12. táblázat).

12. táblázat

Energiaforrások összehasonlítása* (2010)

Megnevezés	Átlagos egységár (Ft/atrotonna, Ft/m ³)	Fajlagos ár (Ft/MJ)
Földgáz*	100	2,94
Fapellet	50 000	2,78
Fabrikett	50 700	2,26
Feketeköszén	47 020	1,96
Barnaköszén	31 900	1,94
Fűrészelt, szárított tűzifa	20 000	1,11
Faapríték energiaültetvényből	17 900-23 200**	1,0-1,29

* Lakossági fogyasztói árak áfával.

** Nagyfelhasználók és fűtőművek részére. Az energiaültetvényekből származó aprítéknak jelenleg nincs lakossági felhasználása, mert az eltüzeléshez a pellet-kályhákhoz hasonló, speciális adagolóval felszerelt tüzelőberendezések szükségesek.

Forrás: A BITESZ és a Győri-Kert Agrárenergetikai Kft. adatai alapján az AKI Agrárpolitikai Kutatások Osztályán készült számítások.

3.2. Erőművi felhasználás

A biomasszával hő- és villamos energiát lehet előállítani. A villamosenergia-előállítás során keletkező hőenergia kapcsolt erőművekkel hasznosítható.

A biomassza erőművek közvetlen villamosenergia-előállítása igen alacsony hatásfokú: pl. a Borsodi Erőmű 30 MW_{el} teljesítményű egysége 23-27 százalékos, míg a 20 MW_{el} teljesítményű Szakolyi erőmű 33 százalékos hatásfokkal működik [MTA, 2010]. **A biomassza hasznosítása a hőhasznosítás nélküli, közvetlen villamosenergia-előállításban tehát nem tekinthető perspektivikusnak** (13. táblázat).

13. táblázat

A biomassza-alapú villamosenergia-termelés jellemzői (2008)

Megnevezés			Beépített teljesítmény (MW)	Kiadott villamosenergia (GWh)	Kiadott hő TJ	Felhasznált biomassza TJ	Hatásfok %
1	AES Borsodi Energetikai Kft.	Borsodi Hőerőmű	79,15	126,0	896	3 767	35,8
2	Bakony Erőmű Zrt.	Ajkai Erőmű	33,04	61,2	904	2 238	50,2
		Bioenergia Kft.	30	194,8	0	3 138	22,6
3	Mátrai Erőmű Zrt.	Mátrai Erőmű	103,3	633,7	35	6 825	33,9
4	Pannonpower Holding Zrt.	Pannongreen Kft.	49,9	335,0	470	4 663	35,9
5	Vértesi Erőmű Zrt.	Oroszlányi Erőmű	48,46	245,9	71	3 430	27,8
Összesen			343,85	1 596,6	1 480	20 923	-

Forrás: MEH [2010]

A biomassza alapú távhő-rendszerben megfelelő hatásfokkal megvalósítható a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés is. Ennek általános elterjedését azonban még nagyban hátráltatja a kis-, illetve közepes teljesítményű biomassza-fűtőművek számára költséghatékonyan és egyszerűen kivitelezhető technológiai megoldások hiánya.

A megújuló energiaforrásból származó villamosenergia-előállítás ösztönzésére, illetve a hőtermeléshez kapcsolt villamosenergia-felhasználás elősegítésére a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény (VET) kötelező átvételi rendszert (KÁT) hoz létre (1. melléklet). A megújuló energiaforrásból vagy hulladékból nyert energia átvételét és átvételi árait a 389/2007 (XII. 23.) kormányrendelet szabályozza. A jelenlegi KÁT-rendszer a tervek szerint 2011. július 1-jén megszűnik, az új támogatási rendszer várhatóan 2011. október 15-én lép majd hatályba¹⁸.

A biomasszára alapozott közvetlen, illetve kapcsolt hőtermelés hatásfoka ezzel szemben elfogadható, az egyedi biomassza-kazánok pedig már a gázkazánokhoz hasonló hatásfokot érnek el. Az egyéni fűtés mellett a biomasszára alapozott hőtermelés távfűtésként is hatékony. Erre példa az ún. falufűtés, amikor egy 20 MW teljesítményű hőközponttal egy kisebb település energiaszükségletét fedezni lehet. A falufűtés egyrészt a gázfűtésnél olcsóbb energiaellátást biztosít a helyi közösségek számára, másrészt a falu összetartozását is erősíti. Magyarországon jelenleg 1 600 olyan ezer fő alatti település van, ahol az önkormányzati intézményeket (polgármesteri hivatal, iskola, óvoda, napközi, művelődési ház stb.) gázzal fűtik. Ezeknek az objektumoknak a fűtése 42 millió m³ gázt igényelt 2009-ben, amelynek kiváltása 89 000 tonna (rendelkezésre álló) biomasszával megoldható lenne.

A biomasszából nyert hő jól alkalmazható a mezőgazdaságban is. Így pl. a szemes termények szárításához szükséges gázégőket egyszerűen és gazdaságosan helyettesíthetik a biomasszakazánok¹⁹. Emellett a biomassza felhasználása a kertészeti növénytermesztésben is fontos szerepet kaphat. A növényházak fűtése drága, így egy olyan ágazatban, ahol a jelenlegi értékesítési árak kevésbé követik az energiahordozók és egyéb költségtényezők árának változását, a gáztüzelésű kazánok helyett megfontolandó a biomassza kazánok használata.²⁰

Biomassza erőművek Magyarországon

A Bakonyi Erőmű Zrt. főleg a környező Ajka lakossági és ipari hőenergia-igényének kielégítésében meghatározó, az országos villamosenergia-piacon kisebb jelentőséggel bír. A társaság 2004 óta használ fel biomasszát, döntően erdészeti alapanyagot, amelyet elsősorban a Bakonyerdő Zrt. erdőterületéről szerez be. Az erőmű 132 MW (villamos és hőenergia) kapacitásából 30 MW biomassza-tüzelésű. A villamosenergia-termeléshez a Bakonyi Erőmű projektársasága, a Bakonyi Bioenergetikai Kft. 282 ezer tonna biomasszát vett át 2009-ben.

A Mátrai Erőmű Zrt. 2003 óta használ fel biomasszát. A visontai erőműben az évi mintegy 8 millió tonna szén mellett közel 200 ezer tonna biomasszát (erdőgazdasági és ffeldolgozási hulladékok, fás és lágyszárú energianövények, szalma, kukoricaszár, gombakomposzt, malomipari melléktermékek, maghéj, olajpogácsa, szeszmoslék és szőlőtörköly, szennyvíziszap stb.) tüzelnek el. Kevés beszállítóval állnak szerződéses viszonyban. A biomassza begyűjtése és beszállítása az erőműtől akár több száz kilométerre elhelyezkedő gazdaságoktól történik.

¹⁸ A megújuló energiaforrásból vagy hulladékból nyert energiával termelt villamos energia, valamint a kapcsoltan termelt villamos energia kötelező átvételről és átvételi áráról szóló 389/2007. (XII. 23.) kormányrendelet módosításáról szóló tervezetet a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium 2011. július 12-én bocsátotta közigazgatási egyeztetésre.

¹⁹ Példa: A Bicskei Mg. Zrt. 2008-ban határozta el, hogy terményszárítóját gáz helyett biomasszával fűti. A szárító tüzelőanyagként nagymennyiségű növénytermesztési mellékterméket, valamint szecskázott kukoricaszárakat használ fel.

²⁰ Példa: A kiskunfélegyházi Pethő Kertészet a hidroklutúrás paradicsomtermesztéshez 2006-ban egy 800 kW és egy 1,2 MW hőteljesítményű energiafűpeltet és egyéb lágyszárúakból készült ún. agripeltet-tüzelésű melegvízkazánt épített.

A pécsi Pannon Power Holding Zrt. 2004-ben helyezte üzembe 50 MW villamos teljesítményű biomassza-tüzelésű erőművi blokkját, ahol évente 500-550 ezer tonna tűzifát, fát, malomipari hulladékot és maghéjat alakítanak hővé. A Miscanthuson kívül más lágyszárút egyelőre nem használnak fel, egyrészt mivel az e célra alkalmas kazánok túl drágák, másrészt mert Magyarországon nem terjedtek el hatékony aprítási és bálázási technológiák.

A Vértesi Erőmű Zrt. 240 MW (villamos és hőenergia) teljesítményű oroszlányi erőművében mind a négy kazán alkalmas biomassza eltüzelésére, ezen túl az egyes és a kettes kazán kiegészítő fluidizációs berendezéssel ellátott. A Vértesi Erőmű elavult, az áramot túl drágán termelte, ezért havonta 1 milliárd forint támogatásban részesült a Magyar Villamos Művektől (MVM). A mintegy 1 500 főt foglalkoztató társaság ezen kívül évente közel 8 milliárd forintot kapott az ország utolsó mélyművelésű szénbányájára, a Márkushegyi Bányüzem fenntartására. Bár a vállalat 2010-ben csődbe került, a kormány foglalkoztatáspolitikai megfontolásból szeretné még egy ideig életben tartani. A továbbműködtetésre kormányhatározat kötelezi az MVM-et.

Az AES Borsodi Energetikai Kft. 2011 márciusában tett bejelentése szerint felfüggeszti a 90 MW-os (villamos és hőenergia) széntüzelésű tiszapalkonyai és a 71 MW-os biomassza tüzelésű borsodi erőművek működését. Az erőművek leállítását az áram nagykereskedelmi árának hosszú távú csökkenésével, a szén és a biomassza növekvő árával, illetve a széndioxid-kibocsátási költségek növekedésével indokolták. A társaság a két erőműben két szénpor/fapor-tüzelésű kazán mellett két hibrid-fluidágyas tüzelésű biomassza-kazánt üzemeltetett, amelyekben évente 250 ezer tonna tűzifát, 30 ezer tonna faforgácsot, 100 ezer tonna fűrészport és 10 ezer tonna mezőgazdasági eredetű biomasszát (gyalogakác, energiafű, napraforgóhéj, búzakorpa, kukoricacsutka-zúzalék stb.) tüzeltek el. A társaságnak négy regionális erdőszettel van szerződése 2012-ig, de saját alapanyag-termelést is folytat. Kísérleti faültetvényeiről 2011-ben takarítanak be először.

A fentiek mellett megemlítendő számos kisebb fűtőmű, amelyek egy-egy üzem saját hőellátását biztosítják faapríték, mezőgazdasági vagy ipari melléktermékek eltüzelésével. A kisebb erőművek összes hőteljesítménye meghaladja a 100 MW-ot. Az első, mintegy száz ingatlan hőellátását biztosító falufűtőművet 2005-ben adták át Pornóapátiban, Hangonyban pedig 2010-ben helyezték üzembe a helyi iskola fűtését biztosító, 0,6 MW teljesítményű biomassza-kazánt. Kiemelendő továbbá a szombathelyi és a körmenői erőmű, amely kogenerációban²¹ működik. A szolnoki erőműben évi 4,7 ezer tonna faaprítékot égetnek el, amivel 1,4 millió m³ földgázt váltanak ki és 5 ezer háztartásnak szolgáltatnak hőt, illetve meleg vizet. A bajai biomassza-erőmű fanyesedékre és egyéb fahulladékokra specializálódott, 2 ezer háztartás és intézmény hőigényét elégíti ki. A 20 MW_{el} teljesítményű szakolyi biomassza hőerőműben, amely 56 embernek ad munkát, évi 170-180 ezer tonna faaprítékot, illetve fűrészüzemi és mezőgazdasági hulladékot tüzelnek el. A Pannonhalmi Főapátság biomassza-fűtőműve a szőlővenyige, a levendula-szalma és az arborétumi nyese-dék hasznosításával a saját hőigényének közel 80 százalékát fedezi [Pongrácz, 2009]. A legfiatalabb biomassza-erőművek közé tartozik a 2010 januárjában átadott komlói fűtőerőmű biomassza blokkja, amely működéséhez évente mintegy 15 ezer tonna fa szükséges. A 18 MW-os erőmű 5 ezer lakás és 300 vállalkozás fűtését biztosítja a távfűtéshez képest 25 százalékkal alacsonyabb áron.

Több biomassza-erőmű is építés, illetve tervezés alatt áll. Az ELBIM csoport Salgótarjánban épülő, 200 ezer GJ hő kapacitású biomassza-erőműve a tervek szerint 3 800 háztartás és 700 intézmény távfűtéséhez fog hőt szolgáltatni, ezen túl 12,5 MW_{el} lesz az erőmű áramtermelő kapaci-

²¹ A kogenerációs vagy kapcsolt technológia lényege, hogy egy adott tüzelőanyagból (Magyarországon többnyire földgázból) az erőmű egyszerre állít elő villamos energiát és a távfűtő rendszerben felhasználható hőenergiát. Így kevesebb nyersanyagot használ fel, mintha ugyanezt a hőt és villamos energiát külön erőművekben állítanák elő. A kapcsolt energiatermelés energiatakarékos és a kogenerációs erőművek kevesebb üvegházhatású gázt bocsátanak ki.

tása, így kb. 20 ezer háztartás ellátásához elegendő villamos energiát fog termelni 2012-től. Kaposváron szintén 2012-ben fejeződhet be egy 35 MW teljesítményű biomassza-erőmű építése, amely – a salgótarjánihoz hasonlóan – a hő mellett villamos energiát is előállít majd. A Pannon Power új, 35 MW villamos teljesítményű biomassza-erőműve is 2012-re készülhet el. Az alapanyag-ellátás biztosítása érdekében már 2009-ben megkezdtek az energianyár és energianád (*Miscanthus*) telepítését. Az új beruházásnak köszönhetően akár 30 ezer pécsi lakást is zöldenergiával lehet majd fűteni.

Megjegyzendő: Egy közepes méretű (kb. 20 MW) biomasszaerőmű-blokk felépítése legalább 15-18 milliárd forintba kerül. Lassíthatja a beruházásokat, hogy a bankok a pénzügyi-gazdasági válság miatt óvatosabban helyeznek ki hitelt. A zöld erőművek létrehozásánál döntő szerepe van az idegen forrásoknak, még ha egy-egy beruházáshoz pályázatos úton akár 50-60 százalékos támogatás is szerezhető támogatási felső határ mellett. Elegendő önerő és bankhitel híján nem kezdődnek el az építkezések, mert az ilyen tenderek rendszerint utófinanszírozásúak, vagyis a befektető sokszor jóval később juthat a pályázati forráshoz.

4. A biogáz termelése és felhasználása Magyarországon

A biogáz-előállítás során az elsődleges cél az állati, növényi melléktermékek, hulladékok kezelése és hasznosítása. A **biogáz rugalmasan hasznosítható megújuló energiaforrás**, amelynek egyik előnye, hogy gázipari technológiával tárolható [Magyar Biogáz Egyesület, 2011]. (Itt jegyezzük meg, hogy csak a tisztított biogáz tárolása racionális). A biogázüzemek technológiája alkalmas a települési hulladékok (biológiailag lebomló rész) és mezőgazdasági melléktermékek feldolgozására. Ez utóbbi megoldást részesíti előnyben a hulladéklerakókról szóló 1999/31/EK tanácsi irányelv is.

A komplex jellegű biogáztelepek előnyei Bai [2009a] szerint:

- térségi szinten csökkentik a már működő szennyvíz- és szeméttelpek leterheltségét, lehetővé teszik azok többletberuházás nélküli működtetését;
- a beszállítók részére legalább a szállítási költségek egy része megtakarítható (ezt elsősorban a telephely és a keletkezés térbeli elhelyezkedése dönti el);
- a biogáztelepeket üzemeltető vállalkozások olcsón juthatnak idegen alapanyaghoz (attól függ: élelmiszeripari melléktermék ingyenes, de a szállítást a biogázüzem fizeti), habár nem elhanyagolható tényező a szállítási költség;
- a többféle alapanyag javíthatja a biogáz-kihozataalt;
- nagy energiaigényű vállalkozás települések közelébe telepítésével a hulladékhő értékesíthető, ami az olcsóbb hőenergia miatt a vevő (pl. önkormányzat) részére megtakarítást, a biogáztelepek számára árbevétel-többletet, az ott élőknek pedig munkalehetőséget nyújthat (korlátozott mértékben).

A **biogázüzemek telepítését több tényező együttesen határozza meg** (állandó mennyiségű és minőségű alapanyag, az adott helyszín terepviszonyai, a biogáz hasznosításának módja és ennek értékesítési lehetőségei, flexibilis technológiai lehetőségek, a beruházáshoz szükséges tőke rendelkezésre állása, a beruházás megtérülési mutatói stb.), ezért egy biogázüzem létesítésekor számos technológia-változat közül kell kiválasztani a legmegfelelőbbet. Emiatt az alábbi szempontok szerint lehet csoportosítani a biogázüzemeket.

- A bevitt alapanyagok szerint:
 - hígtrágyát, almostrágyát, zöld növényi anyagokat, élelmiszer- és feldolgozóipari melléktermékeket, állati eredetű melléktermékeket hasznosító biogázüzemek;
 - települési szennyvíziszapot hasznosító biogázüzemek;
 - működő, illetve felhagyott szeméttelpeken keletkező biogázt hasznosító üzemek.
- A keverés módja szerint:
 - mechanikus;
 - szivattyús;
 - csigás.
- A fermentáció hőmérséklete szerint:
 - pszichrofil (28-30°C-ig);
 - mezofil (35-38°C);
 - termofil (50°C-58°C) technológiákra.
- A fermentáció közege szerint:
 - aerob (oxigén jelenlétében);
 - anaerob (oxigén kizárásával).

- A fermentáció módja szerint:
 - álló, hengeres fermentorok;
 - fekvő, dugóáramú fermentorok;
 - száraz fermentációs eljárás.
- Az alkalmazott technológiai elv szerint:
 - nedves;
 - szuszpenziós;
 - félszáraz változat.
- Az üzemmód szerint:
 - szakaszos;
 - félfolyamatos;
 - folyamatos.
- A biogáz hasznosítási lehetőségei:
 - villamos vagy hőenergia-termelés;
 - biometán (a biogáz tisztítását követően bevezethető a földgázhálózatba);
 - hajtóanyagként.

Egy biogáz-erőmű beüzemelése fél évnél is több időt vehet igénybe. **A beüzemelésnek két lépésre** lehet osztani [Somosné, 2010]. **Felfűtés.** A fermentor feltöltése után a benne lévő 2-3000 m³ felhígított szerves anyagot fel kell fűteni a működési hőmérsékletre, amely jellemzően 38°C (mezofil fermentáció). A felfűtéshez általában a gázmotor által termelt hőenergiát használják, de miután még nincs biogáztermelés, ebben a szakaszban földgázzal vagy PB gázzal működtetik a gázmotort, vagy más külső energiával (tűzelő olaj) fűtik a fermentort. A felfűtési időszak, amely függ a fermentor nagyságától is 1-3 hónapot vehet igénybe. A maximális napi hőmérsékletemelkedés 1-1,5°C lehet. **Teljes kapacitásra felfuttatás.** Ebben a szakaszban a napi betáplált szerves anyag mennyiségét lassan emelik a maximális napi mennyiségre. Időigényes folyamat, mert a mikroorganizmusoknak és azok anyagcseretermékeinek stabil egyensúlyi állapotban kell végig maradniuk, ezért nem lehet egyszerre a teljes napi szerves anyag mennyiséggel megterhelni a fermentort. Az üzem méretétől függően 3-6 hónap szükséges ehhez a folyamathoz.

A biogázüzemekben a biogáztermelés a betáplált szerves anyagokból biológiai folyamatok során, mikroorganizmusok lebontó tevékenysége által, több ezer m³-es fermentorokban (erjesztő tartályokban) zajlik. A működési kapacitás elérése hosszú folyamat, ami azt a célt szolgálja, hogy a megfelelő mikroorganizmus összetétel és szám és ezzel együtt a fermentáció folyamatai egyensúlyba kerüljenek. Ezt az időszakot próbaüzemnek hívjuk. **A biogáz képződése három szakaszban valósul meg.** Az **első lépésben** a szervesanyagban található fehérjék, zsírok és szénhidrátok egyszerűbb vegyületekre (aminosavakra, zsírsavakra, cukrokra) bomlanak le. A **második lépcsőben** a savat előállító baktériumok munkájának eredményeként ezekből az anyagokból szerves savak (ecetsav, propionsav, vajsav), hidrogén és nyomokban alacsony szénatom számú alkoholok, aldehidek jönnek létre. A **harmadik szakaszban** a metántermelő mikroorganizmusok nagyobb csoportja a szerves savakat metánná, széndioxidá és vízzé bontja le. A metanogének egy másik csoportja ugyanekkor a keletkező széndioxid egy részét savtermelő baktériumok által termelt hidrogén felhasználásával alakítja át metánná. A biogázüzemben ezek a szakaszok nem különülnek el egymástól, egyszerre vannak jelen, ez az oka a biogázüzemek érzékeny biotechnológiai egyensúlyának.

Mivel az erjesztés endoterm folyamat, a fermentorokat az év nagy részében fűteni kell. Ezt a hőenergiát a biogázüzem hulladékhőjének egy részéből fedezik. A fermentorokban az alapanyagok szokásos tartózkodási ideje 40-65 nap, ezalatt az alapanyagokban lévő szerves anyagok 70-75 százaléka lebomlik és biogázzá alakul. A biogázt kéntelenítés és víztelenítés után lehet felhasználni.

Miután a biogázüzem beállt a teljes kapacitáson való működésre, a folyamatos szerves anyag beadagolás mellett folyamatosan termelődik a biogáz. A biogázüzemek fő jellemzője a folyamatosság. A naponta termelődő biogáz mennyisége nem egyenletes, hanem a beadagolt szerves anyag minőségétől, a külső légköri, hőmérsékleti tényezőktől függően bizonyos mértékben változik.

A biogázüzem ellenben más erőművekkel nem állítható le azonnal és újraindítása sem egyszerű. A biogázüzemben a betáplált szerves anyagokból a mikroorganizmusok saját életfolyamataik szerint termelik a gázokat, a szervesanyag megvonást követően a gáztermelés lassan csökken, a teljes leálláshoz hosszabb időszakra van szükség. A termelés leállítása költség- és időigényes, ezért csak az üzem végleges leállításakor, vagy nagyon indokolt esetben, pl. a biológia összeomlása esetén lehet megtenni. A leállást követően az újraindításhoz a fermentor teljes tartalmát ki kell cserélni, és előlről kell kezdeni a több hónapos próbaüzemet.

A biogázüzemek hatékony működését számottevő mértékben befolyásolja a biogázüzem vilamos energia önfogyasztásának nagysága (pl. alapanyag-keverő, szilárd alapanyag adagoló berendezés, szivattyú áramfogyasztása). A biogázüzemekben keletkező melléktermékek (kiértelt szubsztátum, 3-5 százalék szárazanyag-tartalommal) elhelyezhetősége, szállítási költsége ugyancsak hatással van az üzem gazdaságosságára, valamint a beruházás megtérülésére.

A **biogáz felhasználásának három útja lehetséges**: helyi felhasználás gázellátásra és távhőellátásra, fűtőérték-növeléssel és tisztítással történő betáplálás a földgázhálózatba, valamint helyi hasznosítás kapcsolt energiatermeléssel.

- A biogáz közvetlen helyi hasznosításának két lehetősége van: a kisebb fűtőértékű biogáz a gáztermelés körzetében kerülhet hasznosításra. A kisfűtőértékű biogázból hőenergia nyerhető, amelyet a biogáz-erőműhöz csatlakozó távhő-rendszerben lehet fűtésre felhasználni.
- A nagy fűtőértékű biogáz megfelelő tisztítást követően betáplálható az országos földgáz-hálózatba.
- A biogázok decentralizált hasznosítása kapcsolt energiatermelés során leginkább gázmotorokkal történik jelenleg. Ez a hasznosítási forma csak abban az esetben hatékony, amennyiben a hőhasznosítás helyben létrejön. Amennyiben a hőhasznosítás nem oldható meg a hatékonyság legfeljebb 40 százalékos lehet, míg ha fűtésre kerül felhasználásra a gáz, úgy a hatékonyság ennek dupláját, a 80 százalékot is elérheti.

A gázmotor néhány száz kW_{el} és néhány MW_{el} közötti teljesítményekre képes, tehát a biogáz-erőművek igen széles alkalmazási körét lefedi. Gázmotorok helyett gázturbinákat is alkalmazhatnak, ha a hőigény nagyobb része technológiai gőz vagy a biogáz nagyon rossz minőségű (alacsony metántartalom vagy magas kénhidrogén- tartalom). A villamosenergia-termelés és hasznosítás során a biogázt a gázmotorba vezetik be, ahol villamos (és hő-) energiává alakul, ami a kötelező átvételi rendszer keretében az országos hálózatra kerül betáplálásra.

Jelenleg a biogáz-előállítás során nyert villamos energia a leginkább elterjedt és terjedő alternatív energiatermelési technológia. Egyes országokban (pl. Németország) energiatermelő iparággá nőtte ki magát. Ugyanakkor egyre jobban terjed a tisztított biogáz földgáz hálózatba történő betáplálása, valamint üzemanyagcélú felhasználása is.

4.1. A biogázüzemek létesítésének feltételei

4.1.1. Alapanyagok

Biogáz minden, a baktériumok által könnyen bontható szerves anyagból képződhet. A mezőgazdasági melléktermékekre alapozott biogázüzemekben többnyire hígtrágyát és almos trágyát használnak fel, mint szubsztrátumot – az újabb biogáz-erőműtípusok már nem igénylik a hígtrágya felhasználását. A szarvasmarha trágyája nagy pufferkapacitása miatt a biológiai folyamatokat optimális körülmények (pH) között tudja tartani. Ezért a németországi biogázüzemek több mint 60 százaléka ezt a trágyaféleséget használja a mikrobiológiai folyamatok stabilizálása érdekében. Emellett természetesen más szerves anyagok is felhasználhatóak biogáz termelésére, így a mezőgazdaságból és élelmiszeriparból származó melléktermékek (pl. vágóhídi hulladék, állati zsiradék, törköly, cukorrépaszelet), valamint a silókukorica, a gabonafélék. A szerves szárazanyag tömegegységére vetített fajlagos biogáz-hozam széles határok (90-600 m³/tonna) között változik (14. táblázat).

14. táblázat

A fontosabb biogáz alapanyagokból nyerhető biogáz mennyisége

Szervesanyag	Szerves szárazanyagra vetített biogáz-hozam (m ³ /t)
Sertétrágya	340-550
Szarvasmarhatrágya	90-310
Baromfitrágya	310-620
Búzaszalma	200-300
Kukoricaszár	380-460
Rizsszalma	170-280
Zöldségmaradvány	330-360
Cukorrépa levél	400-500
Mezőgazdasági hulladék	310-430
Növényi magvak	620

Forrás: Lovas ed. [2010]

A biogáztermelés érzékeny mikrobiológiai folyamata csak akkor lesz biztonságos, ha rendszeresen, közel azonos minőségű alapanyagot tud betáplálni az üzem nagy változtatások nélkül. A változó összetételű és arányú szubsztrátumok a biológiai folyamatokat felboríthatják. Az egyes alapanyagok gázkihozatalát nagymértékben meghatározza a fehérje-, zsír- és szénhidráttartalom. Általánosságban elmondható, hogy a magas zsírtartalmú alapanyagok igen nagy gázkihozattal rendelkeznek. Minél nagyobb az adott anyag szárazanyag-tartalma, annál nagyobb az 1 kg alapanyagból termelődő biogáz mennyisége is.

A biogázüzem létesítésének megkezdése előtt alapvető szempont az **üzem logisztikai hátterének, alapanyag-beszerzésének** optimalizálása. Általánosságban elmondható, hogy pusztán hígtrágyára/szervestrágyára alapozott biogáz-termelés nem jellemző sem Magyarországon, sem más EU tagállamban. A hatékony biogáz-receptúra előállításához többféle alapanyag kerül felhasználására. Németországi tapasztalatok szerint a csak hígtrágyával/almostrágyával üzemelő biogáz-erőművek termelési költsége magasabb, mint a három-négyféle nyersanyaggal működő üzemeké [ADEME, 2010].

A KvVM [2009] adatai alapján a mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladékok mennyisége az elmúlt években alig változott Magyarországon. Azonban a KvVM által fenntartott Hulladék Információs Rendszerben (HIR) 2007-től a trágya, az állati és növényi melléktermékek közül már csak a ténylegesen hulladékként kezelt mennyiségek jelennek meg (15. táblázat).

15. táblázat

A keletkezett hulladékok megoszlása a főbb hulladékkategóriák szerint

ezer tonna

Hulladék	2000	2005	2008
Települési szilárd hulladék	4 552	4 646	4 553
Települési folyékony hulladék	5 500	4 939	3 925
Veszélyes hulladék	3 393	1 203	715
Mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladék*	5 000	4 857	1 188
Ipari és egyéb gazdálkodásból származó hulladék	16 455	8 784	7 386
Építési-bontási hulladék	5 100	4 129	4 882
Hulladék mennyiség összesen**	40 000	28 558	22 647

* Begyűjtött mennyiség.

** A biológiai körforgásba megközelítőleg teljes egészében visszakérülő mező- és erdőgazdasági maradványok.

Forrás: KvVM Beszámoló a 2003-2008. közötti időszakra vonatkozó Országos Hulladékgazdálkodási Terv végrehajtásáról [2009].

Az Országos Hulladékgazdálkodási Terv I. (OHT I.) a mező- és erdőgazdaságban (növényi maradványok, melléktermékek stb.), valamint az élelmiszeriparban mintegy 30 millió tonna hasznosítható biomasszával számolt a 2003-2008 közötti időszakra. Ennek a mennyiségnek azonban csak egy kis hányada, 15-20 százaléka jelent meg ténylegesen hulladékként. Ezzel szemben a cselekvési terv a mezőgazdasági melléktermékekből középtávon (7-15 év) 5,4 millió tonna/év reálisan begyűjtendő mennyiséggel számol. A cselekvési terv szerint a biomassza-mixból 2020-ra várható mennyiség évi 3,5 millió tonnát tehet ki.

A biogázüzem működése során **lebontási maradék is keletkezik**, amelynek **elhelyezése a mezőgazdasági területeken célszerű**. A képződött lebontási maradék értékét is indokolt figyelembe venni a biogázüzem tervezése során, mert így csökken a biogáz termelési költsége. Az **üzem földterületeinek elhelyezkedése is hatással van az elérhető eredményre**, amelyet az alapanyagok és a végtermékek szállítási költségei komoly mértékben befolyásolnak. A lebontási maradék mennyisége alapanyagonként változó; így 1 kg energianövényből 0,8 kg, 1 kg hígtrágyából 1 kg, míg 1 kg almostrágyából 0,9 kg lebontási maradék keletkezik. Ebből látható, hogy a fermentáció során felhasznált anyagok mennyisége alig változik. Az energianövények esetében nem ritkán termelési szerződésben rögzítik a felek a lebontási maradék visszavételének feltételeit a nyersanyag átlagos tápanyagtartalma alapján.

4.1.2. Jogszabályi feltételek

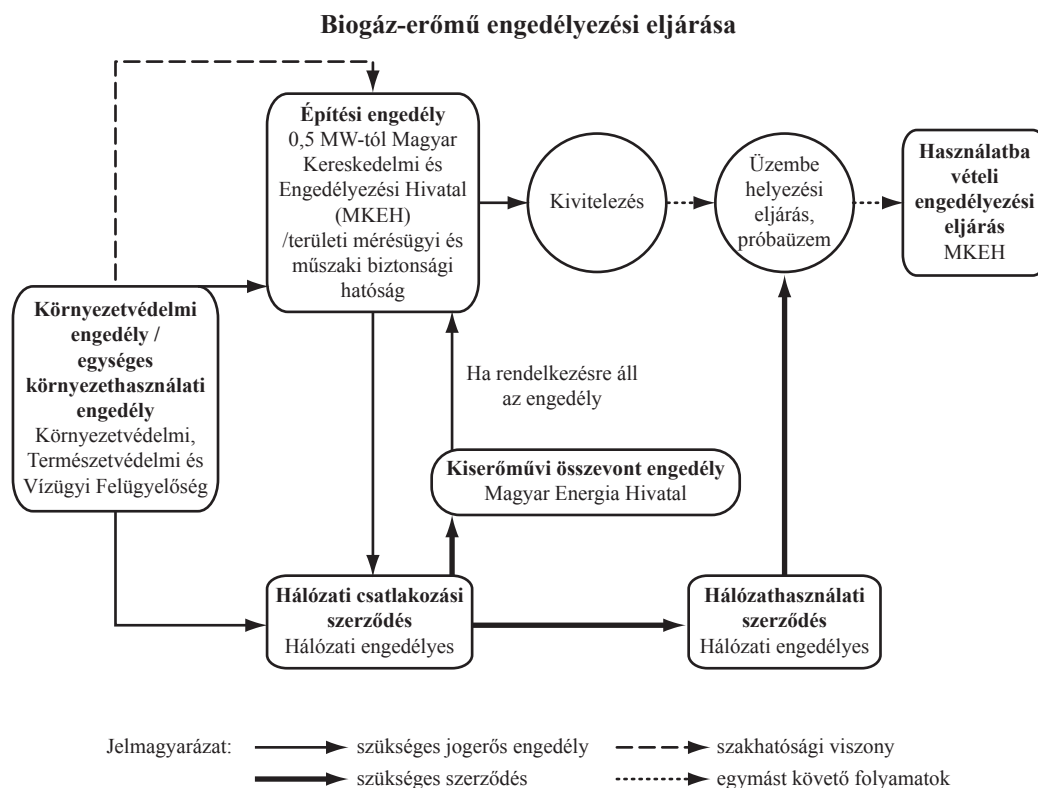
Az Energia Klub [2010] szerint **Magyarországon a biogázüzemek engedélyezésénél nincs két egyforma eljárás, mivel az engedélyek megszerzése több szálon futó, bonyolult folyamat**. A biogázüzemek tervezésének-engedélyezésének kétszer-háromszor hosszabb az időigénye, mint magának az építési-beruházási szakasznak. Természetesen a projekt tervezésére fordított idő a későbbiekben megtérül, e szakaszon nem érdemes a költségeket minimalizálni, az engedélyezés időtartamát viszont a hatóságok szabják meg. A tapasztalatok szerint ez nem kizárólag hazai sajátos-

ság, mivel az Európai Unió tagállamaiban az engedélyezés általában hosszú időt vesz igénybe. Az Európai Bizottság [2009a] elemzése arra a megállapításra jutott, hogy az engedélyezés átlagos időtartama az EU tagállamaiban 2-4 év között változik.

A magyarországi engedélyezési eljárást ért számos kritika (és az uniós megújuló energia-termelés célkitűzéseitől való elmaradás) nyilvánvalóvá teszi, hogy **a jelenlegi engedélyezési gyakorlat hátráltatja a megújuló energiatermelés terjedését**. Az Energia Klub [2010] szerint a terület „újraszabályozása” szükséges, amit a 2009/28/EK irányelv is kikényszerít.

Magyarországon biogázüzem létesülhet gáztermelésre vagy villamosenergia-termelésre, valamint a telephelyen lévő más célú üzem villamos energia ellátására (ún. saját ellátás, sziget üzem-mód). A **villamosenergia-termelésre irányuló** biogázüzem létesítés a jellemző, így ennek a hasznosítási iránynak az **engedélyezési folyamata kerül bemutatásra**. Az engedélyezés négy önálló, de egymástól nem független eljárás keretében zajlik, közülük három a hatóságok, míg a negyedik egy gazdasági társaság hatáskörébe tartozik (7. ábra). Az építésügyi hatósági eljárást megelőzi a környezetvédelmi engedélyezési eljárás. Az építési engedély eljárási ideje 45 nap²². Ez idő alatt az építési hatóság megkeresi a szakhatóságokat. Az ügyfél részéről induló hiánypótlások az eljárási időt felfüggesztik.

7. ábra



Forrás: Energia Klub [2010]

²² A tanulmány az ügyintézési határidőket az akkor hatályos szabályozásnak megfelelően „munkanapban” jelölte meg, a legújabb változások szerint a hazai szabályozás visszatért a naptári napban, azaz egyszerűen a „nap”-ban történő határidő számításához.

A jogerős építési engedély a jogerős környezetvédelmi engedéllyel együtt a villamos energia hálózati csatlakozási szerződés szükségszerű előfeltétele az energiaipari engedély kiadásának. Az építési engedély birtokában a kivitelezés kizárólag a jogerős energiaipari engedély alapján kezdhető meg. A biogázüzem technológiájától függően további engedélyek megszerzése is szükséges lehet – így különösen a kiejedtt fermentlé termőföldön való elhelyezési és a hulladékgazdálkodási engedély.

A környezetvédelem általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény szerint ipari létesítmény létesítése esetén a tevékenység jellegétől függően környezetvédelmi engedély, illetve egy-egy környezethasználati engedély beszerzése merülhet fel. A beruházás környezetvédelmi engedélyezésének előzetes tisztázása érdekében a beruházó a környezetvédelmi hatóságnál ún. előzetes vizsgálati eljárás lefolytatását köteles kezdeményezni annak megállapítására, hogy az adott beruházás környezeti hatásvizsgálata, egységes környezet használati engedélyezési vagy más hatósági eljárás hatálya alá tartozik. A környezetvédelmi engedélyezési eljárásokban a környezetvédelmi, természetvédelmi és vízügyi felügyelőség jár el főhatóságként. A Felügyelőség az eljárásba – szakkérdés felmerülésétől függően – legfeljebb 8 szakhatóságot köteles bevonni. A beruházó az engedélyezési eljárás megindítása iránti kérelmet 8 nyomtatott példányban és elektronikus adathordozón is köteles rendelkezésre bocsátani.

A VET szerint erőmű építéséhez az építés felmerülésétől függően legfeljebb tizenegy szakhatóságot és tizenkét közműkezelő, illetve üzemeltető céget von be. A hatósági eljárásokban 2009. december 28-tól az engedélyezési eljárás elektronikus formában is végezhető.

A beruházó, amennyiben hálózatra kíván villamos energiát termelni, a csatlakozás érdekében igénybejelentést tesz a területileg illetékes áramszolgáltatónál, akivel hálózatsatlakozási szerződést köt. A hálózati csatlakozási szerződés alapján az áramszolgáltató csatlakozási díj ellenében, a szerződésben meghatározott csatlakozási pontokra hálózati csatlakozás kiépítését vállalja. A kivitelezés és az eredményes üzembe helyezési eljárás lefolytatását követően kerül sor a hálózathasználati szerződés megkötésére a beruházó és áramszolgáltató között. Ezzel egyidejűleg megtörténhet az üzemviteli megállapodás és a mérlegkörü szerződés megkötése a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt. (rendszerirányító MAVIR Zrt., továbbiakban rendszerirányító) és a beruházó között. Nincs szükség villamos hálózati csatlakozási szerződésre a gáztermelésre irányuló biogázüzem létesítése során.

A Magyar Energetikai Hivatal (MEH) energiaipari engedélye vonatkozásában az engedélyezési eljárás menete a létesíteni és működtetni kívánt villamos erőmű teljesítőképességétől függ. A MEH engedélyét csak 0,5 MW_{el} teljesítményt elérő és meghaladó erőművek esetében kell beszerezni, így tehát az ezen teljesítményt el nem érő biogáz-kiserőműveknek csak bejelentési kötelezettségük van a MEH felé. Az engedélyköteles kategórián belül, a 0,5 MW_{el}-50 MW_{el} közötti teljesítőképességű erőművek (kiserőmű), az 50 MW_{el}-ot elérő, vagy meghaladó erőművek alkategóriáját lehet megkülönböztetni. A kiserőművek esetében a MEH a kiserőmű létesítésére és a villamosenergia-termelésre vonatkozó engedélyt egy eljárásban (egyszerűsített engedélyezési eljárás) összevontan adja ki (kiserőművi összevont engedély), míg az 50 MW_{el}-ot elérő, vagy meghaladó erőművek esetében külön létesítési, illetve az erőmű kivitelezését és használatba vételét követően külön működési engedélyt ad ki. Nincs szükség energiaipari engedélyre a gáztermelésre irányuló biogázüzem létesítése során.

A beruházó az építési engedély megkérése előtt a létesítmény műszaki megvalósíthatóságának, továbbá műemléki, régészeti, településképi, természet és környezetvédelmi követelmények előzetes tisztázása érdekében a hatóságtól elvi építési engedélyt kérhet. Az elvi építési engedély

egy évig érvényes, ezen időtartamon belül a hatóság, illetve a szakhatóságok kötve vannak az engedélyben foglaltakhoz. Az elvi építési engedély alapján, vagy attól független tényleges építési tevékenység végzésére vonatkozóan a beruházó építési engedély iránti kérelmet nyújt be a hatósághoz. A kérelemhez csatolni kell a környezetvédelmi hatóság engedélyét. Ha a kérelem benyújtását megelőzően a MEH engedélye már rendelkezésre áll, azt is csatolni szükséges. A vonatkozó jogi szabályozás villamosenergia-ipari építésügyi hatóságként a Magyar Kereskedelmi és Engedélyezési Hivatal²³ (MKEH) és annak területi mérésügyi és műszaki biztonsági Hatóságát jelöli ki.

A biogázüzemek által előállított **villamos energia kötelező átvételéről közösségi és tagállami jogszabályok egyaránt rendelkeznek**. Az EU a biomassza-alapú elektromosenergia-termelés szabályozásának alapjait a 2001/77/EK tanácsi irányelvben fektette le. A 2001/77/EK tanácsi irányelvet Magyarországon a villamos energiáról rendelkező 2001. évi CX. törvény, valamint ennek módosítása, a VET adaptálta. Ugyan a hazai jogszabályok is kötelezik az áramszolgáltatókat a „zöldáram” hatósági áron történő átvételére, ezek a hatósági árak jóval alacsonyabbak, mint az EU más tagállamaiban. A **cselekvési terv megállapította, hogy a 2010-ben még hatályos engedélyezési eljárások bonyolultak, összetettek, esetenként több főhatóság, szakhatóság vett részt a folyamatban. Az engedélyezési eljárások gyorsításának és egyszerűsítésének lehetőségei egy, már folyamatban lévő átfogó kormányzati felülvizsgálat tárgyát képezik 2011-ben.**

A **biogázüzemek nagy mennyiségű állati eredetű melléktermékeket**, illetve hulladékot (hígtrágya, istállótrágya, elhullott állatok maradványai stb.) **használnak fel**. Az EU tagállamaiban, az állati eredetű melléktermékek biogázüzemekben történő felhasználását, a 2011. március 4-től hatályos 1069/2009/EK tanácsi rendelet, illetve ennek a végrehajtási rendelete, a 142/2011/EU bizottsági rendelet szabályozza. A biogázüzemek csak az ún. 2. és 3. osztályba sorolt alapanyagokat hasznosíthatják. A 2. kategóriás alapanyagokat (pl. vágóhídi hulladék), amennyiben azok a jogszabályokban rögzített követelményeknek megfelelnek, 133°C-on, 3 bar nyomáson, 20 percig tartó kezelés után szabad a fermentorokba juttatni. A 3. kategóriás alapanyagokat (pl. konyhai hulladék, ételmaradék), 70°C-on, légköri nyomáson, 60 percig kell kezelni. Az ún. kozubsztrátumok (erjedést elősegítő adalékanyagok, mint pl. szilárd vagy hígtrágya, növényi alkotórészek, hulladékok stb.) alkalmazása is számos kritériumhoz kötött (pl. szállító és tároló berendezések megfelelő tisztítása, üzem elkerítése, kezelési hőmérséklet pontos ellenőrzése stb.), amelyeket többek között a 23/2003. (XII. 29.) KvVM rendelet ír elő. A fermentáció során keletkező maradékanyagokat csak laboratóriumi vizsgálat után, a jogszabályokban felsorolt fertőző anyagoktól mentesen szabad a termőföldre kijuttatni.

A fermentáció végén visszamaradó nagy mennyiségű kiejedt fermentlének a mezőgazdasági területek tápanyag-utánpótlására való alkalmazását a talajvédelmi terv készítésének részletes szabályairól szóló 90/2008. (VII. 18.) FVM rendelet hatálya alá vonták, így a kihelyezés engedélyköteles. Azonban nehézséget jelent az engedély megszerzése során, hogy a biogázüzemi kiejedt fermentlé egyetlen jogszabályban sincs pontosan definiálva – még a 90/2008. (VII. 18.) FVM rendeletben sem –, ezért ennek az anyagnak a besorolását mindig az adott talajvédelmi hatóság végzi el. Előfordulhat, hogy emiatt a fermentlé illetékességi területenként más-más megítélés alá esik.

²³ A Magyar Kereskedelmi és Engedélyezési Hivatalról (MKEH) szóló 260/2006. kormányrendeletet (XII. 20.) hatályon kívül helyezték, az új vonatkozó jogszabály a 320/2010. (XII. 27.), mindazonáltal az új jogszabály a biogázüzemek engedélyezése szempontjából új érdemi változást nem hozott. Az MKEH hatósági díjait szabályozó 129/2005. (XII. 29.) GKM rendeletet a 20/2010. (XII. 31.) NGM rendelet váltotta fel, ami érdemben módosította az MKEH eddigi eljárási díjait.

A biogázüzemek működését alapvetően a biohulladék kezeléséről és a komposztálás műszaki követelményeiről szóló 23/2003. (XII. 29.) KvVM rendelet határozza meg. E rendelet a biohulladék anaerob lebontásával képződő anyagot szilárd lebontási hulladéknak nevezi el, azonban a nedves fermentáció végén képződő fermentlé híg, iszapszerű anyag, vagyis nem sorolható a szilárd lebontási maradék fogalomkörébe. A rendelet az anaerob bontás végén keletkező maradék anyagok (szilárd, folyékony), hulladékok kezeléséről, hasznosításáról külön nem rendelkezik.

4.1.3. Gazdasági feltételek, az üzemeltetés költségei és bevételei

A biogázüzemek megvalósítása elsősorban **gazdasági és finanszírozási kérdés és stratégiai döntést igényel**. A biogáz előállítását alapvetően egy **hulladékkezelési eljárás**, amelynek során piacképes termékeket állítanak elő, azonban energetikai szempontból a jelenlegi gazdasági és szabályozási feltételek mellett önmagában többnyire nem gazdaságos. A gazdaságosság a beruházás mielőbbi megvalósításával (optimális esetben 8-12 hónap), a beruházási és üzemeltetési támogatások igénybevételeivel, a megfelelő alapanyaggal és kapacitással, valamint a folyamatos működéssel érhető el. Utóbbi feltételezi a folyamatos és közel állandó minőségű alapanyag-ellátást, a beépített technika megbízhatóságát, valamint a végtermékek értékesítését/saját felhasználását is. A biotrágya, a biogáz, a hulladékhő nagyobb mennyiségben és huzamosabb ideig nem tárolható. Egy biogáztelep körültekintő létesítése hosszú időre stabilizálhatja a vegyes profilú mezőgazdasági vállalkozások hulladék-és tápanyag-gazdálkodását.

A **saját alapanyag előnye, hogy helyben képződik, garantáltan rendelkezésre áll**, beltartalma ismert, így csökkenti a termelés kockázatát. A kapacitás teljes kihasználásához azonban szükséges lehet külső alapanyagok felhasználása is, amelyek összetétele és beszerzése bizonytalan, habár a kockázat hosszú távú beszállítói szerződésekkel mérsékelhető.

Bai [2008] modellszámítások segítségével hat tényleges, vegyes alapanyagbázissal üzemelő biogázüzem gazdasági mutatóinak változását hasonlította össze négy jellemzőnek, illetve perspektivikusnak tekinthető alapanyag kizárólagos felhasználásával. A modellek között két kisméretű (100 kW_{el} alatti), két közepes méretű (100-500 kW_{el}) és két 1 MW_{el} kapacitás fölötti biogázüzemet mutatott be a szerző. A modell-számítás során az alapanyagköltség változását a 16. táblázat alapadatai alapján végezte el Bai [2008].

16. táblázat

A vizsgált alapanyagok jellemzői (szállítási költség nélkül)

Megnevezés	Ár/önköltség, Ft/tonna	Biogázhozam, Nm ³ /tonna	Fajlagos költség, Ft/Nm ³	Fajlagos alapanyagigény, tonna/m ³
Szilázs	6 300	200	42	0,7
Almos trágya	1 000	70	14	1,3
Hígrágya	0	26	38	1,05
Állati eredetű melléktermék	0	400	0	0,6

Megjegyzés: Somosné [2011] gyakorlati tapasztalatokra hivatkozva bemutatta, hogy a sertéshígrágya szállítási költsége 1 000 forint/tonna, míg a silókukorica termelési költségén (6 000 forint/tonna) kívül figyelembe kell venni a tonnánkénti 1 000 forintos szállítási költséget is.

A táblázatban szereplő értékek irányadó jellegűek.

Forrás: Bai [2008], illetve Somosné [2011]

Bai [2008] arra a következtetésre jutott, hogy az alapanyagok összetételének változása nemcsak az alapanyagköltséget befolyásolja (17. táblázat), hanem a biogáz-hozamot, ezen keresztül pedig a szükséges fermentortérfogatot is (18. táblázat).

17. táblázat

Az alapanyagköltség változása

millió forint

Modellüzemek kapacitásai	< 100 kW _{el}	< 100 kW _{el}	100-500 kW _{el}	100-500 kW _{el}	> 1 MW _{el}	> 1 MW _{el}
Szilázs	7,4	11,4	41,6	57,2	114,5	189,0
Almos trágya	5,0	7,8	28,3	38,9	77,9	128,6
Hígtrágya	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Veszélyes hulladék	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A modell alapértéke	6,4	10,0	35,8	49,3	72,6	119,9

Forrás: Bai [2008]

18. táblázat

Azonos biogázhozamhoz szükséges fermentornagyság eltérő alapanyagok esetén

m³

Modellüzemek kapacitásai	< 100 kW _{el}	< 100 kW _{el}	100-500 kW _{el}	100-500 kW _{el}	> 1 MW _{el}	> 1 MW _{el}
Szilázs	228	356	1 291	1 778	3 555	5871
Almos trágya	351	547	1 987	2 735	5 470	9 032
Hígtrágya	762	1 185	4 304	5 925	11 851	19 569
Veszélyes hulladék	133	207	753	1 037	2 074	3 425
A modell alapértéke	420	750	2 400	3 000	5 000	8 000

Forrás: Bai [2008]

A jellemzően állati trágyára alapozott üzemekkel kapcsolatban az alábbi következtetéseket vonta le a szerző:

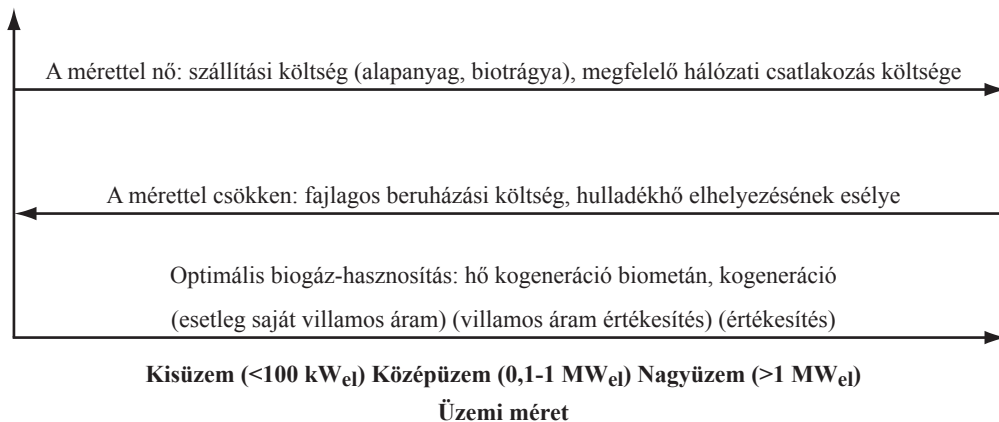
- az állati eredetű melléktermékek alkalmazása az ártalmatlanítás többletberuházási és -működési költségei miatt csak nagyüzemekben (legalább 700-800 kW_{el}) javasolható;
- az energianövények felhasználása elsősorban a kisüzemekben és olyan mennyiségben lehet gazdaságos, amely még lehetővé teszi a folyamatos működésű, nedves technológiák alkalmazását (legfeljebb 14-15 százalék összes szárazanyag-tartalom). Ekkor az alapanyagköltség növekedését még ellensúlyozhatja az amortizációs költségek csökkenése. Ez különösen intenzív technológiáknál igaz, ahol az energianövény kisebb önköltsége és az energetikai támogatás mellett a területmegtakarító hatás is javíthatja a gazdaság összseredményét.

A rossz villamos energia hatásfok miatt érdemes megfontolni a kisüzemben termelt biogáz közvetlen égetéssel (lehetőleg sajátcéllú) hőenergiaként történő felhasználását. A közepes és nagyüzemek számára a nagyobb hőmennyiség miatt ez nem jelent megoldást, sőt, gyakran az áramtermelő gázmotorok hulladékhőjének hasznosítása is akadályokba ütközik. **A tisztított biogáz előnye a kogenerációval szemben, hogy itt nem képződik hulladékhő, a gáz oda szállítható, ahol energiataralma a leggazdaságosabban hasznosítható.** A gáztisztítás ugyanakkor a legjobb esetben is 30-50 forint/m³-rel drágítja a biometánt a biogázhoz képest. Itt **kritikus tényező a megfelelő üzemi méret, a mérethatékonyság, a berendezések,** elengedhetetlen analitikai eszközök beszerzésénél és megtérülésénél fokozottan érvényesül. Egy 100-150 Nm³/óra kapacitású üzem háromszor akkora költséggel állítja elő a biometánt, mint egy 1000-1500 Nm³/óra kapacitású [Bai, 2009a].

A biogáz-termelés minimális mérete alapanyagtól és a piactól függ, de 25-30 ezer m³/év alatt nehezen tehető gazdaságossá (8. ábra). A **nagy méret nemcsak gazdasági, hanem technológiai szempontból is kívánatos,** hiszen a szubsztrátumok erjesztése kétlépcsős – mezofil és termofil – rendszert, valamint hosszabb erjesztési időt igényel.

8. ábra

A biogáz-erőművek gazdaságossága



Forrás: Bai [2009a]

Szakértői becslések szerint a biogázüzemek beruházási költsége 1 kW elektromos teljesítményre vetítve – mérettől függően – 1,1-1,3 millió forintra tehető [Magyar Biogáz Egyesület, 2009]. Ha a biogáz-erőműnek különleges feladatokat (pl. hulladékkezelés) is el kell végeznie, a beruházás többre kerülhet. Általános szabályként azonban megfogalmazható, hogy **a teljesítmény növekedésével a fajlagos költségek csökkennek.** A biogázüzemek legnagyobb számban a nagy állattartó telepek vagy élelmiszeripari feldolgozóüzemek mellé kerülnek telepítésre. Legfontosabb feladatuk a saját és szomszédos üzemben keletkező melléktermékek – hígtrágya, almostrágya, élelmiszeripari melléktermékek – ártalmatlanítása, hasznosítása (19. táblázat).

19. táblázat

Egy tipikus magyarországi biogázüzem alapanyagai

Alapanyag (szubsztrát)	Felhasznált mennyiség (tonna/év)	Átlagos szárazanyag- tartalom (%)	Szerves szárazanyag- tartalom (%)	Szerves szárazanyag- tartalom (tonna/év)
Silókukorica	22 750	33	95	7 132
Vágóhídi hulladék	8 750	20	80	1 400
Sertés hígtrágya	8 750	6	85	446
Összesen	40 250			8 978

Megjegyzés: a tipizálás a 3. mellékletben felsorolt üzemek alapján történt.

Forrás: MEH-Pylon [2010a]

Az élelmiszeripari feldolgozóknak számottevő mennyiségű hulladék, illetve melléktermék keletkezik. Bódás és Kovács [2011] szerint a jelenlegi gazdasági- és jogszabályi környezetben e melléktermékek kezelése a biogázüzemekben valósulhat meg legeredményesebben. A sokféle alapanyag fogadása és előkészítése, valamint a végtermék szabályszerű kezelése megnöveli a 19. táblázat adatain alapuló beruházási költségeket. Így a bemutatott biogázüzem beruházási költségei elérhetik az 1,2-1,3 milliárd forint/MW_{el}-ot is.

A MEH-Pylon [2010b] számításai szerint biogázüzemek esetén a méretet a beszerezhető alapanyagok mennyisége, összetétele és a (közeli) villamos hálózatra adható teljesítmény határolik be. A biogázüzemeknél a minimális üzemméret 700 kW_{el} körül alakul, ezért e teljesítmény feletti kapacitás létesítése a jellemző (20. táblázat). A beruházók és üzemeltetők többnyire állattartó vállalkozások, feldolgozóüzemek, esetleg projektársaságok. Az üzemeltetés egész évben folyamatos, normális körülmények között nincs leállás. A biogázüzemeket lakóterületektől legalább 300-500 méter távolságban lehet telepíteni, ezért a hő értékesítése általában problematikus. További probléma a nagy mennyiségű lebontási maradék tárolása és kijuttatása a termőföldekre.

A költségeket csökkentheti, ha a biogázüzem könnyűszerkezetes, előre legyártott elemekből készül, illetve az építésénél egyszerű technológiát alkalmaznak. Az olcsó kivitelezés rövid távon megtakarítást jelenthet, hosszú távon viszont nagyobb veszteséget okozhat az üzemeltetőnek, mivel veszélyeztetheti a termelés biztonságát. **A biogázüzemekben a felhasznált anyagok mellett a blokk fűtőerőmű és a fermentorok gépi berendezéseinek karbantartása a legnagyobb költségtényező.** További költségtényező: munkabér, biztosítás, a gázmotor által felhasznált kenőanyag, biotechnológiai szervíz, a lebontási maradék tárolása és kihelyezése a termőföldre. A biogázüzemek munkaerőigénye mérettől függően 1-4 óra/nap között változik (szubsztrátumok szállítása, az általánosan elvégzendő ellenőrzési feladatok). **A beruházások értékelésénél figyelembe kell venni, hogy a trágya kezeléséhez szükséges beruházási költségek egy része megtakarítható.**

**Nagykapacitású biogázüzem beruházási és üzemeltetési költségei
Magyarországon (2010)**

Beruházás műszaki jellemzői	
Installált villamos teljesítmény	1,76 MW _{el}
Kiadott villamos teljesítmény, éves átlag	1,46 MW _{el}
Kiadható hőteljesítmény	1,68 MW _{th}
Bruttó megújuló energiafelhasználás	33 272 MWh/év
Hálózatra adott villamosenergia-termelés	11 555 MWh/év
Hasznos hőenergiatermelés	5 846 MWh/év
Villamosenergia-önfogyasztás	10,8 %
Hőenergia erőművi önfogyasztása	23 612 GJ/év
Beruházási költségek	
Technológia beruházási költség	1 964 millió forint
Járulékos beruházások	
hálózati csatlakozás és előkészítés	40 millió forint
Beruházási költségek összesen	2 004 millió forint
Üzemelési költségek	
Változó energiahordozó-költségek	156,0 millió forint
Egyéb változó költségek	42,1 millió forint
Állandó költségek	75,5 millió forint
ÜHG kibocsátás kiváltott csökkentése	7 860 tonna/év

Forrás: MEH-Pylon [2010b]

Magyarországon a jelenlegi költség/bevétel arányok mellett a kisteljesítményű biogázüzemek csak speciális esetben tehetők gazdaságossá, ugyanakkor – elsősorban hulladékkezelési, illetve -ártalmatlanítási okból – szükség lehet ilyen üzemek létesítésére is (21. táblázat). Minden **üzem-méretnél alapvető szempont a bemenő és a kiszállítandó anyagok szállítási távolsága**. Alapszabály, hogy a trágyaféleségek szállítási távolsága nem haladhatja meg az 5-10 kilométert, a végtermék kihelyezését is hasonló távolságon belül (üzem körüli szántóföldek) indokolt megoldani. Az üzem szempontjából meghatározó egy állattartó telep vagy egy jelentős feldolgozóüzem közelsége, ennek megfelelően a létesítő/üzemeltető szervezet többnyire ezek tulajdonosa. A beszállított alapanyagok körét igyekeznek az optimális gázképződéshez szükséges minimális értéken tartani, a végterméket általában saját földterületen helyezik el.

**Kiskapacitású biogázüzem beruházási és üzemeltetési költségei
Magyarországon²⁴**

Beruházás műszaki jellemzői	
Installált villamos teljesítmény	0,8 MW _{el}
Kiadott villamos teljesítmény, éves átlag	0,8 MW _{el}
Kiadható hőteljesítmény	1,0 MW _{th}
Bruttó megújuló energiafelhasználás	15 216 MWh/év
Hálózatra adott villamosenergia-termelés	5 256 MWh/év
Hasznos hőenergiatermelés	2 200 MWh/év
Villamosenergia-önfogyasztás	10,0 %
Hőenergia erőművi önfogyasztása	5 000 GJ/év
Beruházási költségek	
Technológia beruházási költség	1 068 millió forint
Járulékos beruházások	
hálózati csatlakozás és előkészítés	25 millió forint
Beruházási költségek összesen	1 093 millió forint
Üzemelési költségek	
Változó energiahordozó-költségek	77,3 millió forint
Egyéb változó költségek	24,2 millió forint
Állandó költségek	35,0 millió forint
ÜHG kibocsátás kiváltott csökkentése	3 466 tonna/év

Forrás: MEH-Pylon [2010b]

A földgáz minőségre tisztított biogáz (biometán) előállítására számos megoldás létezik, de mind a technológia, mind az üzemeltetés igen költséges. A biometán a földgázzal a piacon nem tud versenyezni (a biometán a zöldáramra vonatkozó hatósági árat kapja egyenértékben, vagyis támogatott termék).

Nyilvánvaló, hogy a biometán-projektek elindításának akkor van értelme, ha a keletkező energetikai haszon (hatékonyság javulás) akkora, hogy fedezi a biometánná alakítás és a hálózatban történő továbbítás többletköltségét. A hazai viszonyok között valószínűleg még több évnek kell eltelnie, hogy a Németországhoz hasonlóan gázhálózatra csatlakozó biometán-projektek valósuljanak meg (ezt a cselekvési terv kiemelten kezeli).

²⁴ Kisteljesítményű fermentációs mezőgazdasági biogázüzem esetében, 50%-os beruházási támogatás esetén a 15 évig járó reálértékű KÁT értéke: 31 236 Ft/MWh. Abban az esetben, ha az 1. pontra elismernek 1%-os jogosnak tekinthető többletkockázati prémiumot a KÁT érték: 31 568 Ft/MWh-ra nőhet.

A MEH-Pylon [2010b] tanulmánya egy **800 Nm³/óra gázhozamú mezőgazdasági biogázüzemi technológiához kapcsolt gáztisztító rendszer beruházási és működési költségeit mutatja be**²⁵. A tisztított gázból látják el hővel a biogáz-termelő üzemet, a megmaradó mennyiséget a földgáz hálózatba táplálják. Miután a biogázüzemben nincs villamosenergia-termelés, az üzem teljes villamos energia fogyasztásának költsége megjelenik. Az alábbi technológiai paraméterekkel becsülték a biometánüzem működését:

- névleges biometán termelés: 500 Nm³/óra (4,7 MW_{el} teljesítménnyel egyenértékű.);
- villamos önfogyasztás: 920 MWh/év;
- hőenergia önfogyasztás: 10 225 GJ/év;
- termelt biogáz energiatartalma: 119 150 GJ/év;
- kiadott biogáz energiatartalma: 108 925 GJ/év;
- beruházási költségek 1 781 millió forint.

Bevételek a biogázüzemnél:

- biogáz energiatartalma x földgázár x 0,8 = 108 925 GJ x 2 400x 0,8 = 209,136 millió forint/év;
 - árbevétel hulladék-ártalmatlanításból: 78,7 millió forint/év;
 - összes árbevétel: 287,8 millió forint/év;
 - kiegészítések: CH₄ mennyiség: termelt biogáz x 0,57.

A MEH-Pylon [2010a] tanulmánya szerint a **biometán-termelést** a többi megújuló **energetikai projektípussal összhangban** úgy kell értékelni, hogy a termelt biogázt, villamos energiát, illetve hőenergiát egyaránt figyelembe kell venni. A biometánüzemeket virtuális kapcsolt villamosenergia-termelő üzemként kell értékelni.

A cselekvési terv megállapítja, hogy a **biogázüzemek megvalósítását több tényező is hátráltatja**. A kötelező átvételi rendszer (KÁT-rendszer) sok esetben nem biztosít belátható időn belüli megtérülést, ha biogáz termelés során keletkező „hulladékhő” nem kerül felhasználásra. Ennek következtében a hitelintézetek sok esetben elállnak a hitelezéstől. Annak érdekében, hogy a köz-eljövőben több üzem kerüljön megépítésre, szükséges felülvizsgálni a zöldáram átvétel rendszerét, annak differenciálása indokolt lehet. A **zöldáram differenciálásánál** több szempontot kell figyelembe venni: környezetvédelmi hatás, munkahelyteremtés, felhasznált alapanyag, termelési eljárás, méret, hő felhasználási célja, szabályozhatóság stb.

A **cselekvési terv** kiemelten **kezeli** a biogáz-előállítás, és a **biometán földgázhálózatban** való felhasználását. A cselekvési terv megállapítja, hogy Magyarország földgáz rendszere jól kiépített, a települések 90,8 százaléka rendelkezik vezetékes gázzal, a tüzelőberendezések alapvetően korszerűek, jól szabályozottak. A tendenciájában növekvő gázárak, az időszakosan jelentkező ellátási nehézségek ellenére nehéz az áttérés más alternatív energiahajtóra, azonban a megfelelő minőségű biogáz-termelési kapacitás kiépítésének és a már meglévő földgázhálózatba történő integrálásának elősegítése jelentős nemzetgazdasági potenciállal bír. A jelenleg rendelkezésre álló elsődleges anyagok (biológiai lebomló háztartási hulladék, szennyvíziszap, állati trágya stb.) energetikai hasznosításának elősegítése érdekében az alábbi intézkedési tervek találhatók meg a cselekvési tervben:

²⁵ A gáztechnikai normálállapot azt jelenti, hogy a gáz nyomása 1013,25 mbar (101 325 Pa) hőmérséklete 15°C (288,15 Kelvin). Mivel ez egy olyan állapot, ami természetesen úton nagyon kis valószínűséggel áll elő, így számítási módszerekkel kell a normálállapotú fogyasztást meghatározni a korrekt elszámolás érdekében.

- biogázüzemek hulladékhőjének hasznosítására létrehozott hőfelhasználási lehetőségek kiépítése;
- biogázrendszerek kiépítése, biometánrendszerek bekapcsolása az országos hálózatba, biogáz üzemű tömegközlekedés fejlesztése;
- pirogáz-mikroerőművek villamos- és hőenergia-termelésének megvalósítása a fogyasztás helyszínén a helyben képződött kommunális hulladékainkból a jelenlegi lerakás helyett.

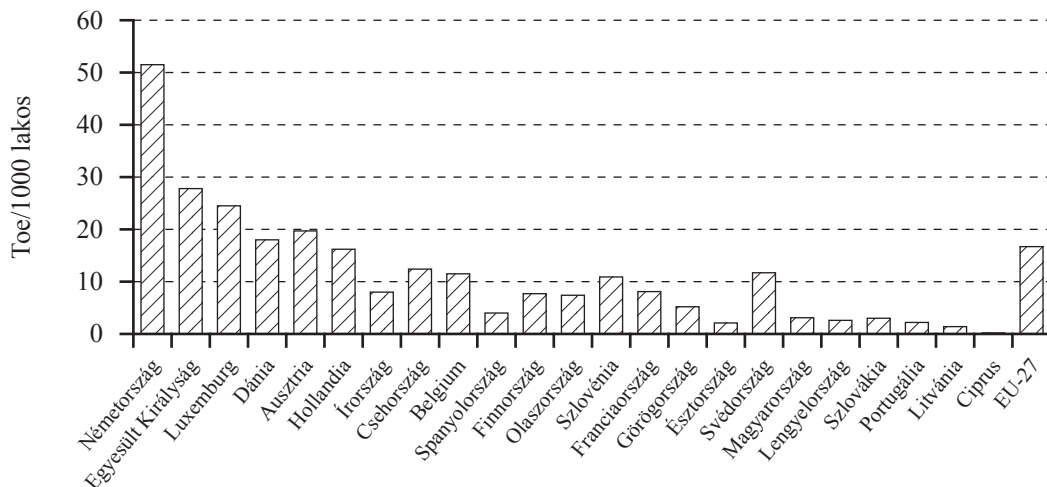
Az intézkedések egyik alapvető célja, hogy a mezőgazdaság az alapanyag termelésén túlmutatva, tovább tudjon lépni a feldolgozás és a felhasználás lépcsőfokán. A termékpályán való többfunkciós megjelenés többletbevételt és hozzáadott értéket növelést jelenthet a gazdálkodók és a folyamatban aktívan résztvevők részére.

4.1.4. A biogázüzemek gazdaságossága az Európai Unióban

Az EU-ban jelentős mértékben **növekszik a biogáz-előállítás**. A biogáz-felhasználás a 2005. évi 5 milliőről 2009-re 8,3 millió tonna olaj egyenértékűre változott [EurObserver, 2010b]. A mezőgazdasági biogázüzemek telepítésében, technológiájának fejlesztésében nagymértékű fejlődés tapasztalható az elmúlt 15 évben [Somosné, 2010]. Az Európai Unióban 2009-ben közel 6 000 kisüzemi méretű biogázüzem működött, 2 300 MW_{el} kapacitással. **A biogáz-erőművek száma 2013-ra 3 000 üzemmel bővíthet**, amely további 1 700 MW_{el} kapacitást jelenthet. A biogázüzem szektor 5,4 milliárd eurós piacot jelent az EU-ban [Florea, 2011]. **Leglátványosabban Németországban fejlődik ez az ágazat**, ahol nagyrészt energianövényre és trágyára alapozva kisebb, átlagosan 300-500 kW_{el}-os biogázüzemek épülnek. Az üzemek száma 2009-ben már meghaladta a 4 900-at, az átlagos teljesítmény elérte a 400 kW-ot. Hasonló fejlődés látható Ausztriában is, ahol 2004 végén 175, 2010-ben már 350 mezőgazdasági biogázüzem működött. A biogáz mellett leginkább elkötelezett országok: Németország, Belgium, Ausztria és Dánia. Az EU-ban a decentralizált kisüzemi szintű biogáz-termelés a jellemző, egyedül Dániában alakult ki a nagyüzemi rendszer.

A **biogáz-technológia** által nyújtott lehetőségeket és a **Magyarországon** keletkező szerves hulladék anyagok jelentős mennyiségét figyelembe véve megállapítható, hogy jócskán **elmaradunk az EU régi és egyes új tagállamaitól**. Az egy főre jutó biogáz-termelésben Magyarország az EU tagállamok rangsorában az utolsók között áll. Németországban tizenhatszor, Csehországban, Ausztriában, Hollandiában ötször, Dániában hatszor több biogázból származó energiát állítanak elő egy lakosra számítva, mint nálunk (9. ábra).

**Az 1000 lakosra jutó biogázból származó energiatermelés
nemzetközi összehasonlítása (2009)**



Forrás: EurObserver [2010b]

Németországban a biogázüzemek létesítésének létjogosultságát elsősorban a beruházási költségek (nem utolsó sorban a beruházási támogatás intenzitása), az üzem termelési mérete (a gazdaságos biogáz előállítás előfeltétele a minél nagyobb termelési méret) és az alapanyag-beszerzés költségei határozzák meg. **A biogázüzem pénzügyi eredménye** a következő tényezők függvénye: az előállított **zöldáram átvételi ára** (*feed-in tariffs*), az **éves üzemelési idő** (kWh/év) és a **hőenergia hasznosítási lehetősége**. Németországban egy tipikus biogázüzem teljesítménye 500 kW_{el}, beruházási költsége 2 800-3 500 EUR/kW között mozog. Az ennél kisebb teljesítményű létesítmények (100 kW_{el}) 50 százalékkal többbe kerülnek (22. táblázat).

22. táblázat

Biogázüzemek beruházási költségei Németországban

EUR

Megnevezés	100 kW _{el} teljesítmény	500 kW _{el} teljesítmény
Gépészeti berendezések (pumpák, szivattyúk, aggregátorok etc.)	50 000	200 000
Épületek/kivitelezés	180 000	700 000
Elektromos berendezések	50 000	60 000
Más műszaki egységek	60 000	200 000
Kogenerációs egység	160 000	440 000
Beruházási költségek összesen	500 000 (5 000 EUR/kW _{el})	1 600 000 (3 200 EUR/kW _{el})

Forrás: ADEME [2010]

Németországban a legtöbb biogázüzem **kogenerációs technológiával** működik. Egy 500 kW_{el} elektromos teljesítményű biogáz-erőműben a villamos-hatásfok 38-40 százalékos, míg a hőhasznosítási arány 40 százalékos [ADEME, 2010]. A megtermelt hőenergia 10-20 százalékát kell visszaforgatni a fermentor üzemeltetéséhez. Németországban évi 8 000 órás működési idő mellett már gazdaságosan üzemeltethető egy kogenerációs biogázüzem.

Az ADEME [2010] a **német energiatörvény** (*Gesetz zum Vorrang erneuerbarer Energien*, EEG) alapján számítást végzett egy 300 kW_{el} teljesítményű **biogázüzem üzemelésének árbevétele**ről.

Egy németországi 300 kW_{el} teljesítményű biogázüzem árbevétele

Teljesítmény: 300 kW_{el}, működési idő: 8 200 óra/év, teljes kapacitás-kihasználás mellett
2 460 000 kWh elektromos energiát állít elő.

2 460 000 kWh termelés/8 760 óra/év= 280,82 kW (átlagos teljesítmény az EEG alapján).

Az első 150 kW_{el} energia megtermelése a legjövödelmezőbb:

11,67 cEUR/kWh_{el}: 150 kW_{el} * 8 760 óra/év * 11,67 cEUR/kWh = 153 343,80 EUR/év

A fennmaradó 130,82 kW_{el} energia átvételi ára:

9,18 cEUR/kWh_{el}: 130,82 kW_{el} * 8 760 óra/év * 9,18 cEUR/kWh_{el} = 105 202,3 EUR/év

A biogázüzem által értékesített elektromos áram teljes bevétele: 258 546,10 EUR/év

Az átlagos átvételi ár: 10,51 cEUR/kWh_{el}

Forrás: ADEME [2010]

Az alapon kívül a legfontosabb bónusz a zöldáram átvételi árban az energianövény prémium (ennek mértéke 2004-2008 között 500 kW_{el} teljesítményig 7 cEUR/kWh, 500 kW_{el}-5 MW_{el} között 4 cEUR/kWh). Az energianövény bónusz bevezetésével ösztönözik a német gazdákat energianövények termesztésére a művelés alatt nem álló földterületeken (a megművelhető földterület 10 százaléka, 1,2 millió hektár mezőgazdasági terület nem volt művelés alatt az összesen 12 millió hektár mezőgazdasági területből). Németországban 2008-ban 560-580 ezer hektáron termesztettek energianövényt biogáz termelési célú felhasználásra.

A **németországi biogázüzemekben** a legfontosabb **alapanyag** a **hígtrágya/almostrágya** (a felhasznált alapanyagok 54 százalékát teszi ki), mert:

- Az alapanyagok rendelkezésre állnak;
- Értéke a metán-emisszió csökkentésének szempontjából fontos tényező;
- A trágya értékes összetevőket tartalmaz (baktériumok, ásványi anyagok), amelyek a fermentáció során nélkülözhetetlenek;
- A szaghatás csökkenthető;
- A műtrágya egy része kiváltható a fermentáció után megmaradó lebontási maradékkal.

Ennek ellenére a **trágya energetikai hozama alacsonynak mondható**. A tisztán hígtrágyára/almostrágyára alapozott biogázüzemek alapanyag-ellátásához 1000 tejelőtehén állománnyal rendelkező tejtermelő gazdaság is szükséges, ami 75 m³/óra biogáz-hozamhoz, illetve 150-160 kW_{el} teljesítményhez elegendő. A **kizárólag hígtrágyát felhasználó biogázüzem termelési költsége magasabb**, mint a nagyobb kapacitással rendelkező, energianövényeket felhasználó biogáz-erőműben. A kisteljesítményű biogázüzemek beruházása olcsóbb a nagyteljesítményű üzemekénél, ugyanakkor a zöldáram fajlagos termelési költsége jóval magasabb. Az **energianövények aránya** a biogázüzemek alapanyag-felhasználásában mintegy 26 százalékos aránnyal részesednek [ADAME, 2010]. Energianövényekből nyolcszor több biogázt lehet előállítani, mint hígtrágyából (silókukoricából 397-618 m³/tonna, míg hígtrágyából 25 m³/tonna biogáz állítható elő).

Ausztriában a biogáztermelés versenyképességét hátráltatja, hogy a biogázból termelt zöldáram átvételi ára (13-18 cEUR/kWh) a jelenlegi inputárakhoz képest alacsony. Ausztriában 2010-ben 350 mezőgazdasági biogázüzem működött (harmada Alsó-Ausztriában található), amelyek 94,5 MW_{el} kapacitással rendelkeztek. Ugyanakkor csak 291 üzem (77 MW_{el} kapacitás) értékesíti a megtermelt zöldenergiát az Ökostromverordnung hatálya alatt, ami 525 GWh_{el} elektromos energiát jelent évente. Ausztriában a biogázüzemek átlagos elektromos teljesítménye 277 kW_{el} volt 2010-ben²⁶. Ausztriában a biogázüzemek elektromos energiatermelési hatékonysága 31-36 százalékos, míg a hőtermelésé 16,6 százalékos volt.

Egy ausztriai 1 MW_{el} teljesítményű biogázüzem bemutatása

Az egyetlen tulli 1 MW_{el} teljesítményű biogázüzem annak ellenére veszteséges, hogy a hőenergia csaknem 70 százaléka (éves átlag) értékesítésére kerül 90°C-os meleg víz formájában. A biogázüzem a téli időszakban a megtermelt hőenergia 100 százalékat a közeli falu önkormányzatának, nyáron pedig a közelben található húsfeldolgozó üzemnek adja el. A mindenkori inputár függvényében hetente vagy kéthetente változik a receptúra (kukorica, takarmánybúza, cirok, konzervgyári hulladék stb). Az osztrák mezőgazdasági biogázüzemekben a betáplált szubsztrát 60 százaléka silókukorica, közel 10 százaléka élelmiszeripari, valamint konyhai hulladék/melléktermék, 8 százaléka fűszilázs. A lebontási maradékot m³-enként 20 euróért a környező gazdák viszik el. A biogázüzem 20 cEUR/kWh áramátvételi díj mellett lenne minimálisan nyereséges. Az átvételi díj emelésében bíznak az osztrák biogáz üzemeltetők, ami egyébként 15 évre garantált Ausztriában. Ma Ausztriában a bioenergia-felhasználás 1 százalékat teszi ki a biogáz. Terjed a 98 százalékos biometán földgázvezetékbe történő betáplálása is (6 üzem állít elő ilyen tisztaságú metánt).

Forrás: Popp [2011]

Az ADEME [2010] felmérést készített 50 biogázüzem termelésének helyzetéről és kilátásairól **Franciaországban**. Az üzemek háromnegyedének **átlagos elektromos teljesítménye** alig érte el a **280 kW**-ot, míg az átlagos elektromos teljesítmény 320 kW volt 50 és 2 100 kW_{el} szóródás mellett. A vizsgált üzemek kétharmadának alapanyag-szükséglete 30 tonna/nap (10 000 tonna/év) körül alakult. Franciaországban a biogázüzemek hulladékártalmatlanítási díjat is kapnak, amelynek átlagos mértéke 20 EUR/tonna (10-65 EUR/tonna). A biogázüzemek beruházási költsége nagymértékben függ az elektromos teljesítménytől. A vizsgált üzemek egyharmadánál a beruházási költség 500 ezer és 1 millió EUR között mozgott (23. táblázat).

²⁶ Braun [2010] tanulmányában bemutatásra, hogy egy mezőgazdasági alapanyagokkal működő 500 kW_{el} teljesítményű CHP egység beruházási költsége 1,9 millió euró volt 2010-ben.

23. táblázat

Tipikus biogázüzemek beruházási költségei Franciaországban

Megnevezés	„Belépő szint”: hígtrágya ártalmatlanítás	„Haladó szint”: maximális hatékonyság
Fermentor nagysága	1 500-2 000 m ³	3 000-3 500 m ³
Biogáztermelés	700-1000 m ³ /nap	>2 000 m ³ /nap
Elektromos teljesítmény	30-100 kW _{el}	150-300 kW _{el}
Összes beruházás	200 000-400 000 EUR	500 000-2 000 000 EUR
ebből: kogenerációs elektromos berendezés	60 000-100 000 EUR	100 000-200 000 EUR
Fajlagos beruházási költség, EUR/kW _{el}	6 000-7 000	4 000-5 000

Forrás: MARD [2008]

A biogázüzemek működéséhez szükséges energianövények termelési költségei (vetőmag, földmunkák költségei, betakarítás, kezelés) átlagosan 20 EUR/tonnát tettek ki (10-50 EUR/tonna) 2009-ben. Az előállított energia elsődleges termelési költsége 19 EUR/MWh, míg az elektromos energia termelési költsége 55 EUR/MWh_{el} volt 2009-ben 35 százalékos villamosenergia-hatásfok mellett (24. táblázat).

24. táblázat

A biogáz-előállítás átlagos költségei Franciaországban (2009)

Megnevezés	Mértékegység	Átlagos értékek
Alapanyagok szállítási költsége	EUR/tonna	11
Trágyaszórás költsége	EUR/tkm	3
Energetikai növények betakarítás és előkészítése	EUR/tonna	20
Gázmotor üzemanyag-felhasználása/ elektromos áram értékesítési ára	%	14
Üzemanyag átlagára	EUR/MWh	57
Villamos energia önfogyasztás	értékesített elektromos áram százaléka	7
Elektromos áram ára	EUR/MWh	71
Gázmotor fenntartási költségei (külső szolgáltatás)	EUR/MWh értékesített elektromos áram	18
Személyi költségek (bruttó bérek+munkaadói járulék)	EUR/MWh elektromos áram	14
Fenntartási költségek (kivéve gázmotor)	beruházási költség százaléka	1,3
Biztosítás	beruházási költség százaléka	0,4

Forrás: ADEME [2010]

A költségek közül a munkabér és a gázmotor fenntartási költségei nem mutatnak összefüggést a termelési mérettel.

Az üzemi biogáz-termelés jövedelmezőségi feltételei:

- Megfelelő mennyiségű és beltartalmú alapanyag;
- A beruházás helyének optimalizálása;
- Bekerülési költség csökkentése a helyi adottságok figyelembe vételével;
- A szükséges infrastruktúra és egyéb épületek, építmények megléte;
- Megfelelő nagyságú szántóterület biztosítása a biogáz-gyártás melléktermékének felhasználásához;
- A hulladékhő hasznosítása;
- Környezetvédelmi feltételek javítása, hulladék-megsemmisítésből származó bevételek növelése;
- A bioenergia-termelés vertikális integrációjából származó előnyök maximális hasznosítása.

Az ADEME [2010] kutatása szerint Franciaországban egy biogázüzem akkor gazdaságos, ha a beruházási támogatások intenzitása 30-50 százalék között alakul, vagy a zöldáram átvételi ára emelkedik.

4.1.5. A zöld villamos energia kötelező átvételével kapcsolatos tapasztalatok az Európai Unióban

A magyar cselekvési terv értelmében a **KÁT-rendszer**²⁷ (villamos áram kötelező átvételi rendszere) **újraszabályozására kerül sor 2011-ben.** A cselekvési terv alapján a KÁT mérlegkör továbbra is fennmarad, azonban a későbbiekben szűkül a hatálya és kizárólag a megújuló energiaforrásból villamos energiát termelő erőművek tartoznak majd alá.

A környező országokban a **biogázból termelt zöldáram átvételi ára** nagyobb, mint Magyarországon. A zöldáram kötelező átvételi ára Csehországban az átadás időpontjától függően 10-18 cEUR/kWh, míg a biogázüzemek ezen felül ún. zöldenergia prémiumban is részesülnek, amelynek mértékét 4-11 cEUR/kWh között állapította meg a cseh energiatörvény [Somosné, 2010]. **Ausztriában az üzemméret alapján határozták meg a kötelező átvételi árakat.** E szerint 250 kW teljesítményig 18,5 cEUR/kWh, 250-500 kW között 16,50 cEUR/kWh, 500 kW felett 13 cEUR/kWh összegért veszik át a biogázból termelt elektromos energiát [Ökostromverordnung, 2010]. Az osztrák árképzés alapján megállapítható, hogy előnyben részesítik a kisebb méretű üzemeket, így Ausztriában a kisebb méretű üzemek terjedtek el.

Németországban a zöldáram átvételi árának kiszámítása komplex rendszer alapján történik. Lényegi elemei: az átvételi ár nemcsak a villamosenergia-termeléshez használt megújuló energia fajtájától, hanem az erőmű méretétől, a technológia korszerűségétől és a hőhasznosítás irányától is függ. A biogázüzemekhez kapcsolódó kiserőműveket a biomassa kategóriába sorolják, ahol a bázis átvételi ár sávosan változik: 150 kW_{el}-ig 11,67 cEUR/kWh, a 150 kW_{el}-500 kW_{el} között 9,18 cEUR/kWh, 500 kW_{el} és 5 MW_{el} közötti teljesítmény esetében már csak 8,25 cEUR/kWh, függetlenül a biomassa fajtájától. Egy 500 kW_{el} teljesítményű üzemben 150 kW felterhelt teljesítményig a legmagasabb árral számolnak, és csak az e fölötti teljesítmény után fizetik a következő kategória szerinti alacsonyabb árat. A német rendszer előnye az átvételi árba épített ösztönző rendszer. A teljesítménytől és a hasznosított biomassa anyagától függően prémium kifizetésben részesülhetnek a biogázüzemek (25. táblázat).

²⁷ A tanulmány lezárásakor hatályos KÁT rendszer problémáit a kormány az új megújuló- és alternatív energiaforrásokból előállított hő- és villamos energia átvételi támogatási rendszerrel (METÁR) tervezi kezelni.

25. táblázat

Kötelező átvételi rendszer Németországban (2009)

Megnevezés		$\leq 150 \text{ kW}_{\text{el}}$	$151 \text{ kW}_{\text{el}} - 500 \text{ kW}_{\text{el}}$	$501 \text{ kW}_{\text{el}} - 5 \text{ MW}_{\text{el}}$
Alap tarifa		11,67 cEUR/kWh	9,18 cEUR/kWh	8,25 cEUR/kWh
Energiánövény bónusz		7,0 cEUR/kWh	7,0 cEUR/kWh	4,0 cEUR/kWh
Hígtrágya használati bónusz		4,0 cEUR/kWh	1,0 cEUR/kWh	
Technológia bónusz (kivéve a gáz betáplálása földgázhálózatba)		2,0 cEUR/kWh	2,0 cEUR/kWh	2,0 cEUR/kWh
Technológia bónusz (földgázhálózatba betáplálás)	Régi üzem	2,0 cEUR/kWh Ha $\leq 350 \text{ Nm}^3/\text{h}$	1 cEUR/kWh Ha $\leq 700 \text{ Nm}^3/\text{h}$	
	Új üzem	2,0 cEUR/kWh		
CHP bónusz		3,0 cEUR/kWh	3,0 cEUR/kWh	3,0 cEUR/kWh
Formaldehid kibocsátás csökkentési bónusz		1,0 cEUR/kWh	1,0 cEUR/kWh	
Vidékfenntartási bónusz		2,0 cEUR/kWh	2,0 cEUR/kWh	

Megjegyzés: az átvételi árak 18-20 éves időtartamra kerülnek meghatározásra.

Forrás: Ademe [2010]

A cselekvési terv szerint Magyarországon 2020-ra közel tízszeresére (a 2010-es $14 \text{ MW}_{\text{el}}$ -os teljesítményről $100 \text{ MW}_{\text{el}}$ -ra) emelkedhet a mezőgazdasági eredetű alapanyagokkal működő biogázüzemek által termelt villamos energia mennyisége. Ezzel szemben Németországban 2009-ben 4 900 biogázüzem működött, amely $1\,893 \text{ MW}_{\text{el}}$ kapacitást jelentett [Fachverband Biogas e.V., 2010].

4.1.6. A biogáz földgáz-minőségre tisztítása és további hasznosítása

A biogáz energetikai célú hasznosításának egyik legkézenfekvőbb módja a **biogáz földgáz minőségre történő tisztítása** (*upgrading*, *Biogasaufbereitung*), majd a keletkezett biometán földgáz hálózati betáplálása. Ezután a biometán a végfogyasztóhoz két különböző formában juthat el: közvetlenül elégetésre kerül a felhasználónál valamely földgázt hasznosító berendezésben (fűtés, főzés) vagy pedig egy CNG (*Compressed Natural Gas*)²⁸ üzemanyagtöltő állomáson a vásárló gépjárműjét megtankolja. A biogáz fűtőértékét elsősorban a metántartalom (50-70 százalék), a széndioxid-tartalom (30-40 százalék) és a hidrogéntartalom (1-6 százalék) határozza meg, átlagértéke $20\,000\text{--}24\,000 \text{ kJ/m}^3$, ez a földgáz fűtőértékének 60-70 százaléka (26. táblázat).

26. táblázat

A biogáz, deponiagáz és földgáz jellemzőinek összehasonlítása

Megnevezés	Biogáz	Deponiagáz	Földgáz
Metán, százalék	50-70	45-55	94-98
Széndioxid, százalék	17-42	30-55	0,0-3
Nitrogén, százalék	0-1	15-25	0,3-4
Sűrűség, kg/m^3	1,1-1,5	1,15-1,20	0,8-0,9
Fűtőérték, kJ/m^3	18 000-25 000	15 000-17 000	32 000-40 000

Forrás: Lovas ed. [2010]

²⁸ Sűrített földgáz folyékony halmazállapotú szénhidrogén gázok elegye, amelyet gépjárművek üzemanyagaként, valamint fűtésre használnak.

A KvVM [2009] számításai szerint a **hőenergia teljes körű hasznosítása nehézkes**, ezért a ténylegesen felhasználható, kinyert energia 1,5-2 kWh villamos energia 1 Nm³ biogázból. A biometán-termelés az 1 Nm³-ból nyerhető 4-4,25 kWh hasznosítható energiával közel kétszer jobb hatásfokot jelent. A földgáz fűtési célú hasznosítása esetén a modern berendezések akár 90 százalékos hatásfokot is elérnek, így a megtermelt energia sokkal nagyobb arányban hasznosul, mint kogeneráció esetén. A hasznosítható energiából az alapanyag megtermelésének az energiafelhasználását nem vonták le a KvVM [2009] anyagában a jobb összehasonlíthatóság érdekében. A tisztítás költséges mivolta miatt elmondható, hogy a biogáztermelő üzem nagyságának csökkenésével a felhasznált energia mennyisége a megtermelt Nm³ biometánra vetítve növekszik.

A **biometán szélesebb körű elterjedését gátolja**, hogy a jelenlegi kisfogyasztói földgáz ár még mindig jóval alacsonyabb, mint a nyugat-európai, aminek következtében gazdaságos biometán-termelésről mezőgazdasági üzemekben termelt biomasszára alapozva nem lehet beszélni. A szállítási és elosztási tarifa egységesen a földgázra vonatkozik. A törvény (GET, 2008. évi XL. törvény) a tisztított biogázt földgáz minőségű gáznak tekinti, ezért nincs külön biogáztarifa.

A földgáz törvény (2008. évi XL. törvény) definíciójából adódóan nem szükséges a biogáz földgázhálózatra kötésének műszaki szabályait és a bekötési díjait külön megállapítani, mert a szabványos minőségű biogáz földgáznak tekintendő, a földgáztermelőre vonatkozó csatlakozási feltételek pedig adottak (lásd a földgázellátásról szóló 2008. évi XL. törvény rendelkezéseinek végrehajtásáról szóló 19/2009. (I. 30.) kormányrendelet 66., 66/A. §). A földgáztermelő csatlakozására vonatkozó szabályokat az üzemi és kereskedelmi szabályzat tartalmazza, ami közzététele kötelező. A földgázellátásról szóló 2008. évi XL. törvény 70. §-a értelmében a földgáz minőségű biogázt előállító termelőknek a szállító- és az elosztóvezetékhez történő csatlakozását kiemelten kell kezelni. A biogáz rendszerhez történő csatlakozásának a költségei előre csak részben becsülhetők, mivel az mindig a helyi műszaki megoldások függvénye. A hálózatra történő kapcsolódási költségeket a csatlakozónak kell viselnie, függetlenül attól, hogy biogázból előállított biometánról van szó vagy földgázzal.

Ennek ellenére a **Magyar Gázipari Egyesülés és a Magyar Biogáz Egyesület** vezetői 2010. szeptember 28-án együttműködési megállapodást írtak alá. A megállapodás szerint rövidesen **kidolgozásra kerül**, hogy hogyan, milyen feltételekkel kerülhet a **biogázüzemekből a megújuló energiaforrás a hagyományos szállító, elosztó földgázhálózatba**. Ennek jelenleg még Magyarországon nincs meg sem a jogi, sem a műszaki, sem pedig a kereskedelmi feltétele. A Magyar Gázipari Egyesülés szerint elsősorban a termelt biogáz minőségével kapcsolatos problémákat kell megoldani, garanciát kell kapniuk a gázszolgáltatóknak arra, hogy a szállító- és elosztó vezetékszerbe kerülő biogáz minősége a földgázzal azonos paraméterekkel rendelkezik.

Az évi 14 milliárd m³ **földgáz-felhasználáshoz** viszonyítva a **biogáz aránya nem lesz túl nagy**, de egy kisebb településen jelentős aránya lehet a folyamatos működésű üzemnek, amiből a számítások szerint 2020-ra a jelenlegi 15-el szemben akár 500 is lehet (a Magyar Biogáz Egyesület szerint a biogázüzemek száma akár 750-re is bővíthet). A biometánnak, a földgázhálózatba történő betáplálása mellett Bai [2009a] bemutatta a **biogáz, üzemanyagként történő felhasználási lehetőségeit** a debreceni közösségi közlekedésben. A debreceni kísérletekben a debreceni önkormányzat koordinálásával, a Debreceni Egyetem, a Hajdú Volán Zrt., a Városi Szennyvíztelep és az ÁKSD Kft. vett részt. A városi személtlerakó telepen a program indulásakor, 2005-ben képződött depóniagáz mennyisége önmagában nem tette volna lehetővé a gazdaságos tisztítást, azonban a szennyvíztelepi biogázzal együtt (összesen mintegy 3 millió Nm³/év mennyiségben) már ele-

gendő lett volna mind a teljes buszflotta ellátásához, mind a **gazdaságos üzemi mérethez**²⁹. A debreceni CIVITAS programban három új gázüzemű autóbusz beszerzése, valamint három dízelüzemű busz átalakítása történt meg. Az adott település szempontjából a földgázzal és biometánnal üzemelő buszok egyformán hasznosak a légszennyezés elkerülése szempontjából. Foglalkoztatási szempontból (amennyiben már létezik a hulladékgyártó telephely) a biometán előállítás az automatizált folyamatok miatt gyakorlatilag nem nyújt új munkalehetőséget.

A **cselekvési terv** alapján a kormányzat a **biogáz** vonatkozásában külön **akciótervet** készül kialakítani, amely célja az egész szektor áttekintése, annak minden szegmensére kiterjedő ösztönző intézkedések meghozatala egy integrált, ún. Biogáz Akcióterv keretében. A cselekvési terv a megfelelő minőségű biogáz elosztói hálózatra történő betáplálás szabályozásának kialakítását 2011-re ígéri.

4.1.7. A biogáz földgázhálózatba történő betáplálásával kapcsolatos tapasztalatok az Európai Unióban és Magyarországon

Az Európai Unióban a 2003/55/EK tanácsi irányelv ad keretet a földgáztól eltérő eredetű és összetételű gázoknak – ideértve a biogázt, illetve biometánt – földgáz vezetékbe történő betáplálását illetően. Az irányelv kimondja, hogy negatív diszkrimináció nem alkalmazható, amennyiben ezek a **gáztípusok megfelelnek az érvényes szabványoknak és rendeleteknek**. Garantálni kell ez esetben a hozzáférhetőséget, ugyanakkor a fenti előírásoknak tartalmazni kell a betáplált gáz kémiai összetételére vonatkozó feltételeket.

A folyamatot elvi szinten a fenti irányelv támogatja ugyan, de a biztonságos injektálás szabványok által szabályozott feltételei EU szinten még nem kerültek kidolgozásra. A kézenfekvő összehasonlítási alap a megújuló energiából előállított „zöldáram”, ahol részletesen kidolgozást nyert mind a termelés, mind az átvétel, mind a támogatási rendszer.

A **biometán földgázvezetékbe történő betáplálási** folyamatának széleskörűvé válását a törvényi és pénzügyi háttér hiányosságainak általános hatású problémái mellett tovább nehezítik a biogázoknak az alapanyagra, illetve az előállítás módjára visszavezethető eltérő sajátosságaik. Ezek fokozzák a biogázok hálózati fogadásával és felhasználásával kapcsolatos ellenérzéseket. Hiányoznak:

- a természetes erjedés útján képződő biogázok káros nitrogéntartalmára vonatkozó egységes határértékek;
- a mezőgazdasági hulladék alapú biogázok esetében az alapanyagra vonatkozó biológiai és műszaki előírások;
- a fermentációs folyamat higiéniai követelményeire vonatkozó egységes állásfoglalás;
- az 50-1500 Nm³/óra termelői kapacitások hálózati hozzáférhetőségére vonatkozó irányelvek.

²⁹ A tisztítás költségei a kapacitástól függenek. A 2-8 millió Nm³/év mennyiségek esetében, technológiától függően 30-50 Ft/Nm³ között alakulnak a fajlagos költségek. A debreceni esetben 350-400 millió forintos beruházással akkor lett volna gazdaságos a földgázt helyettesíteni a biogázzal, amennyiben annak alapanyagköltsége (a metántartalom függvényében) nem haladja meg a 25-30 Ft/Nm³ értéket. Erre legnagyobb esély a hulladék-gazdálkodással foglalkozó, szennyvíz-, illetve személtérakó telepeken van. A fenti beruházási költség nem tartalmazza a tisztításon kívüli költségeket, melyek közül a már meglévő biometán-töltőállomás forrásigénye nem jelentkezett volna, viszont a biogáz, vagy biometán eljuttatása a töltőhelyre komoly beruházást igényelt volna, melyet egy kísérleti üzemre nem lett volna célszerű létrehozni [Bai, 2009.].

Szunyog [2009] megállapította, hogy átfogó és valamennyi tagállamra érvényes EU szintű szabályozás hiánya ellenére több tagállamban számos intézkedés segíti a biogáz betáplálási folyamatot. A K+F tevékenység támogatásán és a biogáz-felhasználás terjedését elősegítő intenzív lakossági informáláson túlmenően ezek az intézkedések elsősorban az adózási feltételeket, a hozzáférhetőséget és a támogatási rendszert érintik. Ez utóbbi rendszerét elsőként **Németországban** dolgozták ki részletesen, ahol az alapanyag jellege, a tisztítás mértéke, a felhasználás formája és a termelői kapacitás függvényében egy „prémiumrendszer” alapján ösztönzik a biogáztermelést. Ezt a rendszert vette alapul 18 további tagállam saját támogatási irányelveinek kidolgozásánál. **Svájcban** megújuló energia előállításához szükséges létesítmények építése mentes az ipari beruházásoknál egyébként szükséges engedélyeztetési eljárások alól. Amennyiben az alapanyag mezőgazdasági eredetű, azt a létesítés helyszínén, vagy a közvetlen vonzáskörzetben kell megtermelni. **Svédországban** a tisztított biogáz üzemanyagként történő felhasználása terjed rohamosan. A folyamatot állami beruházásokkal, adókedvezményekkel, és az érintett városok ingyenes parkolási lehetőséggel támogatják.

Magyarország földgáz fogyasztása a MOL Nyrt. adatai szerint évi **14 milliárd m³**, amennyiben ennek a mennyiségnek a 10 százalékát, 1,4 milliárd m³-t kellene biogázból előállítani, úgy a KvVM [2009] számításai szerint a silókukoricából hektáronként akár 45 tonna szubsztrátumot is meg lehet termelni. Bai [2008] szerint silókukorica hektárhozama elérheti akár az 50 tonnát is, ugyanakkor időjárás, valamint természettechnológiai okok miatt a tényleges hektárhozamok átlaga a KSH adatai alapján 30 tonna körül van Magyarországon. A hektáronként 45 tonna silókukoricából nyerhető biogáz mennyisége 8 550 Nm³, ennek 10 százaléka a fermentorok fűtéséhez szükséges, így csak 7 700 Nm³ használható fel biometán-termelésre. Az 1 hektáron megtermelt biometán mennyisége – a tisztítási folyamat metánvesztességét figyelembe véve – 3 850 Nm³ körül alakulhat. A potenciál számítása során a továbbiakban abból kell kiindulni, hogy a leggazdaságosabb biometán-termelő üzemek 1 000 Nm³/óra biometán kapacitással rendelkeznek. Ezek optimális működési ideje legalább 8 000 óra/év, tehát 8 millió Nm³ biometán hálózatba történő betáplálását teszik lehetővé.

A Magyar Biogáz Egyesület szerint hazai földgázfogyasztás 10 százalékának fedezése legalább 175, 1 000 Nm³/óra kapacitású biometánüzemre lenne szükségünk. Az egy üzem működéséhez szükséges alapanyagot 2 100 hektár földterületen lehet megtermelni. Így a hazai földgáz igény 10 százalékának kielégítéséhez legalább 367 500 hektár földterületre lenne szükség (ha kizárólag silókukoricából állítunk elő biogázt), amely a teljes hazai mezőgazdasági művelés alatt álló terület kevesebb, mint 10 százaléka. Egyes optimalizált vetésrendszerekben (évi kétszeri vetés és betakarítás), egyes számítások szerint 6 500 Nm³ biometán nyerhető 1 hektár földterületről (Amon *et al.*, 2006.). Ebben az esetben már csak 215 000 hektár szükséges ezen igények kielégítéséhez. A fenti potenciál kizárólag a szántóföldi növénytermesztésben rejlő lehetőségeket mutatta be, ehhez kell még számításba venni a hígtrágya/almostrágya és egyéb mezőgazdasági és élelmiszer-ipari melléktermékek hasznosítási lehetőségeit.

Lovas *et al.* [2010] szerint az állati trágyák és a vágóhídi hulladékok évente 1,6 milliárd m³, a települési szilárd és folyékony hulladékok 0,7 milliárd m³, együtt 2,3 milliárd m³ biogáztermelést tennének lehetővé (27. táblázat). Ezek együtt 1,6 milliárd m³ földgázt helyettesíthetnének, a jelenlegi teljes földgázfogyasztás 11 százalékát válthatnák ki. Az **energianövények termesztésével ez a potenciál több mint kétszeresére növelhető.**

A hazai biogáztermelés potenciálja

Megnevezés	Mennyiség millió tonna/év	Biogáztermelés, milliárd m ³ /év	Földgázegyenérték, milliárd m ³ /év
Állati eredetű melléktermékek	43	1,6	1,1
Települési hulladékok	10	0,7	0,5
Energianövény	30	3,3	2,2
Összesen	83	5,6	3,8

Forrás: Lovas ed. [2010]

4.1.8. A biogáztermelés helyzete és lehetőségei Magyarországon

Magyarországon az első mezőgazdasági biogázüzemek az 1950-es években létesültek [Kohlheb, 2004]. Ezek kiskapacitásúak voltak, és egy-egy mezőgazdasági üzem hulladékkezelését oldották meg. A biogázból nyert hőenergiát elsősorban az üzemi létesítmények fűtésére használták. A rendszerváltozást követően, egészen az 1990-es évek végéig, a biogáztermelés elsősorban szennyvíztisztító telepekhez volt köthető, ahol a biogáz villamosenergia-termelésre került felhasználásra.

Magyarországon 21 szennyvíztelepi biogázüzem működött 2010-ben, összesen 12,6 MW-os elektromos teljesítménnyel. A szeméttelpek közül 20 helyen nyertek ki depóniagázt, ahol a termelt elektromos energia mennyisége 4 MW-ot tett ki, további 12,7 MW_{el} kapacitás kivitelezése folyamatban volt [Bódás és Kovács, 2011].

Az ÚMVP támogatásainak, illetve a KÁT-rendszer eredményeként 2011 januárjáig összesen 15 mezőgazdasági biogázüzemben indult el az üzemszerű működés (28. táblázat). E biogázüzemek mezőgazdasági melléktermékek, hulladékok feldolgozását, ártalmatlanítását végzik. A termelt biogázt – egy üzem kivételével – a kiserőművi egységbe vezetik be, ahol villamos energiává alakul, ami utána a kötelező átvételi rendszer keretében az országos hálózatra kerül betáplálásra.

**Mezőgazdasági melléktermékeken alapuló biogáz-erőművek
Magyarországon (2010)**

Helyszín	Gázhasznosítás	Gázmotor elektromos teljesítmény kW	Projektfejlesztő
Nyírbátor	Deutz motorok (további kapacitásbeépítés)	2 600	Bátorcoop Kft.
Bonyhád		1 250	Pannónia Mezőgazdasági Zrt.
Klárafalva	JMS 312 GS-B.L	526	Németh Toll Kft.
Nyíregyháza/Nyírtelek	JMS 312 GS-B.LC	625	Agro City Mg. Zrt.
Kecskemét	JMS 208 GS-B.LC	330	Pilze-Nagy Kft.
Kenderes	2x526	1 052	Agrener Kft.
Pálhalma	Pro2 LC616F16 + LC620F12 (716 + 1021 kW)	1 737	Agrospeciál Kft.
Kaposvár	Gőz előállítás (ca. 5 000 m ³ /h kapacitás)		Kaposvári Cukorgyár Zrt.
Csengersima		536	Csenger-Tej Kft.
Kaposszekcső	JMS 412 GS-B.LC	836	Kaposszekcsői Mezőgazdasági Zrt.
Dombrád	JMS 312 GS B.LC	625	Dombka 2003 Zrt.
Kapuvár	JMS 312 GS B.LC	524	Kisalföldi Mezőgazdasági Zrt.
Dömsöd	DE716BG (Deutz MWM) 2x716	1 430	Green Ballance Kft.
Abony		800	Abonyi Mezőgazdasági Zrt.
Biharnagybajom	JMS 312 GS B.LC	625	Biharnagybajomi Dózsa Agrár Zrt.

Forrás: Nemzeti Fejlesztési Minisztérium [2011]

A legjelentősebb magyarországi biogázüzemek a 3. mellékletben kerülnek bemutatásra.

A biogázüzemek jövője alapvetően a KÁT-rendszertől függ, ezen belül is a kötelező átvételi árak nagyságától. A VET kimondja, hogy „...a megújuló energiaforrást és a hulladékból nyert energiát felhasználó erőművek létesítésének elősegítése érdekében hosszú távú, hatékony és átlátható támogatási rendszert kell kialakítani...” Ezzel a fontos elvvel ellentétesen árszabályozást tartalmazó 56/2002. (XII. 29.) GKM rendelet hatálya szűnt meg 2010. december 31-vel. Ez nem érintette a legtöbb biogázüzemet, mivel azok 2008. január 1. után kapták meg az engedélyüket az új VET és a 389/2007. (XII. 23.) kormányrendelet hatálya alatt. Az Energia Hivatal engedélyei nagy változást mutatnak (5-7 év).

A cselekvési terv a KÁT-rendszerben méret és technológiai alapú differenciálás megvalósítását tűzte ki célul, figyelembe véve, hogy egyes megújuló energiaforrás technológiák többlet társadalmi előnnyel is járnak, eltérő a társadalmi-gazdasági hozzáadott értékük (foglalkoztatási hatásuk, széndioxid-megtakarítási potenciál stb.). A támogatott átvételi ár a technológia, a méret és a jogosultság időpontjának keletkezésétől függően differenciált. A kötelező átvételre való jogosultság megszerzése szerint a megkülönböztetés alapja, hogy a termelő 2008. január 1. előtt (tehát még a régi VET [2001. évi CX. Törvény] alapján) vagy utána

(tehát az új VET [2007. évi LXXXVI. törvény] alapján) szerzett jogosultságot. A támogatott átvételi árat (támogatási szintet) érintő új szabályok a 2008. január 1. előtt jogosultságot szerzett termelők esetében ugyanis nem alkalmazhatók, vagyis a piaci ár vonatkozik rájuk.

Az átvételi kötelezettség alá eső villamos energia áaira vonatkozó jelenlegi szabályozás alig tesz különbséget (az üzemek méretének és a biogáztermelés alapanyagának függvényében). A szabályozás elsősorban az energiagazdálkodás szempontjait követi és kifejezetten a nagy kapacitású (és ezért alacsonyabb fajlagos beruházási költséggel megépíthető) üzemek megvalósítására ösztönözte a beruházókat.

A cselekvési terv megállapította, hogy a kötelező átvétel eddigi eredménye, hogy a 2001/77/EK irányelvben előírt kötelezettségünket teljesítettük. A megújuló energiaforrásból termelt villamos energia részaránya fokozatosan növekedett a KÁT-rendszer bevezetése óta. Ez a növekedés azonban nagyrészt a korábbi szenes, mára biomassza vegyes tüzelésre átállított erőműegységek-ből származik.

A beruházási pályázati rendszerben kötelező a pozitív BMR (belső megtérülési ráta) elérése, ami a hatékonyságra is kihatással van, illetve pontozási rendszer is figyelembe veszi a technológiai megoldások színvonalát. A KÁT- rendszerben a cselekvési terv célul tűzte ki az energiahatékonysági kritériumok beépítését, technológiánként differenciált minimális energetikai hatásfok meghatározásával, amely célja, hogy az új kapacitások mind hatékonyabbak legyenek, és az elérhető legjobb technológiákat alkalmazzák (BAT, Best Available Techniques).

Az **árképzésben különbséget kellene tenni** a biogáz forrása szerint. A jelenlegi „zöldáram” árszint mellett (12,18-33,35 forint/kWh) a hulladéklerakó telepeken keletkező depóniagáz és a szennyvíziszapból előállítható biogáz felhasználása villamosáram-termelésre gazdaságosan megvalósítható. Ezzel szemben például az állattartó telepeken keletkező hígtrágyák biogázüzemi felhasználása a jelenlegi KÁT-rendszerben nem gazdaságos. Külön kérdés az energianövényeket hasznosító biogázüzemek létesítésének támogatása. Németországban ezek az üzemek 6 cEUR/kW-el magasabb árat kapnak a termelt villamos áramért, mint a hulladékokat kezelő üzemek. A **kizárólagos hőelőállítás leggazdaságosabb lehetősége elvileg a távfűtőrendszerbe** való betáplálás lehetne (ugyanakkor ez a lehetőség csupán 6-7 hónapos időszakra ad bevételi forrást), ami a méretgazdaságosság előnyei mellett a biztos és teljes körű hasznosítást is garantálná a fűtési szezonban. Az energia piacépesebbé tehető villamos energiává átalakítva, amely azonban többletberuházással jár. Bár a kogenerációnál a bevételek meghatározó tényezője a villamos energia értékesítése (54-58 százalék), nem elhanyagolható a hulladékhő értéke sem (33-36 százalék), amennyiben a hőenergia értékesítésére lehetőség van. Jelenleg a **villamos energia célú biogázüzem csak akkor lehet gazdaságos, ha a keletkező hőenergia is hasznosításra kerül**. Ennek stabilitása elsősorban saját nagy hőigényű tevékenység ellátásával, vagy hosszútávú szerződésekkel (távfűtő rendszer, ipari park külső vállalkozásai) javítható.

A kapcsolt villamosáram- és hőtermeléssel kialakított biogázüzemekben keletkező hőenergia hasznosítása a mezőgazdasági környezetben nem könnyű feladat, amelynek szempontjait feltétlenül figyelembe kell venni a biogázüzemek telepítésénél. A gazdaságpolitikai támogatási eszközök alkalmazása során indokolt elsőbbséget biztosítani azoknak a projekteknek, amelyek a hőenergiát is hasznosítani tudják. A **villamosenergia-rendszer átvételi lehetőségeinek helyi korlátozottsága, illetve a kapcsoltan termelt hőenergia helyi felhasználási lehetőségeinek hiánya esetén különösen indokolt a földgáz minőségre tisztítás**, hiszen ebben az esetben a biogáz teljes energiatartalma hasznosítható.

Biogáz-erőművek számának és kapacitásainak várható alakulása

A cselekvési terv szerint, a magyarországi biogázüzemek 2010. évi 14 MW_{el}-os beépített kapacitása 2020-ra elérheti a 100 MW_{el}-ot is. A dokumentum alapján a bruttó villamosenergia-termelés a 2010. évi 85 GWh-ról 2020-ra 636 GWh-ra bővíthet. A cselekvési terv reális célkitűzésnek tartja a megújuló energiaforrások bruttó fogyasztásának legalább 120,56 PJ-ra történő növelését 2020-ra, amiből a biogáz 4,63 PJ-al részesedne.

A KPMG [2010] – Strobl [2009] számításai alapján – becslést végzett a biogáz-kereslet alapanyagigényéről. A kapacitástervekben 2020-ra 250 MW_{el} biogáz tüzelésű kiserőmű szerepel. Ugyanakkor ekkora nagyságrendű biogáz felhasználásra alkalmas kapacitás létesítése bizonytalan. Ennek ellenére a KPMG [2010] az alapanyagigény szükségletre vonatkozó számításai során ezt a célkitűzést vette figyelembe. A biogázüzemek átlagos alapanyag-igényéből kiindulva, a 250 MW_{el} beépített kapacitású erőmű esetén közel 20 PJ energiatartalmú biogáz alapanyag válik szükségessé. A biogáz alapanyagainak 4 fő forrását elemezve a KPMG [2010] a következő teljes potenciált határozta meg 2020-ra:

- a mezőgazdaság hulladékai és melléktermékei (növényi és állati): 16 PJ;
- az élelmiszeripar: 12 PJ;
- szennyvíz-kezelés: 1,25 PJ;
- hulladéklerakók: 0,28 PJ.

A biogáz alapanyagok becsült potenciálja (tervezhetően kiaknázzható potenciál) összességében eléri a 30 PJ nagyságrendet, amely teljes egészében képes kielégíteni a 250 MW_{el} beépített kapacitás alapanyagigényeit. A biogáz alapanyagok fenti négy csoportjából kizárólag a silókukorica területén látható olyan alapanyagforrás, amely elérése kizárólag fizetés ellenében tervezhető (magas kukoricaár esetében azonban ez kockázatos: a silókukoricára alapozott osztrák biogázüzemek 80 százaléka leállt az élelmiszerválság idején).

A REDUBAR projekt keretében Szunyog [2008] megbecsülte a magyarországi elméleti biogáz potenciált arra az esetre, ha a rendelkezésre álló biomassza teljes egésze biogáz-előállítást szolgálná:

- növénytermesztési melléktermékek: 131,32 PJ;
- erdészeti melléktermékek: 39,22 PJ;
- állattenyésztési melléktermék: 3,72 PJ;
- szennyvíziszap: 5,91 PJ;
- szerves ipari hulladék: 0,42 PJ;
- lakossági hulladéklerakók: 42,25 PJ
- összesen: 222,84 PJ.

Az elméletileg rendelkezésre álló alapanyagokból előállítható nyers biogáz mennyisége az alábbiak szerint alakulna:

- 25 MJ/m³ felső hőértékű nyers biogázban kifejezve: 8,9 milliárd m³;
- 39 MJ/m³ felső hőértékű földgáz egyenértékben kifejezve: 5,7 milliárd m³ biogáz állítható elő Magyarországon.

A REDUBAR projekt keretében, Szunyog [2008] által kiszámított értékek a teljes magyar biomassza potenciál felhasználásával a legkisebb, illetve a legnagyobb hatékonysággal előállítható nyers biogáz mennyiségek átlagos értékeit szemléltetik a 2006-os bázisú vonatkozóan. Az értékek átlagát véve ez közel 223 PJ biogáz alapú energia potenciált jelent az országban éves szinten.

Amennyiben az értékeket nyers biogáz-egyenértékben, illetve földgáz-egyenértékben adjuk meg, akkor látható, hogy Magyarország elméleti biogáz-, helyesebben biogáz-előállításra is alkalmas biomassza-potenciálja éves átlagban 8,9 milliárd m^3 (25 MJ/m^3 energiatartalmú) nyers biogáz, illetve 5,7 milliárd m^3 földgáz egyenértékével egyenlő. Szunyog [2008] szerint a technológiák legnagyobb hatékonysággal való üzemeltetése és minden biomassza-alapanyag biogázzá konvertálása sem tenné lehetővé 9,5 milliárd m^3 -nél több földgáz kiváltását. Ez jelenti tehát az elméleti maximumot. Amennyiben a technológiák a legkisebb hatékonysággal működnének, de mindenre célra alkalmas biomassza-alapanyagból biogázt állítanának elő, akkor ezzel 74,7 PJ-t, azaz 1,9 milliárd m^3 földgázt lehetne kiváltani.

Az alapanyagigénnyel és az ehhez kapcsolódó termelési kapacitással kapcsolatos magyarországi tapasztalatok

Az Első Magyar Biogáz Kft. [2010] számításai szerint Magyarországon 100 ezer hektáron termelt energianövényből (silókukorica, cukorcirok, szudáni fű, csicsóka, angol perje stb.) biogázüzemekben évente mintegy 960 millió m^3 biogáz állítható elő (hektáronként 45 tonna zöldmasszahozammal számolva). Ez a megújuló energiahordozó alapvetően két formában hasznosítható (villamosenergia-termelés, hőenergia-hasznosítás). A biogáz felhasználásának egyik műszaki lehetősége a kapcsolt villamos- és hőenergiatermelés decentralizált kiserőművekben. Ebben a változatban 100 000 hektár szántóföld biogázon keresztüli hasznosítása mintegy 250 MW_{el} biogáz-erőmű kapacitás létrehozását jelenthetné (2010-ben 15 mezőgazdasági biogázüzem működött Magyarországon), amelyekben évente 2 190 GWh villamos áramot lehetne termelni (azonos nagyságrendű hőenergia előállítása mellett). A szóban forgó 250 MW villamosenergia termelő kapacitás mintegy 120-180 darab, egyenként 1,0-2,5 MW_{el} méretű biogázüzemben valósítható meg. (Ennél nagyobb méretű biogáz-erőművek építése óvatosságra int, mert az indokolatlanul növelné az alapanyagok beszállítása és a biotrágya elhelyezése által igényelt üzemanyag-felhasználást.) Ugyanakkor a helyzet függ a beruházás méretétől és képződött lebontási maradék mennyiségétől.

Az Első Magyar Biogáz Kft. információi szerint – magyarországi körülmények között – két 600 ÁE (Állategység) szarvasmarha telep, egy 1 200 hízósertés és az ehhez tartozó kocaállomány, valamint silókukorica felhasználásával egy 350 kW_{el} elektromos teljesítményű biogáz-erőmű üzemeltethető gazdaságosan (0,5 MW_{el} -os erőmű üzemeltetéséhez 200 hektár földterületen termesztett silókukoricára, vagy energia füre van szükség). Az alapanyagot ebben az esetben három – fizikailag különálló – telephelyről szerzi be az erőmű. Mivel a sertéshígtérágya szárazanyag-tartalma legfeljebb 6-8 százalék, így szállítása nem gazdaságos. A szarvasmarha-tartásból származó almotrágyát legfeljebb néhány kilométer, az energianövényeket legfeljebb 5-15 kilométer sugarú körzetből érdemes elszállítani.

Foglalkoztatási hatások

A Kohlheb *et al.* [2010] számításai alapján az egyik legnagyobb, 480 munkaév/ MW_{el} /életciklus, foglalkoztatási hatással a kisüzemi biogáztermelés jár, de ennek jelentős hányadát, 216 munkaévet³⁰, a melléktermék előkészítése teszi ki (29. táblázat). Magyarországon egy 500 kW_{el} teljesítményű biogázüzem építése 5 hónapig tart, ami 10 órás munkanapot és 6 napos munkahetet feltételezve 8 embernek adhat munkát (a tervezéssel 1 hónap alatt 1 ember végez, az engedélyezés fél hónapig tart, ami egy embernek ad munkát).

³⁰ A munkaév a szükséges összes munkaórát jelenti években kifejezve, éves szinten 49 munkahetet, heti 40 óra munkát és három hét szabadságot feltételezve.

A magyarországi biogáz üzemek foglalkoztatási hatása

Techno- lógia	Kapa- citás	Élet- tartam	Alapanyag		Gyártás	Tervezés, létesítés	Üzemeltetés, karbantartás	Összesen
			Termé- léssel	Mellék- termék- ből				
	MW	év	munkaév 1 MW kapacításra és teljes életciklusra					
Kis méret	0,25	20	125	216	24	36	79	480
Közepes méret	0,50	20	125	216	24	20	40	425
Nagy méret	1,00	20	125	216	24	13	20	398

Megjegyzés: a munkaév a szükséges összes munkaórát jelenti években kifejezve, éves szinten 49 munkahetet, heti 40 óra munkát és három hét szabadságot feltételezve.

Forrás: Kohlheb *et al.* [2010]

Fuchsz [2006] arra a megállapításra jutott, hogy **a biogáztermelő üzemek létesítésekor gyakran csak az üzemet felépítő közösség néhány tagjának lehet munkahelyet létesíteni.** Ebből a szempontból **a biogázüzem maga nem munkahely teremtmő,** hisz egy kisebb biogázüzemmel kapcsolatos munkák elvégzéséhez egy ember is elegendő. Egy **kisebb biogázüzemnek inkább munkahelymegtartó hatása van,** mivel a biogázüzem működéséhez szükséges megtermelt növényeket helyben tudják feldolgozni, ezáltal a gazdák nem veszítik el a földdel való kapcsolatukat.

Magyarországi gyakorlati tapasztalatok szerint 500 kW_{el}-ig 3, 1 MW_{el}-ig 5, 2 MW_{el}-ig 8 munkahelyet teremt egy-egy biogázüzem. Ezek a közvetlen munkahelyteremtést jelentik. A legkisebb magyar biogázüzem (Pilze-Nagy Kft., 330 kW_{el}), 3 főt foglalkoztat teljes munkaidőben. Emellett meg kell említeni, hogy még egy ekkora **üzem is professzionális üzemeltetést igényel.**

5. A bioüzemanyagok termelése és felhasználása

5.1. A bioüzemanyagok gyártásának, felhasználásának és kereskedelmének nemzetközi tendenciái

5.1.1. Helyzetelemzés

A biomassza alapú hajtóanyagok felhasználása és kutatása egyidős a belsőégésű motorokkal. Jóllehet, a bioüzemanyagok csak egy évtizede kerültek az érdeklődés középpontjába, már a múlt században a világháborúk és a gazdasági világválság idején voltak kezdeményezések a biomasszából előállított üzemanyagok szélesebb körű elterjesztésére. Ezek azonban a második világháborút követően, az olcsó kőolaj korában feledésbe merültek. Az 1973-as olajválság adott ismételt lendületet a technológiának. Braziliában az 1970-es évek óta töretlen a fejlődés, a napjainkban eladott járművek 90 százaléka mind a benzint, mind az etanolt használhatja üzemanyagként. Az Egyesült Államokban már 1978-ban bevezették az alkoholtartalom jövedékiadó-mentességét, erre 2 térfogat-százalék erejéig az EU-ban is lehetőség nyílt 1992-től. Az Unióban a kötelező felhasználást előíró első, 2005-re vonatkozó irányelvet 2001-ben fogadták el. Jelenleg a világ valamennyi fejlett országában és számos fejlődő országban termelik, használják, támogatják a bioüzemanyagokat.

Brazília kivételével ma még inkább a protekcionista politika (magas vámvédelem és belső támogatás) határozza meg a globális bioüzemanyag-gyártást, mert a hazai termelők támogatása és a beltőlpiacra történő termelés az elsődleges cél. A bioüzemanyag-gyártás világszerte támogatást élvez a nyersanyagok előállításától kezdve a beruházáson, a foglalkoztatáson át, az adókedvezmények és magas vámok alkalmazásáig. Támogatások nélkül a bioüzemanyagok csak technológiai innovációk révén lehetnek versenyképesek a fosszilis tüzelőanyagokkal szemben. Amíg a szubvenciók fennmaradnak, azok torzítják az energiatermelés ösztönzési rendszerét, és kutatási pénzforrásokat vesznek el a többi potenciális megújuló energiaforrás (pl. a nap- és a geotermikus energia) fejlesztése elől.

A bioüzemanyag-felhasználás ösztönzésének két legelterjedtebb eszköze a jövedéki adókedvezmény nyújtása és a bioüzemanyagok kötelező felhasználásának előírása. Mivel egyre több ország kényszerül költségvetési kiadásainak visszafogására, mind gyakoribb a felhasználás kötelezővé tétele, illetve a bioüzemanyagok piaci részarányának meghatározása, majd fokozatos emelése. Braziliában, Argentínában, az Egyesült Államokban, az Európai Unióban, India és Kína egyes tartományaiban – hogy csak a fontosabb példákat említsük – törvény rendelkezik a bioüzemanyagok kötelező részarányáról, illetve mennyiségéről az üzemanyag-fogyasztásban. Az EU-ban megfigyelhető, hogy a tagállamok a bioüzemanyag-fogyasztás kötelezővé tételével párhuzamosan azonnal vagy viszonylag gyorsan fokozatosan mérsékelik, esetleg meg is szüntetik az adókedvezményeket (ld. Németország vagy Magyarország). Ennek kétségtelen előnye, hogy üzemanyag-takarékosságra ösztönöz, mivel a fogyasztókra hárítja a bioüzemanyag-gyártás többletköltségeit. Ugyanakkor az Egyesült Államokban a bioüzemanyag kötelező felhasználásának bevezetésével nem szüntették meg az adókedvezményeket.

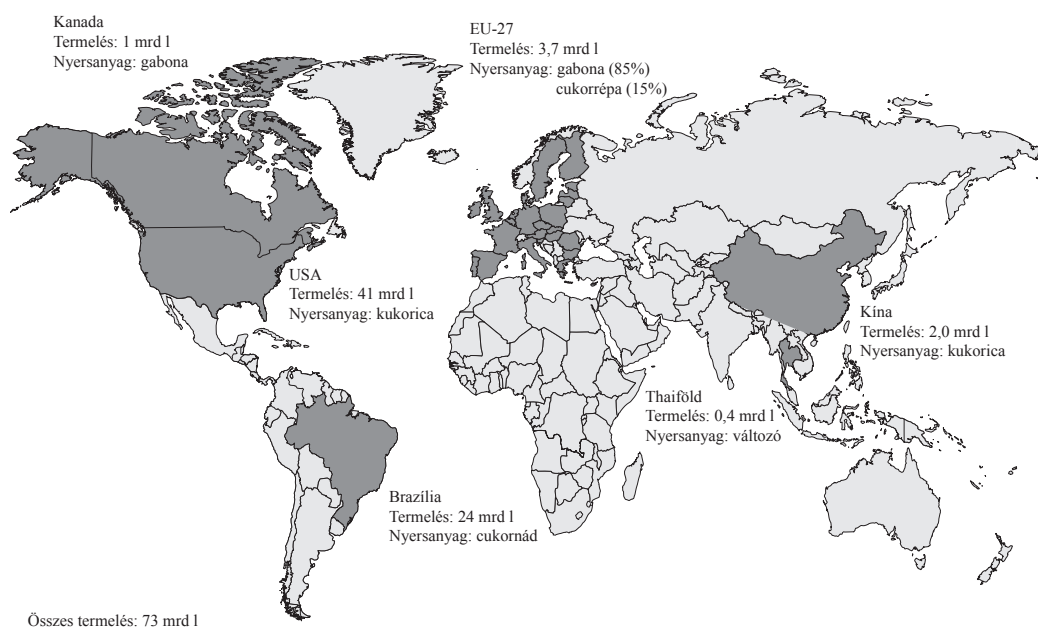
A politikai intézkedések ösztönző hatásának köszönhetően a bioüzemanyagok globális termelése 2009-ben elérte a 90 milliárd litert, ebből 73 milliárd liter (58 millió tonna) volt a (bio)etanol és közel 18 milliárd liter (16 millió tonna) a biodízel. A bioüzemanyagok termelésében egyelőre az etanol a meghatározó 80 százalékos részesedéssel, a biodízel részaránya csupán 20 százalék.

A (bio)etanol globális termelése és felhasználása

A globális etanoltermelés mintegy 80 százaléka bioüzemanyagként kerül felhasználásra, a fennmaradó részből szeszesital és ipari alkohol készül. A 2009-ben előállított 73 milliárd liter üzemanyagcélú etanol a világ benzinfogyasztásának 2-3 százalékát tette ki térfogat-egyenértékben. Az üzemanyagcélú etanolgyártás alapanyagának 55 százalékát a kukorica, 34 százalékát a cukornád, 6 százalékát a melasz, 3,5 százalékát a búza és 1,5 százalékát egyéb nyersanyag adta. A bioetanol-üzemanyag legnagyobb előállítója 2009-ben 41 milliárd literrel az Egyesült Államok volt, megelőzve a korábbi piacvezető Braziliát, ahol 24 milliárd liter üzemanyagcélú etanolt termeltek (2008-ban is ennyit állítottak elő). Jelentős lemaradással, 3,7 milliárd literrel a harmadik legnagyobb termelő az Európai Unió volt, míg Kína 2 milliárd liter körüli termelésével a negyedik helyre szorult (10. ábra). Említést érdemel még Kanada, Ausztrália és néhány ázsiai ország (India, Thaiföld) etanolgyártása, de Közép-Amerikában és Afrikában is nő a kibocsátás.

10. ábra

Globális bioetanol-üzemanyag előállítás (2009)



Forrás: F.O. Licht, European Bioethanol Fuel Association (Ebio) és az AKI Agrárpolitikai Kutatások Osztályán készült számítások.

Az **Egyesült Államokban** az etanolgyártás mellékterméke, a DDGS termelésének volumene eléri az etanolgyártáshoz felhasznált kukorica mennyiségének közel egyharmadát, már messze meghaladja az évi 30 millió tonnát. A DDGS elsősorban kukoricát, de magas fehérjetartalma miatt részben szóját is helyettesít a takarmányozásban. Az állattenyésztés vonatkozásában ma 31 államban keresleti, míg 12 államban kínálati piaca van a DDGS-nek. Az etanolgyártás folyamatos növekedésével egyre több DDGS képződik, amelynek növekvő felhasználása komoly kihívást jelent a szállítás és logisztika megszervezésében. A termelés 10 százalékára tehető export növelését nagymértékben akadályozza, hogy üzemenként változik az előállított DDGS tápanyagértéke és minősége.

Brazília, a világ fő cukortermelője és -exportőre, a globális cukortermelés 20 százalékát és a nemzetközi kereskedelemben kerülő cukor 40-50 százalékát állítja elő. Mivel a braziliai üzemek kisebb része etanol- és cukorgyártásra egyaránt alkalmas, néhány százalékgig a két termék árárányának alakulásától függően változhat az előállított cukor, illetve etanol mennyisége.

Az **Európai Unióban** a bioetanolgyártás 2005 és 2009 között gyors ütemben nőtt. A tagállamokban összesen 5 milliárd euró feletti értékben létesítettek bioetanol kapacitásokat 2009-ig, és további 3 milliárd euró értékű kapacitás kiépítése van folyamatban. Még a nettó gabonaimportőr Spanyolország is látványosan növelte beruházásait. Az alapanyagok drágulása miatt az etanol-termelési kapacitások kihasználtsága 2008-ban 55 százalékra esett vissza, 2009-ben és 2010-ben azonban már újra emelkedett. A tagállamok cselekvési tervei alapján az Unióban mintegy 14 milliárd liter (11 millió tonna) bioetanolra lesz szükség 2020-ban.

Kínában, az exportorientált etanolgyártás visszaszorítása érdekében, 2007. január 1-jétől megszüntették a külföldre értékesített etanol 13 százalékos áfa-visszatérítését, ugyanis attól lehetett tartani, hogy az exportra termelt etanol esetleg gabonahiányhoz vezet. Kukoricára alapozott etanolüzem a továbbiakban már nem kaphat létesítési engedélyt, így az új beruházások a maniókát, az édesburgonyát és a rizst részesítik előnyben.

Délkelet-Ázsiában az etanolgyártás fő nyersanyaga nem a cukornád, hanem a melasz és a manióka. A kontinensen az etanolgyártásban India, Thaiföld, a Fülöp-szigetek és Pakisztán az úttörők. Ázsia önellátottsága cukorból 66 százalék körüli, míg kőolajból alig 10 százalék, aminek tükrében célszerűnek tűnt az energiaforrások bővítése. A cukor alacsony világpiaci ára a cukornád alapú bioetanolgyártás növelését ösztönözte, ennek következményeként azonban megemelkedett a cukor ára.

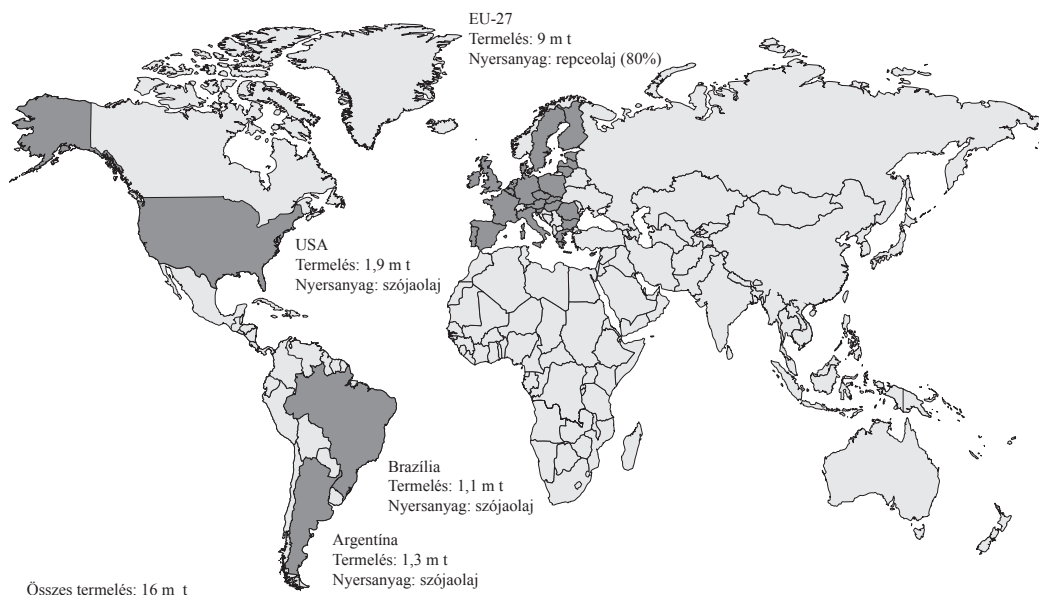
A (bio)dízel globális termelése és felhasználása

A **biodízel** előállítása és felhasználása a közelmúltig elsősorban Európára és kisebb mértékben az Egyesült Államokra korlátozódott, és ebben csak az utóbbi években történt változás. A 16 millió tonna körüli globális biodízel-termelésből, amely térfogat-egyenértékben a világ összes dízelfogyasztásának mindössze 1 százalékának felel meg, az Európai Unió 9 millió, az Egyesült Államok 1,9 millió, Argentína 1,3 millió, Brazília 1,1 millió tonnát állított elő 2009-ben (11. ábra).

Az **Európai Unióban** a dízel aránya az összes üzemanyag-fogyasztáson belül már meghaladja a 60 százalékot, és mivel a finomítói kapacitások átállítása a fogyasztás már korábban megindult változását technológiai okokból nem tudta követni, az EU dízelolajból nettó importőrré, benzintől viszont nettó exportőrré vált. A dízelolaj importja a 2008. évi 18 millió tonnáról 2030-ra várhatóan 25 millió tonnára emelkedik. Az import 80 százaléka Oroszországból, 20 százaléka a Közel-Keletről származik [Popp, 2009].

Az Európai Unió középtávon előreláthatóan a világ legnagyobb biodízel-előállítója marad. Ehhez a dízelüzemű gépkocsik magas aránya mellett hozzájárul az is, hogy a gázolajra kivetett jövedéki adó alacsonyabb, mint a benziné. Az EU összes biodízelgyártó kapacitása 2009-ben megközelítette a 20,9 millió tonnát, a kihasználtság tehát igen alacsonynak mondható. A Közöségi biodízeltermelése az előttünk álló évtizedben a várakozások szerint 18,5 millió tonnára emelkedik, miközben részesedése a globális kibocsátásból 40 százalék alá süllyed. A belpiaci igények kielégítéséhez azonban középtávon évi 1,7 millió tonnáról 3,2 millió tonnára nő a „zöld olaj” behozatala harmadik országokból [FAPRI, 2010].

Globális biodízel-termelés előállítás (2009)



Forrás: F.O. Licht és European Biodiesel Board (EBB)

Az EU-27 átlagában az etanol részaránya a benzinfelhasználásban energia-egyenértékben kifejezve 2,1 százalékot, míg a biodízel a gázolajfogyasztásban 4,5 százalékot tett ki 2009-ben; ez 3,4 millió tonna bioetanol és 10 millió tonna biodízel felhasználását jelentette. Az EU nagy erőfeszítéseket tett az üzemanyagszabvány módosítására, így a benzinbe a korábbi 5 térfogatszázalék helyett már 10 térfogatszázalék etanol keverhető uniós szinten (E10). Ezzel a lehetőséggel 2011 januárjáig csak Franciaország és Németország élt. A dízel szabványa is módosult: 7 térfogatszázalékra emelték a gázolajba bekeverhető biodízel mennyiségét (B7), de 2011 februárjáig csupán négy tagállam (Ausztria, Franciaország, Németország és Hollandia) kezdte meg a B7 forgalmazását. Az E10 szabvány bevezetésével az EU-ban a bioetanolgyártás és az üzemanyagcélú etanol importjának növekedésével számolhatunk³¹.

Az **Egyesült Államok** a világ szójabab termeléséből közel 35 százalékkal részesedik, míg a szójabab globális exportjának 30 százaléka származik innen. A szója alapú biodízelgyártáshoz szükséges szójaolaj kibocsátásának növekedésével párhuzamosan emelkedik az előállított szójadara mennyisége is (a szójabab feldolgozásakor 80 százalékból szójadara, 18-19 százalékból szójaolaj képződik). A szójadaratöbblet az etanolgyártás melléktermékeivel (DDGS és CGF) versenyez. Mivel a szóját és a kukoricát ugyanazon a területen termesztik, bizonyos korlátok között a két termék árára határozza meg, hogy a mezőgazdasági termelők melyik növény rováására növelik a másik vetésterületét.

³¹ Németországban az E10 üzemanyag bevezetése egyelőre vontatottan halad. Ennek oka, hogy az autógyártók eleve elhárítottak maguktól minden felelősséget a keverék által esetleg hosszú távon okozott motorkárokért. Az autósok emiatt tartózkodnak az E10 használatától, és inkább a drágábban kapható tiszta benzint tankolják. Ez a benzin értékesítésében fennakadáshoz és az E10 készleteinek felhalmozódásához vezetett.

Braziliában a 2008. évi 2 százalékról 3 százalékra növelték a biodízel gázolajba történő kötelező bekeverésének arányát 2009-ben. A dél-amerikai országban a biodízel nyersanyaga 90 százalékban a szójabab, 10 százalékban egyéb olajnövények. A kötelező bekeverés 2010 januárjától további két százalékponttal 5 százalékra emelkedett, aminek nyomán a biodízelgyártásban felhasznált szójaolaj mennyisége eléri az 1,7 millió tonnát a 2009/2010. gazdasági évben. Ez egyetlen esztendő leforgása alatt 70 százalékos növekedést jelent. A Braziliában előállított biodízel szinte kizárólag a belföldi piacon kerül felhasználásra. A gyártás adókedvezménye 0-100 százalék között változik annak függvényében, hogy milyen nyersanyagból, milyen adottságú területen és milyen gazdaságok (családi vagy társas) állítják elő. A szójabab mellett a legígéretesebb olajnövény az olajpálma, valamint a jatropa. A szójatermelők egy része közös értékesítési szövetkezetet hozott létre a szójafeldolgozók folyamatos nyersanyagellátása és a saját bevétel maximalizálása érdekében. A gyártók a mindenkorai árak függvényében döntenek el, hogy a végtermék étolaj vagy biodízel lesz. A biodízel árát természetesen a kötelező felhasználás aránya és az előállított biodízel volumene befolyásolja. Újabban gyapotmag-olajból is készítenek biodízelt. Habár a gyapotmag olajtartalma csupán 15-16 százalék, a hektáronkénti magas hozam ellensúlyozza a fajlagosan alacsony olajkihozattal. Az eddig megismert mintegy száz különböző olajnövényről egyelőre kevés információ áll rendelkezésre, de ezek közül legalább húsz (nem élelmiszcélú) olajpálmafajta szolgálhatja hosszú távon a biodízelgyártást.

Argentínában a nyersanyagok bőséges rendelkezésre állása (éves átlagban 50 millió tonna szójabab és 4 millió tonna napraforgómag) óriási biodízel-gyártási potenciált jelent. A világ legnagyobb növényolaj-exportőr országa 2009-ben 1,3 millió tonna biodízelt állított elő, amelynek több mint 90 százaléka exportra került. Az évente gyártott közel 6-7 millió tonna szójaolajból és 25 millió tonna szójadarából alig 5 százalék a belföldi fogyasztás. Ez változni fog, ugyanis a bekeverési arányt két lépésben, előbb 2010 szeptemberében 5 százalékról 7 százalékra, majd 2011 januárjától 10 százalékra emelték. A 10 százalék eléréséhez Argentínának mintegy 1,7 millió tonna biodízeltre lesz szüksége.

A pálmaolaj jelentősége a biodízelgyártásban egyre nő. A 2009. évi mintegy 123 millió tonna globális növényolaj-termelésből a pálmaolaj részesedése megközelítette a 40 millió tonnát (a második helyen 35 millió tonnával a szójaolaj állt). A pálmaolaj- Malajzia és Indonézia részesedése 85 százalék körüli. Az olajpálma termelésének energiamérlege egyértelműen pozitív és széndioxid-mérlege is kedvező. Ugyanakkor az olajpálma termesztése a biodiverzitás és a széndioxid-megkötés szempontjából kiemelkedő fontosságú trópusi esőerdők területéhez kötődik, így nagyok a környezeti kockázatok. A pálmaolaj és a pálmaolajból gyártott biodízel nemzetközi kereskedelme folyamatosan nő. A WTO szerint a pálmaolaj mezőgazdasági terméknek minősül. Bár napirenden van az energiacélú mezőgazdasági termékek kedvezményes elbánásának szabályozása, egyelőre problémát okoz a pálmaolaj nyomkövetése, mert az importőr országban döntenek a termék élelmiszer vagy egyéb célú felhasználásáról. Az EU pálmaolajimportja évi 5-6 millió tonna, ebből 0,8 millió tonnát használtak biodízelgyártásra 2009-ben. A Közösségben évente felhasznált dízelolaj 1 százalékának kiváltása pálmaolajból gyártott biodízellel 1 millió hektár olajpálmaterületet igényelne, ami környezetvédők szerint már aggályos.

5.1.2. A fejlett bioüzemanyagok elterjedése

Az USA 2007. évi energiatörvénye igen ambiciózus mandátumokat határozott meg a megújuló üzemanyagok, ezen belül is a fejlett, azaz az első generációtól eltérő bioüzemanyagok termelésére. Az eredeti célkitűzés alapján 2010-re 379 millió liter, 2022-re 60 milliárd liter fejlett, elsősorban cellulóz alapú üzemanyag termelésére lett volna szükség. Ehhez képest 2010 elején a Környezetvédelmi Ügynökség 24 millió literre csökkentette a 2010. évi mandátumot, mert nem állt rendelkezésre a megfelelő üzemi kapacitás a célérték teljesítéséhez [VM, 2010].

Az USA-ban jelenleg mintegy 30 üzemben foglalkoznak a bioüzemanyagok előállítására szolgáló biokémiai, termokémiai és egyéb eljárások fejlesztésével. Ezek döntő része kiskapacitású demonstrációs üzem, és az alapanyagok széles skálájával kísérleteznek. A legtöbb ezek közül cellulóz alapú bioetanolt állít elő, amelynek energiatartalma csak mintegy kétharmada a benzinének és csak korlátozott mértékű helyettesítést tesz lehetővé, ezért néhány gyártó már a *drop-in* üzemanyagok, valamint a biobutanol előállítási technológiájának fejlesztésére koncentrálja a kutatási forrásokat. A cellulóz alapú bioetanol-termelő kapacitások mintegy 38 millió literre tehetők jelenleg (a termelésük természetesen ennél kisebb, hiszen főleg demonstrációs projektekről van szó), 2012 végére azonban a teljes fejlett bioüzemanyagot (cellulóz alapú bioetanolt, biobutanolt és *drop-in fuels*) előállító kapacitások várhatóan elérik az 1,3 milliárd litert. **Az első kereskedelmi méretű – legalább 10 millió gallon³² (38 millió liter) – kapacitású cellulóz alapú etanolüzem átadására várhatóan 2011-ben kerül sor Iowa-ban, a POET nevű cég működtetésében [USDA ERS, 2010].**

A cellulóz alapú etanolüzemek elterjedésének elsősorban négy akadály van:

- magas termelési és beruházási költségek,
- a demonstrációs fázisban a pénzügyi források biztosítása,
- alapanyag beszerzésének megszervezése,
- etanol bekeverési felsőhatár.

Egy cellulóz alapú bioetanolüzem beruházási költsége a kereskedelmi mennyiségű gyártás bevezetéséig mintegy háromszor-négyszer akkora, mint egy kukoricára alapozott első generációsé. Noha a beruházási költségek az utóbbi időben csökkentek, a különbség még most is több mint kétszeres. A beruházás olcsóbban megvalósítható elavult első generációs üzemek, vagy a felszámolás alá került vállalkozások üzemeinek átalakításával, amire számos példa akadt a közelmúltban. Ez költséghatékony megoldás (kiépült logisztika, szakképzett munkaerő stb.) és cáfolja azt a feltételezést, hogy az első generációs üzemek létesítése technológiai zsákutcaba vezet. Az USDA 2007-es adatai szerint a kukorica alapú bioetanol előállítási költsége gallononként 1,65 USD (0,44 USD/liter), a cellulóz alapú etanolé gallononként 2,65 USD (0,7 USD/liter) volt. Az egyik gyártó beszámolója szerint kísérleti üzemében 2009 novemberére 2,35 USD-re vitte le az előállítási költséget (ami még mindig messze van a versenyképességtől). A költséghatékonyságot javíthatja, hogy az enzimek ára jelentősen csökkent az utóbbi időben, és a világ vezető enzimgyártója, a Novozymes szerint további csökkenés várható.

Komoly bizonytalansági tényező azonban az alapanyag begyűjtése. Az USA elegendő biomasszával rendelkezik ahhoz, hogy a fosszilis közlekedési üzemanyag-felhasználásának egyharmadát kiváltsa. Egyes kutatások szerint 40–45 USD/tonna körüli alapanyagár mellett jövedelmező a cellulóz alapú etanolgyártás (jelen pillanatban ez teljesül is), azonban az alacsony sűrűségű alap-

³² 1 gallon = 3,8 liter.

anyagok szállítási költségei gyakran három-négyszer meghaladják a kukorica szállítási költségét. A 2008-as farmtörvény egyébként támogatja a második generációs bioüzemanyag céljára történő biomassza-előállítását.

2009-ben jelentősen visszaesett a megújuló üzemanyagok előállításához kapcsolható kockázati tőkebefektetési kedv, ezért az Energiaügyi Minisztérium az év végén 564 millió USD értékű támogatást osztott ki 19 második generációs bioetanol- és biodízelüzem beruházásához. A szövetségi kormányzat 2007 és 2009 között összesen 2 milliárd USD értékű közvetlen támogatásban részesítette a második generációs bioüzemanyagok előállításához kapcsolódó projekteket (hitelgarancia, különböző adókedvezmények formájában).

Az USA-ban a bioüzemanyagokra vonatkozó adókedvezményt 2011 végéig meghosszabbították. Az etanol gallononként 0,45 USD (0,12 USD/l) jövedékiadó-kedvezményt élvez, a kisebb kapacitású etanolgyártók (legfeljebb 60 millió gallon/év) az első 15 millió gallon etanol termelésére gallononként további 0,1 USD adókedvezményben részesülnek. A cellulóz alapú bioetanol előállításához és bekeveréséhez 1,01 USD/gallonos (0,29 USD/l) adókedvezmény kapcsolódik, ami a hagyományos bioetanol adókedvezményének több mint kétszerese. A biodízel-előállításra gallononként 1 USD (0,26 USD/l) jövedékiadó-kedvezmény jár.

Az utóbbi időben számos nagy olajcég – BP, Shell, Chevron, Valero, ExxonMobil – is meglehetősen aktívvá vált, és befektetőként részt vesznek különböző második és harmadik generációs projekteken.

A hagyományos és fejlett bioetanol előtt jelenleg az egyik legkomolyabb akadály a bekeverési felsőhatár. Az USA-ban a bioetanol felhasználására gyakorlatilag két opció létezik: E10-ként hagyományos, illetve E85-ként vegyes (*flexi fuel vehicle*; FFV) üzemelésű gépjárművekbe töltik. 2009-ben az USA benzinszükséglete 524 milliárd liter volt, ebből a kukorica alapú bioetanol részesedése 7,8 térfogatszázalékot ért el (kb. 41 milliárd liter). A 2007. évi energiatörvény kukorica alapú bioetanolra vonatkozó mandátuma 57 milliárd liter 2015 és 2022 között, tehát alacsonyabb, mint a fejlett bioüzemanyagok célértéke. Amennyiben a teljes üzemanyag-felhasználás változatlan marad, úgy a hagyományos bioetanol részaránya elérheti a 10 térfogatszázalékot, és viszonylag kevés teret hagy a cellulóz alapú bioetanolnak. Ez pedig elbizonytalanítja a befektetőket, ezért a bekeverési felső határt a 2007 után gyártott autók és teherautók esetében 15 térfogatszázalékra módosították 2010-ben. Ezt a tervek szerint kiterjesztenék a 2001-2006 között gyártott járművekre is, amit az autó- és motorgyártók elleneznek [F.O. Licht, 2011]. Az E85-ös kúthálózat is komoly fejlesztésre szorul, mert országszerte csak a benzinkutak 1,4 százalékán, 2 200 helyen lehet tankolni E85-öt, és a rugalmas üzemelésű járművek részaránya is alacsony [VM, 2010].

Az USA-ban is ösztönzik a vegyes üzemelésű gépjárművek előállítását. Ma a 240 millió gépjárműből 8 millió vegyes üzemelésű. Az arab olajembargó után, 1975-ben bevezették a gépjárművekre vonatkozó üzemanyag-takarékos szabványokat. A gépjárművek valamennyi osztályára előírták a fajlagos üzemanyag-fogyasztási normákat az olajfogyasztás csökkentése és az energiabiztonság javítása érdekében. A rugalmas és tiszta etanol üzemelésű gépkocsik előállítását azzal ösztönzik, hogy az e gépjárművekre megállapított magasabb üzemanyag-fogyasztási normák (az etanol energia-egyenértéke kisebb a benzinénél) is beleszámítanak az adott gépkocsiosztályra vonatkozó fajlagos norma teljesítésébe. A támogatás alapja a vegyes üzemelésű gépjármű E85-ös üzemanyag fogyasztásának képessége és nem az E85 mindenkori felhasználása. Mivel az ösztönző rendszer a legkevésbé üzemanyaghatékony modellek esetében a legnagyobb, a gépkocsigyártók a nagyobb, drágább, vegyes üzemelésű gépkocsik előállítását helyezték előtérbe. Így nem meglepő, hogy az USA több kőolajat importált, mint amennyit a vegyes üzemelésű gépjárművek értékesítése nél-

kül importált volna. Ennek oka, hogy a rugalmas üzemelésű gépjárművek általában benzinnel üzemelnek, mert az etanol drágább a benzinnél, az üzemanyagutak jelentős hányada pedig nem értékesít benzin-etanol keveréket, ráadásul sok fogyasztó azt sem tudja, hogy járműve E85-ös bioüzemanyaggal is képes üzemelni.

Az **Európai Unióban** a fejlett bioüzemanyagok technológiai fejlesztése szintén gyerekcipőben jár: a tagállamokban mindössze hat kiskapacitású demonstrációs üzem létesült, ezek összes kapacitása valamivel több, mint 30 millió liter évente (30. táblázat). Az üzemek fele foglalkozik a cellulóz alapú bioetanol fejlesztésével, a másik fele termokémiai eljárást használ. Termelésük nagysága nem ismert, de az EU-27 tagállamaiban a fejlett bioüzemanyagok felhasználása 7 ktöe (ezer tonna olajegyenérték) volt 2009-ben (2008-ban még 0). Összehasonlításképpen: 2009-ben az EU-27 tagállamaiban összesen 11 ezer ktöe bioüzemanyagot használtak fel a közlekedésben.

30. táblázat

Fejlett bioüzemanyag-technológiát alkalmazó gyártók az EU-ban

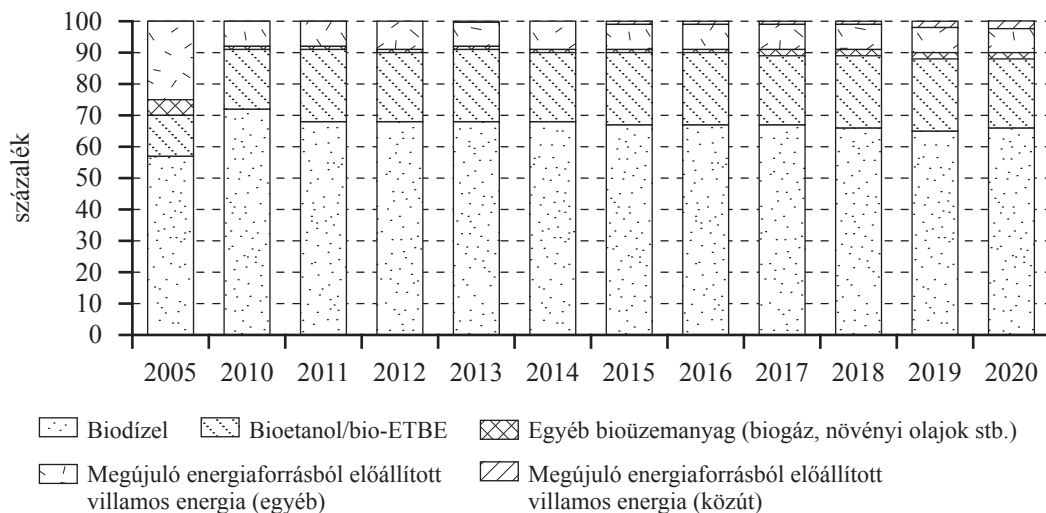
Ország (vállalat)	Eljárás	Bio- üzemanyag típusa	Alapanyag	Kapacitás (millió l/év)	Indulás éve
<i>Termokémiai eljárással</i>					
Svédország (Chemrec)	gázosítás	bio-dimetil-éter	<i>black liquor</i> : szulfít szennylég (cellulóz-előállítás hulladéka)	2	2009
Finnország (Neste Oil + Ensol)	gázosítás	BtL	erdészeti hulladék	na.	2009
Németország (Choren+ VW + Daimler)	gázosítás	BtL	gyorsan növény- fajfajok	18	2010
<i>Biokémiai eljárással</i>					
Svédország (Sekab)	hidrolízis	etanol	erdészeti hulladék	0,15	2005
Spanyolország (Abengoa)	hidrolízis	etanol	szalma	5	2008
Dánia (Inbicon)	hidrolízis	etanol	szalma	5	2010

Forrás: USDA FAS [2010]

A 26 tagállam³³ cselekvési terveinek összesített adatai alapján a közlekedési ágazatban felhasznált megújuló energia 2005 és 2020 között előreláthatólag 4,1 ezer ktöe-ről 32,1 ezer ktöe-ra nő. A megújuló energiák 66 százalékát a biodizel, 22 százalékát a bioetanol, 10 százalékát a megújuló energiaforrásból előállított villamos energia, 2 százalékát egyéb bioüzemanyag (biogáz, növényi olaj) adhatja 2020-ban. A közlekedési célú, megújuló energiaforrásból előállított villamos energia ötödét használnák a közúti közlekedésben (12. ábra).

³³ Románia megújuló nemzeti cselekvési tervéből hiányzik a közlekedési ágazat megújulóenergia-felhasználását részletező táblázat.

**A megújuló energiák várható összetétele a közlekedésben
az EU tagállamaiban (energiatartalom alapján)
(2005-2020)**



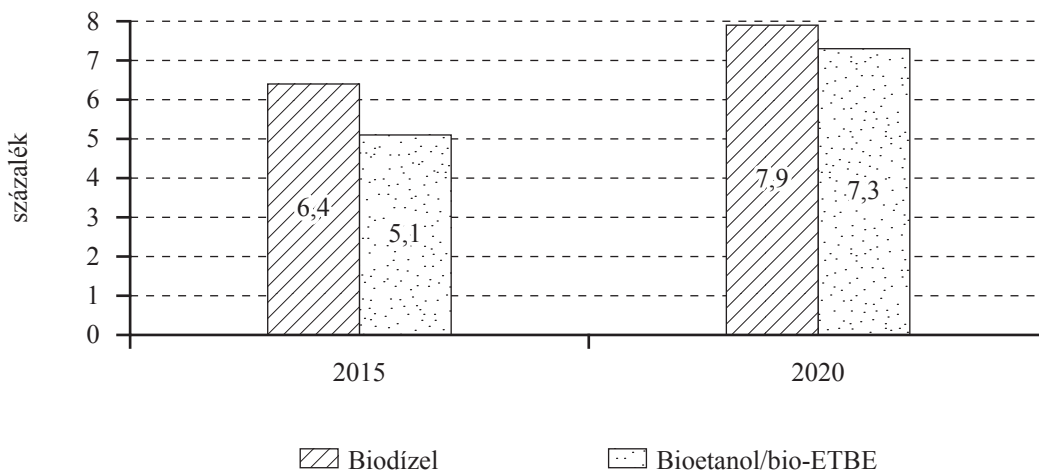
Megjegyzés: A 2009/28/EK irányelv 3. cikk (4) bekezdés c) pontja és a 21. cikk (2) bekezdés szerinti szorzószámok alkalmazása nélkül.

Forrás: Tagállamok megújuló energia hasznosítási cselekvési tervei

Az irányelv szerint a cselekvési tervekben külön fel kell tüntetni a 21. cikk 2. bekezdése szerinti, hulladékokból, maradékanyagokból, a nem élelmezési célú cellulóz- és lignocellulóz-tartalmú anyagokból előállított bioüzemanyagokat, amelyek energiatartalmát a 10 százalékos célkitűzés számításakor kétszeresen kell figyelembe venni. Megjegyzendő, hogy az irányelv értelmezésében a használt sütőolajból és állati zsírból előállított biodízel fejlett (*advanced*) bioüzemanyagnak, míg a HVO (*Hydrotreated Vegetable Oil*) első generációs bioüzemanyagnak számít.

A 26 tagállam adatai alapján a hulladékokból, maradékanyagokból, nem élelmezési célú cellulóz- és lignocellulóz-tartalmú anyagokból előállított bioüzemanyagok aránya 2020-ban az összes felhasznált biodízel 7,9 százaléka, illetve a bioetanol 7,3 százaléka lesz energiatartalomban kifejezve a kétszeres szorzószám alkalmazása nélkül (13. ábra). Az újgenerációs biodízel aránya Németországban 2,2 százaléka, a bioetanolé 3,7 százaléka lehet. Ugyanez Spanyolországban 6,5 százaléka, illetve 13 százaléka körül alakulhat. A fejlett bioüzemanyagok várható arányát más nagyobb tagállamok (Franciaország, Egyesült Királyság) 0 százalékból határozták meg. Az új technológiák gazdaságos működésének jelenlegi bizonytalanságára utal, hogy a két demonstrációs üzemmel is rendelkező Svédország előrejelzése szintén 0 százaléka. A jelenlegi adatok és ismeretek szerint tehát leszögezhető, hogy **a hagyományos technológiával, mezőgazdasági alapanyagokból előállított első generációs biodízel és bioetanol 2020-ig nagy valószínűséggel uralni fogja a közlekedésben felhasznált megújuló energiát.**

A fejlett bioüzemanyagok várható aránya az összes biodízel- és bioetanol-felhasználásból az EU tagállamaiban (energiatartalom alapján) (2015, 2020)



Megjegyzés: A 2009/28/EK irányelv 21. cikk (2) bekezdés szerinti szorzószám alkalmazása nélkül.

Forrás: Tagállamok megújuló energia hasznosítási cselekvési tervei

A tagállamok által készített prognózisok gyakorlatilag megfelelnek a *Biofuels Research Advisory Council* [2006] felállított útitervének is, amelynek állomásai:

- 2005-2010 között: első második generációs demonstrációs projektek létrejötte;
- 2010-2020 között: második generációs technológiák fejlődése, biofinomító³⁴ demonstrációs üzemek létesítése;
- 2020 után: második generációs üzemanyagok kereskedelmi volumenű termelése, az integrált biofinomítók továbbfejlesztése.

5.1.3. Az autópálya, a közlekedés és a szállítás energiahatékonysága

Bár a terület csak részlegesen kapcsolódik elemzésünk témájához, nem kikerülhet, mivel a közlekedés energiahatékonyságának és szerkezetének alakulása kihatással lesz az energiaigényre és a biomassza alapú üzemanyagigényre, továbbá a távlati globális trendek ismerete segítheti a kapcsolódó kutatási irányok kijelölését.

Az Unió hosszú távú célja egy közel széndioxid-semleges és kőolajtól független közlekedési rendszer kialakítása. Az előbbi indokolja a globális felmelegedés mérséklésének igénye, az utóbbit kikényszeríti az a tény, hogy a kőolaj lesz az első energiahordozó, amelynek termelése, készletei vészesen lecsökkenhetnek, piaci ára pedig gyorsan emelkedik. Az elképzelések szerint a megújuló energiaforrásokból termelt elektromos energia közvetlenül, illetve közvetve az árammal előállított hidrogénsejt jelent majd a távolabbi jövő közlekedésének energiaforrását, üzemanyagát.

³⁴ A biofinomító koncepció lényege a bioüzemanyag-gyártás és a meglévő ipari komplexumok, pl. olajfinomítók, papír- és cellulózzgyártó, valamint cukoripari üzemek integrálása. Előnyei: a beruházás és termelés költségeinek csökkentése, alapanyagok, melléktermékek széles skálájának hasznosítása, többféle fő- és melléktermék előállításának lehetősége, biokémiai és termokémiai eljárások együttes alkalmazása stb.

A jövőbeni rendszer kialakítása azonban hosszú folyamat eredménye lesz, a technológiai, pénzügyi és infrastrukturális hiányosságok miatt **még legalább két évtizedig többnyire a hagyományosnak tekinthető módokon, belsőégésű motorokkal és folyékony üzemanyagokkal kell közlekednünk, ezért elengedhetetlen ezek hatékonyságának fejlesztése** [ETRAC, 2010].

A későbbiekben a városi közlekedés, a helyi áruszállítás és a vasúti közlekedés energiaigényét elektromos motorok, a helyközi szállítás energiaigényét a dízelt felváltó biogáz és földgáz üzemű motorok biztosíthatják, míg a távolsági személy- és áruszállítás, illetve a légi közlekedés üzemanyagául megmaradnak a folyékony (fosszilis, szintetikus és biomassa alapú) hajtóanyagok. Ebből következően a biomassa alapú üzemanyagok felhasználására közép és hosszú távon a helyközi és távolsági szállításban, továbbá a repüléstechnikában lehet számítani.

Az Unió valamennyi energiapolitikával, bioüzemanyagokkal kapcsolatos közleménye hangsúlyozza, hogy már a rövid távra kitűzött célok elérése sem, vagy csak indokolatlanul nagy áldozatok árán lesz lehetséges, ha a közlekedés energiahatékonyágát nem sikerül javítani. Erre számtalan eredményes mód kínálkozik. Az ENSZ környezetvédelmi szervezete (UNEP) által készített riport is megállapítja, hogy a közlekedési mód váltásával, a hagyományos járművek hatékonyságának javításával és az alternatív járművek elterjedésével önmagában is jelentős eredményeket lehet elérni az energiafelhasználás és az üvegházhatású gázkibocsátás csökkentésében [UNEP, 2009].

A járműipar technológiai fejlődése a szakértők szerint a hagyományos dízel és benzinmotorok emissziójának még mintegy 30-40 százalékos kibocsátás-csökkentését hozhatja. Ehhez a motorteknikától a karosszériaépítésen át a korszerűbb autógumik gyártásáig számtalan területről várható hozzájárulás. Az *ExxonMobil* gyűjtése szerint a motorteknikában még legalább 15 százalékos, a sebességváltó-gyártásban és a felépítménygyártásban még mintegy 10 százalékos tartalékkal lehet számolni [ExxonMobil, 2009]. Ráadásul az olajcég számításai szerint 2030-ig e fejlesztések bevezetése lényegesen költséghatékonyabban vezet a károsanyagok kibocsátásának csökkentéséhez, mint a kísérleti stádiumban lévő haladó technológiával szerelt járművek erőltetett elterjesztése.

A járműtechnikai és különösen a közlekedésszervezési, közlekedéspolitikai kérdések Magyarország számára is fontosak lehetnek. Az elemzések többnyire a fejlett (OECD) országokban a közlekedés összes energiaigényének a stagnálását jelzik előre, ami az áruszállítás bővüléséből és a lakossági közlekedés energiaigényének erőteljes csökkenéséből áll össze. A lakossági szektorban várt mérsékeltebb igények oka az energiahatékonyág javulása és a már jelenleg is meglévő intenzív motorizáció. Magyarországon azonban miközben a tehergépkocsik (mérettől független) száma ezer lakosra vetítve megegyezik az osztrák állománnyal, addig személygépkocsiból lényegesen kevesebb van (31. táblázat). Nem mindegy, hogy lesz-e és milyen ütemű lesz a felzárkózás a személygépkocsik számában, illetve, hogy milyen technikai színvonalú gépjárművekkel frissül majd az állomány.

Ezer lakosra jutó gépjárművek száma 2002-2007

Megnevezés	Személygépkocsik száma/ezer lakos		Tehergépkocsik száma/ezer lakos	
	2002	2007	2002	2007
EU-27	433	477	60	67
Ausztria	494	512	42	45
Szlovénia	449	504	29	39
Németország	482	500	29	30
Spanyolország	457	489	104	120
Cseh Köztársaság	357	416	34	54
Horvátország	280	336	31	40
Magyarország	258	299	39	46
Szlovákia	247	266	26	40
Románia	136	164	20	23

Forrás: Eurostat

A hazai személygépjármű állomány esetleges visszafogott ütemű jövőbeli bővülése egyébként nem feltétlenül jár az üzemanyagigény azonos ütemű emelkedésével, tekintettel az elavult jelenlegi autóparkra, amelynek átlagéletkora ugyan 2006-ig 10,3 évre csökkent, 2009-re azonban újra 10,8 évre emelkedett.

Érdemes még megjegyezni, hogy ugyan a magyarországi tömegközlekedés számos problémával küzd, teljesítménye még így is kimagasló Európában. Az Eurostat becslése szerint a 2006. évi összes magyarországi utaskilométer teljesítmény 40 százaléka jutott a tömegközlekedésre és csupán 60 százaléka a személygépkocsikra. A 27 tagállam sorában ez volt a legmagasabb tömegközlekedési arány, amely uniós átlagban 18 százalékot, az új tagállamok átlagában pedig mintegy 25 százalékot tett ki [KSH, 2008]. Nyilvánvaló, hogy a rendszer megőrzése környezetvédelmi és energiagazdálkodási szempontból is alapvető jelentőségű, továbbá **a tömegközlekedési járműparkok egységes kezelése lehetőséget teremt a jövőben az alternatív üzemanyagok és hajtásmódok** (tisztá etanol, gázüzem, elektromos hajtás stb.) **költséghatékony bevezetésére.**

5.2. A bioüzemanyag piacának szabályozása az Európai Unióban

A fosszilis tüzelőanyagoktól való függés csökkentése, valamint a klímaváltozás kedvezőtlen hatásainak a mérséklésére a tagállamoknak az elkövetkező évtizedben gyorsabban, hatékonyabban és összehangoltabban kell cselekedniük a megújuló energiahordozók előállítására, az energiahatékonyság növelése és az üvegházhatású gázok kibocsátásának visszafogása terén. Az Európai Parlament és a Tanács 2009. évi irányelve (2009/28/EK) ennek megfelelően konkrét intézkedéseket fogalmaz meg a bioüzemanyagok előállítására és felhasználására vonatkozóan, továbbá kötelező célértéket rögzít a közlekedésben felhasznált megújuló energiaforrások részarányát illetően.

Az irányelvben meghatározottak szerint a megújuló energiaforrásokból előállított energiának a végső energiafogyasztásban el kell érnie a 20 százalékos részarányt 2020-ig (összehasonlításként: a megújuló energia 2007-ben 9 százalékkal részesedett az összes energiafelhasználásból az EU-27

tagállamaiban), a közlekedésben pedig 10 százalékos részarányt kell képviselniük a megújuló energiaforrásoknak. Míg az energiacélú felhasználásban a tagállamoknak nemzeti célkitűzések alapján kell teljesíteniük a vállalt célarányokat, a közlekedési célú energiafelhasználásban minden tagállam számára kötelező a 10 százalékos részarány elérése 2020-ra.

A részarány meghatározásakor a közlekedésben felhasznált energia teljes mennyiségeként (nevező) kizárólag a közúti és vasúti közlekedésben felhasznált benzint, dízelolajat, bioüzemanyagokat és villamos energiát lehet beszámítani, míg a megújuló energiaforrásból előállított energia mennyiségének (számláló) kiszámításához a közlekedés valamennyi módozatában felhasznált megújuló energia összes típusát figyelembe lehet venni.

A közlekedési célú megújuló energia részarány kiszámításakor a hulladékokból, maradékanyagokból, a nem élelmezési célú cellulóz- és lignocellulóz-tartalmú anyagokból előállított második generációs bioüzemanyagok kétszeresen (21. cikk (2) bekezdés), az elektromos közúti járművek meghajtására felhasznált, megújuló energiaforrásból származó villamos energia³⁵ pedig két és félszeresen (3. cikk (4) bekezdés c) pontja) számít be a tagállami kötelezettségekbe.

A 2020. évi nemzeti célkitűzéseiket nem teljesítő tagállamokat pénzügyi bírsággal szankcionálják, a befizetett pénz egy közös alapba fog befolyni, amelyből azokat a tagállamokat jutalmazza, amelyek eleget tesznek a nemzeti célkitűzéseknek. Az Európai Bizottság becslése szerint, amennyiben sikerül a kitűzött célokat elérni, az EU 60 milliárd euróval kevesebb fosszilis energiahordozót importálna, továbbá több mint 600 ezer új munkahely jönne létre 2020-ig.

A bioüzemanyag-előállításnak mind az EU-ban, mind pedig a harmadik országokban termesztett nyersanyagok esetén fenntarthatónak kell lennie. A direktíva fenntarthatósági kritériumokat fogalmaz meg annak érdekében, hogy a bioüzemanyagok iránti megnövekedett kereslet egyrészt ne veszélyeztesse az érzékeny természeti területeket, másrészt ne az üvegházhatású gázok kibocsátását növelő alapanyag-előállítást ösztönözze. Ennek megfelelően a bioüzemanyagok csak abban az esetben számítanak be a kötelezettségek teljesítésébe és csak akkor támogathatók, amennyiben az alapanyagok nem a biológiai sokféleség szempontjából nagy értéket képviselő (pl. természetvédelmi területről, elsődleges erdőből, erdős területekről, nagy biodiverzitású gyepterületekről, tőzeges őslápokról), illetve nagymennyiségű szén megkötő földterületekről származnak.

Annak érdekében, hogy a bioüzemanyagok felhasználása ténylegesen hozzájáruljon az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkenéséhez, a bioüzemanyagok csak abban az esetben számítanak bele a kötelezettségek teljesítésébe és csak akkor támogathatók 2011-től (a 2008 előtt beüzemelt gyárak esetében 2013-tól), ha előállításuk és felhasználásuk a fosszilis energiahordozókhoz képest legalább 35 százalékkal csökkenti az üvegházhatású gázkibocsátást. Az üvegházhatású gázkibocsátást 2017-től már 50 százalékkal (a 2017 után beüzemelt bioüzemanyag-gyárak esetében 2018-tól 60 százalékkal) kell redukálni.

Az üvegházhatású gázkibocsátás-megtakarítást a rendeletben meghatározott alapértelmezett és tényleges értékeket alkalmazva, illetve a Bizottság által közzétett további szabványértékeket és iránymutatásokat figyelembe véve kell alkalmazni³⁶.

³⁵ A megújuló energiaforrásokból előállított és bármilyen típusú elektromos közúti jármű által elfogyasztott villamos energia hozzájárulásának kiszámításánál a tagállamok használhatják a megújuló energiaforrásokból előállított villamos energia részarányának a szóban forgó évnél két évvel korábbi közösségi vagy saját országbeli átlagát is.

³⁶ 2010/C 160/1 és 2010/C 160/2 bizottsági közlemények.

Az üvegházhatású gázkibocsátás-megtakarítás *alapértelmezett* értékei akkor alkalmazhatók, ha a szóban forgó bioüzemanyagok nyersanyagát

- a földhasználat közvetlen megváltozásából eredő nettó szénkibocsátás nélkül állították elő;
- a Közösségen kívül termelték;
- a Közösség azon területein termelték, ahol a mezőgazdasági nyersanyag termeléséből származó jellemző üvegházhatású gázkibocsátás várhatóan alacsonyabb az irányelvben erre meghatározott alapértelmezett értéknél vagy megegyezik azzal (a területekről a tag-államoknak nyilatkozniuk kell);
- vagy hulladékok felhasználásával állították elő őket.

Az üvegházhatású gázkibocsátás-megtakarítás alapértelmezett értékei néhány bioüzemanyag-típus esetében a 32. táblázatban olvashatók.

32. táblázat

Az üvegházhatású gázkibocsátás-megtakarítás alapértelmezett értékei

Bioüzemanyag-előállítási mód	ÜHG-kibocsátás-megtakarítás alapértelmezett értéke (százalék)
Cukorrépa-etanol	52
Búza-etanol (a feldolgozáshoz használt üzemanyag földgáz hagyományos kazánban)	34
Búza-etanol (a feldolgozáshoz használt üzemanyag szalma kogenerációs erőműben)	69
Kukorica-etanol, Közösségben előállított (a feldolgozáshoz használt üzemanyag földgáz kogenerációs erőműben)	49
Cukornád-etanol	71
Repce-biodízel	38
Napraforgó-biodízel	51
Szójabab-biodízel	31
Zöldség-hulladékból vagy állati eredetű olajokból előállított biodízel	83
Hidrogénnel kezelt növényi olaj repceből	47
Tiszta növényi olaj repceből	57
Búzaszalma-etanol	85
Hulladékfa-etanol	74
Hulladékfa alapú <i>Fischer-Tropsch</i> dízel	95
Hulladékfa-dimetil-éter	95
Hulladékfa-metanol	94

Forrás: 2009/28/EK irányelv

A bioüzemanyagok használatával elért *tényleges* üvegházhatású gázkibocsátás-megtakarítást úgy kell kiszámítani, hogy a bioüzemanyag fosszilis megfelelőjének (fosszilis komparátor) használatából eredő összes kibocsátás és a bioüzemanyagok használatából eredő összes kibocsátás különbségét kell viszonyítani a fosszilis komparátor használatából eredő összes üvegházhatású gázkibocsátás értékéhez. A bioüzemanyagok használata során keletkező összes ÜHG-kibocsátás számításánál – az irányelv módszertana szerint – figyelembe kell venni a nyersanyagok előállítása, a földhasz-

nát közvetlen változása, valamint a feldolgozás, szállítás, elosztás, felhasználás során keletkező kibocsátásokat és az energiatermelés (kogeneráció), illetve a szén megkötéséből, tárolásából stb. származó kibocsátás-megtakarításokat. (A gépek és berendezések gyártása során keletkező kibocsátásokkal azonban nem kell számolni.)

Az EU-ban előállított bioüzemanyagok esetén a tagállamok hatáskörébe tartozik a fenntarthatósági kritériumok betartásának ellenőrzése, így nemzeti szinten kell előírniuk a gazdasági szereplők számára az auditok bevezetését, amelyekkel a fenntarthatósági kritériumok betartását dokumentálják. A harmadik országokból származó bioüzemanyagok esetén a Közösség a beszállító országokkal kötött megállapodásban rögzíti a fenntarthatósági kritériumok betartására való kötelezettséget, a továbbiakban nem ellenőrzi a nyersanyag-előállítását.

5.3. A bioüzemanyagok termelése és felhasználása Magyarországon

5.3.1. Az első generációs bioüzemanyag-gyártásban felhasználható mezőgazdasági alapanyagok termelése

A közösségi bioüzemanyag irányelv(ek) előírásai és a kapcsolódó nemzeti vállalások, célkitűzések adottak a tagállamok számára, a célkitűzések teljesítéséhez azonban lehetőségeik eltérőek. Az Unió technikailag képes lenne a 10 százalékos bekeveréshez szükséges bioüzemanyagot a Közösségen belül előállítani, ez azonban nem lenne gazdaságos és a nemzetközi kereskedelempolitikai szempontokkal is ütközne. A tagállamok többsége ezért részben bioüzemanyagok importjából, részben az importált, valamint a saját termelésű alapanyagok feldolgozásából fedezi, illetve fogja fedezni szükségleteit. Az importra azért is szükség lesz, hogy a bioüzemanyag-termelés növekedése miatt a mezőgazdasági termékek piacán ne következzen be jelentősebb áremelkedés.

Magyarország helyzete kedvezőnek mondható: biodízelből a hazai 10 százalékhoz szükséges igény bizonyos feltételek mellett, megközelítőleg kielégíthető, bioetanolból pedig a saját vállalások teljesítése mellett, a piaci és szabályozói környezet függvényében, a gabonátöbbletnek köszönhetően jelentős exportra is lehetőség van.

Az első generációs bioetanolgyártás hazai alapanyagai: a kukorica és a búza

Európában bioetanol elsősorban gabonafélékből gyártanak, az Európai Bioetanol Szövetség (Ebio) adatai szerint a 2008-ban gyártott bioetanol kétharmadának (63 százaléka) alapanyaga volt gabona. 10 százalék készült bor és ipari alkohol feldolgozásából és további 28 százalék cukorrépából, illetve melaszából. A cukoripari reform nyomán leépült magyarországi cukorrépatermesztés miatt a hazai iparág a jövőben a gabona feldolgozására épülhet.

Gabonafélékből Magyarország önellátottsági foka kiemelkedő, a 2000-2009 közötti évek átlagában 157 százalék volt, vagyis az átlagosan megtermelt mennyiség másfélszerese a belföldi szükségletnek. Hasonlóan magas önellátottsággal az EU-ban csak Franciaország rendelkezik. A magyar termelési adottságok, a viszonylag egyszerű technológia és alacsony beruházási igény, illetve a korábbi intervenciók rendszer nyújtotta biztonság miatt a gazdálkodók számára az EU-csatlakozást követően kézenfekvő volt a gabonafélék termesztése. Ennek megfelelően a gabonafélék foglalják el a 4,5 millió hektár szántóterület több mint 60 százalékát Magyarországon. A két fő növényt, a kukoricát és a búzát egyaránt évente több mint 1 millió hektárról takarították be az elmúlt évtizedben.

Bár ez technológia- és fajtafüggő kérdés, a források többsége szerint a kukoricából valamivel jobb az etanolkihozatala, mint búzából: 1 tonna kukoricából megközelítőleg 300 kg (380 liter) etanol, míg búzából 285 kg (360 liter) etanol állítható elő. Másképpen: 1 tonna etanol gyártásához 3,3 tonna kukorica, illetve 3,5 tonna búza szükséges alapanyagként. A nagyobb átlaghozammal együtt így Magyarországon 1 hektár kukoricából 1,9 tonna, míg búzából csak 1,3 tonna etanol alapanyaga termelhető meg.

A **kukoricatermelésben** Magyarország Franciaország után a második-negyedik helyen osztozik Romániával és Olaszországgal az Európai Unióban. Önellátottságunk átlagosan 167 százalék, de egyes években jóval 200 százalék fölé kúszik. Noha az EU általában nettó importőr kukoricából, a magyar terménytöbblet elhelyezése egyre nagyobb nehézséget jelentett egyes években. A magyar áru versenyképességét rontják a tengeri kikötők nehézkes és költséges megközelíthetősége, valamint a magyar logisztikai rendszer hiányosságai. A nyomást enyhítené, ha nagyobb mennyiséget az országon belül dolgoznánk fel alkohollá.

A kukorica hazai termőterülete az utóbbi években valamivel 1,1 millió hektár felett alakult. A betakarított termés az elmúlt tíz évben átlagosan 7 millió tonna volt, de az öntözés hiánya miatt igen nagy szórás mutatkozik az évek között. Az aszályos 2007. évben a termés alig haladta meg a 4 millió tonnát, majd rá egy évre 8,9 millió tonna került le a földekről. A 9,1 millió tonna rekordtermés 2005-ben került feljegyzésre. A kukoricának a takarmánycélú felhasználása kiemelkedő, a 2000-es évek elején még meghaladta a 3,5-4 millió tonnát évente, mára azonban az állatállománnyal párhuzamosan 3 millió tonnára esett vissza. Az élelmiszer- feldolgozók évente átlagosan mintegy 500-600 ezer tonna kukoricát használnak fel, ennek döntő részét izoglükóz előállítására. (A jelenlegi izoglükóz kvótánk 218 ezer tonna izoglükóz szárazanyag, amihez mintegy 500 ezer tonna kukoricára van szükség; a korábbi években ennek csak mintegy kétharmada volt a kvóta.) Emellett az utóbbi években évente közel 400 ezer tonna kukorica alapanyagból készült bioetanol.

A hazai felhasználáson túl így évente átlagosan mintegy 3,5 millió tonna kukorica exportjára volt lehetőség. A 2005 és 2009 közötti időszak leggyengébb évében (2005-ben) a kivitt mennyiség elérte a 2 millió tonnát. **Ez az a mennyiség (2-3,5 millió tonna), amely adott esetben a jelenlegi 400 ezer tonna mellett még alkohol gyártására fordítható.** Importunk (amely jórészt vetőmag behozatala) az exporttal összevetve elhanyagolható. Itt szükséges megjegyezni, hogy amennyiben a feldolgozás hazai üzemekben történik, a melléktermékek mennyiségével részben kiváltható a takarmányozás alapanyagigénye is.

A **búza** átlagos éves termésmennyisége 4,5 millió tonna, de szintén erős évjáratú ingadozást mutat. Míg 2003-ban 2,6 tonna, addig 2004-ben 5,1 tonna volt a búza hozama hektáronként, így 2003-ban kevesebb, mint 3 millió tonna, egy évvel később pedig 6 millió tonna került a raktárakba. A búza élelmezési és takarmányozási célú felhasználása évente mintegy 2,6-2,8 millió tonnára tehető, amelyet mindezidáig import nélkül fedezett a hazai termelés. E két területen a felhasználás számottevő változása nem valószínűsíthető a jövőben. A belföldi felhasználáson túl évente átlagosan 1 és 2 millió tonna közötti többletmennyiség áll rendelkezésre, amit az export adatai is tükröznek. A kivitt mennyiség egy része minőségi búza, ami nem jöhet szóba az etanolgyártás alapanyagaként (túl drága nyersanyag), így az évente feldolgozható készlet nagyjából 1 millió tonnára tehető. Vélhetően ennek az igénybevételére sem kerül sor, mivel a meglévő, az épülő és a tervezett etanolüzemek egyaránt elsősorban kukoricát kívánnak felhasználni.

Az első generációs biodízelgyártás hazai alapanyagai: a repce és a napraforgó

Európában a biodízellé történő feldolgozásra a saját termelésű mezőgazdasági alapanyagok közül a napraforgó és repce jöhet szóba³⁷. Magyarország a napraforgó termelésében hosszú évek óta Európa élmezőnyébe tartozik, és nem csak termelésünk jelentős, de termésátlagaink is messze a közösségi átlag felettiek. Az európai biodízelgyártás felfutásának elsősorban a hazai repcetermesztés volt a hasznélvezője. A repce népszerűsége nagymértékben nőtt, az elmúlt évek termőterülete és betakarított termése két-, két- és félszerese az egy évtizeddel ezelőttinek. A terület további növekedése azonban a termőhelyi adottságok és agrotechnikai okok miatt mind a napraforgónál, mind a repcénél korlátokba ütközik.

A **napraforgó** vetésterülete az 1990-es évek végén már néhány évben elérte a félmillió hektárt, de a hazai növényolajipari (elsősorban a margarinyártó) kapacitások leépítése miatt az ezredfordulón komoly visszaesés következett be. A betakarított terület 2000-ben 300 ezer hektár alá süllyedt, majd fokozatosan nőtt és az elmúlt években viszonylag szűk tartományban, 500-550 ezer hektár között mozgott. Ugyanezen időszakban a termésátlag is ütemesen fejlődött: míg korábban általános volt a hektáronkénti 1,6-1,8 tonna hozam, addig az elmúlt 5 év átlaga – az aszályos évek ellenére – alig maradt el a 2,3 tonnától. A napraforgó betakarított termésmennyisége 2004-ben először és azóta minden évben meghaladta az 1 millió tonnát. A rekordtermést a 2008. év hozta közel másfél millió tonnával.

A növényolajipar hazai igénye megközelítőleg 600 ezer tonna napraforgómag évente. A többletet exportáljuk, elsősorban Hollandiába, Olaszországba és Németországba. Ezen országokban és Európában általában a napraforgóolajat szívesebben használják a fogyasztók, mint a repceolajat, ezért a stabil és fizetőképés kereslet várhatóan a jövőben is megmarad. Ennek megfelelően a hazai igényeket jóval meghaladó termések ellenére – szakértői vélemények szerint – a napraforgómag bioüzemanyag gyártására csak kisebb mennyiségben kerülhet felhasználásra [Hingyi *et al.*, 2006].

A **repce** az elmúlt évek slágernövénye volt: 2004-2009 között a betakarított terület 105 ezer-ről 261 ezer hektárra emelkedett. A terület növelését részben az új nemesítésű, jó télálló- és regenerálódó képességű repcefajták, valamint a korábbi hibridváltozatoknál jobban alkalmazkodó, nagy termőképességű hibridrepcék tették lehetővé. Egyes szakértői vélemények szerint a repceterület akár 400 ezer hektár közelébe is emelhető [Bogdán, 2010]. Magától a hibridtermesztés terjedésétől további számottevő terméstöbbletet nem lehet várni, ugyanis becslések szerint a hibridek részaránya már 2009-ben elérte a 70 százalékot a magyarországi fémzárolt vetőmag értékesítésből [Agro Napló, 2010]. A hozamokban még van tartalék, mivel ugyan a magyarországi köztermesztésben elért országos átlaghozam hektáronként 2,3 tonnára javult, de még mindig lényegesen alacsonyabb a fajták kimutatott termőképességénél. Repceből Magyarországon 2008-ban rekordmennyiségű 655 ezer tonnát, 2009-ben pedig 581 ezer tonnát sikerült betakarítani. A növény népszerűségét látva 550 ezer tonnás termeléssel hosszú távon számolni lehet.

A hazai repcetermés nagyobb hányada jelenleg kivitelre kerül (2007-2009 között 400-600 ezer tonna között változott az exportmennyiség), ennek túlnyomó részét német, illetve osztrák olajütők dolgozzák fel. Amennyiben azonban a 2020-ra előirányzott bekeverési célt a biodízelnél is hazai alapanyagból kívánja Magyarország fedezni, a 2009-ben már közel 60 milliárd forint

³⁷ A biodízelgyártás szempontjából a repceolaj valamivel kedvezőbb tulajdonságokkal (alacsonyabb jódszám, alacsonyabb károsanyag-kibocsátás, jobb tárolhatóság) rendelkezik, mint a napraforgóolaj. A repceolaj alacsonyabb jódszáma magasabb cetánszámmal, nagyobb stabilitással, ugyanakkor magasabb dermedésponttal jár, mely azonban még mindig lényegesen kedvezőbb, mint a pálmaolajé.

exportbevételről le kell mondani. (Ennek fejében viszont a gázolaj importja csökkenne.) **A bekeveréshez szükséges alapanyagigényt** ugyanis a használt sütőolaj nélkül és a fejlettebb technológiák hiányában **10 százalék teljesítése esetén közel 900 ezer-1 millió tonna, a cselekvési tervben megjelent célszámok (mintegy 6 százalék) esetén pedig 500 ezer tonna repce és napraforgó feldolgozása biztosíthatná.**

A Magyarországról jelenleg feldolgozatlan formában exportált, potenciális bioüzemanyag alapanyagok mennyisége alapján kiszámítható az a többlet bioüzemanyag mennyiség, amely a jelenlegi gazdasági szerkezet fenntartása mellett úgy állítható elő, hogy sem a feldolgozóipar, sem a takarmányipar és az állattenyésztés érdekei nem sérülnek (33. táblázat). A számítás a Szabadegyházán 400 ezer tonna kukoricából gyártott 120 ezer tonnányi etanolt nem tartalmazza, továbbá a feldolgozóipar keresletének esetleges bővülését (keményítőgyártás, bioplasztikok gyártása), illetve az állattenyésztés takarmányigényének változását nem vettük figyelembe. A repce esetében a számokban megjelenő potenciál valamelyest alulbecsült, tekintettel a termelés és az export emelkedő tendenciájára. Nem számoltunk a melléktermékek takarmányigényt csökkentő hatásával sem, azzal együtt a gabonafélék feldolgozható mennyisége megközelítőleg még további 20-40 százalékkal magasabb lehet.

33. táblázat

**A külkereskedelmi adatokból levezethető magyarországi
bioüzemanyag-potenciál**

Megnevezés	Termelés	Nettó export	Előállítható bioüzemanyag			
	2005-2009 átlaga	2005-2009 átlaga				
	ezer tonna	ezer tonna	ezer tonna	millió liter	PJ	ktoe
Kukorica	7 557	3 502	1 051	1 330	28	665
Búza	4 700	1 962	588	745	16	372
<i>Bioetanol összesen</i>			<i>1 639</i>	<i>2 075</i>	<i>44</i>	<i>1 037</i>
Repce*	570	505	202	230	8	180
Napraforgó	1 215	518	207	235	8	185
<i>Biodízel összesen</i>			<i>409</i>	<i>465</i>	<i>15</i>	<i>365</i>
Mindösszesen					59	1 403

* A termelés 2009-2010, a nettó export 2007-2009 átlaga.

Forrás: KSH adatok alapján az AKI Agrárpolitikai Kutatások Osztályán készült számítás.

5.3.2. A bioüzemanyag-gyártás alapanyagigényének élelmiszerárakra gyakorolt hatása

A 2006/2007. gazdasági évtől a legtöbb mezőgazdasági termék ára gyors emelkedésnek indult és rekordokat döntött. A FAO élelmiszer-árindexe 2006 januárja és 2008 januárja között több mint 60 százalékkal nőtt.

Az áremelkedésben számos ok játszott szerepet, rövid távú ciklikus hatások, pl. a kedvezőtlen időjárás (száraz periódusok Ausztráliában és Európában), a világszerte alacsony készletszint, az átmenetileg szűkös szállítói kapacitás, továbbá hosszabb távon ható makrogazdasági tényezők, mint a népesség és a fogyasztói jövedelmek növekedése és a kőolaj árának emelkedése, valamint nem utolsósorban a bioüzemanyag-termelést ösztönző állami beavatkozások. A piaci zavart fokozta az árupiacokon meginduló spekuláció.

Az élelmiszerárak növekedéséről szóló elemzések többnyire szélsőségesen ítélték meg a bioüzemanyag-ipar szerepét. Egyes kutatók az élelmiszerek áremelkedésének 75 százalékát [The Guardian, 2008], mások 10-30 százalékát [IFPRI, 2008] a bioüzemanyagok iránti kereslet megugrásának tulajdonították, más egyéb tényezők (pl. szárazság, fogyasztói szokások változása, spekuláció stb.) mellett. Collins [2008] szerint az etanolgyártás kukorica-felhasználása 25-50 százalékban járult hozzá a termény árának emelkedéséhez.

Legutóbb, 2010 júliusában a Világbank tanulmánya [Baffes-Haniotis, 2010] vizsgálta a mezőgazdasági termékárak növekedésének okait a 2006-2008 közötti időszakban, különös figyelmet tulajdonítva az áremelkedés okaként emlegetett három fő tényezőnek: 1. likviditásbőség és spekuláció, 2. a feltörekvő gazdaságok, elsősorban Kína és India élelmiszerek iránti keresletének növekedése, 3. egyes élelmiszer-alapanyagok bioüzemanyagokká való feldolgozása. A kínálati oldalon bekövetkezett változások nagyságrendje ugyanis önmagában nem magyarázza a kialakult ársokkot.

A jegybankok által alacsonyan tartott alapkamatoknak köszönhetően többlet likviditás keletkezett, amely az árupiacokon, elsősorban a nyersolaj piacán került elhelyezésre, ezzel jelentős áremelkedést okozva. Erre ösztönözte a befektetési alapokat a gyenge dollár is, mivel a dollár árfolyama és a nyersanyagok ára szoros inverz kapcsolatot mutat (a kőolaj árát dollárban jegyzik). A Világbank munkatársai szerint az indexalapok tevékenysége (a spekuláció egyik formája) kulcsszerepet játszott a nyersanyagárak emelkedésében.

A tanulmány szerzői cáfolják, hogy az erős gazdasági és népesség növekedést felmutató országok fogyasztásbővülése befolyásolta volna a világpiaci árak alakulását, legfeljebb csak az energiaárakon keresztül, indirekt módon gyakorolt rájuk hatást. Ennek oka, hogy az adatok inkább a fogyasztásnövekedés lassulását igazolják a legutóbbi 12 éves időszakban a gabona- és a húspiacon egyaránt (34. táblázat).

34. táblázat

**A globális reál GDP, a népesség és néhány mezőgazdasági termék
fogyasztásának/felhasználásának éves növekedési üteme**

százalék

Megnevezés	1961-1972	1973-1984	1985-1996	1997-2008
Népesség	2,0	1,8	1,6	1,3
Reál GDP	5,5	3,4	2,8	3,0
Fogyasztás/felhasználás				
Rizs	3,3	2,7	1,9	1,2
Búza	3,9	2,9	1,4	0,9
Kukorica	3,7	2,5	2,7	2,8
Szójabab	4,8	2,6	5,5	4,0
Pálmaolaj	8,4	10,2	7,7	8,8
Marhahús	3,2	1,8	1,1	1,0
Sertéshús	3,7	4,9	2,7	2,2
Baromfi	12,1	6,9	6,8	4,0

Forrás: Világbank [2010]

Ha azonban rövidebb periódust vizsgálunk, akkor már egyértelmű, hogy elsősorban a kukorica és a szójabab felhasználásának üteme növekedett Kínában és Indiában, míg a húsfélék esetén ez nem következett be. Ez a mezőgazdasági termények takarmányozási céltól eltérő felhasználására, azaz a bioüzemanyag-termelés növekvő alapanyag-szükségletére utal (35. táblázat).

35. táblázat

**Néhány mezőgazdasági termék fogyasztásának/felhasználásának
éves növekedési üteme, százalék**

Megnevezés	Világ		Kína		India	
	1997-2002	2003-2008	1997-2002	2003-2008	1997-2002	2003-2008
Búza	1,3	2,7	-0,7	0,2	2,7	1,8
Rizs	1,6	1,5	0,5	-0,6	1,0	1,9
Kukorica	1,8	3,6	2,8	3,4	1,9	5,5
Szójabab	5,8	3,3	16,1	8,7	-1,4	7,1
Pálmaolaj	10,5	7,5	22,1	8,2	21,4	7,2
Marhahús	0,8	1,6	3,8	2,8	-0,5	-2,2
Sertéshús	2,7	1,3	2,8	1,2	1,0	0,4
Baromfihús	4,7	3,8	4,9	4,6	17,6	7,7

Forrás: Világbank [2010]

A bioüzemanyag-termelés hatása az „élelmiszerár-sokk” kialakulására bár komolynak tekinthető, de a tanulmány szerzői szerint korántsem ez a legfontosabb befolyásoló tényező, mint ahogyan ezt korábban állították. Ennek egyik bizonyítéka, hogy a bioüzemanyagok előállításához az USA-ban hasznosított kukorica és az EU-ban felhasznált olajnövények együttesen a világ gabona- és olajosnövény-területének mindössze 1-1,5 százalékát foglalták el a 2006-2007, valamint a 2008-2009. évek átlagában (36. táblázat). További érv lehet, bár az ok-okozati viszony nem egyértelmű, hogy az olajosnövények ára éppen akkor csökkent, amikor az EU biodízel-felhasználása dinamikusan növekedett, illetve a kukoricaárak alig emelkedtek az USA bioetanol-gyártásának első, növekvő szakaszában. Ezzel szemben az árak csúcsra jutottak, amikor az EU és az USA biodízel-, illetve bioetanol-felhasználása lassuló ütemben nőtt.

36. táblázat

A bioüzemanyag-termelés területigénye

Megnevezés	2000-2001	2002-2003	2004-2005	2006-2007	2008-2009
Bioüzemanyagok részesedése a világ gabona- és olajosnövény-területéből, százalék					
olajos magvak – EU	0,00	0,06	0,15	0,24	0,34
kukorica – USA	0,13	0,27	0,37	0,76	1,11
Az USA-ban előállított bioetanol területi részesedése, százalék					
az USA kukoricaterületéből	3,63	7,32	9,45	18,03	27,54
az USA gabonaterületéből	0,99	2,0	2,79	5,68	8,44
a világ gabonaterületéből	0,16	0,32	0,43	0,85	1,26

Forrás: Világbank [2010]

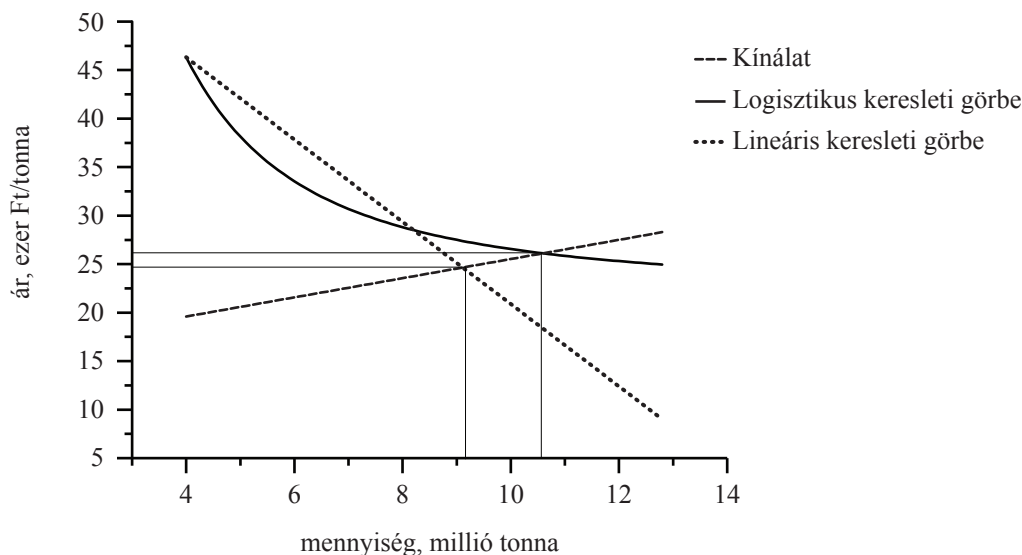
A szerzők végül arra a megállapításra jutottak, hogy **az energia és nem-energia jellegű termékárak között fellelhető szoros kapcsolat gyakorolta/gyakorolja a legnagyobb hatást az árak, ezen belül az élelmiszerek árának alakulására.** Ez érthető is, hiszen a mezőgazdasági termelés a felhasznált inputok, illetve a szárítás, feldolgozás, szállítás következtében energia-intenzív, és a termelés legfontosabb inputja, a műtrágya alapanyaga a földgáz, ami a nyersolaj helyettesítő terméke. Mivel az elemzők véleménye szerint az olcsó kőolaj korszaka véget ért, és az olajár alakulása más energiákra és az áru piacokra is egyre erősebb hatást gyakorol, a mezőgazdasági árak is tartósan magasabb szinten maradnak.

Világviszonylatban azonban a gabonafélék és olajnövények etanol- és biodízelgyártásra felhasznált mennyiségének összes termeléshez viszonyított aránya egészen más képet mutat [Popp, Somogyi és Bíró, 2010]. A bioüzemanyag célú etanol előállításához 2009-ben a globális gabonatermelés közel 7 százalékát használták fel (2006-ban 3,3 százalékát). Hozzá kell tenni, hogy a 7 százalékos arány a bruttó gabona-felhasználást jelenti. Ha az etanolgyártás melléktermékét, a nedves és száraz gabonatorkolyt is figyelembe vesszük, akkor a 2009. évi üzemanyagcélú nettó gabona-felhasználás a globális termelés csupán 4,7 százalékát tette ki (2006-ban 2,2 százalékát). 2006-2009 között a globális gabona-felhasználás 9 százalékkal 1,8 milliárd tonnára, míg az üzemanyagcélú etanoltermelés kereslete több mint duplájára, 54 millió tonnáról 116 millió tonnára emelkedett.

A biodízelgyártás hatása a globális növényolajpiacra már sokkal jelentősebb, mert 2009-ben a globális növényolaj-termelés 11 százalékát (2006-ban 5 százalékát) használták fel ilyen célra. Az EU-27-ben a biodízel iránti növekvő kereslet nem elégíthető ki az EU-ban előállított olajnövényekből. Jelenleg az olajnövény-termelés évi 12-13 millió tonna között mozog növényolaj-egyenértékben kifejezve, ugyanakkor az étolaj-felhasználás és a biodízelgyártás alapanyagigénye meghaladja a 17 millió tonnát. Ez azt jelenti, hogy mintegy 4-5 millió tonna növényolaj, vagy ezzel egyenértékű olajosmag behozatalára van szükség. (Az állati zsírok és a használt sütőolaj aránya a biodízelgyártásra felhasznált nyersanyagokban nem éri el a 10 százalékot.)

Hazai viszonyok között a bioetanol-termelés növekedésének a legfőbb alapanyag, a kukorica árára gyakorolt hatását Lakner, Szabó-Burcsi és Magó [2010] vizsgálták, a kereslet-kínálat elemzés módszerével. Eredményeik nem támasztják alá azokat a vélekedéseket, amelyek szerint a bioetanol-termelés felfutása az alapanyagok árában drasztikus emelkedést okozna. Ennek oka, hogy a kukorica keresleti függvénye egy logisztikus görbével ábrázolható, ami alacsony keresett mennyiségnél még rugalmatlan, azonban a magas keresleti tartományban (8 millió tonna fölött) már igen rugalmasan viselkedik. Ennek következtében a kereslet változása (a logisztikus görbe jobbra tolódása) már csak csekély árváltozást eredményez. Kisebb mennyiségi tartományokban viszont az árak határt a kukoricaár jelentősebb emelkedésének, hogy a termesztéstechnológiából, a raktározási lehetőségekből adódóan a kukorica kínálati függvénye is rugalmas (14. ábra).

A kukorica keresleti és kínálati függvénye Magyarországon



Forrás: Lakner – Szabó-Burcsi – Magó [2010]

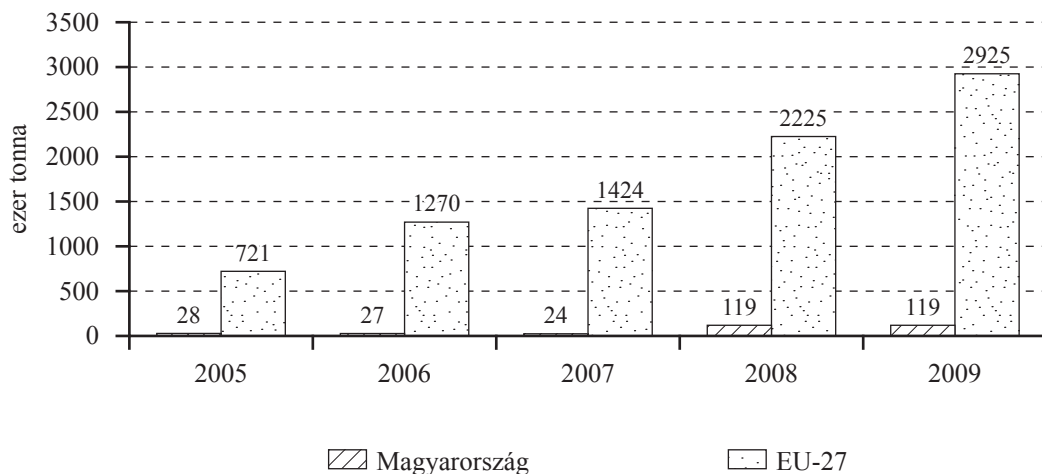
5.3.3. A meglevő és az építés, tervezés fázisában lévő bioüzemanyag-termelő kapacitások

Bioetanol

Magyarország bioetanol-termelése a szabadegyházai Hungrana Kft. kapacitásbővítő fejlesztése eredményeként 2008-ban 119 ezer tonnára emelkedett (15. ábra). Noha az évente megtermelt mezőgazdasági eredetű alapanyagok mennyisége alapján Magyarország a Közösség egyik fontos bioetanol-előállító tagállama lehetne, az ország az EU-27 2,23 millió tonna kibocsátásának mindössze 5,3 százalékát adta 2008-ban, és a legfrissebb adatok szerint a 2,9 millió tonnás kibocsátás mindössze 4,1 százalékát 2009-ben.

Magyarországon jelenleg egyetlen üzemben, a Hungrana 135 ezer tonna (170 millió liter) kapacitású gyárában folyik bioetanol-termelés, nedves-őrléses technológiával. A bioetanolgyártást kizárólag a kukoricára alapozzák, amiből zömében E85-ös üzemanyag készül. Bioetanolgyártó kapacitással a Győri Szeszgyár és Finomító Zrt. is rendelkezik, de jelenleg üzemanyagcélú etanol nem gyártanak, a hagyományos alkoholpiacon (fogyasztás, vegyipari felhasználás, gyógyszeripar) vannak jelen. A felhasznált alapanyag ebben az üzemben döntően melasz, ami a szükségesnél kisebb mennyiségben és drágábban áll rendelkezésre Magyarországon, az ebből gyártott bioetanol így nem versenyképes.

**Az EU-27 és Magyarország bioetanol-termelésének alakulása
(2005-2009)**



Forrás: European Bioethanol Fuel Association (Ebio)

Az EU-27 már üzembe állított bioetanol-termelő kapacitása 5,73 millió tonna volt 2010 nyarán, azonban további 1,4 millió tonna gyártókapacitás állt kiépítés alatt. Mivel viszonylag fiatal iparágról van szó, a kapacitások kihasználtsága egyelőre alacsony, amihez az elmúlt években hozzájárult egyrészt az igen versenyképes brazil etanolexport, valamint az alapanyagok árának 2007-ben és 2008-ban tapasztalt emelkedése is.

Korábban, 2006-ban és 2007-ben mintegy 7-8 millió tonna kukorica és búza feldolgozására alkalmas bioetanolgyárak építését jelentették be hazai és külföldi befektetők Magyarországon is. A mezőgazdasági termékek árának 2007 végén bekövetkezett emelkedése, valamint a gazdasági válság nyomán a fosszilis üzemanyagok árának csökkenése miatt azonban ezek nagy többsége elállt a tervezett fejlesztésektől.

Bioetanolgyártó üzemek létrehozására három helyszínen, Kabán, Dunaalmáson és Dunaföldváron folytak előkészületek 2010 tavaszán. Kabán évente 288 ezer tonna, Dunaalmáson 340 ezer tonna, Dunaföldváron 500 ezer tonna kukoricából készítenek volna bioetanol. Ezek a kormány döntése értelmében kiemelt státuszú beruházások lettek, ami az engedélyezési fázis leegyszerűsítését jelenti.

Emellett az ÚMVP keretében 30 kiskapacitású (átlagosan 5 ezer tonna/üzem, összesen 164 ezer tonna végtermék kibocsátású) „decentralizált” bioetanolüzem létesítésének támogatására nyújtottak be pályázatot, amelyek az ún. „energiafarm” koncepcióra épülnek. Ezek a kis etanolgyárak a helyben termelt kukoricát dolgoznák fel, és a keletkezett mellékterméket, a gabonatörkölyt a helyi állattenyésztés hasznosítaná. Az energiaellátást a mellékük telepítendő biogázüzem, vagy biomassza fűtőmű biztosítaná, amelyek megoldást jelenthetnének a gazdaságban keletkező hulladékok, növénytermesztési melléktermékek, híg trágyalé kezelésére, felhasználására is. Az üzemben termelő elektromos energia mellett hőenergia is képződik, ami az etanolüzem mellett kertészeti létesítmények (üvegházak, fóliák) fűtésére szolgálhat.

A legfrissebb információk szerint a nagy feldolgozók közül csak az ír Ethanol Europe Ltd. tulajdonában lévő Pannonia Ethanol Zrt. dunaföldvári gyárának építése zajlik a megfelelő ütemben. Az üzem légvonalban Szabadegyházától mintegy 40 kilométerre, a Duna mellett épül fel. A létesítmény úgy készül el, hogy szükség esetén akár kétszeresére is növelhető a kapacitása.

A legkorábban indított beruházás, a volt kabai cukorgyár területén, az EM-Bioetanol Kft. tulajdonát képező bioetanol-biogáz-kiserőmű projekt alapkölvetételére 2007 tavaszán került sor, a munkák azonban állnak, noha a beruházók az építéshez szükséges összes engedéllyel rendelkeznek. A problémát a finanszírozás jelenti. Egyfelől hiányzik az önerő, másrészt a bankok túl kockázatosnak ítélik a beruházást az alapanyagok árának emelkedése, valamint a hosszú megtérülési idő (15 év) miatt. A KEOP keretéből pályáztak 2,5 milliárd forint támogatásra, aminek felhasználására a fentebb említett okok miatt várhatóan nem kerül sor.

A harmadik, a dunaalmási üzem körül még több a bizonytalanság. Az üzem megépítése még el sem kezdődött, és jövőjével kapcsolatban különféle, ellentmondásos információk láttak napvilágot: alacsonyabb kapacitású üzem épül, nem bioetanol, hanem Közép-Európa legnagyobb biogázüzeme készül el, sőt a helyszín is változhat.

Biodízel

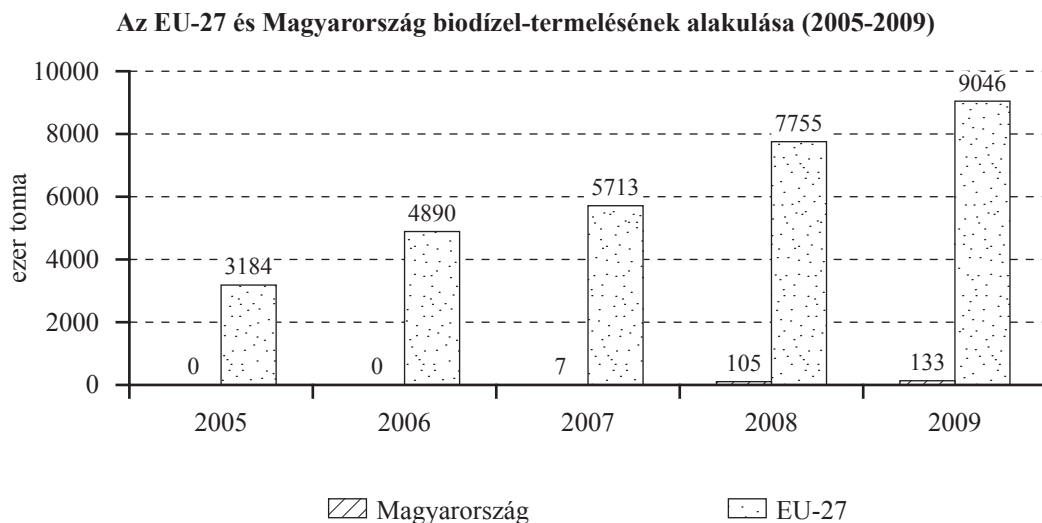
A biodízelgyártás Magyarországon 2007-ben indult el, nagyobb volumenű gyártásra azonban csak 2008-tól került sor, amikor a jövedéki törvény értelmében a legalább 4,4 térfogatszázalék bekevert biokomponenst nem tartalmazó gázolajra magasabb jövedékiadó-terhet vetettek ki.

Magyarországon 2009-ben 133 ezer tonna biodízelt állítottak elő, ami az EU-27 9 millió tonnás termelésének kevesebb, mint 1,5 százaléka volt (16. ábra). A hazai gyártókapacitás ezzel szemben 2009-ben az EU-27 összes kapacitásának még az 1 százalékát sem érte el. A Közösségben a biodízelgyártó kapacitások (2008-ban 16 millió tonna, 2009-ben 21 millió tonna) kihasználtsága is alacsony, csupán 40-50 százalék között mozog. Ez jelentős csökkenést mutat 2007-hez képest, amikor a kihasználtság még 70 százalék körül alakult. Az okok között megemlíthető a növényi olajok viszonylag magas és a kőolaj alacsony ára, valamint a növekvő biodízeliimport és a pénzügyi-gazdasági válság, amelyek következményeként Európa-szerte (pl. Ausztriában, Németországban, az Egyesült Királyságban) biodízeliüzemek mentek csődbe vagy szüneteltetik működésüket.

Magyarországon négy üzemben állítottak elő biodízelt 2009-ben, ezek együttes kapacitása közel 190 ezer tonna volt (37. táblázat). Megjegyzendő azonban, hogy az Öko-Line Kft. a sikertelen eladási kísérletet követően 2010 júniusában felszámolási eljárás alá került, így a 25 ezer tonna kapacitású üzem – várhatóan csak átmenetileg – felfüggesztette működését. A biodízeliüzemek alapanyagát repce- és használt sütőolaj (a Rossi Biofuel Zrt. üzemében mintegy 30 százalék)³⁸, kisebb mennyiségben napraforgóolaj adja, de Magyarországon folynak kísérletek az állati zsiradékok felhasználására is.

³⁸ A Magyarországon évente begyűjtött használt sütőolaj volumene kb. 5 ezer tonnára tehető. A feldolgozott 40 ezer tonna használt sütőolaj maradéka tehát regionális importból származik. Erre azért van lehetőség, mert a régióban a *Rossi*én kívül nincs másik olyan technológia, amely használt sütőolaj feldolgozására alkalmas lenne.

16. ábra



Forrás: European Biodiesel Board (EBB)

37. táblázat

**Biodízelgyártók Magyarországon
(2009)**

Megnevezés	Kapacitás ezer t/év	Alapanyag
Inter-Tram Kft., Mátészalka	12	repceolaj, napraforgóolaj, használt sütőolaj
Kunhegyesi Középtiszai Mezőgazdasági Zrt., Bánhalma*	1,5	repcemag, napraforgómag (présüzemmel rendelkezik)
Rossi Biofuel Zrt., Komárom	150	repceolaj, napraforgóolaj, használt sütőolaj
Öko-Line Hungary Kft., Bábolna**	25	repcemag (présüzemmel rendelkezik)
Összesen	188,5	

* Csak próbaüzem volt.

** Jelenleg felszámolás alatt.

Forrás: Rácz [2009]

Jelenleg Magyarországon mintegy 350 ezer tonna repcemag feldolgozására alkalmas olajtűtő kapacitás van, ezekben mintegy 140 ezer tonna nyers repceolaj állítható elő. A 2009-ben felvásárolt repce mennyisége ezzel szemben csak 175 ezer tonnát tett ki, mivel az olajtűtők egy része nem működik, illetve a kapacitások kihasználása akadozik. Ennek ismeretében valószínűsíthető, hogy a biodízelgyártás a hazai termelésű növényolajok mellett kisebb mennyiségben importból származó növényolajokat is hasznosít.

Napraforgó feldolgozó kapacitással a Bunge martfői gyára, valamint még egy kisebb komáromi üzem rendelkezik. A Bunge 250 ezer tonna napraforgóolajat állít elő évente, amit korszerű technológiával finomítanak, és étkezési célra vagy exportra értékesítenek.

A hazai növényolajgyártásban nagy változást hozhat a Glencore Foktőre tervezett üzemének beindítása, amely évi 600 ezer tonna olajosmag feldolgozására lesz képes. A cég tervei szerint ebből évi 150-400 ezer tonnára tehető a repcemag – természetesen az olajnövények árának és elérhető mennyiségének függvényében. A 44/2009. (IV. 11.) FVM rendelettel kiskapacitású (1-10 ezer tonna/év) nyersszesz- és nyersolajgyártó üzemek létesítésére meghirdetett támogatásra nyolc olyan pályázatot nyújtottak be, amely olajütő létesítését tűzte ki célul. E pályázatok összesen 33 ezer tonna nyersolaj kapacitásra szóltak. Emellett a komáromi biodízelgyár új többségi tulajdonosa, a szlovák Envien – a tervek szerint – nyersolajtermeléssel kívánja bővíteni a gyár tevékenységét.

5.3.4. A komplex kisüzemi rendszerek életképessége

Jóllehet a pályázatok kiírása és eredményhirdetése megtörtént, jelenleg Magyarországon nem működik kiskapacitású, mezőgazdasági üzembe integrált nyersszesz-, illetve nyersolaj-előállítás, ezért szakirodalmi hivatkozás alapján mutatjuk be ezen üzemek életképességét.

Lakner, Szabó-Burcsi és Magó [2010] különböző méretű, de azonos (kukorica) alapanyaggal és (száraz-őrléses) technológiával működő bioetanolüzemek költség- és jövedelemadatait hasonlította össze. A vizsgálatba vont etanolüzemek típusai (napí, illetve éves kapacitásaik):

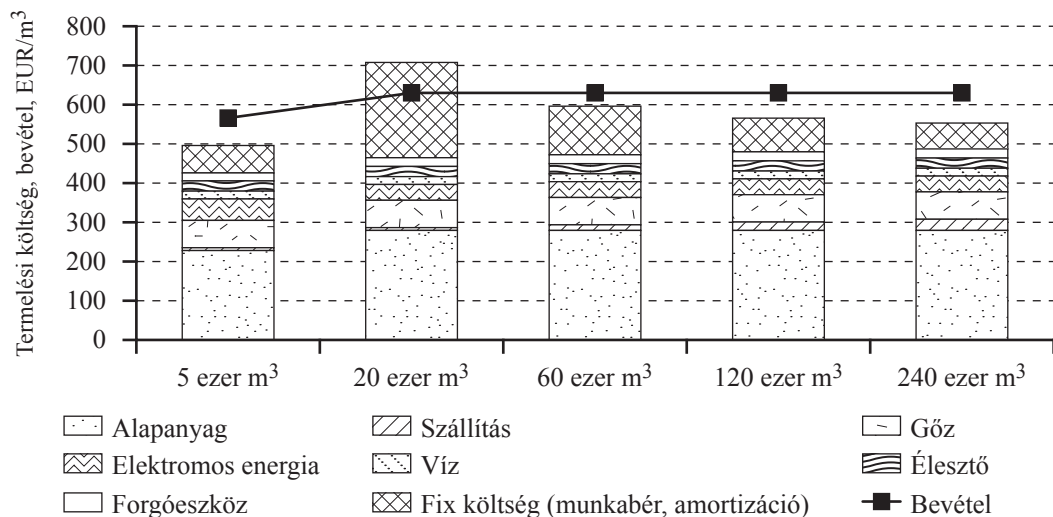
- Farmra alapozott etanoltermelés: 15 m³/nap és 5 ezer m³/év;
- Kisméretű etanolüzem: 60 m³/nap és 20 ezer m³/év;
- Közepes méretű etanolüzem: 180 m³/nap és 60 ezer m³/év;
- Nagyméretű etanolüzem: 360 m³/nap és 120 ezer m³/év;
- Extra nagy etanolüzem: 720 m³/nap és 240 ezer m³/év.

A jövedelmezőség szempontjából a különböző üzemi típusok négy tényező esetében mutatnak eltérést. Az egyik az alapanyag költsége, ami a közvetlen termelési költségek 55-60 százalékát is elérheti. Az üzemi kapacitás növekedésével lineárisan nő az átlagos szállítási távolság, ahonnan az alapanyagok beszerezhetők, ami a szállítási költségekben lényeges különbséget okoz. Az extraméretű üzem esetében a közvetlen költségek 6 százalékát teszi ki a szállítási költség, míg ez a farmra alapozott üzem esetében marginális kiadást jelent. Ezen okok miatt nagyüzemek körzetében gyakoribbá válhat a kukorica monokultúrás termesztése. (Ebből a szempontból aggasztó lehet a szabadegyházi és a dunaföldvári gyár földrajzi közelsége.) A farmra alapozott bioetanol-termelésben az alapanyag saját előállítású, így sem az alapanyag ára, sem a melléktermék ára nem piaci, hanem önköltségi ár.

A következő kérdés a melléktermékek kezelése, ami ha helyben, a farmon történik, a magas nedvességtartalom ellenére sem igényel szárítást, továbbá ezt lehetővé tevő technológiát, pótlólagos beruházást sem. Az egyszerűbb technológia megmutatkozik az alacsonyabb állandó költségekben is.

A 17. ábra alapján a farmra alapozott, kiskapacitású bioetanolüzemek termelési költségei kedvezőek, és a piaci szereplők szerint elfogadhatónak tekinthető 550 EUR/m³ bioetanol ár mellett – figyelembe véve a keletkező melléktermékek hasznosítását is – gazdaságosan működtethetők, akár csak a nagyobb 120 ezer, illetve 240 ezer m³ kapacitású nagyüzemek. Tekintettel arra, hogy a kiskapacitású etanolüzemek piaci alkuereje lényegesen kisebb a nagyobb termékvolumennel rendelkező üzemekénél, a kisüzemből származó bioetanol értékesíthetősége szempontjából előnyös, ha a bioüzemanyagok kötelező bekeverési arányai hosszabb távra kijelölésre kerülnek, illetve, ha a szabályozók a közjavak termelését és fogyasztását is figyelembe veszik.

**A bioetanol-gyártás költségszerkezete és bevétele
eltérő kapacitásnagyság esetén**



Megjegyzés: szakértői becslés, *Vogelbusch* technológiát figyelembe véve.

Forrás: Lakner – Szabó-Burcsi – Magó [2010]

Meg kell jegyeznünk azonban, hogy a bemutatott farm alapúnak nevezett üzem kukorica alapanyagigényét 1 900 hektáron lehet megtermelni, 25 százalékos vetésforgó esetén ez 7 500 hektár integrálását jelentheti. Mivel a számításokban az alapanyagként felhasznált kukorica mintegy 20 százalékkal alacsonyabb (önköltségi) áron került beszámításra, ezért kérdéses, hogy ilyen integráció a hazai gazdálkodók között kialakítható-e. Hasonló következtetésre juthatunk a melléktermék hasznosításával kapcsolatban is: a keletkezett DGS-t a farm alapú rendszernél óvatos becslésünk szerint is mintegy 1 500 tehén képes felvenni. Ekkora egyszármú telepek magyar viszonyok mellett igen ritkának tekinthetők.

5.3.5. A bioüzemanyag-gyártás során keletkező melléktermékek hasznosítási lehetőségei

A Bizottsághoz benyújtott cselekvési terv szerint az összességében 10 százalékos megújuló forrásból származó üzemanyagarányt Magyarország 2020-ban 475 ezer tonna (304 ktöe, 596 millió liter) etanol, illetve 205 ezer tonna (180 ktöe, 232 millió liter) hagyományos módon és 25 ezer tonna (22 ktöe, 28 millió liter) hulladékból előállított biodízel felhasználásával kívánja elérni. Abban az esetben, ha sem exporttal, sem importtal nem számolunk, ahogy ez a tervben szerepel, komolyabb technológiaváltás nem történik és feltételezzük, hogy a Hungrana teljes termelése is a hazai igények kielégítését fogja szolgálni, a 38. táblázatban feltüntetett melléktermékek keletkezése várható nagyobb mennyiségben.

Melléktermékek várható keletkezése 2020-ban önellátás mellett

tonna

Megnevezés	Alapanyag	Főtermék	Melléktermék			
Etanolgyártás	Kukorica	Etanol	DDGS	CGF	Kukorica-csíra	CGM
Nedves-őrléses technológiával	450 000	135 000	-	90 000	13 500	22 500
Száraz-őrléses technológiával	1 100 000	340 000	340 000	-	-	-
Összesen	1 550 000	475 000	340 000	90 000	13 500	22 500
Biodízelgyártás	Olajosmag	Biodízel	Olajosdara	Glicerín		
	500 000	200 000	300 000	20 000		

Forrás: Magyarország megújuló energia hasznosítási cselekvési terve

A melléktermékeket elsősorban takarmányként, vagy energiatermelésre lehet hasznosítani. A takarmányként történő hasznosítás a bioüzemanyag-gyártás földhasználatra gyakorolt hatását mérsékelheti, ezért célszerű lenne ennek maximalizálására törekedni és csak a többletet felhasználni energiatermelés céljára biogázüzemben, vagy közvetlen égetéssel.

A nedves-őrléses etanolgyártás melléktermékei

A nedves-őrléses etanolgyártás melléktermékeinek hasznosítása kevesebb gondot okoz, a CGM (*Corn Gluten Meal*), a CGF (*Corn Gluten Feed*), a kukoricacsíra és a csíraolaj egyaránt keresett termékek és az izoglükózgyártás melléktermékeiként évek óta kialakult a piacuk.

A CGM a kukorica keményítőtől elválasztott fehérjetartalmát koncentráltan, a szárazanyag 48-60 százalékában tartalmazza. A CGF 18-22 százalékos fehérjetartalmú takarmány, amely az áztatóvíz és a technológia során korábban elválasztott, majd visszaadagolt rost (kukoricahéj) együttes szárításával keletkezik. A CGF gyártása során a hőkezelés hatására:

- a fehérje 30-35 százaléka védett fehérjévé válik, ezért a tejelő tehenek takarmányozásában kiváló fehérjepótlást jelent;
- a megmaradó cukor egyrésze karamellizálódik, ezáltal kellemes íz- és illatanyagot kölcsönöz a terméknek.

A CGF hozzáadott anyagot, idegen íz- és aromaanyagot nem tartalmaz. Alkalmazásával nő az állatok étvágya, takarmányfogyasztása, ezáltal termelése is. Ennek köszönhető többek között, hogy az állatok szívesen fogyasztják, nincs szoktatási idő, és a szarvasmarhával akár napi 3-4 kg is minden gond nélkül megetethető száraz formában, abrakként. Sertések takarmányozásában is igen jól felhasználható, megfelelő aminosav-tartalmú takarmánykomponensek kiegészítésével. Az etethetőséget az egyszerű gyomrú fajoknál a magas rosttartalom korlátozza. A fehérjetartalomra vetített viszonylagos olcsósága miatt a hobbiállateledel-gyártók is szívesen alkalmazzák.

A kukoricacsíra-olajat az élelmiszeriparban, a kozmetikai iparban és a gyógyhatású készítmények gyártásánál egyaránt felhasználják. A kukoricacsíra préselvény és az elválasztott rost (kukoricahéj) takarmányok gyártásánál hasznosítható.

A száraz-őrléses etanolgyártás melléktermékei

A száraz-őrléses bioetanolgyártás során keletkező melléktermék a gabonamoslék (15 százalékos szárazanyag-tartalom). Vízelvonással ebből az úgynevezett gabonatörköly (35 százalékos szárazanyag-tartalom), illetve szárítással a 90 százalékos szárazanyag-tartalmú DDGS állítható elő. Mindhárom hasznosítható takarmányként. A gabonatörköly és a DDGS fehérjében, energiában, ásványi anyagban és vitaminban gazdag, hús- és tejhasznú szarvasmarhák számára könnyen emészthető fehérje- és energiaforrás, de baromfi- és sertéstakarmányként is felhasználható.

A feldolgozás mellékterméke alapvetően a gabonamoslék, mivel azonban ennek szárazanyag-tartalma rendkívül alacsony, takarmányként hasznosítani csak olyan üzemekben gazdaságos, amelyek közvetlen közelében találhatóak a kérődző állattartó telepek és akár egy csőrendszeren a takarmány-előkészítőbe juttatható. Szárítás nélküli hasznosítási mód lehet még a gabonamoslék biogázüzemben történő feldolgozása. Így az etanolüzem hő-, villamosáram- és gázellátása is biztosítható. A nemzetközi gyakorlatban azonban jelenleg a legelterjedtebb a földgázüzemű szárítással gabonatörköly, illetve DDGS gyártása.

A DDGS piaca az USA-ban a legkiforrottabb. Itt 2009-ben a kukoricaszem alapú üzemanyagetanol üzemek 90 százaléka a száraz-őrléses technológiát alkalmazta. A DDGS ára a kukorica árához köthető. 2006 nyarán a DDGS ára megegyezett a kukorica árával (80-90 USD/t), azóta a 2007/2008. évi élelmiszerár-robbanás kivételével a kukoricaár tonnánként általában 120-140 USD, a DDGS termelői ára tonnánként 115-140 USD között mozgott (a gabonamoslék termelői ára tonnánként 40-50 USD körül alakult). A DDGS ára az USA-ban 2011 elején már 170-180 USD/tonnára emelkedett. Ugyanakkor a DDGS árát a szójadara mindenkorinak alakulása is befolyásolja. Az Egyesült Államok etanolüzemei bruttó bevételének 88-90 százalékát az etanol, 10-12 százalékát a DDGS értékesítése teszi ki.

Az USA-ban jelenleg az etanolgyártás melléktermékeinek legalább 90 százalékát a szarvasmarhatartók használják fel – elsősorban húsmarhatartók, másodsorban tejtermelők, nedves vagy szárított formában, ami a szállítási távolság, illetve szállítási költség függvénye. A potenciális felhasználásban sem megy 80 százalék alá a szarvasmarha ágazat részesedése, aminek etethetőségi és emészthetőségi okai vannak [ERS/USDA 2010].

A DDGS takarmányértékéről és napi maximális adagjáról a különböző állatfajoknál és hasznosítási irányoknál már több elemzés is készült [USGC 2007; Babcock *et al.*, 2008; NCGA; Ewing, 1998]. Ezek közös megállapítása, hogy a DDGS-t nagyobb mennyiségben a szarvasmarhatartásban és a tenyésztések takarmányozásában lehet használni, a többi fajnál és a hasznosítási iránynál szórnak az eredmények, illetve csak rendkívül alacsony százalékot tartanak kockázatmentesen etethetőnek (39. táblázat). A hizósértések pl. a nagyobb mennyiségben DDGS-t tartalmazó takarmányok ízét nem kedvelik, nem szívesen fogyasztják, ráadásul a DDGS magas telítetlen zsírsav-tartalma nagyobb mennyiségben etetve a zsír- és a húsmínőséget rontja.

A hazai takarmányipari cégeknél is folytak már kísérletek a DDGS takarmányozására, és a kapott eredmények megegyeztek abban a külföldi tapasztalatokkal, hogy a DDGS felhasználása csak korlátozott mennyiségben és ellenőrzött körülmények között történhet (Bábolna [Fábián, 2008]; Agrofeed [Forgács, 2010]). Körültekintésre adhat okot az is, hogy a külföldi tapasztalatok szerint az előállított DDGS összetétele, minősége, a kukorica beltartalmi értéke és a feldolgozásnál alkalmazott enzimek és élesztő függvényében nem csak üzemenként, de adott üzemen belül idő-

szakonként is változó lehet, ami akkor nyerhet nagyobb jelentőséget, ha több szereplő (kisüzemek, import) is kínálja majd takarmányait, takarmány-alapanyagait. Óvatosságra inthet még, hogy a feldolgozás során a termény esetleges mikotoxin-szennyezettsége nem semlegesítődik, sőt a melléktermékben mintegy háromszorosára növekedhet [Kendra, 2006].

39. táblázat

A DDGS etethetősége

Megnevezés	Maximális részarány a takarmányban (%)	
	NCGA	Ewing
Kérődzők		
Borjú	10	10
Tejelő	20	40
Húsmarha	10-40	40
Juh	0-10	0
Sertés		
Malac	25	0
Süldő, Hízó	20	5
Koca	30-50	5
Baromfi		
Csibe	0	0
Broiler	10	5
Tenyészttyúk	5	5
Tojástermelő	15	5
Pulyka	10	10

Forrás: NCGA, Ewing [1998].

Az AKI-ban korábban végzett számítások szerint az állatállomány jelenlegi szerkezete mellett, középtávon, **Magyarországon a DDGS felhasználás elméleti maximuma 300-350 ezer tonna közé tehető** [Hingyi *et al.*, 2006]. A cselekvési tervben szereplő adatok és az iparág szerkezetén alapuló számításaink szerint **2020-ban ezzel az elméleti maximummal nagyjából megegyező mennyiségű DDGS melléktermék keletkezése várható.**

A biodízelgyártás melléktermékei

A biodízelgyártás alapanyagaként elsősorban a repcével kell számolni. Magyarország repcemag kivitele (vetőmag nélkül) 709 ezer tonna volt 2009-ben. A repcemag feldolgozása történhet egyszerű hidegsajtolással, melegsajtolással és sajtolással, majd az azt követő extrahálással. A három eljárás különböző mennyiségben hagy olajat a magban, ennek és a hőkezelésnek köszönhetően eltérő takarmányértékű mellékterméket eredményez. Tekintettel arra, hogy a gyártás célja elsődlegesen az olaj kinyerése, a nagyobb kapacitású piaci szereplőkről feltételezhető, hogy törekedni fognak az extraháló beállítására, így a melléktermék döntő részben extrahált repcedara lehet. A kisebb üzemekben, helyi présekben azonban túlélhet a hidegen és a melegen sajtoló technológia is.

A nemesítési munkának köszönhetően mára már olyan repcefajták kerültek köztermesztésbe, amelyek alacsony glikozid- és erukasav-tartalmúak. Ezeknek az úgynevezett 00 (dupla nullás) hibrideknek nemcsak az extrahált darája, hanem hidegen sajtolat magas olajtartalmú változata (olajpogácsa)

is felhasználható takarmányozási célokra. A különböző hibridek és fajták glükoszínolát-tartalmában azonban jelentős különbségek adódhatnak. Európában az erukasavmentes, de $25\mu\text{mol/g}$ -nál több glükoszínolátot tartalmazó repcét a 0-s kategóriába, $25\mu\text{mol/g}$ alatti érték esetén pedig 00-ás kategóriába sorolják. Mára kinemesítettek tanninszegény, ún. 000 (tripla nullás) repcét is. Hogy a feldolgozásban milyen arányban fognak szerepelni ezek a kedvezőbb takarmányértékkel rendelkező fajták, ma még kérdéses, ugyanis az erukasav mellett, hogy kiváló kenőtulajdonságokat kölcsönöz a repceolajnak, mint nagy fűtőértékű szerves vegyület, amelynek gyulladáspontja alacsony, cetánszáma pedig magas, értékesebb nyersanyaggá teszi a repceolajat a biodízelgyártás számára.

A 00-s repcefajták térhódításával a korábbi $70\text{--}100\mu\text{mol/g}$ -ról $25\mu\text{mol/g}$ alá csökkent a repcemagok glükoszínolát-tartalma, így ezek extrahált darája az egyszerű gyomrú állatfajoknál is használható fehérjeforrás. Míg korábban a repcedara aránya 1-2 százalékot tett ki a takarmánykeverékekben, úgy napjainkban már 6-8 százalékra nőtt. Mivel a glükoszínoláttól az új fajták sem mentesek teljesen, ezért a repcedara etetése is csak korlátozott mennyiségben, illetve a feldolgozott repcefajta pontos ismerete mellett lehetséges (40. táblázat). Kutatások szerint a késztakarmány $2\text{--}2,4\mu\text{mol/g}$ feletti glükoszínolát-tartalma már negatívan befolyásolja a takarmányfelvételt, a növekedési erélyt és a pajzsmirigy-funkciókat.

Magyarországon a visontai Zöld Olaj BB Zrt.-nél speciális melegpréssel nyerik ki az olajat, amely a visszamaradó olajpogácsa takarmányértékét növeli. A terméket vizsgáló kutatók megállapították, hogy a feldolgozás révén a takarmányérték javult, de a szójadarától még mindig jelentősen elmarad és már a szárazanyagtartalom 10-20 százalékos arányában etetve visszavetette a tejtermelést és rontotta a tej minőségét a teheneknél [Orosz és Tóth, 2010].

40. táblázat

A repcedara etethetősége

Fajok	Bekeverési arány (a takarmány szárazanyag százalékában)		
	Hagyományos repcefajták darái		00 repcék darái
	<i>Ewing</i>	<i>Mavromichalis</i>	<i>Mavromichalis</i>
Kérődzők			
Borjú	5	-	-
Tejelőtehén	25	10-20	20-40
Hízómarha	25	10-20	20-40
Juh	5-20	3	-
Sertés			
Választott malac	0	0	5-10
Növendék malac	2,5	0	5-10
Hízó	5	10	10-20
Koca	2,5	10	10-20
Baromfi			
Napos pike	0	3	3
Brojler	3	3	5-8
Tenyész baromfi	0	5	5-8
Tojó	5	5	5-8

Forrás: Ewing [1998], Mavromichalis [2010].

Az etethetőséggel kapcsolatos külföldi kutatások eredményei és néhány hazai gazdaság tapasztalatai, illetve a hazai állatállomány szerkezete alapján az AKI-ban végzett számítások szerint repcedarából éves szinten legfeljebb 190 ezer tonna körüli mennyiséget lehetne feleltetni Magyarországon. Noha a jelenlegi felhasználás a lehetőségektől elmarad, a hazai magfeldolgozás fejlődése a jövőben a jelenlegi potenciális felhasználásnál is lényegesen nagyobb mennyiség elhelyezését teszi majd szükségessé. A repcedara takarmánycélú felhasználása azonban csak akkor növelhető, ha az emészthetőségét sikerül javítani, illetve ha az állatállomány az elkövetkező években nő. Modellszámításainkból kiindulva **Magyarországon 2020-ig legfeljebb 211 ezer tonnára emelkedhet a repcedara lehetséges takarmányozási célú felhasználása.** Ez a mennyiség elmarad a 2020-ban várhatóan rendelkezésre álló mennyiségtől (300 ezer tonna), ami azt jelenti, hogy – ellentétben a DDGS-sel – **jelentős többlet mennyiség áll majd rendelkezésre, amely biomasszaként helyben, vagy erőművi égetéssel, esetleg biogáz alapanyagként hasznosítható, illetve exportálható.**

A bioüzemanyag-gyártásból származó napraforgódara várható mennyisége elhanyagolható lesz. Az előhántolt magvak darája a szarvasmarhák és baromfifélék takarmányának lehet értékes összetevője.

Az olcsó olajosdarák felhasználásának gazdaságosságát az etethetőség mellett a szójához képest kedvezőtlenebb aminosav szerkezetük (elsősorban az alacsony lizinszint) is befolyásolja. A Kaposvári Egyetem szerint a szója legfeljebb 50 százalékban váltható ki repce- és napraforgódarával, és csak akkor, ha az aminosav egyensúlyt szintetikus aminosavak hozzáadása biztosítja [Babinszky és Tossenberger, 2003]. A szintetikus aminosavak piaci ára dönti el, hogy meddig érdemes elmenni repce- és napraforgódarával a keveréktakarmány-gyártásban.

Az észterezés során a kiindulásul szolgáló növényolaj tömegének 9-10 százalékával meg egyező tömegű glicerint keletkezik melléktermékként. A glicerint a kozmetikai ipar, az élelmiszeripar és a takarmányipar tudja felhasználni, de csak korlátozott mennyiségben, ezért a melléktermék jelentős részét biogázüzemekben hasznosítják energetikai célokra.

A melléktermékek hasznosítása összeurópai szinten fontos kérdés. Már a DG AGRI 2007. évi tanulmánya is utal arra, hogy az olajosmagvak feldolgozásának európai versenyképességét a melléktermékek gazdaságos hasznosítása határozhatja meg, lényegében ezen múlhat, hogy a jövőben milyen mértékben történik a bioüzemanyagok gyártása az Európai Unión belül, vagy más alapanyagtermelő országokban, az USA-ban, Argentínában, Brazíliában [DG AGRI, 2007]. Másfelől, bár a kutatók egyelőre nincsenek közös állásponton és a módszertan vita tárgyát képezi, kétségtelen, hogy a bioüzemanyag-gyártás melléktermékeinek takarmánycélú hasznosítása az indukált környezeti terhelést számottevően csökkentheti, ezért a vezető bioüzemanyag-termelő országokban a közelmúltban publikált elemzések, valamint a jogalkotást előkészítő háttéranyagok többsége hangsúlyosan foglalkozik a problémakörrel.

Magyarországon a CGF, a Szlovákiából importált DDGS és az olajosdarák takarmányként történő felhasználása ma is gyakorlat. A kapcsolódó kutatási publikációk száma azonban viszonylag szerény, továbbá látványosan hiányoznak a különböző melléktermékek együttes etetésének hatását elemző vizsgálatok.

5.3.6. A bioüzemanyagok termelésének és felhasználásának hatása az energiabiztonságra és a környezetre

A bioüzemanyagok termelésének és felhasználásának fenntartható módon kell történnie. Az Európai Parlament és a Tanács 2009. évi irányelve (2009/28/EK) számszerűsíti a bioüzemanyagoktól elvárt üvegházgáz kibocsátás megtakarítás értékét és előírja a környezeti szempontok fokozott figyelembevételét. A termelés és felhasználás hatásvizsgálata azonban az irányelvben megjelenő szempontoknál lényegesen szélesebb körre is kiterjedhet. A célkitűzések szerint a bioüzemanyagok termelésének és felhasználásának úgy kell hozzájárulnia az energiabiztonsághoz és az üvegházgáz kibocsátás globális csökkentéséhez, hogy közben a környezetben károkat ne okozzon. Ezen túlmenően, mivel a bioüzemanyag-gyártás, illetve a bioüzemanyagok jelenleg csak támogatások mellett versenyképesek, ezeket a támogatásokat a társadalom számára akkor lehet elfogadhatóvá tenni, ha a bioüzemanyagok gyártása és felhasználása etikai, szociális és vidékfejlesztési szempontokkal sem ütközik. Az elvárások már az energiabiztonság és a környezeti hatások területén is számtalan vizsgálandó témát jelölnek ki a kutatások számára, közülük néhány fontosabb:

- a bioüzemanyagok energiamérlege;
- a bioüzemanyagok ÜHG mérlege;
- a termelés hatása a talaj termőképességére;
- a termelés hatása a biodiverzitásra;
- a termelés hatása a vízkészletekre.

A vizsgálatokat megnehezíti, hogy egy adott üzemanyagtípus fenntarthatósági mutatóit alapvetően befolyásolhatják a termelés technikai és környezeti körülményei. Az alapanyag előállítása során meghatározó lehet egyebek mellett az alapanyag termelésének technológiája, az elért hozam, az inputok (műtrágyák és növényvédőszer) mennyisége, az azok gyártása során felhasznált energia és a kibocsátott üvegházhatású gázok, a talajtípus, az öntözővíz felhasználása, az üzembe történő szállítás módja és energiaigénye. A feldolgozási szakaszban az alkalmazott technológia, a segédanyagok mennyisége, a melléktermékek mennyisége, hasznosítása és értékelése, továbbá a feldolgozáshoz szükséges energia előállítási módja egyaránt hatással vannak az eredményekre.

A helyzetet jellemzi, hogy az OECD elemzésében, amelynek összeállításához az IEA (*International Energy Agency*) és az EEA (*European Environment Agency*) is segítséget nyújtott, 60 különböző modell, illetve hatásvizsgálat eredményét tudta összevetni [OECD, 2008]. A ÜHG megtakarításra vonatkozó kutatási eredmények a cukornád alapú etanolgyártásnál tűntek a legstabilabbnak, míg a Magyarországot leginkább érintő kukorica alapú etanol és repce alapú biodízel esetében nagy szórás mutatkozott, amit részben az alkalmazott módszertanok és feldolgozáshoz használt energiahordozók változatossága magyaráz.

A bioüzemanyagok környezeti hatásait szintén több forrás feldolgozása segítségével vizsgálta az International Energy Forum (a továbbiakban IEF) kutatóinak csoportja [IEF, 2010]. Az első generációs üzemanyagok felhasználása révén elérhető ÜHG megtakarítást három publikációra hivatkozva közölték (41. táblázat). Látható, hogy az egyes üzemanyag- és alapanyag típusokra megadott tartományok az eltérő technológiák miatt jelentős szórást mutatnak, a három elemzés adataiban mutatkozó esetenként számottevő különbség pedig világosan mutatja az egységes módszertan hiányát. Megjegyzendő, hogy a három forrás egyike sem vádolható a bioüzemanyagok iránti elfogultsággal. A számítások 100 százalék feletti értéket akkor eredményezhetnek, ha a fosszilis üzemanyag ÜHG-kibocsátásán felül is van megtakarítás. Erre példa a cukornád kiperéselt és napon szárított szárának erőművi, fűtőművi hasznosítása. A cukornád alapú etanolgyártás ennek köszönheti kimagasló mutatóit.

41. táblázat

**Az első generációs bioüzemanyagok százalékos
ÜHG megtakarítása eltérő források alapján**

százalék

Megnevezés	Alapanyag	SCOPE 2009		FAO 2008		Gallagher 2008	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Etanol	kukorica	-5	35	-	-	-28	32
	búza	18	90	12	34	12	41
	cukornád	70	100	68	89	32	71
	cukorrépa	35	65	38	59		
Biodízel	repce	20	85	38	59	28	47
	pálmaolaj	8	84	49	84	25	65
	szójabab	-17	110	-	-	8	66
	napraforgó	35	110	-	-	-	-

Megjegyzés: az ÜHG-megtakarítás a bioüzemanyag fosszilis megfelelőjéhez viszonyított megtakarítás. A pálmaolaj esetében egyes erdőirtással termelésbe voont trópusi területeken a mutató -800 százalék vagy még rosszabb.

Forrás: IEF

A második generációs üzemanyagok ÜHG mérlegével a három fenti forrás közül kettő foglalkozott. Az IEF által publikált táblázatot itt erősen leegyszerűsítve közöljük, tekintettel az alapanyagok (elsősorban a cellulóz alapú etanolgyártás alapanyagainak) lényegesen nagyobb változatlanságára (42. táblázat). Ez a változatosság, valamint a technológia körüli bizonytalanság tükröződik a közölt számokban, amelyek ugyan kedvezőbb átlagot adnak, mint az első generációs üzemanyagok mutatói, azonban szórásuk is lényegesen nagyobb.

42. táblázat

**A második generációs bioüzemanyagok százalékos
ÜHG megtakarítása eltérő források alapján**

százalék

Bioüzemanyag	Alapanyag	SCOPE 2009		Gallagher 2008	
		Min.	Max.	Min.	Max.
Cellulóz etanol	változó	10	115	79	90
Fisher-Tropsch biodízel	lignocellulóz	28	200	-	-
	hulladékfa	80	96	92	96
Biometán	trágya	-	-	34	174

Megjegyzés: a bioüzemanyag fosszilis megfelelőjéhez képest mért megtakarítás.

Forrás: IEF

Egy adott bioüzemanyag energiabiztonsághoz való hozzájárulásának egyik fontos mutatója lehet energiamérlege (43. táblázat). A bioüzemanyagok energiamérlegét a számítások túlnyomó többsége pozitívnak ítéli meg. Ugyanakkor, mivel egy energiahordozó előállításáról van szó, a

kukorica alapú etanolgyártásnál általánosan elfogadott és mért 1,3-1,8-as kimenő/bemenő energia-hányados nyilvánvalóan gyenge teljesítmény. Összehasonlításként érdemes megjegyezni, hogy a XX. század közepéig, a könnyen kitermelhető mezőkön a kőolaj kitermelésénél a kinyert energia a befektetett energia közel százszorosa volt, ha a kőolaj saját energiatartalmát csak a kihozatali oldalon számoljuk el. Ez az arány szakértői becslések alapján a globális kitermelés átlagában 2050-ig akár 20-ra, vagy az alá is eshet, mivel a kitermelés egyre bonyolultabb és energiaigényesebb technológiákat fog megkövetelni [Santa Barbara, 2007]. Ha a kőolaj energiatartalma mind a számlálóban, mind a nevezőben megjelenik, továbbá a kőolaj szállítását, a benzin, illetve a gázolaj finomításának, szállításának energiatartalmát is figyelembe vesszük, az energiahányados megközelítőleg 0,8 százaléknak adódik.

Az IEF az OPEC-hez közelálló szervezet, így a vezető termelő országok szemszögéből is rálátása van a bioüzemanyagokra, az energiabiztonságra. A tanulmányban az OPEC véleménye lehet, hogy a bioüzemanyagok és tágabban a megújuló energiaforrások kilátásait övező bizonytalanság kisugárzik a hagyományos energiahordozók piacára is. A jövőbeni kereslet bizonytalanná válhat, ezért a hagyományos olajipari beruházások kockázata nő, így közülük több olyan is halasztható, amelyek a jövőben a globális energiabiztonságot szolgálnák. Így a bioüzemanyagok erőltetett terjesztése az energiabiztonság növelése helyett, annak csökkenése irányába hathat.

43. táblázat

Bioüzemanyagok energiaegyenlege több forrás alapján

Bioüzemanyag	Alapanyag	Energiaegyenleg	
		Minimum	Maximum
Etanol	kukorica	1,3	1,8
	búza	1,2	4,3
	cukornád	2,0	8,3
	cukorrépa	1,2	2,2
	cellulóz	2,6	35,7
Biodízel	repce	1,2	3,7
	pálmaolaj	8,7	9,7
	szójabab	1,4	3,4
	használt sütőolaj	4,9	5,9

Megjegyzés: energiaegyleg alatt a kinyerhető energia és a befektetett fosszilis (hagyományos) energia hányadosa értendő. A cellulóz-etanolra megadott tartomány elméleti számításokon alapul.

Forrás: IEF

A bioüzemanyag-gyártásnak van a gm növényekkel kapcsolatos vonatkozása is. Általánosságban elmondható, hogy a gyártás során a korábban már említett mikotoxinok jelenléte csökkentheti az alkoholkihozataalt. Emiatt és mivel a mikotoxin-tartalom a melléktermékek takarmány-célú hasznosításának gátja lehet, várhatóan a szennyezett alapanyagot a hazai gyártók nem fogják átvenni, ahogy az a nemzetközi példák alapján valószínűsíthető. (Ha a gabonamoslékból kizárólag biogázt állítanak elő (elkerülve a keveredést is), a mikotoxin-tartalom nem játszik szerepet, azonban ilyen technológiájú üzem jelenleg nincs az ismert magyarországi tervezetek között.)

A mikotoxin-tartalom csökkentésére kézenfekvő megoldásként kínálkozik a transzgenikus kukoricavonalak alkalmazása a termelésben. Tanulmányok sora jelent meg arról, hogy a Bt kukoricahibrideknél, amelyek csökkentik a kukoricamoly szemkártételét, rendszerint igen csekély a szemrothadás, így a betakarított termény fumonisin-tartalma lényegesen kisebb, a hagyományos fajták fertőzöttségének kb. 10 százaléka. Németországi vizsgálatok szerint a Bt kukoricahibridek deoxinivalenol-tartalma 45 százaléka, zearalenon-tartalma kevesebb, mint 30 százaléka, míg összes fumonisin-tartalma kevesebb, mint 25 százaléka a hagyományos kukoricáénak. A transzgenikus kukoricavonalak aflatoxin-tartalma is alacsonyabb, jöllehet, a csökkenés nem olyan nagyléptékű, mint a fumonisinok esetében.

A gm növények termesztését – az alacsonyabb mikotoxin-tartalom mellett – a bioüzemanyag-előállítók és beszállítók számára a hozamkiesés kockázatának csökkentése teszi még vonzóvá (különösen, ha figyelembe vesszük, hogy a hazai feldolgozók a termelőkkel hosszútávra szóló szerződéseket szeretnének kötni). Folytak kísérletek magas, 75-77 százalék közötti keményítőtartalmú gm kukoricafajták létrehozására, ezek piaci megjelenése a közeljövőben várható (Magyarországon a 67-73 százalék közötti keményítőtartalmú kukorica kiemelkedőnek számít, az átlag 63 százalék körül van, a szórás igen nagy). Az üzemek számára a megfelelő minőségű alapanyag folyamatos ellátása alapvető fontosságú, hiszen a száraz-örléses bioetanol-gyártás összes költségének 60-70 százaléka az alapanyagköltség.

A fentiek alapján várhatóan az első generációs bioüzemanyag-gyártás elterjedése és a bioüzemanyag célú termelés részesedésének növekedése együtt fog járni azzal, hogy nő az igény a gm növények termesztésének engedélyezése iránt, amivel mind az európai, mind a hazai törvényalkotóknak számolniuk kell.

A környezeti hatások megítélése az egyik legkutatottabb terület világszerte. Komoly kételyek merültek fel annak kapcsán, hogy a bioüzemanyagok alapanyagainak gyártásához szükséges területek lekötése miatt élelmezési és egyéb ipari célokra új területek bevonása válik szükségessé, így jelentős környezeti károk keletkeznek. Egyes elemzések szerint e károk (pl. az üvegházhatású gázok felszabadítása) olyan mértéket ölthetnek, amely a bioüzemanyagok gyártásának környezeti hasznát messze felülmúlja. Az Európai Bizottság a földhasználat közvetett változásáról, amelyet röviden a szakirodalomban az ILUC-nak (*Indirect Land Use Change*) neveznek, 2010 végére ígerte állásfoglalása kialakítását, de a számtalan rendezetlen módszertani kérdés miatt ezt 2011 júliusára halasztották [Európai Bizottság, 2010].

Látva a bioüzemanyagok gyártásának és felhasználásának hatásait vizsgáló kutatási eredmények rendkívüli változatosságát, annak érdekében, hogy a magyarországi helyzetről tiszta képet lehessen alkotni, elkerülhetetlennek látszik, hogy **Magyarország is elvégezze a számításokat egy olyan, a hazai technológiákhoz és adottságokhoz igazodó modellel, amelyet mind a műszaki, mind a környezetvédelmi, mind a mezőgazdasági szakmai közvélemény el tud fogadni.**

A hazai bioüzemanyag-gyártásban egyelőre meghatározó két hazai szereplő, a MOL és a Hungrana erőfeszítéseket tesznek a hatékonyság növelése és a környezet védelme érdekében. Az EU bioüzemanyagokra és folyékony bioenergia-hordozókra előírt fenntarthatósági kritériumának teljesítése, az ÜHG-kibocsátás csökkentése érdekében több fejlesztésük van folyamatban.

A Hungrana által megbízott független szakértő, a Joanneum Research, Forschungsgesellschaft mbH számításai alapján **a cég által előállított bioetanol már 2009-ben is teljesítette az ÜHG-kibocsátás EU direktíva által 2017-re előírt 50 százalékos csökkentését a benzin üzemanyaghoz képest.** Ez annak köszönhető, hogy a szabadegyházai gyárban kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés folyik 80 százalék feletti hatásokkal. A füstgázok hőjének nagy részét hasznosítják, továbbá energiatakarékos szesz- és hígmoslék-bepárlókat helyeztek üzembe. A tervekben már 2009-ben is szerepelt a földgáztüzelésről a biomassza alapú energiatermelésre történő átállítás és a melléktermékek biogázüzemben történő hasznosítása [Magyar, 2009]. A biomassza-kazánokat befogadó üzembrész alapkötetetele 2011 júniusában megtörtént. A beruházás értéke több mint 3 milliárd forint, a kazánok együttes kapacitása 37 MW-ot tesz ki. A beruházásnak köszönhetően évente 50-60 millió m³ földgáz, a korábbi felhasználás mintegy fele lesz megtakarítható.

A MOL a 2007-ben átadott biodízel-üzemének továbbfejlesztését gyárkapun belül és kívül egyaránt a megújuló energiák integrálásával tervezi. A termelés melléktermékeit (glicerint) szintén biogázüzemben kívánják hasznosítani, a biodízelgyártás energiaigényét pedig már ma is részben szélenergiával (71 szélenergia-összesen 127 MW_{el} kapacitással) termelik. A társaság vezető szerepet vállalt egy kutatási konzorciumban, amelynek célja a biodízel újabb generációjának kifejlesztése. Az új technológia révén a jelenleginél szélesebb alapanyagbázisból jobb minőségű biodízel készíthető, amely ráadásul kevesebb melléktermék képződésével jár. Amennyiben a 15 tonna éves kapacitású kísérleti üzem igazolja a számításokat, az új típusú biodízel már 2015-től ipari méretekben lesz termelhető [Rác, 2009].

A dunaföldvári Pannonia Ethanol beruházásának átfogó környezeti hatástanulmánya szintén elérhető [Progressio 2010]. A riport összeállításában közreműködött az Imperial College-hoz kötődő Agra Ceas és a holland ECOFYS, mindkettő több háttér tanulmánnyal segítette már az Európai Bizottság bioüzemanyagokkal kapcsolatos szabályozásának alakítását.

5.3.7. A bioüzemanyagok felhasználása Magyarországon

A bioüzemanyagok felhasználásának terjedése szoros kapcsolatban van a termelést, forgalmazást segítő, ösztönző intézkedésekkel. Magyarországon 2005. január 1-jétől került sor a hagyományos üzemanyagokba kevert bioetanolból előállított ETBE és biodízel jövedékiadó-mentességének bevezetésére, adóvisszatérítés formájában³⁹. Az új adózási szabályok bevezetése előtt nem állítottak elő Magyarországon kereskedelmi mennyiségű bioüzemanyagot. Az ETBE gyártása csak 2005 második felében indult meg a MOL százhalombattai üzemében, ennek eredményeként 2005-ben 3,3 ezer, 2006-ban már 14 ezer tonna bioetanol került ETBE formájában a benzinbe. A biodízel esetében az adókedvezmény nem biztosította a termelés versenyképességét, így a biodízel bevezetése ekkor még minimális volt. Energiatartalomra vetítve a bioüzemanyagok hazai felhasználásának aránya 2005-ben 0,07 százalékot, 2006-ban 0,28 százalékot ért el (44. táblázat).

³⁹ Mivel mindkét bioüzemanyag ásványolaj-származékokkal keverve került felhasználásra, a jövedékiadó-visszatérítés a keverékeknek csak a bioüzemanyag alkotórészére vonatkozott. Ezen kívül a jövedékiadó-visszatérítés – a szabványoknak megfelelően – az előállított végső keverék legfeljebb 5 térfogatszázalékát érthette a biodízel, illetve legfeljebb 15 térfogatszázalékát az ETBE esetében. A bioetanol adóját csak az ETBE alkotóelemeként lehetett visszaigényelni, azaz csak a keverékben található ETBE 47 százaléka után járt, ami megfelel az utóbbi bioüzemanyag-tartalmának. Az adóvisszatérítés bármely üzemanyagra vonatkozott, függetlenül a származási országtól. A visszatérítés összege a forgalomba hozott biodízellel 85 forintot tett ki literenként (ami az 5 százalékos keverékben legfeljebb 4,30 forint/liter), míg a bioetanolra literenként 103,50 forintban állapították meg (ami a keverékben csak ETBE formájában legfeljebb 7,30 forint/liter).

**A biokomponensek részaránya az üzemanyagokban Magyarországon
(2005-2006)**

Megnevezés	2005		2006	
	ezer tonna	PJ	ezer tonna	PJ
Motorikus benzin	1 462	61	1 550	65
Motorikus gázolaj	2 475	104	2 710	114
Összesen	3 937	165	4 260	179
ETBE 47%-a*	3,3	0,12	14	0,49
Biodízel	0	0	0,4	0,014
Bioüzemanyag arány, %	0,08	0,07	0,34	0,28

* Az előírásoknak megfelelő bioüzemanyag-hányad teljesítéséhez a MOL a motorbenzint ETBE-vel és bioetanolal elegyíti. Az ETBE 47 százalékát teszi ki a bioetanol-komponens, a többi izobutilén.

Forrás: Tagállami jelentések a bioüzemanyagokra vonatkozó 2003/30/EK irányelv végrehajtásáról
(http://ec.europa.eu/energy/res/legislation/biofuels_members_states_en.htm)

A bioüzemanyagok adómentességét a bioetanolnál 2007. július 1-jétől, a biodízelnél 2008. január 1-jétől a jövedéki adó differenciálása váltotta fel. Eszerint, ha a forgalomba hozott üzemanyag-keverék biokomponens-tartalma (közvetlen bekeverésű bioetanol, ETBE vagy biodízel) elérte a 4,4 térfogatszázalékot, a fizetendő jövedéki adó alacsonyabb volt, ellenkező esetben többletadót kellett fizetni⁴⁰. Ennek következtében a *MOL*, valamint a többi üzemanyag-forgalmazó 2008-tól csak 4,4 térfogatszázalék biokomponens-tartalmú üzemanyagot kínált a töltőállomásokon.

2009. július 1-jétől bevezetésre került az üzemanyagok jelenleg is érvényes kötelező bioüzemanyag-részaránya, amelynek számításánál a havonta forgalomba hozott bioüzemanyagnak a motorbenzin energiatartalomban kifejezett 3,1 százalékát, a gázolaj esetében 4,4 százalékát kell elérnie, ellenkező esetben a forgalmazót szankcióval sújtják. A bioüzemanyag-részarány számításánál a forgalmazók nem vehetik figyelembe azt az üzemanyagot vagy bioüzemanyagot, amire a biotartalomra tekintettel a jövedéki adót elengedték, vagyis az adómentesen forgalomba hozott E85 nem számít bele a teljesítésükbe. A 2010-ben elfogadott Bioüzemanyag törvény (Büat, 2010. évi CXVII. törvény) alapján 2011-től a kötelező bioüzemanyag-részarány kizárólag igazoltan fenntartható módon előállított bioüzemanyagokkal teljesíthető, illetve az egyes bioüzemanyagok adókedvezménye csak ebben az esetben érvényesíthető.

Magyarországon az Unió felé történő elszámolás szerint 2009-ben 78 ezer tonna bioetanol, valamint 139 ezer tonna biodízelt hoztak forgalomba üzemanyag keverékekben vagy tisztán (E85). Ez energiatartalomban kifejezve a bioetanol esetében 3,1 százalékot, a biodízelnél 4,1 százalékot, míg együttesen 3,74 százalékot tett ki (45. táblázat).

⁴⁰ Az adókedvezmény mértéke a 4,4 térfogatszázalék bioetanol tartalmú üzemanyag esetében literenként 8,30 forint, majd 2008. január 1-jétől 4,80 forint, míg a 4,4 térfogatszázalék biodízel összetevőt tartalmazó gázolajnál 3,90 forint volt. E szabályozással az adóvisszatérítési konstrukciót az osztrák modellhez hasonló jövedékiadó-differenciálás váltotta fel, amely a környezetbarát összetevőt nem tartalmazó hajtóanyagot „büntető adóval” sújtotta. Az adódifferenciálás a környezetet jobban kímélő üzemanyagok javára azonban nem jelentett adócsökkentést: a biológiai eredetű üzemanyagok adómentessége megszűnt, így csaknem valamennyi üzemanyagfajta (beleértve a bioösszetevőt tartalmazó üzemanyagot is) jövedéki adója emelkedett. A szabályozást tehát úgy alakították ki, hogy az ország költségvetése számára ne jelentsen többletterhet.

**A biokomponensek részaránya az üzemanyagokban Magyarországon
(2007-2009)**

Megnevezés	2007			2008			2009		
	ezer hl	ezer t	PJ	ezer hl	ezer t	PJ	ezer hl	ezer t	PJ
Motorikus benzin	21 033	1 590	66,8	20 833	1 635	70,3	20 256	1 590	68,4
Motorikus gázolaj	33 245	2 795	117,4	34 691	2 931	126,1	34 545	2 919	125,5
Összesen			184,2			196,4			193,9
Bioetanol	540,2	42,6	1,13	920,2	73,1	1,97	987,4	78,4	2,1
Biodízel	23,8	2,1	0,08	1 507,1	133,1	4,92	1 578,1	139,4	5,2
Bioetanol arány, %	2,57	2,68	1,69	4,42	4,47	2,80	4,87	4,93	3,07
Biodízel arány, %	0,07	0,07	0,07	4,34	4,54	3,91	4,57	4,77	4,10
Bioüzemanyag arány, %			0,66			3,51			3,74

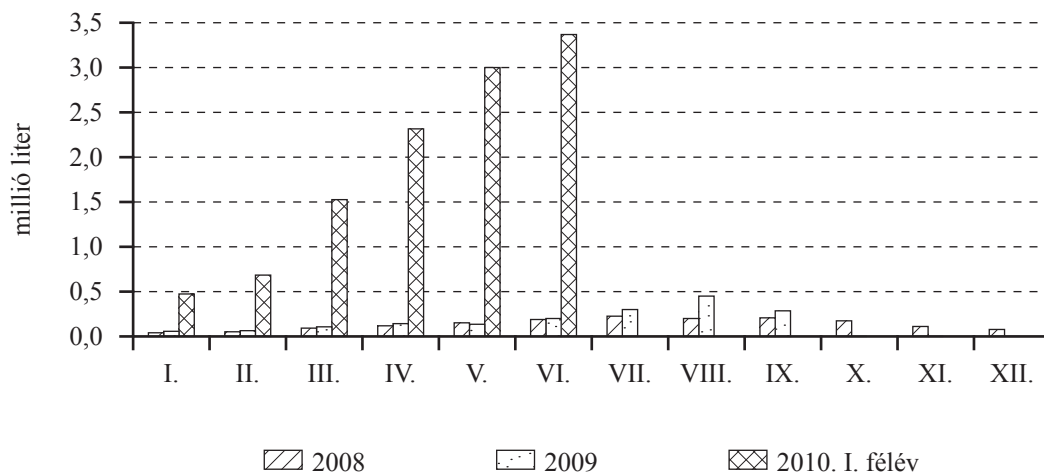
Forrás: Tagállami jelentések a bioüzemanyagokra vonatkozó 2003/30/EK irányelv végrehajtásáról
(http://ec.europa.eu/energy/res/legislation/biofuels_members_states_en.htm)

Az E85-ös üzemanyagra 2006-ban vezették be a nemzeti szabványt, és az értékesítés előmozdítása érdekében az E85 bioetanol része 2007. január 1-jétől mentesült a jövedéki adó alól. A jelenlegi jövedékiadó-mentesség 2012. december 31-ig maradhat hatályban, ugyanis az energiaadózási irányelv (2003/96/EK) szerint legfeljebb hat egymást követő évben alkalmazható a kedvezmény. Ezt az időszakot azonban meg lehet újítani. Az E85 bioetanol 2011-ben a jövedéki adó hatálya alá került, az adó mértéke literenként 40 foint.

Az E85 árusítását független töltőállomások kezdték meg 2007-ben. Az E85-ös üzemanyagot 2008-ban 38, 2009-ben 43, 2010-ben már 269, 2011-ben már 400 töltőállomás árusította, és ezzel az ország összes megyéjére kiterjedt a forgalmazása. A jövedékiadó-mentességnek köszönhetően az E85 jelentős – átlagosan 100 forint – árelőnyt élvez a benzinnel szemben. Az E85 tankolásával így kb. 15 százalékos költségmegtakarítás érhető el, ha figyelembe vesszük, hogy a bioetanol fajlagosan kisebb fűtőértéke miatt a fogyasztás E85 tankolása esetén mintegy 20 százalékkal nő. Az elérhetőség javulásának és az alacsonyabb áraknak köszönhetően az E85 eladásai évről évre nőnek: 2008-ban 1,64 millió, 2009-ben 1,74 millió, 2010 első félévében 11,4 millió litert értékesítettek (18. ábra).

Az E85 használata a hidegindítási problémák miatt télen visszaesik, ám tavasztól ősziig egyre több fogy belőle. Becslések szerint a hazai autópark kb. 10 százaléka használ magas bioetanol-tartalmú üzemanyagot, ebből azonban csak mintegy 300 darab lehet gyári *flex-fuel* motoros, a többi utólagosan átalakított, vagy átalakítás nélküli, az E85-ös üzemanyagot benzinnel keverve használó jármű. A hidegindítási problémák ez utóbbi, átalakítás nélküli járműveknél jelentkeznek, mivel a korszerű átalakító elektronikák rendelkeznek hidegindítási programmal.

Az E85-ös üzemanyag értékesítése Magyarországon



Forrás: VPOP

5.3.8. A közlekedés várható energiaigénye és a 2020. évi célok eléréséhez szükséges bioüzemanyag-mennyiség

Magyarország cselekvési terve az ország teljes bruttó energiafogyasztását – az energiahatékonyság várható javulását is figyelembe véve – 19 644 ktoe körül valószínűsíti 2020-ban. Ebből a közlekedés energiaigénye 5 349 ktoe, aminek 10 százalékát, 535 ktoe-t kell megújuló energiával helyettesíteni. Az irányelv szabad kezet ad a tagállamoknak, hogy az összességében 10 százalékos megújuló energia részarányt a közlekedésben milyen bioüzemanyag arányok mellett teljesítik.

A közlekedésben a megújuló energiák várható összetétele Magyarországon 2020-ban energiatartalom alapján számítva 56,8 százalék bioetanol, 37,8 százalék biodízel, 4,5 százalék megújuló energiaforrásból előállított elektromos energia (ebből 0,4 százalékpont a közúti közlekedésben kerül felhasználásra), 0,9 százalék egyéb bioüzemanyag, elsősorban a tömegközlekedésben és a hulladék-szállításban felhasznált biogáz lesz (46. táblázat).

46. táblázat

A megújuló forrásból származó energiák a közlekedésben (2005-2020)

ktoe

Megnevezés	2005	2010	2015	2020	Megoszlás, 2020 (%)
Bioetanol/ETBE	5	34	106	304	56,8
Biodízel	0	110	144	202	37,8
Hidrogén	0	0	0	0	0,0
Megújuló energiaforrásból előállított elektromos energia (közút)	0	0	0	2	0,4
Megújuló energiaforrásból előállított elektromos energia (egyéb)	0	6	15	22	4,1
Egyéb (biogáz)	0	0	1	5	0,9
Összesen	5	150	266	535	100,0

Forrás: Magyarország megújuló energia hasznosítási cselekvési terve

A 2020. évi célok teljesítéséhez szükséges bioetanol mennyisége 475 ezer tonna, a biodízelé 230 ezer tonna körül várható. A bioetanol teljes mennyisége első generációs bioüzemanyag lesz, míg a biodízeltől 205 ezer tonna első generációs, 25 ezer tonna hulladékokból (állati zsírokból, használt sütőolajból) származhat. (Ez a mennyiség a megújuló irányelv 21. cikk 2. bekezdésének megfelelő bioüzemanyag.) **A tervek szerint mind a bioetanol, mind a biodízel teljes mennyisége hazai alapanyagokból, itthon fog készülni,** tehát behozatalt nem tervez Magyarország. (Jelenleg a nemzeti olajtársaság importál bioetanol Szlovákiából.)

A tervezett bioetanol előállításával valamivel több, mint 1,5 millió tonna kukoricát igényel; ez 240 ezer hektáron termelhető meg. A szükséges feldolgozó-kapacitások egy része már rendelkezésre áll (Hungara 135 ezer tonna), illetve jelenleg építés alatt van (Pannonia Ethanol, Dunaföldvár 160 ezer tonna). Mindezen felül azonban még **170-180 ezer tonna pótlólagos feldolgozó-kapacitásra szükség lesz.**

A tervezett első generációs biodízelmennyiség előállításához több mint 500 ezer tonna repcemagot kell felhasználni; ezt a jelenlegi hozamok mellett megközelítőleg 250 ezer hektáron lehetne megtermelni. A szükséges biodízel előállításához **csak részben áll rendelkezésre az észterező-kapacitás** (190 ezer tonna), így a MOL által megkezdett *pilot* projekt továbbfejlesztésére szükség lesz. A MOL új üzeme – ami a hírek szerint a metil-észternél tisztább égésű szénhidrogéneket fog előállítani különböző növényi olajokból, állati zsírokból, használt sütőolajból – várhatóan 2015-ben kezdheti meg működését. Kapacitása egyelőre nem publikus, néhány százezer tonna is lehet.

A 2020-ban tervezett bioüzemanyag-felhasználást a várható benzin- és dízelfelhasználás mennyiségével összevetve feltételezhető, hogy a tervben szereplő bioetanol mennyisége energiaszázálekban kifejezve mintegy 16 százalékos bekeveréssel lenne egyenértékű, míg ugyanez a biodízel esetében csak 6 százaléék körülínek adódik. **Ez azt jelenti, hogy komoly lépéseket kell tenni a magas bioetanol-tartalmú (E85) üzemanyagok szélesebb körű elterjesztése terén.** A nagy mennyiségű bioüzemanyag tiszta vagy magas koncentrációban való felhasználása a járműbeszerzés, üzemanyag-ellátás, ÜHG-megtakarítás szempontjából leghatékonyabban a tömegközlekedés fejlesztésével érhető el.

A cselekvési terv részletezi a célkitűzések eléréséhez tervezett további intézkedéseket is:

- Továbbra is fennmarad az E85 bioetanol-tartalma, valamint a jelenleg csak szűk körben alkalmazott biodízel jövedékiadó-mentessége;
- Támogatásra számíthatnak a nyersszesz- és nyersolaj-előállító kisüzemek, valamint az egyéb, a megújuló energiahordozók felhasználását elősegítő beruházások;
- A célok eléréséhez, az olcsóbb, és a környezetet kevésbé terhelő bioüzemanyagok előállítására érdekében preferálják az új generációs bioüzemanyag-technológiákhoz kapcsolódó kutatás-fejlesztést;
- A bioüzemanyagok mellett fontos az alternatív üzemanyagok, az elektromos és hidrogén alapú hajtások elterjesztése, valamint az ehhez szükséges infrastrukturális háttér, pl. töltőhálózat kiépítése, pénzügyi támogatása.

5.3.9. Magyarország bioüzemanyag külkereskedelme

A bioüzemanyagok nagyobb volumenű termelése és felhasználása csak a közelmúltban indult el Magyarországon, ezért a korábbi években a külkereskedelmük sem volt igazán jelentős. A bioüzemanyagok külkereskedelmének nyomkövetését megnehezítik a jelenleg hatályos külkereskedelmi nomenklatúra hiányosságai és az adatvédelmi szabályok. Egyrészt a bioetanol külkereskedelme két vámtarifaszám alatt (nem denaturált és denaturált etil-alkohol) folyik, ráadásul a meg-

nevezések alapján nem lehet elkülöníteni, hogy a szóban forgó termékeket üzemanyagként vagy egyéb célra hasznosítják. Másrészt a bioüzemanyagok kereskedelmét csak néhány gazdasági szervezet bonyolítja, az adatszolgáltatók száma kevés, ebből adódóan az adatok egy része, pl. 2008-ban a denaturált és nem denaturált etil-alkohol kivitele, illetve a biodízel alapanyagát jelentő ipari vagy műszaki célra szolgáló növényolajok behozatala védettséget élvez. A biodízel csak 2008-tól rendelkezik önálló vámtarifaszámmal, így külkereskedelmi forgalma csak ettől az évtől vizsgálható, ami számunkra kevésbé okoz gondot, hiszen nálunk a biodízel előállítás és hajtóanyagokban való alkalmazása ezt megelőzően nem volt jellemző.

A nem denaturált etil-alkohol importja 2005 és 2009 között évente 3-8 ezer tonna volt. A denaturált etil-alkohol behozatala csak 2009-től vált jelentőssé, ekkor 35,8 ezer tonnát tett ki (47. táblázat). A nem denaturált etil-alkohol importja diverzifikált, 2009-ben összesen 13 országból származott, legnagyobb szállítói Ukrajna, Pakisztán, Brazília, Szlovákia és Horvátország voltak. A denaturált alkohol 99 százaléka egyetlen országból, Szlovákiából, a MOL beszerzési tenderén nyertes bioetanol-gyártótól érkezett. A biodízel importja csupán 2009-ben volt néhány ezer tonna, ennek 90 százalékát Németországból vásároltuk.

A kétféle etil-alkohol közül elsősorban a nem denaturált alkoholt exportáljuk, kivitele 2005 és 2007 között 5-10 ezer tonna körül mozgott. A legfőbb piaca Svájc volt, de jutott belőle Ausztriába, Olaszországba, Szlovéniába, és 2006-ban Németországba, valamint Svédországba is. A 2008-as adat védett. A nem denaturált etil-alkohol exportja 2009-ben az előző évekhez képest megugrott, és 111 ezer tonnát ért el. Felvevőpiacai elsősorban Németország (56 százalék), Lengyelország (15 százalék) és Románia (15 százalék) voltak. A biodízel kivitele az új kapacitások üzembe helyezését követően 2009-ben az előző évhez képest megduplázódott, és meghaladta a 35 ezer tonnát. A biodízelexport egyetlen célországa Szlovákia volt.

47. táblázat

Magyarország bioüzemanyag-külkereskedelme

tonna

Megnevezés	2005	2006	2007	2008	2009
IMPORT					
220710 Nem denaturált etil-alkohol (legalább 80 tf%)	3 182	7 143	5 062	6 072	8 134
220720 Etil-alkohol és más szesz denaturálva, bármilyen alkoholtartalommal	42	23	0	0	35 845
38249091 Zsírsav-monoalkil-észter (FAME)	na.	na.	na.	103	5 912
EXPORT					
220710 Nem denaturált etil-alkohol (legalább 80 tf%)	6 352	11 760	5 075	védett adat	111 087
220720 Etil-alkohol és más szesz denaturálva, bármilyen alkoholtartalommal	898	3 825	0,07	védett adat	7 621
38249091 Zsírsav-monoalkil-észter (FAME)	na.	na.	na.	14 975	35 858

Megjegyzés: a biodízel a 2008. évtől rendelkezik önálló vámtarifaszámmal.

Forrás: KSH Tájékoztatási adatbázis

5.3.10. A bioetanol regionális piacának elemzése

Magyarország több kukoricát és búzát termel, mint amit az élelmezésben, takarmányozásban, valamint ipari célokra felhasznál, ezért a maradékot alapanyagként viszi exportra.

A Pannonia Ethanol Zrt. Dunaföldváron épülő. bioetanol-üzemének megvalósíthatósági tanulmányában az Agra Ceas nemzetközi összehasonlításban elemezte a magyarországi bioetanol-előállítás versenyképességét. Az elemzésben a 2004 és 2008 közötti időszak átlagaként adódó viszonylag alacsony alapanyagárak szerepelnek, a költségek jelenleg magasabbak, ettől függetlenül azonban a termékpályákat jellemző költségek és bevételek, illetve a termékpályák közötti eltérések világosan kirajzolódnak. (A kalkulációk az amortizációs költségekkel nem számolnak.) A megadott adatok alapján a magyarországi kukoricára alapozott bioetanolgyártás európai összevetésben versenyképesnek ítéltető (48. táblázat).

48. táblázat

**A bioetanol termelési költségei és bevételei nemzetközi összehasonlításban
(a 2004/2005-2008/2009 gazdasági évek átlagában)**

Megnevezés	Magyarország	EU (Észak-Nyugat)			Brazília
	Kukorica	Búza	Cukorrépa	Kukorica	Cukornád
Alapanyagigény (t/m ³)	2,49	2,79	10,00	2,53	12,12
Alapanyag ára (EUR/t)	122,32	148,14	24,36	95,69	12,57
Alapanyag költség (EUR/m³)	304,58	413,33	243,55	242,29	152,30
Feldolgozás, munkabér és egyéb költségek (EUR/m³)	31,73	98,59	98,60	55,42	52,21
Gázfelhasználás (MBTu/m ³)	8,91	10,06	11,28	9,26	-
Gázár (EUR/MBTu)	9,49	6,81	6,27	6,12	-
Gáz költség (EUR/m ³)	84,53	68,51	70,72	56,71	-
Elektr. en. felhasználás (MWh/m ³)	0,20	0,25	0,30	0,20	-
Elektr. en. ára (EUR/MWh)	109,74	47,02	47,02	44,71	-
Elektr. en. költség (EUR/m ³)	21,51	11,76	14,11	8,76	-
Energia költség (EUR/m³)	106,04	80,26	84,83	65,47	-
Működési költség (EUR/m³)	137,77	178,85	183,43	120,89	52,21
Bruttó termelési költség (EUR/m³)	442,35	592,18	426,98	363,18	204,51
Melléktermék együttható (melléktermék/alapanyag)	0,33	0,34	0,06	0,38	-
DDGS ár (EUR/t)	140,67	170,36	144,47	75,30	-
DDGS bevétel (EUR/m ³)	116,64	163,04	86,66	72,45	-
Vinasz (melasz) bevétel (EUR/m ³)	-	-	-	-	5,95
Összes melléktermék bevétel (EUR/m³)	116,64	163,04	86,66	72,45	5,95
Nettó termelési költség (EUR/m³)	325,71	429,14	340,32	290,72	198,56

Megjegyzés: 2004 és 2008 közötti átlagos alapanyagárak, további adatok iparági, szakértői információk alapján, a tervezett *Fagen* technológia figyelembe vételével.

Forrás: Agra Ceas in Progressio [2010].

Amennyiben a termelés volumene a hazai keresletet meghaladná, a jelenlegi szállítási költségek és vámok mellett az *Agra Ceas* elemzői a **Magyarországon előállított bioetanol külhoni értékesítésére is látnak lehetőséget** (49. táblázat).

49. táblázat

A bioetanol-előállítás költségeinek nemzetközi összehasonlítása

EUR/m³

Megnevezés	Magyarország	EU (Észak-Nyugat)		USA	Brazília
	Kukorica	Búza	Cukorrépa	Kukorica	Cukornád
Nettó termelési költség	325,71	429,14	340,32	290,72	198,56
Szállítási költség	27,65	13,82	13,82	32,33	43,11
Import vám*	-	-	-	192,00	192,00
CIF Rotterdam, vám fizetve	353,36	442,97	354,14	515,06	433,67

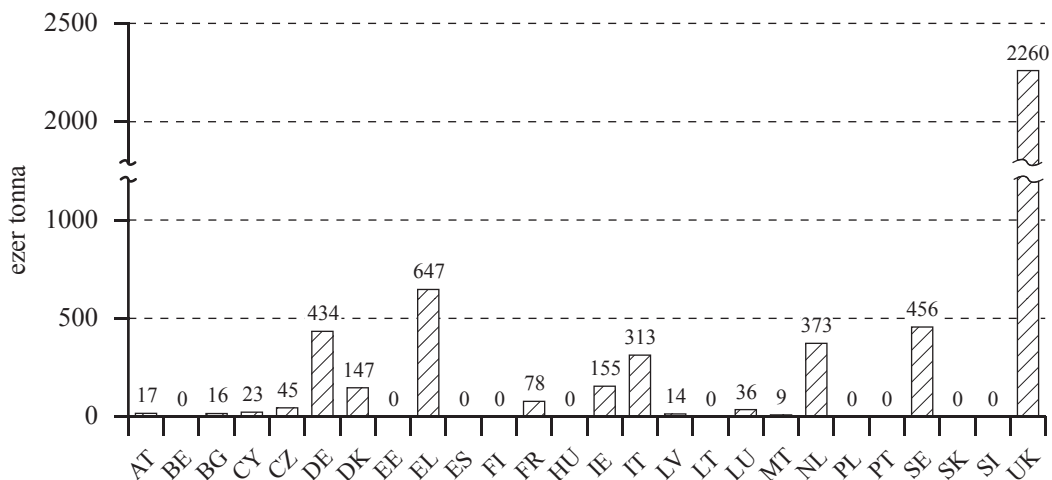
* Nem denaturált etil-alkohol vámtarifája.

Forrás: Agra Ceas in Progressio [2010].

Tekintettel arra, hogy a bioetanolnál a legolcsóbb szállítási mód, a rendelkezésre álló hagyományos csővezetékes szállítás nem alkalmazható, a bioetanolgyárak földrajzi elhelyezkedése alapvetően meghatározza az értékesítés gazdaságosságát. Bai [2009b] gyűjtése szerint a tengeri szállítás költsége 0,05 cEUR/tkm, a folyami hajózásé 2,5 cEUR/tkm, a vasúté 5 cEUR/tkm, míg a közúti szállításé 7 cEUR/tkm. Ezek az adatok jelzik külpiaci értékesítési lehetőségeink korlátait.

Noha a cselekvési tervek adatai alapján az EU 26 tagállamának 2020-ban várható importigénye bioetanolból 5 millió tonna körül alakulhat, a legnagyobb importigénnyel a tőlünk távolabb elhelyezkedő tagállamok jelentkezhetnek: pl. Egyesült Királyság, Görögország, Svédország, Németország, Hollandia (19. ábra). A bioetanol esetében kapacitásokból is hiány mutatkozik, a 2010. évi (már megvalósult és tervezett gyárak) kapacitásai 4 millió tonnával térnek el a 2020-ban várható igényektől a 26 tagállam adatai alapján. Ebből adódóan az import lehet késztermék, de az üzemek kapacitás-kihasználása érdekében alapanyag is. (Itt megjegyzendő, hogy a kapacitáshiány nagyobb is lehet, mivel az etanolgyárak egy része nem csak üzemanyagcélú etanoltermelést folytat.)

A tagállamok várható bioetanol-importja 2020-ban



Forrás: Tagállamok megújuló energia hasznosítási cselekvési tervei

A földrajzi helyzetünkől adódó logisztikai hátrányunk miatt elsősorban a közép-kelet-európai régió bioetanol-piacát érdemes vizsgálnunk (50. táblázat). Ezek az országok nem rendelkeznek tengeri kikötővel, illetve nagy kiterjedésűek (pl. Lengyelország), ezért a tengertől távol fekvő területei vannak. Első ránézésre az ezekbe az országokba irányuló export lehetősége viszonylag szűk, a meglevő kapacitások összességében csak 90 ezer tonnával alacsonyabbak a 2020-ban várható bioetanol igénynél. Itt azonban azt is figyelembe kell venni, hogy pl. Lengyelországban a működő tíz üzemből nyolc nem csak üzemanyag célra termel, de hasonló a helyzet Csehországban és Szlovákiában is. Ausztriában és Csehországban a kapacitások ugyan meghaladják a bioüzemanyagok felhasználását, mégis importőrként lépnek fel, így vélhetően exportálnak is, és 2020. évi importjuk várhatóan 60 ezer tonna körül alakul. A kapacitások eloszlása szintén eltér az igényekétől, pl. Lengyelországban mintegy 250 ezer tonna kapacitáshiány mutatkozik. Ennél fogva a közép-kelet-európai országokba az általuk importigényként megadott 60 ezer tonnánál több bioetanol is elhelyezhetőnek tűnik. Ez azonban függ a régiós és hazai kapacitások fejlődésétől, valamint az üzemanyag-forgalmazók régiós tevékenységétől is.

Emellett az Agra Ceas számításaiból és a 2009. évi exportadatokból kiindulva valamennyi bioetanol Németországba, illetve Hollandiába is kerülhet. A második generációs technológiák megjelenése a tagállamok importigényeit felülírhatja, ám gyors ütemű elterjedésükre jelenleg nem számíthatunk. **Az első generációs bioetanolgyárak az új technológiára átválthatók, így az újonnan beüzemelő kapacitásokkal szemben előnyben lesznek.**

50. táblázat

A közép-kelet-európai országok bioetanol-piacának jellemzői

ezer tonna

Megnevezés	Felhasználás		Kapacitás	Termelés	Import	
	2010	2020	2010	2009	2010	2020
Ausztria	84	125	190	142	22	17
Csehország*	78	200	213	89	27	45
Szlovákia*	23	117	109	93	0	0
Lengyelország*	436	705	546	131	0	0
Magyarország	53	475	295	119	0	0
KK-Európa (Magyarország nélkül)	622	1 147	1 058	456	48	63
EU-26	4 370	11 138	7 113	2 925	1 223	5 027

A *-gal jelölt tagállamok etanolüzemei nem csak üzemanyag célra termelnek.

Forrás: Tagállamok megújuló energia hasznosítási cselekvési tervei és European Bioethanol Fuel Association (Ebio).

Összefoglalás

1. Magyarország összes biomassza-készlete 350-360 millió tonnára tehető. Ebből mintegy 105-110 millió tonna elsődleges (növényi) biomassza évente újratermelődik, az energiaszektor azonban ennek mindössze 3 százalékát használja fel. A megújuló energia 2007-ben Magyarország primer energiafelhasználásából 4,9 százalékkal (54,8 PJ), míg 2008-ban – becslések szerint – 5,3 százalékkal részesedett. A megújuló energiaforrások nagyobb része, 65 százaléka a hőtermelésben, 33 százaléka a villamosenergia-termelésben, a fennmaradó hányad pedig a bioüzemanyag-gyártásban hasznosult 2007-ben.
2. Az Európai Unió Megújuló Energia Irányelve (2009/28/EK irányelv) értelmében a tagállamoknak 2020-ig átlagosan 20 százalékra kell emelniük a megújuló energia részesedését a végső energiafelhasználásban. Ennek eléréséhez az egyes tagállamoknak a saját környezeti adottságaikkal és egyéb lehetőségeikkel összhangban kitűzött nemzeti célértékeket kell teljesíteniük. Magyarország 2010 decemberében elfogadott cselekvési terve 2020-ra a megújuló energia 14,6 százalékos részarányát célozza meg a teljes bruttó energiafogyasztásban.
3. A hőenergia szilárd biomasszából előállított mennyisége az EU-ban dinamikusan nőtt az elmúlt egy-másfél évtizedben. A legtöbb tagállamban már az 1990-es évek óta különféle támogatási rendszerekkel ösztönzik a biomasszára alapozott hőtermelést és a többség a jövőben is elsősorban a közvetlen eltüzeléssel előállított hőenergia részarányának növelésében lát lehetőséget az előírt célértékek költséghatékony teljesítésére.
4. Míg a legtöbb tagállamban elsősorban a víz- és szélerőművek termelnek zöldáramot, addig Magyarországon a szilárd biomassza eltüzelésével nyert villamos energia adja a megújuló energiaforrásból előállított áram döntő részét. A hazai erőművek alacsony hatásfoka miatt azonban a zöldáram mindössze néhány százalékkal részesedik az összes villamosenergia-termelésből. Ebből adódóan – a szél- és vízenergia-hasznosítás felfutásának csekély valószínűsége miatt – a rendelkezésre álló biomassza hatékonyabb felhasználása érdekében. a rendelkezésre álló biomassza hatékonyabb felhasználása érdekében a jövőben elengedhetetlen lesz az erőművek hatásfokának a növelése, illetve az elavult technológiával üzemelők kiváltása.
5. Magyarországon a cselekvési terv értelmében a zöldáram kötelező átvételének rendszere (KÁT) 2011-ben átalakításra kerül. Az új rendszer alapja várhatóan továbbra is a garantált átvételi ár lesz, azonban az átvethető mennyiséget várhatóan kvótarendszer keretében maximalizálják. A jövőben a kisebb üzemek is kapcsolódhatnak, ugyanakkor ezeknek a régi KÁT által előírtnál magasabb összehatásfokkal kell működniük. A Nemzeti Fejlesztési Minisztérium az új KÁT hatályát a zöldáram mellett kiterjesztené a megújuló energiaforrásból nyert hőre is, míg a földgázalapú kapcsolt áramtermelés támogatását előreláthatóan megszüntetik.
6. A megújuló energiaforrások 14,6 százalékos részarányának eléréséhez az országnak mintegy 8 millió tonna közvetlenül eltüzelhető szilárd biomasszára lehet szüksége 2020-ban. Szakértői becslések, illetve az Agrárgazdasági Kutató Intézetben készült számítások szerint biomasszából – az erdőgazdálkodásból származó termékek és melléktermékek, illetve a még alig hasznosított mezőgazdasági melléktermékek formájában – jelenleg is rendelkezésre áll e mennyiség, energianövények telepítésére tehát legfeljebb lokális megfontolásokból lehet szükség.
7. Az energiaárak folyamatos emelkedése miatt a nagy energiaigényű üzemeket ellátó biomassza-erőművek mellett egyre több kisebb, önkormányzati épületek vagy feldolgozó-, illetve termelőüzemek hőellátását szolgáló erőmű, továbbá falufűtőmű átadása valószínűsíthető a jövőben.
8. Magyarországon előreláthatóan a jövőben is a szilárd biomassza lesz a legnagyobb arányban hasznosított megújuló energiaforrás. Középtávon mind a lakossági, mind az ipari felhasználók körében a biomassza iránti kereslet dinamikus növekedésével lehet számolni. Az ország fenn-

tartható módon energetikai célokra fordítható biomasszának egyelőre alig egynegyedét hasznosítja, ezért reálisnak tűnik, hogy a biomassza-szükségletet a jövőben is a saját erőforrásból tudja fedezni. Elkerülhetetlen azonban a rendelkezésre álló alapanyagok fenntartható, ugyanakkor a jelenleginél magasabb határfokon történő felhasználása.

9. A biogáz-előállítás célja az energiatermelés mellett a szerves eredetű hulladékok, melléktermékek kezelése, semlegesítése, hasznosítása, továbbá az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátásának csökkentése. E környezetvédelmi funkcióktól nem lehet eltekinteni. A villamosenergia-termelésre alkalmazott biogáz-technológia energetikai hatékonysága (36 százalék) megközelíti a biomasszára alapozott erőművéké (20-30 százalék).
10. A környezeti szempontokon túl a biogáz előnye, hogy rugalmasan hasznosítható megújuló energiaforrás, amely gázipari technológiával tárolható. A biogázból helyben villamos energia és/vagy hőenergia nyerhető, a közeli felhasználókhoz vezetéken eljuttatható, hajtóanyagként hasznosítható, illetve földgázminőségre történő tisztítását követően bevezethető a földgázhálózatba.
11. Egy mezőgazdasági nyersanyagokra alapozott biogázüzem létesítésének legfontosabb szempontja a logisztikai háttér és az alapanyag beszerzésének optimalizálása. Általánosságban elmondható, hogy a csupán hítrágyára/szervestrágyára alapozott biogáz-előállítás nem jellemző sem Magyarországon, sem más EU tagállamban. Biológiai szempontból a hatékony fermentációhoz és biogáz-termeléshez szükséges C/N arány többféle növényi és állati eredetű alapanyag keverékével biztosítható. A biogáz-előállítás általában annál gazdaságosabb, minél nagyobb arányban használ fel az üzem saját szerves melléktermékeket és/vagy hulladékokat, és ezek a szükséges mennyiségben folyamatosan rendelkezésre is állnak.
12. A biogáz előállításakor nagymennyiségű lebontási maradék keletkezik. Az üzemek tervezésénél – az alapanyag-ellátás mellett – számolni kell ennek a tárolásával, értékesíthetőségével, illetve hasznosíthatóságával is, hiszen mindez befolyásolja a termelés jövedelmezőségét. A biogázüzem lebontási maradékát fogadó és nyersanyagát előállító földterületek földrajzi elhelyezkedése szintén kihat az eredményességre, mivel a szállítás komoly költségtenyező.
13. Magyarországon a biogázüzemek engedélyezésére nincs két egyforma eljárás, ami abból fakad, hogy az engedélyek megszerzése bonyolult, egyszerre több szálon futó folyamat. A biogázüzemek tervezésének és engedélyezésének kétszer-háromszor nagyobb az időigénye, mint magának az építésnek. Szakértői becslések szerint a biogázüzemek beruházási költsége 1 kW elektromos teljesítményre vetítve átlagosan 1,2-1,3 millió forintba tehető. Ha a biogáz-erőműnek különleges feladatokat (pl. hulladékkezelés) is el kell végeznie, a beruházás többbe kerülhet. Általános szabály, hogy a teljesítmény növekedésével a fajlagos költségek némileg csökkennek. Magyarországon – a jelenlegi költség/bevétel arányok mellett és a KÁT miatt – a kis elektromos teljesítményű (<500 kW) biogázüzemek csak kivételes esetben üzemelhetnek gazdaságosan, ugyanakkor elsősorban a hulladékkezelés miatt szükség lehet ilyen üzemek létesítésére is. Minden üzemméretnél alapvető szempont a bemenő és a kijövő anyagok szállítási távolsága.
14. Az EU biogáz-termelése gyorsan nő. A felhasználás a 2005. évi 5 millió toe-ról (tonna olajegyenérték) 2009-ig 8,3 millió toe-ra emelkedett. Az ágazat a leglátványosabban Németországban fejlődik, ahol főleg silókukoricára, silórozsrá és trágyára alapozott kisebb kapacitású, átlagosan 300-500 kW elektromos teljesítményű biogázüzemek épülnek. Az EU tagállamaiban a biogázüzemek száma 2009-ben már megközelítette a 6 ezret, ebből 4,9 ezer Németországban működött. Ezzel szemben Magyarországon csupán 15 mezőgazdasági biogázüzem létesült 2010-ig bezárólag, ezek átlagos teljesítménye 1 MW_{el} volt. Magyarországon a biogázüzemek általában szorosan kapcsolódnak egy-egy élelmiszer-feldolgozóhoz (pl. Pálhalma, Nyírbátor, Kaposvár, illetve a Szarvason épülő üzem) vagy számottevő mennyiségű mezőgazdasági mel-

lékterméket előállító gazdasághoz (pl. Kenderes, Csengersima, Kapuvár, Biharnagybajom) kötődnek. A kisebb biogázüzemek átlagos kapacitása 500 kW körül alakult.

15. A biogáz energetikai célú hasznosításának legösszegebb módja a földgáz-minőségre tisztítás, majd az így előállított biometán földgázhálózatba történő betáplálása lenne, ez azonban a jelenlegi árak és támogatások mellett nem gazdaságos. A tanulmány lezárásakor a betápláláshoz szükséges jogi, műszaki és kereskedelmi feltételek sem voltak adottak. Mivel a szabályozók a megújuló áramtermelést helyezték előtérbe, a jelenleg működő biogázüzemek az elektromos kapacitás kihasználására törekednek. A kapcsolt villamosenergia- és hőtermeléssel kialakított biogázüzemekben keletkező hőenergia maradéktalan felhasználása a mezőgazdasági üzem energiaigényének (fűtés, terményszárítás) időszakossága miatt nem könnyű feladat, a kifelé történő értékesítés az üzem lakóterületektől való gyakori elszigeteltsége miatt akadályokba ütközhet. Ha sem a villamosenergia-rendszer átvételi lehetőségei, sem a kapcsoltan termelt hőenergia helyi felhasználási lehetőségei nem adóztak, megfontolandó a földgáz-minőségre tisztítás, hiszen ebben az esetben a biogáz ott vehető ki a rendszerből, ahol energia-tartalma a leghatékonyabban hasznosítható.
16. A 2009/28/EK irányelv minden tagállam számára egyformán kötelezővé teszi a közlekedésben felhasznált megújuló energia részarányának 10 százalékra emelését 2020-ig. Magyarország cselekvési terve e követelmény teljesítése érdekében 304 ktöe (ezer tonna olajegyenértékben kifejezett energiatartalmú) bioetanol, 202 ktöe biodízel, 24 ktöe megújuló forrásból előállított elektromos energia, 5 ktöe egyéb bioüzemanyag (pl. biogáz) felhasználását irányozza elő ebben az ágazatban a következő évtized elején. A folyékony bioüzemanyagok összesen 95 százalékot tesznek majd ki; ez mennyiségét tekintve 475 ezer tonna bioetanolnak és 230 ezer tonna biodízelnak felel meg.
17. A bioüzemanyagok tervezett felhasználását összevetve a benzin és a gázolaj várható felhasználásával megállapítható, hogy a cselekvési tervben megadott mennyiség az etanol esetében energia-egyenértékben 16 százalékos, míg a biodízelnél 6 százalékos bekeverést jelentene 2020-ban. Az etanol ilyen mértékű felhasználása – akár ETBE formájában vagy azzal keverve – csak technológiai fejlesztés mellett lehetséges, ami a leghatékonyabban a tömegközlekedésben, a flottaüzemeltetésben elavult eszközök lecserélésével valósítható meg. Ennek azonban komoly beruházási költségvonzata lesz.
18. Tekintettel a második generációs bioüzemanyag-előállítás és -felhasználás ma még fennálló gazdaságossági korlátaira, a tervek szerint a 2020-ban felhasznált bioetanol 100 százaléka első generációs lesz. A biodízel esetében a tervezett 230 ezer tonnából 205 ezer tonna lehet első generációs, míg 25 ezer tonnát állati zsiradékokból, valamint használt sütőolajból állíthatnak elő.
19. A cselekvési terv mind a bioetanol, mind a biodízel teljes mennyiségének hazai gyártását irányozza elő. Az ehhez szükséges alapanyagokat a magyar mezőgazdaság képes lesz előállítani, sőt, már ma is megtermeli. Kukoricából, amely a kalászos gabonaféléknél lényegesen nagyobb termésátlaga és jobb kihozatali mutatója miatt a hazai bioetanolgyártás elsődleges alapanyagának tekinthető, jelenleg évi mintegy 400 ezer tonnát vesz fel a hazai bioetanolipar. E terményből a takarmányozási, élelmezési és ipari felhasználáson túl évi 2,5-3,5 millió tonna árualap áll rendelkezésre, amely mennyiség feldolgozatlanul exportra kerül. A 2020. évi cél teljesítéséhez szükséges 475 ezer tonna etanol előállításához a 400 ezer tonna felett még 1,1 millió tonna, összesen tehát 1,5 millió tonna kukorica szükséges. Ez 240 ezer hektáron, vagyis az 1,2 millió hektár körül kukoricaterület ötödén megtermelhető. Amennyiben a szántóföldi növénytermesztés termelési szerkezete nem változik, továbbá az állatállomány stagnál, a hazai igények kielégítésén felül még mindig évi 1,4-2,4 millió tonna kukoricát lehet a külföldön értékesíteni. Ez persze szintén feldolgozható és etanolként is exportálható.

- A biodízelgyártás elsődleges alapanyaga Magyarországon a repce. Repcemagból évi legalább 550 ezer tonna előállításával számolhatunk, így az ország 2020. évre előrevetített biodízel-igénye hazai alapanyagból szintén kielégíthető.
20. A 2020-ra tervezett bioüzemanyag-mennyiség előállítását szolgáló feldolgozó-kapacitások csak részben állnak rendelkezésre. Üzemanyagcélú etanolt jelenleg kizárólag a Hungrana 135 ezer tonna output-kapacitású szabadegyházai üzemében, állítanak elő. Előrehaladott állapotban van a Pannonia Ethanol 160 ezer tonna output-kapacitású gyárának kivitelezése Dunaföldváron. A hazai önellátás biztosításához legkésőbb 2018-ig további legalább 170-180 ezer tonna termelő kapacitás kiépítésére lesz szükség. A korábban tervezett beruházások (pl. a kiemelt státuszú kabai projekt, illetve az ÚMVP pályázatokon nyertes kisüzemek) kapacitásai elvileg fedeznék a belföldi igényeket, ezek sorsa azonban pénzügyi okokból erősen bizonytalan.
 21. A kisüzemi etanolelőállítás a saját termelésű alapanyag önköltségen (használdozat nélkül) történő elszámolása, a kisebb szállítási költség, a melléktermék lokális vagy üzemben belüli felhasználása és a szerényebb beruházásigény (nem kell szárítani a keletkező gabonamoslékot) miatt elvileg gazdaságos lehet, a melléktermékek hatékony, komplex rendszerekben történő hasznosítása azonban komoly kihívások elé állíthatja a beruházókat (pl. alapanyag-termelők és melléktermék-felhasználók integrálása).
 22. A biodízeltől várható hazai kereslet kielégítéséhez a szükséges olajütő kapacitások – a már meglévő nagyobb növényolajgyárak (Martfű, Sajóbáony és Visonta) mellett – a Glencore épülő foktői üzemével, illetve az Envien és a MOL komáromi biodízelüzeméhez tervezett olajosmag-feldolgozóval bőségesen rendelkezésre fognak állni. Észterező kapacitásból azonban egyelőre hiány mutatkozik. A biodízel iránti igények kielégítése azonban más forrásból is lehetséges. A MOL például olyan kutatásokat folytat, amelyek célja a metil-észternél tisztább égésű biodízel előállítása szélesebb alapanyagbázison.
 23. Amennyiben a nyersanyagtöbbletre alapozva új üzemek épülnek, a Magyarországon előállított kukoricaalapú bioetanol külpiazi értékesítésére egészen biztosan lenne lehetőség. A bioetanolgyártás a nem denaturált etil-alkoholra jelenleg alkalmazott vámtétel mellett a Közösségben versenyképes. A második generációs technológiák fejlődése – bár gyorsütemű elterjedésük aligha várható – felülírhatja a tagállamok cselekvési terveiben 2020-ra megadott, összesen 5 millió tonna import bioetanol iránti igényét. Az első generációs bioetanolüzemek – a már meglévő technikának és szakembergárdának köszönhetően – az új technológiákra viszonylag könnyen és gyorsan átállíthatók, így az újonnan létesülő termelőkapacitásokkal szemben előnyt élvezhetnek.
 24. A bioüzemanyag-gyártás melléktermékeinek hasznosítása a gyártás gazdaságosságát, energiamérlegét és komplex környezeti hatását is meghatározza. Az AKI számításai szerint a hazai állatállomány jelenlegi szerkezete mellett a DDGS takarmánycélú felhasználásának elméleti maximuma 300-350 ezer tonna közé tehető. A cselekvési terv szerint 2020-ban körülbelül ennyi DDGS keletkezésével lehet számolni. Amennyiben az állatállományt sikerülne az EU-csatlakozáskori szintre fejleszteni, a repcedara takarmánycélú felhasználása legfeljebb 210 ezer tonnára emelkedhetne 2020-ig. Ehhez képest a rendelkezésre álló mennyiség elérheti a 300 ezer tonnát. A többlet elégetéssel vagy biogáz alapanyagaként hasznosítható.
 25. A bioüzemanyagok termelésének és felhasználásának fenntartható módon kell történnie, csak így számíthatók be a kötelezettségek teljesítésébe, illetve csak ekkor támogathatók. A fenntarthatóságot az Európai Bizottság 2011. január 1-jétől ún. fenntarthatósági kritériumok hatálya alá léptetésén keresztül igyekszik biztosítani, ezek azonban csak az ÜHG-kibocsátás csökkentését írják elő. Az ÜHG-kibocsátás kiszámítása, továbbá a bioüzemanyag-gyártás többi környezeti mutatójának (pl. energiamérleg, vízmérleg stb.) meghatározása még várat magára. Tekintettel arra, hogy e mutatók a technológiától és a környezettől függően jelentősen eltérhetnek, a

bioüzemanyag-termelés magyarországi hatásait a hazai adottságokhoz, termesztéstechnológiai gyakorlatokhoz, technológiákhoz igazodó mérések és számítások alapján lehetne megítélni, de ilyenek egyelőre nem készültek. Csak e kalkulációk ismeretében lehetne megállapítani, hogy a bioüzemanyagok gyártása és felhasználása a technológiától függően milyen mértékben és milyen időtávon szolgálja az energiabiztonsági és a klímavédelmi célokat.

26. Jóllehet, a biomassza energiacélú termelése és hasznosítása a többi megújuló energiatermelési technológiával összevetve kedvezőbb a foglalkoztatás szempontjából, a közvetlen munkahelyteremtés nemzetgazdasági szinten nem jelentős. A foglalkoztatás bővülésével főleg a biomassza közvetlen eltüzelésénél lehet számolni, elsősorban az alapanyagok begyűjtése, szállítása, kezelése és a fűtőművek táplálásának felügyelete terén. Az energianövények termesztése csak akkor adhat több munkalehetőséget, ha az nem a jelenleg is hasznosított földterületeken történik, hiszen az energiaültetvények munkaerőigénye a hagyományos szántóföldi kultúrák munkaerőigényénél kisebb. A modern biogázüzemek automatizáltak, közvetlen munkaerőigényük elenyésző. A biogáztermelés alapanyagai közül a trágya kezeléséhez nincs szükség számottevő élőmunkára, továbbá a kiegészítő silózható növényi alapanyagok termelése a szántóterület más hasznosításához képest nem jelent előrelépést.
27. Az első generációs bioüzemanyagok alapanyagait már ma is megtermeli a magyar mezőgazdaság. Az újonnan létesülő feldolgozóüzemek munkaerőigénye országos szinten legfeljebb 150-200 fő. Mindhárom területre igaz azonban, hogy jelentős gazdaságélénkítő hatás várható a szükséges technológiák fejlesztésétől, a berendezések gyártásától, ehhez azonban, noha a megújuló energia hasznosítási cselekvési programok keretébe tartozik, a hazai gépipar célirányos fejlesztésére van szükség.
28. A megújuló energiahasznosítás nemzetgazdasági hatásainak értékelésekor még egy szempontot érdemes figyelembe venni. Egy mezőgazdasági, élelmiszeripari vagy egyéb ipari üzem mellett megvalósuló, megújuló energiát termelő beruházás jelentősen javíthatja az üzem gazdálkodását. A beruházás típusától függően az elektromos és hőenergia, valamint a hulladékkezelés költségei csökkenthetők, a melléktermékek hasznosíthatók, a többletként termelt hő és elektromos áram, biometán vagy bioüzemanyag értékesítése az üzem árbevételét növelheti. Mindez hozzájárulhat az alaptevékenység versenyképességének javításához, sőt, akár bővítését is eredményezheti, aminek a foglalkoztatás tekintetében pozitív hozadéka lehet. Éppen ezért megfontolandó az ilyen beruházások támogatása.

Summary

Production of Biomass for Energy Generation in Hungary

1. Hungary's total biomass resources could be put at 350 to 360 million tonnes. Of these, 105 to 110 million tonnes of primary biomass (deriving from vegetation) are annually regenerated; however, only 3% of this is utilised by the energy sector. Renewable energy sources represented 4.9% (54.8 PJ) of Hungary's primary energy consumption in 2007, while, according to estimates, in 2008 the figure amounted to 5.3%. In 2007, 65% of the renewable energy sources were used for heat generation, 33% for electric power production and the rest for the production of biofuels.
2. In line with the European Union's (EU) Renewable Energy Directive (Directive 2009/28/EC), Member States (MS) must increase the share of renewable energy in their overall final energy consumption to 20% by 2020. To achieve this goal, all MS must meet their national targets set in compliance with their own environmental and other conditions. The Action Plan of Hungary approved in December 2010 envisages a 14.6% share of the renewable energy sources in the gross final energy consumption.
3. The quantity of heat energy produced from solid biomass has dramatically increased in the EU during the last 10–15 years. In the majority of the MS, heat generation from biomass has already been encouraged by different support systems since the 1990s, and these countries continue to see their way to meet the set targets in a cost-effective manner by increasing the proportion of heat energy generated by direct incineration.
4. While in most MS water and wind power plants produce 'green power', in Hungary the major share of the electric power from renewable energy sources is generated by incinerating solid biomass. However, due to the low efficiency of the domestic power plants, green power has only a few percent share in Hungary's gross electric power production. Consequently – and because a sudden increase in the exploitation of wind and water energy is rather unlikely – increasing the efficiency of the existing power plants and replacement of those operating with obsolete technologies will be essential in the future.
5. According to the Action Plan, the Mandatory Electricity Off-Take (KÁT) System in Hungary will be transformed in 2011. The warranted off-take price will probably remain the basis of the new system; however, the off-take quantity could be limited under a quota system. Also smaller power plants may join in the future, but they shall operate at a higher overall level of efficiency than that required by the old KÁT System. Beyond green electricity, the Ministry of National Development would like to extend the scope of the new KÁT System to include heat gained from renewable energy sources, while supports granted for co-generated electricity from natural gas would be terminated.
6. In order to achieve the target of 14.6% share of renewable energy sources, Hungary would need about 8 million tonnes of solid biomass for direct incineration in 2020. According to expert estimates and calculations performed by the Research Institute of Agricultural Economics (AKI), this quantity is already available in the form of forestry produce and by-products, and yet underutilised agricultural by-products, implying that the growing of energy crops may be necessitated by local considerations at best.
7. Due to the continuous increase in energy prices, beyond biomass operated power plants supplying industries with high energy requirements, establishment of more and more smaller power plants which provide heating to municipally owned buildings or to farms and processing facilities, as well as of village heating plants may be envisaged in the future.

8. Solid biomass could remain the renewable energy source most exploited in Hungary in the future. In the medium term, a rapid increase in the demand for biomass can be expected both among domestic and industrial users. For the time being, Hungary has been utilising hardly one quarter of its biomass potential suitable for energy production, therefore it seems likely that biomass needs will be covered from its own resources in the future, too. At the same time, utilisation of the available raw materials in a sustainable manner but at a higher level of efficiency is essential.
9. In addition to energy generation, production of biogas has the purpose of managing, disposing and recovering organogenic wastes, and furthermore of decreasing greenhouse gases (GHG) emissions. These environmental functions cannot be disregarded. The energetic efficiency of the biogas technology used for electricity production (36%) approaches that of the power plants using biomass (20 to 30%).
10. Over and above the environmental considerations, biogas also has the advantage of being a flexibly exploitable and renewable energy resource which can be stored by using gas industry methods. Electricity and/or heat can be generated from the biogas on site and can be transported to nearby consumers through pipelines, used as fuel or – following its purification – can be injected into the natural gas network.
11. Optimisation of the logistics background and of the raw material provision constitutes the most important aspect when implementing a biogas plant utilising agricultural feedstocks. As a general rule it can be established that biogas generation based exclusively on liquid manure is not typical either in Hungary or in any other MS. From biological aspects, the C/N ratio required for efficient fermentation and biogas production can only be achieved by using a mixture of different feedstocks of plant and animal origin. Generally, the more use a farm can make of its own organogenic by-products and/or wastes which are continuously available in sufficient quantities, the better will be the economy of the biogas production.
12. The production of biogas generates a large quantity of decomposition residues. In addition to guaranteeing the supply of feedstocks, storage, marketability and/or usability of the residues should also be considered in the process of planning new facilities, as all of these factors may influence the profitability of production. Also the geographical location of the land accommodating the residues and of those providing the raw materials has an impact on the financial results, as transport is a major cost factor.
13. In Hungary, there is no uniform procedure for licensing the construction of biogas plants; due to the fact that obtaining permits is a complicated process with several threads running concurrently. The timescale for projecting and licensing biogas plants is twice or even three times as long as that of the construction itself. According to expert estimates, average investment costs of a biogas plant for 1kW performance may amount to HUF 1.2 or 1.3 million. The project costs may be even higher if the biogas power plant has also to perform special functions (e.g. waste management). As a general rule, the specific costs slightly decline as the capacity of the plant increases. In Hungary – at the actual cost/return ratio and due to the KÁT – smaller biogas plants (< 500kW) can operate economically only in exceptional cases, while the implementation of such plants may be still justified, principally for the sake of waste management. The transport distance of input and output materials constitutes a vital factor for all plant sizes.
14. Biogas production in the EU is quickly growing. Consumption increased from 5 million toe (tonne of oil equivalent) in 2005 to 8.3 million toe by 2009. The sector shows the most spectacular development in Germany, where smaller capacity biogas plants, processing mainly maize and rye silage and manure with an electric performance between 300 and 500kW on average, are implemented. The total number of biogas plants in the MS already approached 6 thousand in 2009, 4.9 thousand of them operating in Germany. On the other hand, in Hungary

only 15 biogas plants were constructed by 2010, with an average performance of 1MW_{el}. The biogas power plants implemented in Hungary are usually closely connected with food processing factories (e.g. in Pálhalma, Nyírbátor, Kaposvár or the power plant to be implemented in Szarvas) or with farms generating significant quantities of agricultural by-products (e.g. in Kenderes, Csengersima, Kapuvár or Biharnagybajom). The average performance of the smaller size biogas plants is about 500kW.

15. Upgrading biogas to natural gas quality and injecting the biomethane produced into the natural gas network is the most rational of the possible energetic uses of biogas; however, with the current prices and supports it is economically not feasible. At the time of completing this study, the necessary legal, technical and commercial conditions for network-injection were not in place either. As the legislation is now emphasising renewable power generation, the biogas plants presently operating are striving for exploiting the electric capacity. Full exploitation of the heat energy generated by biogas plants designed for the co-generation of electric and heat energy is not an easy task, due to the seasonality of the farm's energy requirements (heating, crop drying), while selling to outside may be difficult, owing to the fact that the plants are often remote from the residential areas. In cases where neither the off-take possibilities of electric energy, nor the local utilisation possibilities of co-generated heat are present, upgrading to natural gas quality is worth considering, because in this case the biogas would be taken out of the system where its energy content may be used most efficiently.
16. Directive 2009/28/EC bounds all MS equally to increase the share of renewable energy in transportation to 10% by 2020. In order to comply with this requirement, the Action Plan of Hungary projects increasing consumption in this sector of bioethanol to 304 thousand toe, of biodiesel to 202 thousand toe, of electricity generated from renewable resources to 24 thousand toe, and of other biofuels (e.g. of biogas) to 5 thousand toe by the beginning of the next decade. Liquid biofuels will have a total share of 95% with 475 thousand tonnes of bioethanol and 230 thousand tonnes of biodiesel.
17. Comparing the projection with the expected consumption of petrol and gasoil, it can be established that the quantities specified in the Action Plan would imply a mixing rate of 16% in energy equivalent for ethanol and of 6% for biodiesel in 2020. Such a rate of bioethanol utilisation – whether in the form of ethyl tert-butyl ether (ETBE) or blended therewith – is only possible after technological improvement, most efficiently implementable in public transport through the replacement of obsolete vehicles in fleet operation. This would, however, imply significant investment costs.
18. Taking the still existing economic efficiency limitations of the production and use of second generation biofuels into consideration, 100% of the bioethanol used in 2020 will, according to the Action Plan, come from first generation production. As regards biodiesel, 205 thousand tonnes of the projected 230 thousand tonnes will be first generation fuel, while the rest could be produced from animal fats and used cooking oil.
19. The Action Plan appropriates the domestic production of all the bioethanol and biodiesel consumed. Hungarian agriculture will be able to produce – indeed it already produces – the raw materials in sufficient quantities. The bioethanol industry absorbs at present about 400 thousand tonnes of maize a year which may be considered as the primary feedstock owing to the significantly higher yields and to the higher extraction rate compared to other cereals. Of maize every year about 2.5–3.5 million tonnes are available beyond food, feed and industrial use which are exported without processing. For achieving the goal set for 2020, i.e. for producing 475 thousand tonnes of bioethanol, an additional 1.1 million tonnes of maize will be required beyond the 400 thousand tonnes, amounting to 1.5 million tonnes in total. This can be grown on about 240 thousand hectares, i.e. on one fifth of the 1.2 million hectares maize area. If the struc-

ture of domestic arable production will not change and livestock numbers continue to stagnate, still 1.4 to 2.4 million tonnes of maize a year will be available for selling on foreign markets. Of course, this quantity could also be processed and exported in the form of ethanol. Rapeseed constitutes the primary feedstock for biodiesel production in Hungary. At least 550 thousand tonnes of rapeseed may be expected to be harvested annually, thus Hungary's biodiesel need projected for the year 2020 can also be met by the processing of domestic raw materials.

20. Processing capacities for producing the biofuel quantity envisaged for 2020 are available only in part. Fuel ethanol is produced at present exclusively at *Hungrana's* plant of 135 thousand tonnes output capacity in Szabadegyháza. However, construction of *Pannonia Ethanol's* bioethanol plant of 160 thousand tonnes output capacity in Dunaföldvár is at an advanced stage. For guaranteeing the country's self-supply, construction of at least 170–180 thousand tonnes of additional production capacity will be necessary by 2018 at the latest. Capacities of some previously planned investments (e.g. the Kaba project which was having a priority status or the small-scale production facilities which were granted support from funds of the New Hungary Rural Development Programme) could, in theory, cover domestic demand; however, their fate is very doubtful due to financial reasons.
21. Small-scale ethanol production could, in theory, be economic due to the accounting of feedstocks from own production at first-cost (without opportunity cost), to the lower transport costs, to the *in-situ* or local utilisation of the by-products and to the more moderate investment requirements (no need to dry the wet distillers' grain). However, efficient utilisation of the by-products in complex systems presents investors with serious challenges (e.g. integration of the feedstock producers and the users of by-products).
22. The crushing capacities to meet the expected domestic demand for vegoils from the biodiesel industry will be abundantly available thanks to new investments by *Glencore* in Foktő and by *Envien* and *MOL* in the close vicinity of the biodiesel plant in Komárom in addition to the already existing major crushing facilities in Martfű, Sajóbáony and Visonta. However, esterification capacities are still insufficient. To meet the demand for biodiesel is all the same possible from other sources, too. *MOL* for example is conducting research into the production of biodiesel which burns cleaner than methylester and can be produced from a wider range of feedstocks.
23. Were new factories to be constructed on the basis of the raw material surplus, sale of the maize-based fuel ethanol produced in Hungary would be certainly possible on the foreign markets. Bioethanol production is competitive in the EC at the presently applicable custom tariff to non-denatured ethyl alcohol. Development of the second generation technologies – even though their rapid expansion is unlikely – may amend the demand for a total of 5 million tonnes of imported fuel ethanol, specified in the Action Plans of MS for 2020. Thanks to the existing technologies and expertise already available, the first generation bioethanol plants can be relatively easily and quickly converted, thus enjoying advantages against the newly implemented production capacities.
24. Utilisation of the by-products of biofuel production determines the economy, energy balance and complex environmental effects of production. According to the calculations by AKI, the theoretical maximum of Dried Distillers Grains with Solubles (DDGS) used as feed with the current structure of the domestic livestock farming could be between 300 and 350 thousand tonnes. Based on the Action Plan, DDGS production may be expected around that quantity in 2020. If Hungary could succeed in increasing the number of livestock to the same level of the time of its EU accession, utilisation of rapeseed meal in feeding may increase to 210 thousand tonnes by 2020. On the other hand, the quantity available from domestic crushers may amount to 300 thousand tonnes at that time. The rest can be disposed of by incinerating or utilised as feedstock in biogas production.

25. Production and utilisation of biofuels should be sustainable; this constitutes a prerequisite for their recognition as fulfilling the obligations and for receiving supports. As from 1 January 2011, the European Commission has endeavoured to ensure sustainability through the introduction of the so-called sustainability criteria which, however, prescribe only a decrease in GHG emissions. But how GHG emissions should be calculated and how other environmental indices of biofuel production (e.g. energy and water balance, etc.) should be determined are still questions to be answered. With regard to the fact that such indices may considerably differ subject to the technology used and to the environment, the impacts of biofuel production in Hungary could be best estimated by measurements and computations adjusted to the domestic conditions, production practices and technologies; however these have not been performed yet. The extent and the time span, how and until when the production and use of biofuels could serve the purpose of energy security and climate protection, in function of the technology, could only be established in the light of the knowledge arising from these calculations.
26. Although the production of biomass and its utilisation for energy generation is more advantageous from the aspect of employment in comparison with other renewable energy production technologies, direct job creation at the level of the national economy will not be significant. Extension of employment may be principally expected with the direct incineration of biomass, mainly in collecting, transporting and handling of the raw materials and of supervising the feeding of the heating plants. Growing of energy crops can only create new jobs if it occurs on land other than those already under cultivation, because the labour intensity of energy crop plantations is lower than that of the traditional arable crops. Modern biogas plants are automated with minimal direct labour need. From among the feedstocks of biogas production, the treatment of manure does not require significant labour; furthermore, production of the supplementary crops suitable for ensilage does not require either an increase in employment compared to other forms of arable land utilisation.
27. Raw materials for first generation biofuels are already produced in sufficient quantities by Hungarian agriculture. The labour need of the newly implemented processing plants amounts to a mere 150–200 persons at the country level. Even so it is true for all three areas of biomass utilisation that a significant stimulation to the economy may be expected from the improvement of the required technologies and production of the necessary equipment. However, this – though falling under the measures of renewable energy utilisation programmes – requires the targeted development of the domestic mechanical engineering sector.
28. There is an additional aspect worth considering during the evaluation of the impacts of the renewable energy utilisation on the national economy. A renewable energy production project to be implemented adjacent to a farm, a food processing facility or any other industrial plant could significantly improve the economy of the operation. Subject to the character of the project, the cost of electric and heat energy as well as of waste treatment may be reduced, the by-products can be utilised, while the selling of the surplus heat and electric power, biomethane or biofuel could increase the overall revenues. All of these factors may contribute to improving the competitiveness of the basic activity, or can even lead to its extension, with positive effects on employment. Therefore, supporting such investments should be seriously taken into consideration.

Kivonat

Tanulmányunk a biomassza magyarországi termelésének és energetikai felhasználásának helyzetére, valamint lehetőségeire összpontosít. A mozgásteret az előttünk álló évtizedre az Európai Unió tagállamaként tett kötelezettségvállalásaink és a piaci realitások egyértelműen meghatározzák. A kitűzött célok eléréséhez szükséges biomassza-mennyiség jelenleg is rendelkezésre áll. A biogáz-erőművek létesítését a tisztított biogáz földgázhálózatba történő betáplálása és hulladékkezelési megfontolások indokolják. A bioüzemanyagok iránti belpiaci kereslet hazai forrásból történő kielégítéséhez további etanolgyártó és növényolaj-észterező kapacitásokra lesz szükség.

Abstract

Production of Biomass for Energy Generation in Hungary

Our study focuses on the current situation and on the opportunities for the production and energetic utilisation of biomass in Hungary. The scope is unequivocally determined by our commitments made as a Member State of the European Union and by the current market conditions. The quantity of biomass required for the fulfilment of the goals set is already available. Implementation of biogas power plants is motivated by injection of the upgraded biogas into the natural gas grid and by waste management considerations. Additional ethanol production and vegetable oil esterification capacities would be required for the satisfaction of the internal market's demand for biofuels from domestic sources.

Irodalomjegyzék

1. ADEME [2010]: 'Expertise de la rentabilité des projets de méthanisation rurale', Paris: L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.
<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=71199&p1=00&p2=05&ref=17597>
2. Agro Napló [2010]: 'Hibridrepcék – Miért is növekszik a vetésterületük?', Agro Napló, vol. 14, no. 7. <http://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2010/07/pr/4085>.
3. Babcock, B. A. – Haynes, D. J. – Lawrence, J. D. [2008]: Using Distillers Grains in the U.S. and International Livestock and Poultry Industries. Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center at the Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University, Ames, Iowa, USA.
http://www.matric.iastate.edu/DGbook/distillers_grain_book.pdf
4. Babinszky L. – Tossenberger J. [2003]: 'A fehérjeforrások helyettesítése a hízósertések abrakkeverékeiben', MezőHír, vol. 7, no. 11, pp. 77–80.
5. Baffes, J. – Haniotis, T. [2010]: Placing the 2006/2008 Commodity Price Boom into Perspective. World Bank Policy Research Working Paper no. 5371. www.worldbank.org
6. Bai A. (szerk.)– Lakner Z. – Marosvölgyi B. – Nábrádi A. [2002]: A biomassza felhasználása. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház.
7. Bai A. [2009a]: 'A biogáz előállítása – a gazdálkodók szemével', Őstermelő, vol. 13, no. 3, pp. 109–110.
8. Bai A. [2009b]: Első generációs bio-hajtóanyagok alkalmazása a helyi tömegközlekedésben. Habilitációs értekezés. Debrecen: Debreceni Egyetem, AMTC-GVK.
9. Bai A. [2008]: 'Biogáz: hulladékból vagy energianövényből?', ENERGOinfo, vol. 2, no. 5, pp. 4–6.
10. Bai A. [2007]: A biogáz-eljárás komplex gazdaságossági vizsgálata és finanszírozási kérdései. Szakértői tanulmány. Debrecen: Debreceni Regionális Gazdaságfejlesztési Alapítvány.
11. Barkóczi Zs. – Ivelics R. – Marosvölgyi B. [2007]: 'Energetikai faültetvények I.' Bioenergia, vol. 2, no. 3, pp. 7–11.
12. Barótfi I. [1998]: A biomassza energetikai hasznosítása. Gödöllő: GATE.
13. Berg, S. – Lindholm, E. L. [2003]: 'Energy use and environmental impacts of forest operations' Journal of Cleaner Production, vol. 13, pp. 33–42.
14. Biofuels Research Advisory Council [2006]: Biofuels in the European Union. A vision for 2030 and beyond. www.cordis.europa.eu/documents/documentlibrary/2720EN.pdf
15. Biomassza Erőművek Egyesülete [2010]: www.biomasszaeromuvek.hu
16. Bitesz [2008]: Szilárd halmazállapotú biomassza energiahordozók. www.bitesz.hu
17. Bódás S. – Kovács K. [2011]: 'A biogáz jövője', Magyar energetika, vol. 18, no. 2, pp. 10–12.
18. Bogdán Gy. [2010]: 'A stabil termés záloga', Haszon Agrár, vol. 4, no. 7–8. pp 28–31.

19. Braun, R. [2010]: Country Report Austria. IEA Task 37 „Energy from Biogas and Landfill Gas“. IEA Task 37: Tulln.
http://www.iea-biogas.net/_download/publications/country-reports/may2010/austria.pdf
20. Brown, R. C. [1998]: Capturing Solar Energy Through Biomass. In: Principles of Solar Engineering, 2nd ed. Kreider, D. Y. F. – Kreith F. Washington, DC: Taylor & Francis.
21. Chiaramonti, D. – Tondi, G. [2003]: Stationary Applications of Liquid Biofuels. Final report. Firenze: ETA Renewable Energies.
22. Collins, K. J. [2008]: The role of biofuels and other factors in increasing farm and food prices (supporting material for a review conducted by Kraft Foods Global, Inc.). Keith J. Collins LLC.
23. Csete L. [2008]: 'Lágyszárú energianövények és felhasználhatóságuk szilárd tüzelésű energetikai rendszerekben II', Bioenergia, vol. 3, no. 3, pp. 19–24.
24. Csete L. [2008b]: 'Lágyszárú energianövények és felhasználhatóságuk szilárd tüzelésű energetikai rendszerekben III', Bioenergia, vol. 3, no. 4, pp. 34–40.
25. Csete L. [2008c]: Lágyszárú energianövények és felhasználásuk szilárd tüzelésű energetikai rendszerekben – hazai és nemzetközi körkép (Biomassza Konferencia; Sopron, 2008. 03. 5–7.)
26. Danis Gy. [2008]: 'A hazai eredetű energiafűz fajták termeléséről', Bioenergia, vol. 3, no. 1, pp. 22–25.
27. DG AGRI [2007]: The impact of a minimum 10% obligation for biofuel use in the EU-27 in 2020 on agricultural markets. European Commission. Directorate-general for Agriculture and Rural Development. Brussels, 30 April 2007
http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/markets/biofuel/impact042007/text_en.pdf
28. Energia Klub [2010]: Megújuló alapú energiatermelő berendezések engedélyezési eljárása. Kutatási jelentés. Budapest: Energia Klub.
http://www.eh.gov.hu/gcpdocs/201006/meh_megujulo_energia_engedelyezes_energiaklub.pdf
29. EPA [2010]: EPA Finalizes Regulations for the National Renewable Fuel Standard Program for 2010 and Beyond. United States Environmental Protection Agency, Office of Transportation and Air Quality, February 2010 <http://www.epa.gov/otaq/renewablefuels/420f10007.pdf>
30. ERS/USDA [2010]: Market Issues and Prospects for U.S. Distillers' Grains Supply, Use, and Price Relationships. Linwood Hoffman, Allen Baker. Report from Economic Research Service/ USDA
<http://www.ers.usda.gov/publications/FDS/2010/11Nov/FDS10K01/>
31. ERTRAC [2010]: Future Transport Fuels, The Energy Pathway for Road Transport. European Road Transport Research Advisory Council.
32. Euractiv [2011]: Alga – a jövő bioüzemanyag-forrása?
<http://www.euractiv.hu/gazdasag/linkdossziek/alga-a-jovo-biouzemanyag-forrasi-000097>
33. EurObserver [2010a]: 'Biogas Barometer', SYSTÈMES SOLAIRES le journal des énergies renouvelables. Observatoire des énergies renouvelables.
<http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro200b.pdf>

34. EurObserver [2010b]: 'Solid Biomass Barometer', SYSTÈMES SOLAIRES le journal des énergies renouvelables. Observatoire des énergies renouvelables.
<http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro200c.pdf>
35. Európai Bizottság [2010]: A Bizottság jelentése a földhasználat bioüzemanyagokkal és a folyékony bio-energiához kapcsolatos közvetett megváltozásáról. A Bizottság közleménye a Tanácsnak és az Európai Parlamentnek. COM(2010)811 Brüsszel, 2010. 12. 22.
36. Európai Bizottság [2009a]: Benchmark of Bioenergy Permitting Procedures in the European Union. Brussels: European Commission.
http://ec.europa.eu/energy/renewables/bioenergy/installations_en.htm
37. Európai Bizottság [2009b]: Jelentés a megújuló energiák terén elért haladásról. A Bizottság közleménye a Tanácsnak és az Európai Parlamentnek.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0192:FIN:HU:PDF>
38. European Commission [2007]: European Energy and Transport. Trends to 2030 – Update 2007.
http://www.energy.eu/publications/KOAC07001ENC_002.pdf
39. European Environment Agency [2009]: Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2009. EEA Report 2009/9. Copenhagen: European Environment Agency.
40. European Environment Agency [2005]: Agriculture and environment in EU-15 the IRENA indicator report. EEA Report 2005/6. Copenhagen: European Environment Agency.
41. Eurostat, [2009]: Energy, transport and environment indicators. Statistical Pocketbook. Luxembourg: Eurostat.
42. ExxonMobil, [2009]: Outlook for Energy – A View to 2030.
43. Ewing, W. N. [1998]. The Feeds Directory. CONTEXT Products Ltd, Ashby-de-la-Zouch, Leicestershire.
44. FAPRI [2010]: FAPRI 2010 US and World Agricultural Outlook. Ames: Iowa State University, University of Missouri-Columbia.
45. Fábián J. [2008]: 'A szárított gabonatörköly (DDGS) felhasználhatósága a gazdasági állatok takarmányozásában', Mezőhír, vol. 12, no. 4, pp. 128–130.
46. Florea, G. [2011]: Biogas Financing Standards. Budapest: RENEXPO.
47. Fogarassy Cs. [2001]: Energianövények a szántóföldön. Gödöllő: SZIE GTK Európai Tanulmányok Központja.
48. F.O. Licht [2011]: 'EPA approves E15 for older vehicles', World Ethanol and Biofuels report, vol. 9, no. 10, pp. 189–190.
49. F.O. Licht [2010]: 'The EU's 2020 biofuel projections – false hopes for biodiesel?', World Ethanol and Biofuels report, vol. 9, no. 2, pp. 23–28.
50. Forgács B. [2010]: 'A DDGS lehetséges felhasználása a baromfi takarmányozásban', Agrofeed Baromfi Hírmondó, 2010. II. negyedév.
51. Fuchsz M. [2006]: A biogáztermelés és hasznosítás gazdaságossági vizsgálata a mai magyar viszonyok között. Diplomadolgozat. Gödöllő: Szent István Egyetem. Környezet- és Tájjgazdálkodási Intézet.

52. Gémesi Zs. – Molnár A. – Popp J. [2009]: Az agrárszféra energiapolitikai összefüggései, igények és lehetséges források (2030-ig). Kézirat.
53. Giber J. – Gönczi P. – Somosi L. – Szerdahelyi Gy. – Tombor A. – Varga T. – Braun A. – Dobos G. [2005]: 'A megújuló energiaforrások szerepe az energiaellátásban' In. Az új magyar energiapolitika tézisei a 2006–2030 évek közötti időszakra.
<http://www.kormany.hu/hu/nemzetgazdasagi-miniszterium>
54. GKI Energiakutató és Tanácsadó Kft. [2010]: Energiapolitikai Füzetek, XIX. szám.
55. GKI Energiakutató és Tanácsadó Kft. [2009]: Az agrárszféra energiapolitikai összefüggései, igények és lehetséges források (2030-ig). Bioenergia prognózis 2015., 2020. és 2030. évre: hő, villamos energia és bioüzemanyag forgatókönyvek.
56. GKM [2008]: Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére. Budapest: Gazdasági és Közlekedési Minisztérium.
http://www.khem.gov.hu/feladataink/energetika/strategia/megujulo_strategia.html
57. Győri-Kert Agrárenergetikai Kft [2010]. www.energyforest.eu/crops.html
58. Gyulai I. [2009]: A biomassza dilemma. Miskolc: Ökológiai Intézet a Fenntartható Fejlődésért Alapítvány.
59. Gyuricza Cs. [2010]: 'Szántóföldi biomassza energetikai célra', Megújuló Energia Kézikönyv, Poppy Seed 2002 Bt, pp. 83–88.
60. Hajdú J. [2006]: Bio-motorhajtóanyag előállítás és hasznosítás lehetőségei Magyarországon.
<http://www.ddkkk.pte.hu/~bnemet/KorFiz-PPT/FVM-MGI-Biomotorhajtoanyag-HajduJozef-2006.ppt>
61. Hajdú J. [2010]: 'Növényi alapú bioüzemanyagok: repceből bio-motorhajtóanyag', Agrofórum, no. 34 (különszám), pp. 14–19.
62. Hajdú J. [2010]: 'Lesz-e áremelkedés? – Gyárak eszik meg a gabonafelesleget', Haszon Agrár, vol. 4, no. 4, pp. 34–36.
63. Hancsók J. – Krár M. – Baladincz J. – Vuk T. [2006]: 'Dízelgázolajok bioeredetű komponensei. Zsírsav-metilészterek', Magyar Kémikusok Lapja, vol. 61, no. 7, pp. 228–235.
64. Hegedűs M. [2010]: „Megújuló” energiapolitika. Világgazdaság, 2010. június 16.
65. Hingyi H. – Kürthy Gy. – Radócné Kocsis T. [2006]: A mezőgazdasági eredetű folyékony bioüzemanyagok termelésének piaci kilátásai. Agrárgazdasági Tanulmányok 2006/8. szám. Budapest: Agrárgazdasági Kutató Intézet.
66. IEF [2010]: Assessment of Biofuels. Potential and Limitations. International Energy Forum. 2010. <http://www.ief.org/PDF%20Downloads/Bio-fuels%20Report.pdf>
67. IFPRI [2008]: International food prices: the what, who, and how of proposed policy action. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.
68. Institute for Energy and Environment [2007]: Efficiency of selected bioenergy production chains. London: Institute for Energy and Environment
http://www.ieep.eu/publications/pdfs/meacap/wp3_%20d15a_%20ghg_and_mitigation.pdf

69. Joint Research Centre [2008]: Biofuels in the European Context: Facts and Uncertainties. http://ec.europa.eu/dgs/jrc/downloads/jrc_biofuels_report.pdf
70. Juhász Gy. [2009]: 'Biomassza', Debreceni Egyetem Műszaki Kar. <http://www.mfk.unideb.hu/userdir/juhasz/kornyezettechnika/Biomassza.pd>
71. Jung L.[2009]: A faanyag energetikai hasznosításának hazai helyzete és racionális fejlesztési módjai (InnoLignum Konferencia; Sopron, 2009. 09. 04.)
72. Kendra, D [2006]: Application of HACCP to control mycotoxins in dry-grind ethanol byproduct production. Washington: USDA Research.
73. Kiss B. ed. [2006]: Olajnövények, növényolaj-gyártás. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
74. Kohlheb N. [2004]: Javaslat a megújítható energiaforrások gyorsabb mértékű elterjedését lehetővé tevő támogatási rendszer kidolgozására a mezőgazdaságban. Kézirat. Gödöllő: Környezetvédelmi, Környezetgazdálkodási Felsőoktatásért Alapítvány.
75. Kohlheb N. – Pataki Gy. – Portelki A. – Szabó B. [2010]: A megújuló energiaforrások foglalkoztatási hatásának meghatározása Magyarországon. Budapest: ESSERG Kft. http://www.eh.gov.hu/gcpdocs/201006/meh_tarsadalmi_hasznossag_essrg.pdf
76. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium [2003]: Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2003–2008. Budapest: Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium. http://www.kvvm.hu/szakmai/hulladegkazd/hulladegkazdalkodas/hulladegkazdalkodasi_tervek_oht_magyarul.html
77. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium [2009]: A biomassza energetikai alkalmazásának jövője, aktuális problémái. Budapest: Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium. http://klima.kvvm.hu/documents/14/NES_biomassza.pdf
78. Közlekedési Hírközlési és Energiaügyi Minisztérium [2009]: Előjelzési dokumentum a 2020-ig terjedő megújuló energiahordozó felhasználás alakulásáról. (A 2009/28/EK irányelv 4. cikk (3) bekezdésében előírt adatszolgáltatás). http://www.khem.gov.hu/data/cms2052558/El_jelz_si_dokumentum_EU_megk_ldve.doc
79. Közlekedési Hírközlési és Energiaügyi Minisztérium [2010]: Munkaanyag a 2009/28/EK Irányelv által előírt Megújuló Nemzeti CSELEKVÉSI TERV KIDOLGOZÁSÁHOZ. BUDAPEST: KHEM. http://www.khem.gov.hu/data/cms2062121/NCsT_adatok_KHEM_0413.doc
80. KPMG [2010]: A biomassza mint erőművi tüzelőanyag keresletének, kínálatának, valamint árának 2010–2020 időszakra vonatkozó éves előrejelzése. Jelentés. http://www.eh.gov.hu/gcpdocs/201006/meh_biomassza_arprognosis_2009_2020.pdf
81. Kranzl, L. – Kalt, G. [2010]: Bioenergie aus der Landwirtschaft: das grosse ungenutzte Potential? (Highlights aus der Bioenergieforschung; Bécs, 2010. 12. 10.)
82. KSH [2010]: Erdők Magyarországon. Statisztikai Tükör, vol. 4, no. 75.
83. KSH [2008]: Közlekedési körkép, 2007, Statisztikai Tükör, vol. 2, no. 47.
84. Laczó F. [2008]: Bioüzemanyagok előállításának lehetőségei Magyarországon. Budapest: Környezettudományi Központ.

85. Laird, D. A. [2008]: 'The Charcoal Vision: A Win-Win-Win Scenario for Simultaneously Producing Bioenergy, Permanently Sequestering Carbon, while Improving Soil and Water Quality', *Agronomy Journal*, vol. 100, pp. 178–181.
86. Lakner Z. – Szabó-Burcsi D. – Magó L. [2010]: 'Some economic aspects of the Hungarian biofuel programs', *Gazdálkodás*, vol. 54, no. 24 (special edition), pp. 39–57.
87. Lehmann, J. [2007]: 'A handful of carbon', *Nature*, vol. 447, pp. 143–144.
88. Lovas R. (szerk.) [2010]: *Megújuló energiák hasznosítása*. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia. Köztisztületi Stratégiai Programok.
<http://mta.hu/data/HIREK/energia/energia.pdf>
89. Magyar Biogáz Egyesület [2011]: 'Magyarország biogáz lehetőségei és tennivalói', *Zöld IPar Magazin*, vol. 1, no. 3, pp. 32–35.
90. Magyar Pellet Egyesület [2009]: *A pelletgyártás helyzete és fejlődési irányzatai (InnoLignum Konferencia Sopron; 2009. 09. 04.)*
91. Magyar Sz. [2009]: *Bioüzemanyagok karbonpiaci összefüggései – Alapanyag termelés, feldolgozás, felhasználás a bioetanol piacon. A Karbonpiac 2009 konferencián (Gödöllő, 2009. november 20.) elhangzott előadás.*
http://www.klimairoda.hu/karbonpiac/download/prezentaciok/Zaholla_Pollack_Vanda_Hungara_Karbonpiac_2009.ppt
92. Marosvölgyi B. [2010]: 'A biomasszák és azok energetikai hasznosítása', *Megújuló Energia Kézikönyv*, Poppy Seed 2002 Bt, pp. 78–81.
93. Mavromichalis, I. [2010]: *Rapeseed meal in animal diets*. EuroTier innovations 2010
<http://www.allaboutfeed.net/article-database/rapeseed-meal-in-animal-diets-id1525.html>
94. MEH–Pylon [2010a]: *Magyarország 2020-ig hasznosítható megújuló energia-átalakító megvalósult technológiáinak kiválasztása, műszaki-gazdasági mutatói adatbázisa*. Budapest: PYLON Kft. és munkacsoportja. http://www.eh.gov.hu/gcpdocs/201006/meh_pylon_a_2.pdf
95. MEH–Pylon [2010b]: *Magyarország 2020-ig hasznosítható megújuló energiapotenciáljának gazdaságossági, megtérülési-modell, optimális támogatási eszközök vizsgálata*. Budapest: PYLON Kft. és munkacsoportja. http://www.eh.gov.hu/gcpdocs/201006/meh_pylon_b.pdf
96. NCGA: *Feeding recommendation*. National Corn Growers Association USA
<http://www.ncga.com/node/70>
97. Nemzeti fejlesztési Minisztérium [2010]: *Magyarország megújuló energia hasznosítási cselekvési terve 2010–2020*. Budapest: Nemzeti fejlesztési Minisztérium.
http://www.kormany.hu/download/2/b9/30000/Meg%C3%BAJul%C3%B3%20Energia_Magyarorsz%C3%A1g%20Meg%C3%BAJul%C3%B3%20Energia%20Hasznos%C3%ADt%C3%A1si%20Cselekv%C3%A9si%20terve%202010_2020%20kiadv%C3%A1ny.pdf
98. Németh G. [2009]: *Fafeldolgozási hulladékok kezelése, felhasználhatósága*. Doktori értekezés. Sopron: Nyugat-Magyarországi Egyetem.
99. OECD [2008]: *Biofuel Support Policies: An Economic Assessment*. Paris: OECD.

100. Orosz Sz. – Tóth T. [2010]: 'A melegen préselt repce szerepe a szarvasmarha takarmányozásában', Holstein Magazin, vol. 18, no. 3, pp. 49-52.
http://www.holstein.hu/magazin/holstein_2010_3.pdf
101. Őri I. [2010]: A decentralizált megújuló energia Magyarországon. „Bevált portugál gyakorlatok” c. konferencián (Nyíregyháza, 2010. június 4.) elhangzott előadás.
102. Popp J. [2007]: A bioüzemanyag-gyártás nemzetközi összefüggései. Agrárgazdasági Tanulmányok 2007/7. szám. Budapest: Agrárgazdasági Kutató Intézet.
103. Popp J. – Potori N. [2008]: 'Az élelmezés-, energia- és környezetbiztonság összefüggései', Gazdálkodás, vol. 52, no. 6, pp. 528–544.
104. Popp, J. [2009]: Tension between the 4 F's: Food – Fibre – Fuel – Feed. Global Challenges – Regional Solutions, 19th Annual World Forum & Symposium konferencián (Budapest, 2009. június 20–23.) elhangzott előadás.
105. Popp J. – Somogyi A. – Bíró T. [2010]: 'Újabb feszültség a láthatáron az élelmiszer- és bioüzemanyagipar között?', Gazdálkodás, vol. 54, no.6. pp. 592–603.
106. Progressio [2010]: Social and Environmental Impact Assessment: Pannonia Ethanol Zrt. Progressio Engineering Services Ltd.
https://www2.opic.gov/environasp/eia/pannonia/Pannonia_SEIA_July_1_2010.pdf
107. Rácz L. [2009]: Megújuló energiaforrások a közlekedésben. Az Energiapolitika 2000 Társulat Energiapolitikai Hétfő Esték sorozatában (Budapest, 2009. szeptember 14.) elhangzott előadás.
http://www.enpol2000.hu/files/R%C3%A1cz-Megujulo_energiaforrasok_a_kozlekedesben.ppt
108. REPAP [2010]: Renewable Energy Industry Roadmap for Hungary.
http://www.repap2020.eu/fileadmin/user_upload/Roadmaps/REPAP_RES_Industry_Roadmap_Hungary__final_.pdf
109. Rénes J. [2008]: 'Fás szárú energiaültetvények a gyakorlatban I.', Bioenergia, vol. 3, no. 3. pp. 9–12.
110. Santa Barbara, J. [2007]: The false promise of biofuels. A special report from the International Forum on Globalization and the Institute for Policy Studies.
111. Somosné Nagy A. ed. [2010]: A biogáz szerepe a vidékgazdaságban.
http://www.pleurotus.hu/files/r_biogaztanulmany_vegleges.pdf
112. Somosné Nagy A. [2011]: 'A mezőgazdasági biogázüzemek működési tapasztalatai', Magyar Energetika. vol. 18, no. 2, pp. 28–29.
113. Stróbl A. [2010]: A magyarországi erőműlétesítés várható útjairól. A Budapesti Műszaki Egyetemen (Budapest, 2010. április 8.) elhangzott.
114. Szunyog I. [2009]: A biogázok földgáz közszolgáltatásban történő alkalmazásának minőségi feltételrendszere Magyarországon. Miskolc: Miskolc Egyetem. Műszaki Földtudományi Kar. Mikoviny Sámuel Földtudományi Doktori Iskola.
http://kvt99.lib.unimiskolc.hu:8080/servlet/eleMEK.server.fs.DocReader?id=432&file=Szunyog_ertekezes.pdf
115. Szunyog I. [2008]: Elméleti biogáz potenciál – Egy európai uniós kutatási projekt részeredményei. Kézirat. Miskolc: Miskolci Egyetem.

116. Szűcs I. – Szemmelveisz T. [2002]: 'Ipari fahulladékok energetikai hasznosítása', Anyag- és Kohómérnöki Tudományok, vol. 30, pp. 131–142.
117. The Economist [2010]: The future of biofuels. The post-alkohol world. 2010. október 28.
118. The Guardian [2008]: Secret report: biofuel caused food crisis – Internal World Bank study delivers blow to plant energy drive.
<http://www.guardian.co.uk/environment/2008/jul/03/biofuels.renewableenergy>
119. UNEP [2009]: Towards sustainable production and use of resources: Assessing biofuels, United Nations Environment Programme, International Panel for Sustainable Resource Management
120. USDA Foreign Agricultural Service [2009]: EU-27 Biofuels Annual. Annual Report 2009.
<http://www.docstoc.com/docs/8197374/Netherlands-Germany-EU-27-EU-27-BIOFUELS-ANNUAL-Annual-Report-2009/>
121. USDA Foreign Agricultural Service [2010]: EU Annual Biofuels Report. Global Agricultural Information Network. <http://gain.fas.usda.gov>
122. USDA Economic Research Service [2010]: Amber Waves. Next-Generation Biofuels: Near-Term Challenges und Implications for Agriculture.
<http://www.ers.usda.gov/AmberWaves/june10/Features/NGBiofuels.htm>
123. USGC [2007]: DDGS User Handbook. U.S. Grains Council (USGC). 2007. Washington, DC.
<http://www.grains.org/ddgs-information/217-ddgs-user-handbook>
124. Varga E. [2010]: 'A pelletgyártás jövője – növekvő piaci igények', Magyar Mezőgazdaság és Kertészet és Szőlészet melléklete, vol.7, no. 11, pp. 2-4.
125. Vidékfejlesztési Minisztérium [2010]: USDA tanulmány a bioüzemanyagokról. Külhoni Hírlevél, 2010. május. www.vm.gov.hu
126. Viszlai B. [2010]: Mezőgazdasági üzemi rendszerekhez illesztett modul felépítésű energiafarm. A III. Megújuló Energiafórumon (Budapest, 2010. február 12.) elhangzott előadás.

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: A biogáz összetétele	14
2. táblázat: Az első és második generációs bioüzemanyagok típusainak áttekintése, alapanyagaik és termelési eljárásaik.....	19
3. táblázat: Megújuló energiaforrások az Európai Unióban és Magyarországon (2006-2008)	21
4. táblázat: A hazai erdőkben kitermelt faanyag mennyisége	24
5. táblázat: Energetikai célra felhasznált erdei fatermékek mennyisége.....	25
6. táblázat: Néhány perspektivikus lágyszárú energianövény termesztéstechnológiai jellemzője.....	28
7. táblázat: Fás szárú energianövények hozama	29
8. táblázat: Az energiafűz telepítésének költségei	30
9. táblázat: A közvetlen eltüzelésre hasznosítható biomassza-mennyiség várható alakulása	32
10. táblázat: A közvetlen eltüzelésre hasznosított biomassza mennyisége az EU-ban	33
11. táblázat: A fosszilis és a biomassza eredetű tüzelőanyagok fűtőértéke	34
12. táblázat: Energiaforrások összehasonlítása (2010)	35
13. táblázat: A biomassza-alapú villamosenergia-termelés jellemzői (2008).....	35
14. táblázat: A fontosabb biogáz alapanyagokból nyerhető biogáz mennyisége	42
15. táblázat: A keletkezett hulladékok megoszlása a főbb hulladékkategóriák szerint.....	43
16. táblázat: A vizsgált alapanyagok jellemzői (szállítási költség nélkül).....	47
17. táblázat: Az alapanyagköltség változása.....	48
18. táblázat: Azonos biogázhozamhoz szükséges fermentornagyság eltérő alapanyagok esetén.....	48
19. táblázat: Egy tipikus magyarországi biogázüzem alapanyagai.....	50
20. táblázat: Nagykapacitású biogázüzem beruházási és üzemeltetési költségei Magyarországon (2010).....	51
21. táblázat: Kiskapacitású biogázüzem beruházási és üzemeltetési költségei Magyarországon	52
22. táblázat: Biogázüzemek beruházási költségei Németországban	55
23. táblázat: Tipikus biogázüzemek beruházási költségei Franciaországban	58
24. táblázat: A biogáz-előállítás átlagos költségei Franciaországban (2009)	58
25. táblázat: Kötelező átvételi rendszer Németországban (2009).....	60
26. táblázat: A biogáz, deponiagáz és földgáz jellemzőinek összehasonlítása	60
27. táblázat: A hazai biogáztermelés potenciálja	64
28. táblázat: Mezőgazdasági melléktermékeken alapuló biogáz-erőművek Magyarországon (2010).....	65
29. táblázat: A magyarországi biogáz üzemek foglalkoztatási hatása	69
30. táblázat: Fejlett bioüzemanyag-technológiát alkalmazó gyártók az EU-ban.....	78

31. táblázat: Ezer lakosra jutó gépjárművek száma 2002-2007	82
32. táblázat: Az üvegházhatású gáz kibocsátás-megtakarítás alapértelmezett értékei	84
33. táblázat: A külkereskedelmi adatokból levezethető magyarországi bioüzemanyag-potenciál	88
34. táblázat: A globális reál GDP, a népesség és néhány mezőgazdasági termék fogyasztásának/felhasználásának éves növekedési üteme.....	89
35. táblázat: Néhány mezőgazdasági termék fogyasztásának/felhasználásának éves növekedési üteme, százalék.....	90
36. táblázat: A bioüzemanyag-termelés területigénye	90
37. táblázat: Biodízelgyártók Magyarországon (2009).....	95
38. táblázat: Melléktermékek várható keletkezése 2020-ban önellátás mellett	98
39. táblázat: A DDGS etethetősége.....	100
40. táblázat: A repcedara etethetősége	101
41. táblázat: Az első generációs bioüzemanyagok százalékos ÜHG megtakarítása eltérő források alapján	104
42. táblázat: A második generációs bioüzemanyagok százalékos ÜHG megtakarítása eltérő források alapján	104
43. táblázat: Bioüzemanyagok energiaegyenlege több forrás alapján	105
44. táblázat: A biokomponensek részaránya az üzemanyagokban Magyarországon (2005-2006)	108
45. táblázat: A biokomponensek részaránya az üzemanyagokban Magyarországon (2007-2009)	109
46. táblázat: A megújuló forrásból származó energiák a közlekedésben (2005-2020).....	110
47. táblázat: Magyarország bioüzemanyag-külkereskedelme	112
48. táblázat: A bioetanol termelési költségei és bevételei nemzetközi összehasonlításban (a 2004/2005-2008/2009 gazdasági évek átlagában)	113
49. táblázat: A bioetanol-előállítás költségeinek nemzetközi összehasonlítása.....	114
50. táblázat: A közép-kelet-európai országok bioetanol-piacának jellemzői.....	116
51. táblázat: Az egyes erőművek kezdeti kvótája.....	143
52. táblázat: Az egyes erőművek kapott kvótája a 2008 végi állapot szerint	144
53. táblázat: A biomassza-alapú villamosenergia-termelési kvóták kihasználtsága (2006-2007).....	144
54. táblázat: A megújuló energiaforrásból vagy hulladékból nyert energiával termelt villamos energia kötelező átvételi ára Magyarországon (2011)	145
55. táblázat: A pálhalmi biogázüzem alapanyag-összetétele	148
56. táblázat: A klárafalvi biogázüzem input összetétele	152
57. táblázat: A szarvasi biogázüzem alapanyag-összetétele	153

Ábrák jegyzéke

1. ábra: Biomassza átalakítási platformok energetikai hasznosítás esetén.....	7
2. ábra: A fotoszintézis útján megkötött energia csoportosítása	12
3. ábra: A megújuló energiaforrásból előállított villamos- és hőenergia megoszlása (2008)	22
4. ábra: Magyarország elektromosenergia-termelése (2009)	22
5. ábra: A megújuló forrásból előállított energia részesedése a villamos energia előállításban (2008).....	23
6. ábra: Az erőművek biomassza-felhasználása (2008)	31
7. ábra: Biogáz-erőmű engedélyezési eljárása	44
8. ábra: A biogáz-erőművek gazdaságossága.....	49
9. ábra: Az 1000 lakosra jutó biogázból származó energiatermelés nemzetközi összehasonlítása (2009)	55
10. ábra: Globális bioetanol-üzemanyag előállítás (2009).....	72
11. ábra: Globális biodízel-termelés előállítás (2009)	74
12. ábra: A megújuló energiák várható összetétele a közlekedésben az EU tagállamaiban (energiatartalom alapján) (2005-2020).....	79
13. ábra: A fejlett bioüzemanyagok várható aránya az összes biodízel- és bioetanol- felhasználásból az EU tagállamaiban (energiatartalom alapján) (2015, 2020).....	80
14. ábra: A kukorica keresleti és kínálati függvénye Magyarországon	92
15. ábra: Az EU-27 és Magyarország bioetanol-termelésének alakulása (2005-2009)	93
16. ábra: Az EU-27 és Magyarország biodízel-termelésének alakulása (2005-2009)	95
17. ábra: A bioetanol-gyártás költség szerkezete és bevétele eltérő kapacitás nagyság esetén	97
18. ábra: Az E85-ös üzemanyag értékesítése Magyarországon	110
19. ábra: A tagállamok várható bioetanol-importja 2020-ban	115

MELLÉKLETEK

Mellékletek jegyzéke

1. melléklet: Biomassza kvóták a megújuló villamosenergia-termelésben.....	145
2. melléklet: A biometán tisztítás technológiája.....	148
3. melléklet: A hazai legfontosabb biogázüzemek bemutatása	149

1. melléklet

Biomassza kvóták a megújuló villamosenergia-termelésben⁴¹

A villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. Törvény 11. § (3) alapján az átvételi kötelezettség alá eső zöld villamos energia mennyiségét és a kötelező átvétel időtartamát a jogszabályban meghatározott feltételek szerint a Magyar Energia Hivatal (MEH) határozza meg. Az átvételi mennyiség megállapítása végett a Hivatal kvótarendszert dolgozott ki a megújuló energiaforrásokra, köztük a biomassza-alapú villamos energia termelésére vonatkozóan. Ennek megfelelően az erőművek csak a termelői engedélyben vagy kiserőműi összevont engedélyben megadott mennyiségű villamos energiát értékesíthetnek a kötelező átvétel keretében. A kvótákat 2006-ban osztották ki a termelői engedélyek módosításával. Az 51. táblázat az egyes biomassza-tüzelésű erőművek kiindulási kvótáiról nyújt áttekintést.

51. táblázat

Az egyes erőművek kezdeti kvótája

GWh

		2006	2007	2008	2009	2010	2011
AES Borsodi Energetikai Kft.	Borsodi Hőerőmű	260	260	260	260	260	
	Tiszapalkonyai Hőerőmű	200	200	200	200	200	
Bakony Erőmű Zrt.	Ajkai Erőmű	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	
	Bioenergia Kft.	195	195	195	195	195	
Mátrai Erőmű Zrt.	Mátrai Erőmű	120	160	160	160	160	
Pannonpower Holding Zrt.	Pannongreen Kft.	335	335	335	335	335	
Vértesi Erőmű Zrt.	Oroszlányi Erőmű	55	90	90	90	90	90
Összesen		1 199,6	1 274,6	1 274,6	1 274,6	1 274,6	90

Forrás: MEH

A MEH a már meglévő biomassza-erőművek kvótáit úgy határozta meg, hogy az erőművek zöldáramból származó éves átlagos árbevétele a kvotakiosztást követően is változatlan nagyságú maradjon⁴² (magasabb átvételi árnál kevesebb zöldáram értékesítése is elegendő a korábbi évek átlagos árbevételének eléréséhez).

A kezdeti állapothoz képest lényeges változtatásokra került sor mind 2006-ban, mind 2007-ben: a *Mátrai*, a *Bakonyi* és a *Vértesi Erőmű* engedélyét kétszer módosították a biomassza-kvóták miatt, míg a többi erőműnél egy-egy változtatás történt. Ezeknek köszönhetően jelentősen nőtt a termelhető zöldáram mennyisége (52. táblázat).

⁴¹ 2011 elején a kormány újratárgyalja a KÁT rendszert. A változtatási lehetőségek között szerepel a kötelező átvétel megszüntetése.

⁴² Forrás: *Az átvételi kötelezettség keretében KÁP elszámolása mellett történő villamosenergia-értékesítés 2006. évi helyzete.*

52. táblázat

Az egyes erőművek kapott kvótája a 2008 végi állapot szerint

GWh

Megnevezés		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
AES Borsodi Energetikai Kft.	Borsodi Hőerőmű	280	280	280	280	280			
	Tiszapalkonyai Hőerőmű	180	180	180	180	180			
Bakony Erőmű Zrt.	Ajkai és Inotai Erőmű	55+40	55+40	55+40	55+40	55			
	Bioenergia Kft.	195	195	195	195	195			
Mátrai Erőmű Zrt.	Mátrai Erőmű	120	160	290	290	290	74,5	74,5	74,5
Pannonpower Holding Zrt.	Pannongreen Kft	335	335	335	340	340	340	340	340
Vértesi Erőmű Zrt.	Oroszlányi Erőmű	55	147	250	250	250	250	125	
Összesen		1 220	1 392	1 625	1 630	1 630	664,5	539,5	414,5

Forrás: MEH

A kiosztott kvótáknak 2006-ban 89,2 százalékát, míg 2007-ben már csak a 81,1 százalékát használták ki. Ennek oka elsősorban az, hogy a Tiszapalkonyai Erőmű gazdaságossági okokból gyakorlatilag nem termelt biomassza-alapú villamos energiát 2007-ben. Csupán a Mátrai Erőmű és a Pannongreen használta ki maradéktalanul termelési lehetőségeit mindkét évben (53. táblázat).

53. táblázat

A biomassza-alapú villamosenergia-termelési kvóták kihasználtsága
(2006-2007)

Megnevezés		2006			2007		
		Kvóta (GWh)	Termelés (GWh)	Kvóta kihasználás (%)	Kvóta (GWh)	Termelés (GWh)	Kvóta kihasználás (%)
AES Borsodi Energetikai Kft.	Borsodi Hőerőmű	280	190,6	68,1	280	239,7	85,6
	Tiszapalkonyai Hőerőmű	180	176,6	98,1	180	8,7	4,8
Bakony Erőmű Zrt.	Ajkai és Inotai Erőmű	55	54,7	99,5	95	71,9	75,7
	Bioenergia Kft.	195	155,7	79,8	195	185,7	95,2
Mátrai Erőmű Zrt.	Mátrai Erőmű	120	120	100	160	160	100
Pannonpower Holding Zrt.	Pannongreen Kft	335	336,8	100,5	335	334,8	99,9
Vértesi Erőmű Zrt.	Oroszlányi Erőmű	55	54,4	98,9	147	128,8	87,6
Összesen		1 220	1 088,8	89,2	1 392	1 129,6	81,1

Forrás: MEH

A MEH 2008-ra csak összesített adatokat közöl, amelyek alapján a biomassza eltüzeléséből származó teljes átvett áram mennyisége meghaladta az 1 324 GWh-t, ami 15 százalékkal több az egy esztendővel korábbinál.

A kvótarendszerben 2008. január 1-jétől ismét jelentős változás történt. Ettől kezdve az erőművek maguk dönthetnek, hogy a MEH által a termelői engedélyben részükre megállapított kötelező átvételi időszakon belül mikor és milyen mértékben használják összkvótájukat.

A GKI Energiakutató és Tanácsadó Kft. [2010] szerint a **biomassza-kvóták kiosztása nem tekinthető transzparensnek, a kiosztás elvi alapja pedig tarthatatlan**. A kvótarendszer jelentősen korlátozza a biomassza-alapú villamos áram termelését. Erre utal, hogy a *Mátrai Erőmű* és a *Pannongreen* erőművei 2006-ban és 2007-ben teljesen kihasználták meglévő kvótájukat.

Magyarországon a már korábban említett 2001/77/EK irányelvben megfogalmazott célok elérése érdekében az úgynevezett kötelező átvétel (feed-in tariff) rendszerét vezették be a VET szabályozásával. A MAVIR Zrt. (Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt.) mint átviteli rendszerirányító engedélyes felhatalmazást kapott a kötelező átvételi mérlegkör, rövid nevén KÁT-mérlegkör (zöld-mérlegkör) létrehozására, ami 2008. január 1-jétől működik a 389/2007. (XII. 23.) kormányrendelet alapján. Ugyanakkor a rendelet 2007-ben még nem vette figyelembe a biogázüzemek sajátosságait, így született meg a 287/2008. (XI. 28.) kormányrendelet. Magyarországon a biogázüzemek terjedésének jelentős korlátozó tényezője a KÁT-rendszerben termelt villamos energia nemzetközi összehasonlításban alacsony átvételi ára. A biogáz felhasználásával gázmotoros erőművekben előállított villamos energia átvételi ára 2011-ben „zöld” kilowattóránként az 54. táblázat alapján alakul. A megújuló energiaforrásból vagy hulladékból nyert energiával termelt villamos energia, valamint a kapcsoltan termelt villamos energia kötelező átvételéről és átvételi áráról szóló 389/2007. (XII. 23.) kormányrendelet meghatározta az egyes megújuló energiaforrásokból termelt villamos energia kötelező átvételi bázisárait, amit minden évben az infláció mértéke alapján korrigálnak.

54. táblázat

A megújuló energiaforrásból vagy hulladékból nyert energiával termelt villamos energia kötelező átvételi ára Magyarországon (2011)

Ft/kWh

Megnevezés	Csúcsidőszak	Völgyidőszak	Mélyvölgy-időszak
A MEH 2008. 01.01. előtt (vagy addig benyújtott kérelemre) hozott határozata alapján termelt (kivéve 5 MW-nál nagyobb vízerőmű) villamos energia	34,31	30,71	12,54
A MEH 2008.01.01. után hozott határozata alapján termelt, 20 MW vagy annál kisebb erőműben (kivéve: naperőmű) termelt villamos energia	33,35	29,84	12,18
A MEH 2008.01.01. után hozott határozata alapján termelt, 20 MW-nál nagyobb, de legfeljebb 50 MW-os erőműben termelt (kivéve: szél erőmű 2008. nov. 30-tól, naperőmű) villamos energia	26,67	23,88	9,74

Forrás: Magyar Energia Hivatal [2010]

A biometán tisztítás technológiája

A megfelelően alacsony kénhidrogéntartalmat ($<10 \text{ ppm/Nm}^3$) csak abban az esetben lehet elérni, ha valamilyen nem biológiai kéntelenítési eljárást alkalmaznak a tisztítás során. A biológiai – aerob – kéntelenítő baktériumok alkalmazása során a kéntelenített biogáz oxigéntartalma olyan mértékben növekszik, hogy az az MSZ ISO 13686-ban foglalt maximális értékeket már átlépi. Ezért a kémiai vagy fizikai kéntelenítő eljárásokat kell alkalmazni. A hatályos hazai jogszabályok értelmében biogázüzem létesítésekor az engedélyezés feltétele magas beruházási és üzemeltetési költségeik miatt a biometán előállításának folyamatát megdrágítják. A legegyszerűbb valamilyen lúgos mosószer alkalmazása, vagy pedig vasoxidok használata. A kéntelenített biogáz oxigéntartalma az előzőekben leírt tisztítás után nem növekszik, az előírásokat könnyedén be lehet tartani. A kéntelenítési folyamat után a biogázból nehezen eltávolítható széndioxidot kell kinyerni. Erre számos technológia áll rendelkezésre, a legelterjedtebb a nyomásváltásos adszorpció (PSA) és a magas nyomású vizes mosás (water-scrubbing, DWW). A két rendszerben a felhasznált adszorbeáló közeg különbözik. Mindkét rendszerre a magas széndioxid-szelektivitás a jellemző. Ennek ellenére mindkét rendszerben előfordul az úgynevezett metánvesztesség, ami a teljes bevitt biogáz metántartalmának 0,1-2 százaléka között alakul.

A biogázt kogenerációs berendezésben történő hasznosításához is tisztítják, ez esetben azonban csak a korróziót okozó kénhidrogént távolítják el. A földgáz minőségre történő tisztítás során a kénhidrogén eltávolítását követi a széndioxid-tartalom leválasztása. Meg kell említeni, hogy a jelenleg érvényben lévő 27/2007. (IV. 17.) FVM rendelet mellékletében található biogáz tisztításra vonatkozó technológiai követelmény csak a kénhidrogén eltávolítását írja elő, ami a biometán előállításához szükséges folyamatokhoz nem elegendő, annak ellenére, hogy a rendelet földgáz minőséget említ.

A gáztisztítási rendszerekben a nyomás kialakításához szükséges villamosenergia-fogyasztás rontja az energetikai hatásfokot. 1 Nm^3 biogáz megtisztításához, a berendezés méretétől függően 0,2-0,25 kWh villamos energiára van szükség (Institut für Energetik und Umwelt GmbH, 2006). A további komprimálás 1 Nm^3 biometán esetén közel 1 kWh (Fankhauser *et al.*, 1985) energiát igényel. A magas nyomásra történő komprimálást az üzemanyag célú hasznosítás teszi szükségessé (min 200 bar). Az alacsony és közepesen magas nyomású földgázhálózatra ennél kevesebb energia felhasználásával lehet betáplálni a biogázt. A biogáz megtisztításához és földgázhálózatba-táplálásához 1 kWh energiára van szükség, amely 1 Nm^3 biometán 10%-ának felel meg. Ez alapján 10 kWh energiát nyertünk kb. 1 kWh villamos és hőenergia felhasználásával. Kapcsolt villamos- és hőenergiatermelés esetén 1 Nm^3 biogázból a motor hatásfokának változásával 1,5-2,2 kWh villamos energia és ennek megfelelő hőenergia nyerhető ki a rendszerből.

A hazai legfontosabb biogázüzemek bemutatása

Bátortrade Kft., Nyírbátor

A nyírbátori Bátortrade Kft. 2002-ben 2,5 milliárd forint nagyságú beruházást valósított meg a vállalat saját baromfifeldolgozó telepén, amelynek 70 százalékát vissza nem térítendő állami támogatás, míg a fennmaradó részt saját forrás, valamint banki hitel tette ki. A Bátortrade 3 ezer hektáron folytat növénytermesztést, tejkvótájuk 9 millió liter. Jelenleg 800 tejelő tehenet, szaporulatával együtt 1800 szarvasmarhát tartanak. Baromfivágóhídjuk kapacitása évi 10 millió csirke vágását teszi lehetővé. A cég Nyírbátorban létesített biogázüzeme naponta összesen mintegy 300 tonna szarvasmarha-hígtrágyát, vágóhídi szennyvizet és vágóhídi melléktermékeket (elsősorban zsírt) dolgoz fel. A biogázüzem évente 125 000 tonna, mintegy 10 százalék szárazanyag-tartalmú szerves anyagot dolgoz fel, amelynek összetétele: 30 százalék trágya, 39 százalék állati hulladék, 12 százalék növényi főtermék és 19 százalék növényi melléktermék.

A rendelkezésre álló fermentor kapacitás 17 000 m³, amelyben naponta 20 000-25 000 m³ (60-65 százalékos metántartalmú) biogáz is előállítható. A biogáz-gyártás mellékterméke évente 100 000 tonna biotrágya, amelyet a biogázüzem mellett lévő szántóföldön, tápanyag utánpótlásra használnak fel. A szántóföldi hasznosítás csak az év meghatározott időszakában végezhető, ezért a tiltott időszakokban a biotrágya és a tisztított szennyvíz hat, egyenként 10 000 m³-es fóliával kibélelt átmeneti tározóban kerül begyűjtésre és tárolásra.

Az átlagos napi biogáz-termelés az elmúlt két évben meghaladta a 20 000 m³-t. Az átlagos metántartalom 62 százalék volt. Egy m³ biogázból 2,1 kWh villamos energia előállítására kerül sor. A cég a termelt biogáz kisebb részéből közvetlenül étetéssel a saját baromfifeldolgozójának és más üzemének energiaigényét fedezi, míg a nagyobb részéből villamos energiát állítanak elő. A gázmotorok kapcsolatosan hőt adnak ki, és évente 11 000-12 000 MWh villamos energiát termelnek. A biogáz villamos energiára való átalakítási költsége 8,2 forint/kW-ba került 2008-ban.

A Bátortrade Kft. a biogáz-termelés során keletkező fermentlevet öntözésre használja fel a szántóföldi kultúrák termesztése során. A tapasztalatok azt mutatják, hogy a termés fajlagos mennyisége 20-30 százalékkal nagyobb, mintha kizárólag műtrágyát használnának fel talajerő-utánpótlásra. A tapasztalatokat Petis [2010] az alábbiakban foglalta össze:

- nem mosódik ki a talajvízbe, így a növény biztosan fel tudja venni,
- jobb a csírázás,
- akkor áll a növény rendelkezésére, amikor szüksége van rá,
- jelentős mennyiségű vizet is kijutattunk, így jobb a szárazságtűrés. Stimulálja a talajban lévő mikroorganizmusok számát és aktivitását.

A fermentlé gazdasági előnye, hogy hektáronként 40-50 ezer forintos műtrágyázási költség váltható ki (talajbaktérium kiegészítéssel). A fermentlé felhasználása 10-20 ezer forint/hektár költséget tesz ki. A Bátortrade Kft. évente három alkalommal öntöz fermentlével, ami 30 ezer forint/hektár költséget jelent.

Pálhalma; Agrospeciál Kft.

A Pálhalmai Agrospeciál Kft. (PA Kft.) mintegy 2,5 milliárd forintos beruházással épített biogázüzeme 2007 decemberében kezdte meg működését. A saját tőkéből pályázati és banki forrásból megvalósult üzem évi 90-100 ezer tonna nyersanyagból (55. táblázat), valamint egyéb hulladékból 4-5 ezer háztartás villamos energia ellátásához elegendő áramot képes előállítani. A beruházás költségei várhatóan 7-8 év alatt térülnek meg.

55. táblázat

A pálhalmai biogázüzem alapanyag-összetétele

Megnevezés	Mennyiség t/év
Szalmás sertéstrágya	14 400
Almos szarvasmarha trágya	15 000
Konyhai hulladékok	60
Vágóhídi sertéshulladék	200
Sertésistálló mosóvíz Újgalambos	23 120
Kukorica szilázs	12 000
Sertéstrágya (Adonyhús)	25 000
Napraforgó étolajtermelés maradékai (Héliosz-Coop Kft)	35
Vágóhídi sertéshulladék (Adonyhús)	440
Összes mennyiség	90 255

Forrás: Osztály Szövetségi Mezőgazdasági, Erdészeti, Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Minisztérium

A PA Kft. évente 16 ezer vágósertést nevel és értékesít, szarvasmarha-állománya évi 5 millió liter tejet termel. Ezen kívül a biogázüzem alapanyag-ellátásához hozzájárul az Adonyhús Mezőgazdasági Szövetkezet sertéstelepeén keletkezett trágya és hígtrágya feldolgozása is. A biogázból előállított hőenergiát az állattartó telepek, az irodaházak fűtésére, illetve klimatizálására használják fel. Évente közel 6 millió m³ biogáz 60 százalék metángáztartalommal termelődik, ami a CHP (*combined heat and power engines*) alapelveknek megfelelően kerül feldolgozásra, amelyből a következő energiamennyiséget termelik:

- Áram: 13 376 MWh/év
- Hő: 14 944 MWh/év

A hazai jogszabályok 120 napos kiviteli tilalmat írnak elő (télen) a trágyakihordásra vonatkozóan, aminek megfelelően történt a tározók kapacitásának meghatározása: 36 000 m³/év. Az erjesztési eljárásan átesett trágya csőrendszerű elosztókkal, a traktorhoz kapcsolt trágyatartályból közvetlenül kerül a földekre, minimális nitrát kibocsátással. A biogáz-trágya egy magas értékű, nemesített talajjavító anyag, amely által jelentős mennyiségű műtrágya takarítható meg. A vágóhídi sertéshulladék a hatályos előírásoknak megfelelő kezelés után kerül a biogázüzembe. A felsorolt alapanyagokat egy ún. kétlépcsős mezofil eljárásban (kb. 38°C) egy elő- és utófermentálóban készítik elő az optimális gáztermelésre. A kinyert biogáz direkt átalakítása árammá két biogázmotorban történik.

A PA Kft. a teljes árammennyiséget eladja, így zöld áramként a magyar hálózatra kerül, a magyar hálózatra betáplált zöld áram mennyisége 13 376 MWh/év. A keletkezett hőenergiát a közelben fekvő mosoda hasznosítja, ezzel földgázt takarítanak meg. A metán elégetésével jelentősen csökkenthető az üvegház-hatás. A biogázüzem öt év alatt mintegy 180 ezer tonna széndioxid kibocsátásától mentesíti majd a környezetet. A keletkezett széndioxid-megtakarítást az üvegház-hatás csökkentése érdekében aláírt Kiotói egyezmény keretében, közös megvalósítási program alapján, 2008-2012 között Ausztria megvásárolja a PA Kft-től. A társaság évi 2,5-2,7 milliárd forintos árbevételének mintegy ötödét adhatja majd a biogáz-telep. A telephez kötődő bevételek 70 százalékát az értékesített áram adja.

Kaposvár; Magyar Cukor Zrt. cukorgyár

Európában egyedülálló biogáztermelő-üzem kezdte meg működését a Magyar Cukor Zrt. kaposvári cukorgyárában. Az élelmiszeripari vállalat mérnökei által kifejlesztett berendezés a cukorgyártás során melléktermékként keletkező cukorrépa-szeletet és -törmelékét hasznosítja, és a feldolgozási időszakban a gyár energiaszükségletének 45-50 százalékát állítja elő környezetbarát módon. A berendezés nemcsak a felhasznált fosszilis energia csökkentésével kíméli a környezetet, hanem megszünteti azt a szervesanyag-terhelést is, amelyet korábban a répaszeletek lerakókban történő elhelyezése jelentett.

A cukoriparban a gyártás során melléktermékként keletkező cukorrépa-szeletet és törmelékét hagyományosan az állattenyésztésben használták fel takarmányozásra. Az igény azonban az utóbbi években jelentősen visszaesett, ezért a szerves anyagokat lerakókban kellett elhelyezni. Ez a körülmény, a széndioxid-kibocsátás mérséklésének szándéka és az emelkedő energiaköltségek együttesen vezettek oda, hogy a Magyar Cukor Zrt. vezetése a biogázüzem felépítése mellett döntött. Bár a cukorgyártási melléktermékek energiatermelésre történő felhasználása, mint elv korábban is ismert volt, ipari méretekben még sehol sem épült ilyen célú berendezés. A fejlesztésbe bevonták az anyavállalat, az osztrák AGRANA mérnökeit is, s a közös fejlesztéssel 2006 őszén már üzembe helyeztek egy tesztberendezést. A pozitív tapasztalatok után 2007 tavaszán született meg a végleges döntés, hogy 1,7 milliárd forintos beruházással megépítik a biogáztermelő berendezést, amely 2007 novemberétől működik.

A biogázüzem két fermentora egyenként 13 500 m³ űrtartalommal rendelkezik. Ezekbe a tartályokba helyezik el az „üzemanyagként” szolgáló cukorrépa-szeletet és törmelékét. A megfelelő erjedési folyamatot speciális baktériumok indítják be, s a keletkező gázt egy 2 500 m³-es gáztartályban fogják fel. A gázt a cukorgyár közvetlenül hasznosítja. Ebből a célból az eredetileg földgáztüzelésű kazánt át kellett alakítani úgy, hogy a megfelelő tisztítást követően el lehessen benne égetni a biogáz-földgáz különböző arányú keverékét is.

A 90-100 napig tartó cukorrépa feldolgozási kampány időszakában a gyár naponta 7 ezer tonna cukorrépát dolgoz fel, amelyből napi 2 ezer tonna szelet és törmelék keletkezik. Ebből a mennyiségből a berendezés napi 860 tonnát hasznosít. A biogáztermelő berendezés teljes kapacitása mellett napi 110 ezer m³, 55 százalék metántartalmú biogázt állít elő, ami napi 60 ezer m³ tiszta metánnak felel meg. A fűtőérték m³-enként mintegy 21 MJ. A berendezés mintegy 10 ezer tonnával csökkenti a gyár széndioxid kibocsátását. A berendezés – kisebb kapacitással – kampányidőszak után is működik. Így a feldolgozási időszak lezárásától egészen tavaszig napi száz tonna nyersanyagból 12 ezer m³ biogázt képes előállítani a cég, amelyet a gyárépületek fűtésére használnak fel.

Dömsöd, Green Ballance Kft. (az ELMIB csoport tagja)

Zöld áramot termel – elsősorban mezőgazdasági hulladékból – az ELMIB csoport beruházásában a 2009 júliusában átadott dömsödi biogázüzem. Az 1,9 milliárd forintból létrehozott erőmű a környéken keletkező mezőgazdasági hulladék környezetbarát hasznosítása mellett alkalmas a veszélyesnek minősülő éttermi hulladék felhasználására is. A gáz kinyerését követően megmaradt szerves anyag emellett – komposztálás után – talajjavítóként hasznosítható. Az üzem 60 ezer tonna nyersanyag felhasználásával évi 11 GWh villamos energiát állít elő, ami egy Dömsöd méretű város – mintegy 3 ezer háztartás – villamos energia igényének kielégítésére elegendő. Az energetikai társaság – hosszú távú stratégiájának megfelelően – 2010 áprilisában megállapodást írt alá Kaposváron fás szárú biomassza erőmű létesítéséről, de hasonló erőműveket tervez az ország számos más településén is.

Pusztahencse, Mil-Power Kft.

A Paks közelében található Pusztahencsén 1,03 milliárd forintos beruházással épül meg a Mil-Power Kft. projektcég 1 MW_{el}-os biogázüzeme, amely 2010 őszén kezdte meg működését. A technológiai szállító és résztulajdonos az osztrák Biogest Gmbh, amely Ausztria, Csehország és Szlovákia után Magyarországon erősíti térségi jelenlétét. Az üzem szilárd és hígtrágyából keletkező biogázból évente több mint 7 GWh villamos energiát állít majd elő, amivel 2 ezer háztartás átlagos áramigényét fedezi. A projekt 496,1 millió forint támogatásban részesült az ÚMVP-ből. A biogáz-termeléshez több mint 40 ezer tonna alapanyag szükséges, amelyet a szomszédos tehenészet, illetve a környező mezőgazdasági területek biztosítanak. Mindez évi 220 millió forintos árbevételt jelent már az első évben, a kilowattónként 31 forintos átvételi árral számolva. A projekt megtérülési ideje várhatóan 7 év.

Kaposszekcsői Mezőgazdasági Zrt.

A Kaposszekcsői Mezőgazdasági Zrt. több mint 1 milliárd forintos beruházással felépült biogázüzeme 2010 áprilisában kezdte meg a három hónapos próbaüzemet. Az engedélyezési eljárások és a finanszírozás elhúzódása miatt a tervezettnél később készült el a létesítmény, amely várhatóan 2010 második felétől üzemel teljes kapacitással. Az 1 milliárd forintos projekt 54 százaléka európai uniós támogatásból, 15 százaléka saját forrásból származik, a fennmaradó részt biztosítja hitel. A kaposszekcsői ipari parkban felépült üzemben három, egyenként 2 500 m³ térfogatú fermentorban állítanak elő biogázt. A gáz alapanyaga a mintegy 800 szarvasmarhát és 5 000 sertést tartó mezőgazdasági üzem telepén keletkező trágya és hígtrágya. A vállalkozás bioetanol üzemet is létesített, amely a próbaüzemet követően megkezdte a termelést. Az itt képződő szeszmoslék szintén alapanyagot szolgáltatna a biogázüzemnek. A biogázüzem áramtermelő teljesítménye 0,83 MW, amit a törvényi előírásnak megfelelően az EON vesz át.

Kapuvár, Kisalföldi Mezőgazdasági Zrt.

A Kisalföldi Mezőgazdasági Zrt. Kapuvár közelében szarvasmarhatartásra alapozott biogázüzemet épített. A gazdaság a 1,5 milliárd forintos beruházási összeg felét az Új Magyarország Vidékfejlesztési Programból (ÚMVP) pályázat útján nyerte. A négy telephelyen 2 000 tehenet tartó, 3 600 hektáron gazdálkodó társaság a világpiacon versenyképes zárt rendszerű úgynevezett hígtrágyás, pihenőboxos technológiát vezetett be a Kapuvár melletti Miklósmajorban. A beruházás keretében ezer állat számára egyebek mellett fejőházat építettek, új istállókat létesítettek. A beruházás másik pillére a biogázüzem. A telepen keletkezett trágyát az 526 kW villamos teljesítményű erőműben hasznosítják. Az erőműbe emberi beavatkozás nélkül kerül a tehéntrágya, ahol ebből az alapanyagból állítják elő a gázmotorhoz szükséges biogázt.

A biogázból termelnek gázmotorral villamos áramot. A biogázüzem elektromos teljesítménye 526 kW, hőteljesítménye 550 kW. Az elektromos áram egynegyede fedezi a telep áramszükségletét, a többi értékesítésre kerül. Az energiaigényes tejhűtést is ezzel a rendszerrel oldják meg; a beruházásnak ez a fázisa még folyamatban van. A beruházás előnye az is, hogy a keletkező metánt elégetik, amely így nem szennyezi a környezetet. Az erőmű által feldolgozott alapanyag maradékát a talaj tápanyagának utánpótlására használják. A beruházási összeget az uniós támogatáson túl részben saját erőből, részben bankhitelből fedezték. A beruházás eredményeként a korábbi négyről húszra növekedett a miklósmajori telep dolgozói létszáma.

Kenderes-Bánhalma; Agrener Kft.

Kenderes-Bánhalmán 2007 szeptemberében került átadásra az 1 milliárd forintos beruházással létrehozott biogáz-erőmű. A tervezés során 8-10 éves megtérülési idővel számoltak a beruházók. Az erőmű a termeléshez évente 42 000 tonna mezőgazdasági alapanyagot használ fel, ebből 39 000 tonna sertés hígrágya (a Középtiszai Mezőgazdasági Zrt.-től származik), 3 950 tonna sterilizált vágóhídi húspép, a fennmaradó rész silócirok, gabona ocsú, olajosmag ocsú, glicerin. A keletkező biogáz mennyisége 3,2 millió m³/év. Az új biogázüzemben két, egyenként 526 kW elektromos teljesítményű gázmotort építettek be, így a kiserőmű 1 MW villamos és 0,7 MW hőenergia termelésére képes. A biogázüzem éves szinten 7 GWh elektromos áram előállítására képes. A biogáztermelés melléktermékeként évi 39 ezer tonnányi mennyiségben keletkező biotrágya szintén a Középtiszai Mezőgazdasági Zrt. termőföldjein kerül kijuttatásra. Ennek köszönhetően megközelítőleg 300 tonna műtrágya és 35 ezer m³-nyi öntözővíz kiváltása lehetséges a piaci árnál olcsóbban.

Kecskemét; Pilze-Nagy Kft.

Magyarország hatodik mezőgazdasági biogázüzeme Kecskemét mellett épült fel, a laskagomba termesztéssel és termesztési alapanyag-gyártással foglalkozó Pilze-Nagy Kft. telephelyén. A kecskeméti üzem 300 kW_{el} teljesítményével az ország legkisebb biogázüzeme, azonban a legegységesebb is, hiszen a laskagomba-termesztés hulladékait hasznosítja.

A Pilze-Nagy Kft. gombatermesztő telepén évente mintegy háromezer tonna letermelt táptalaj keletkezik, amelynek elhelyezésére a cég gazdaságos és egyúttal környezetkímélő megoldást keresett. A lehetőségek körültekintő felmérése után a cég a biogáz technológia alkalmazása mellett döntött. Letermelt gomba táptalajt azonban még sehol a világon nem hasznosítottak ilyen módon, így a projekt-előkészítéshez kutatás-fejlesztési munka is kapcsolódott a Gazdasági Versenyképességi Operatív Program támogatási rendszerének keretein belül. A pozitív kutatási eredményeket követően indult el a beruházás.

A projekt előkészítése és az engedélyek beszerzése után 2007 júniusában kezdődött meg a Pilze-Nagy Kft. telephelyén a biogázüzem építése. A kivitelezést a saját technológiával és megfelelő referenciákkal rendelkező Envitec-Biogas Közép-Kelet Európa Kft. végezte. A beruházás 2007 szeptemberére jutott el odáig, hogy a fermentor feltöltés megkezdődhetett, 2007 decemberében pedig beindult a gázmotor. A következő mérföldkövet 2008 októberében érte el a cég: ekkora sikerült elérni a teljes kapacitást.

Az átadott biogázüzem évi 1,2 millió m³ biogázt állít elő, amelyhez évente 7 000-9 000 tonna mezőgazdasági szervesanyagra van szükség. Ennek jó része a gombatermesztésből származik, amelyet sertés hígrágyával és konzervgyári hulladékkal egészítenek ki. A képződött biogáz a 330 kW elektromos és 400 kW termikus teljesítményű gázmotorban elektromos árammá és hőenergiává alakul át. A hőenergia egy része a fermentorban zajló, a biológiai folyamatokhoz szüksé-

ges hőt adja, míg másik része, mintegy 2,68 millió kWh évente – a fejlesztés egy későbbi második lépéseként – a gombatermesztő sátrak hőellátását szolgálja majd. Az üzem évente 2,4 millió kWh villamos energiát képes az országos villamos hálózatra táplálni.

A biogázüzem központi egysége a 2 000 m³ térfogatú fermentor, a gázmotor a technológiai gépházban került elhelyezésre. Az üzem része még a 6 200 m³ nagyságú végterméktároló fedett lagúna és az alapanyag tárolók, fogadók.

Az üzem gondosan megtervezett méretének is köszönhetően a lehető legkisebb mértékben befolyásolja közvetlen környezetét. A biogáz-előállításához szükséges szerves anyagok 100 százaléka mezőgazdasági hulladék vagy melléktermék. A letermelt alapanyag helyben van, a sertés trágyát pedig közeli telepekről szállítják az üzembe, így nincs jelentős teherforgalom. A kierlelt végtermék pedig kitűnően alkalmas a földek szerves és szervesetlen trágyázásának kiváltására.

A 340 millió forintos beruházás közel 70 százalékát a cég önerőből állta (ennek egy része hitel), míg további 110 millió forint a Környezeti Infrastruktúra Operatív Programból kapott támogatásból származott.

A Pilze-Nagy Kft. a letermelt gomba táptalaj hasznosítására épülő biogázüzem beindításával úttörő fejlesztést hajtott végre, amely teljes egészében megfelel az eredeti célkitűzésnek: minél gazdaságosabban és környezetkímélőbben ártalmatlanítani a gombatermesztés hulladékát. Míg az áramtermelés során keletkező hőenergia felhasználása nagymértékben javítja a gombatermesztés gazdaságosságát, addig az alkalmazott környezetbarát technológia garancia a fenntartható fejlődésre.

Klárafalva; Csanád Gazdaságfejlesztési Kht. EnviTec Biogas Dél-kelet Európa Kft.

Klárafalván 2007 novemberében került átadásra az 587 millió forintos nettó költséggel felépült biogáz-előállító telep. A biogázüzem alapanyag biztosításának egyik legfontosabb eleme a mezőgazdaság által energetikai hasznosításra termesztett növény, amely a fermentációs folyamat egyik meghatározó alapanyaga. A termesztett növény estében jelenleg silókukorica képezi a kiinduló alapanyagot, amelynek éves mennyisége 9 000 tonna.

56. táblázat

A klárafalvi biogázüzem input összetétele

Megnevezés	Éves mennyiség t/év	Szárazanyag tartalom %
Sertés hígtrágya	9 000	5,0-6,0
Zöld növény energiatermelésre	9 000	20,0-30,0
Feldolgozó ipari zöld növényi hulladék, hagyma hulladék	2 000	15
Egyéb magas szervesanyag-tartalommal rendelkező hulladék, konyhai hulladék	1 000	-
Mindösszesen: (kerekítve)	21 000	10,0-12,0
Ebből a hulladék:	3 000	

Forrás: Magyarország-Románia INTERREG IIIA/Phare CBC

A bemenő alapanyagok mennyiségét és minőségét figyelembe véve a megtermelt biogáz mennyisége 275-325 m³/óra, a biogáz metántartalma 56 százalékos. A beépített erőműblokk villamos teljesítménye 526 kW. Az éves megtermelt 4 244 MW elektromos energia az érvényben lévő villamos energia törvény alapján értékesíthető. A saját biogáztelep saját fűtési hőenergia felhasználásán kívül 2 571 MW hőenergia áll rendelkezésre, amely a telep egyéb hőfelhasználóinak (pl. állattartó telep épületei) kiszolgálását tudja biztosítani.

Szarvas, Gallicoop Zrt.

A projektben résztvevők: Gallicoop Zrt., Aufwind Neue Energien GmbH, UTS Biogas GmbH, Hallbergmoos. A szarvasi Gallicoop Pulykafeldolgozó Zrt.-ben Magyarország legnagyobb és legkorszerűbb biogázüzemének beruházását 2010. júniusában kezdték meg, amelyet az Aufwand Schmack Első Biogáz. Kft. valósít meg. Az üzem évente 12,8 millió m³ biogázt állít elő. Ebből 27,6 GWh villamos energiát termel, ennek 13 százaléka önfogyasztás, értékesítésre 24 GWh-t szánnak. A gázmotorok fűtési és hűtési célokra (trigeneráció) mintegy 55 000 GJ hőt adnak ki. Az üzem energetikai hatásfoka 55 százalék. Az üzem jelentős mennyiségű és nagy értékű talajjavító biotrágyát állít elő, amely több ezer ha mezőgazdasági területen teszi lehetővé a műtrágya helyettesítését. A biogázüzem beruházási költségigénye 3,9 milliárd forint, ehhez az ÚMVP 494 millió forint támogatást nyújt.

A szarvasi biogázüzem alapanyag-összetétele az 57. táblázatban kerül bemutatásra.

57. táblázat

A szarvasi biogázüzem alapanyag-összetétele

Megnevezés	Alapanyag
Sertéshígtrágya	31 000 tonna/év A szomszédos sertéshizlaló telepről (Goldfood Kft.)
Sterilizált vágóhídi hulladék	20 000 tonna/év A Gallicoop Zrt. és az ATEV Zrt. hulladékbázisára alapozva
Szennyvíz zsíriszap, szennyvíziszap	1 600 tonna/év A Gallicoop Zrt. hulladékbázisára alapozva
Pulyka almostrágya	17 000 tonna/év A 30 km-es körzetben belül képződő szalmastrágyát zárt felépítménnyel rendelkező teherautók szállítják a biogázüzembe
Szarvasmarha almostrágya	5 500 tonna/év Napi rendszerességgel érkezik az üzem közelében (<10 km) található marhatelepekről
Tejsavó és flotátumiszap	20 000 tonna/év Napi rendszerességgel érkezik az üzemtől kb. 10 km-re, az Örménykúton található Szarvasi Mozzarella Kft. telephelyéről, hőkezelt
Silózott cukorcirok	18 000 tonna/év Az üzem közelében (~ 10 km) az Aufwind Farm Kft. által bérelt területeken termelt cirok
Technológiai hígítóvíz	19 000 tonna/év Fűrt kútból biztosított víz és hasznosított csapadékvíz összesen
Összesen	132 100 tonna/év

Forrás: Aufwind Neue Energien GmbH [2010]

A létesítmény műszaki jellemzői a következők:

- beépített villamos teljesítmény: 4 gázmotor: 4,17 MW_{el} beépített villamos összteljesítménnyel;
- termelt biogáz mennyisége: 12 780 000 Nm³/év;
- 19 420 m³ bruttó fermentortérfogat;
- 1,2 hektár siló, trágya- és zagy tározó,
- 4 kilométer gázvezeték;
- termelt nettó villamos energia: 24 080 000 kWh (betáplált teljesítmény);
- értékesíthető hő- és hidegenergia: 15 388 000 kWh, mellyel közel 1 500 000 m³/év földgáz kiváltása lehetséges;
- biogáztrágya mennyisége: közel 6 500 hektáron kiváltható a műtrágya használata;
- üzemeltetési idő: legalább 20 év.

A könyvsorozatban megjelent kiadványok**(Az utolsó három év kötetei)****2008**

2008. 1. Györe Dániel, Juhász Anikó, Kartali János (szerk.), Kőnig Gábor, Kürti Andrea, Nyárs Levente, Radócné Kocsis Terézia, Stauder Márta, Varga Edina, Vőneki Éva, Wagner Hartmut:
A magyar élelmiszergazdasági export célpiacai és logisztikai helyzete
[Hungarian Food Economy Export - Target Markets and Logistic Situation]
2008. 2. Kovács Gábor (szerk.), Czárli Adrienn, Kürthy Gyöngyi, Varga Tibor:
Az agrártámogatások hasznosulása
[The Efficiency of Agricultural Subsidies]
2008. 3. Radócné Kocsis Teréz, Kürthy Gyöngyi, Pesti Csaba, Bukai Andrej:
A dohánypiac helyzete és a dohánytermelés lehetséges jövője Magyarországon és az Európai Unióban a KAP reform tükrében
[The Tobacco Market and the Potential Future of Tobacco Production in Hungary and the European Union in the Light of the CAP Reform]
2008. 4. Erdész Ferencné, Kozák Anita:
A gyógynövényágazat helyzete
[Medicinal Plant Sector in Hungary - Production and Market Development]
2008. 5. Hamza Eszter:
A mezőgazdasági jövedelmek kiegészítésének lehetőségei
[Supplementary Sources of Income for Farmers in Hungary]
2008. 6. Dorgai László (szerk.):
A közvetlen támogatások feltételezett csökkentésének társadalmi- gazdasági- és környezeti hatásai (első megközelítés)
[The Social, Economic and Environmental Impacts of the Hypothetical Reduction of Direct Payments (first approach)]
2008. 7. Györe Dániel, Wagner Hartmut:
A termelői, fogyasztói és külkereskedelmi árak Magyarország és az EU közötti konvergenciája az élelmiszergazdaságban
[Convergence of the Producer, Consumer and Foreign Trade Prices in the Food Economy between Hungary and the EU]

2009

2009. 1. Bojtárné Lukácsik Mónika, Felkai Beáta Olga, Györe Dániel, Kapronczai István (szerk.), Kürti Andrea, Székelyné Raál Éva, Tóth Piroska, Vágó Szabolcs:
Tulajdonosi és szervezeti változások a hazai élelmiszeriparban
[Ownership and Organisational Changes in Hungarian Food Industry]
2009. 2. Györe Dániel, Juhász Anikó, Kartali János (szerk.), König Gábor, Kürthy Gyöngyi, Kürti Andrea, Stauder Márta:
A hazai élelmiszer-kiskereskedelem struktúrája, különös tekintettel a kistermelők értékesítési lehetőségeire
[The Structure of the Hungarian Food Retail Trade, with Special Regard to the Marketing Possibilities of Small Producers]
2009. 3. Popp József (szerk.), Potori Norbert (szerk.):
A főbb állattenyésztési ágazatok helyzete
[Status of the Main Animal Husbandry Sectors in Hungary]
2009. 4. Tóth Erzsébet (szerk.), Ludvig Katalin, Márkus Péter:
A vidéki megélhetés jellemzői és tipikus modelljei a leghátrányosabb helyzetű kistérségekben
[Characteristics of Rural Subsistence and Typical Models in the Most Disadvantaged Small Regions in Hungary]
2009. 5. Biró Szabolcs, Dorgai László (szerk.), Molnár András:
Árutermelő állattartásunk és a „kölcsonös megfeleltetés” alkalmazása
[Commodity Producing Animal Husbandry Activities and the Application of the Cross Compliance in Hungary]
2009. 6. Kovács Gábor (szerk.), Aliczki Katalin, Bartha Andrea, Fogarasi József, Garay Róbert, Kemény Gábor, Kozak Anita, Kürthy Gyöngyi, Nyárs Levente, Potori Norbert, Varga Tibor, Vőneki Éva:
Kockázatok és kockázatkezelés a mezőgazdaságban
[Risks and Risk Management in Agriculture]
2009. 7. Erdész Ferencné, Jankuné Kürthy Gyöngyi, Kozak Anita, Radócné Kocsis Teréz:
A zöldség- és gyümölcságazat helyzete
[Situation of the Hungarian Fruit and Vegetable Sector]
2009. 8. Wagner Hartmut (szerk.), Juhász Anikó, Darvasné Ördög Edit, Tunyoginé Nechay Veronika:
A válság hatása a magyar élelmiszergazdasági külkereskedelemre nemzetközi összehasonlításban
[The Impacts of the Crisis in the Foreign Trade of the Hungarian Food Economy in an International Context]

2009. 9. Kapronczai István, Bojtárné Lukácsik Mónika, Felkai Beáta Olga, Gáborné Boldog Valéria, Székelyné Raál Éva, Tóth Piroska, Vágó Szabolcs: Az élelmiszerfeldolgozó kis- és középvállalkozások helyzete, nemzetgazdasági és regionális szerepe
[*The Position, National Economic and Regional Role of Small and Medium-sized Enterprises in the Food Processing Sector*]
2009. 10. Györe Dániel, Popp József, Stauder Márta, Tunyoginé Nechay Veronika: Az élelmiszer-kiskereskedelem beszerzési és árképzési politikája
[*Supply Management and Pricing Policy of the Food Retail Trade*]

2010

2010. 1. Juhász Anikó, Darvasné Ördög Edit, Jankuné Kürthy Gyöngyi: Minőségi rendszerek szerepe a hazai élelmiszergazdaságban
[*The Role of the Quality Systems in the Hungarian Food Economy*]
2010. 2. Kemény Gábor, Felkai Beáta Olga, Fogarasi József, Kovács Gábor, Merkel Krisztina, Tanító Dezső, Tóth Kristóf, Tóth Orsolya: A hazai mezőgazdaság finanszírozási csatornái és a pénzügyi válság ezekre gyakorolt hatása
[*Financing Channels of the Hungarian Agriculture and Impacts of the Financial Crisis on Them*]
2010. 3. Székely Erika, Halász Péter: A mezőgazdasági tanácsadás intézményi feltételei és működési tapasztalatai
[*Institutional Conditions and Operational Experiences of Agricultural Advising*]
2010. 4. Jankuné Kürthy Gyöngyi, Kozak Anita, Radócné Kocsis Teréz: A magyar dísnövényágazat helyzete és kilátásai
[*The Current Situation and Perspectives of the Hungarian Horticultural Sector*]
2010. 5. Juhász Anikó, Jankuné Kürthy Gyöngyi, König Gábor, Stauder Márta, Tunyoginé Nechay Veronika: A Kereskedelmi márkás termékek gyártásának hatása az élelmiszer-kereskedelemre és beszállítóira
[*Effects of the Production of Private Label Goods on the Food Retail Trade and its Suppliers*]
2010. 6. Merkel Krisztina, Tóth Kristóf: A mezőgazdaság adózása különös tekintettel az egyéni gazdaságokra
[*Taxation of Agriculture, with Special Regard to Private Farms*]
2010. 7. Kemény Gábor, Varga Tibor, Fogarasi József, Kovács Gábor, Tóth Orsolya: A hazai mezőgazdasági biztosítási rendszer problémái és továbbfejlesztésének lehetőségei
[*Problems and Further Development Possibilities of the Hungarian Agricultural Insurance System*]

2010. 8. Juhász Anikó, Wagner Hartmut:
A kemény diszkontláncok terjedésének külkereskedelmi hatásai
[Effects on Foreign Trade of German Hard-Discounters' Global Expansion]

2011

2011. 1. Biró Szabolcs (szerk.), Kapronczai István (szerk.), Szűcs István (szerk.),
Váradi László (szerk.):
Vízhasználat és öntözésfejlesztés a magyar mezőgazdaságban
[Water Use and Irrigation Development in Hungarian Agriculture]
2011. 2. Popp József, Aliczki Katalin, Garay Róbert, Kozak Anita, Nyárs Levente,
Radócné Kocsis Teréz, Potori Norbert:
A Biomassza energetikai célú termelése Magyarországon
[Production of Biomass for Energy Generation in Hungary]

A kiadványok megrendelhetők az intézeti titkárnál az alábbi telefonszámon: 06-1-476-3064