

BIOGÁZÜZEMEK MŰKÖDÉSE ÉS BIOGÁZ ÜZEMI TECHNOLÓGIÁK

OBEKK TUDOMÁNYOS SZAKMAI KIADVÁNYOK

Szerző:

DR. HAJDÚ JÓZSEF

2009

OBEKK Zrt.

TUDOMÁNYOS SZAKMAI KIADVÁNYOK SOROZATA (11/12)



BIOGÁZÜZEMEK MŰKÖDÉSE ÉS BIOGÁZ ÜZEMI TECHNOLÓGIÁK

SZERZŐ:

DR. HAJDÚ JÓZSEF

GÖDÖLLŐ, 2009. DECEMBER

A SZILÁRD BIOMASSZA HŐENERGETIKAI HASZNOSÍTÁSA

SZERZŐ:

DR. HAJDÚ JÓZSEF

LEKTOR:

DR. TÓTH LÁSZLÓ egyetemi tanár
Szent István Egyetem

OBEKK TUDOMÁNYOS SZAKMAI KIADVÁNYOK SOROZAT (11/12)

Sorozatszerkesztő: Dr. Hajdú József

ISBN 978-963-269-157-2

© SZENT ISTVÁN EGYETEMI KIADÓ 2009

2103 Gödöllő, Páter Károly u.1.

Felelős kiadó: Dr. Solti László rektor

Kiadóvezető: Lajos Mihály Igazgató

TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés	6
1. A biogáztermelés alapmechanizmusai.....	8
1.1. Mezofil és termofil technológia.....	9
2. A biogáztermelés alapanyagai és technológiai útjai	10
3. Depóniagáz.....	12
4. A biogázüzemek magyarországi elterjedésének esetleges korlátai.....	13
Felhasznált források	15

Bevezetés

Ma világszerte több tízezer "háztáji" és több ezer ipari méretű szerves hulladék-feldolgozó telep üzemel. Táplálékaink előállításakor ilyen hulladék keletkezik az állattartó telepeken óriási tömegben felhalmozódó trágya formájában, az élelmiszer feldolgozó iparban a vágóhídi és a növényi termékeket feldolgozó konzervgyárakban, az ipari és kommunális szennyvíztisztító telepeken és a szilárd kommunális hulladékok lerakóiban. Ezeknek a hulladékoknak az ártalmatlanítása óriási erőfeszítéseket igényel világszerte, és rengeteg költséggel jár. A nagy költségeket és energiát felemésztő égetés mellett gyakorlatilag az egyedüli lehetőség a mikrobák segítségével, a biotechnológiai eljárásoknak az igénybevétele. A hasznosítás nélkül veszélyes hulladékként kezelendő anyagokból a mikrobiológiai közösségek megújuló energiát (biogáz, hő) és műtrágyát kiváltó, értékes biohumuszt állítanak elő.

Hazánkban elsőként a Hőtechnikai Kutató Intézet (HŐKI) 1950-ben kezdte meg kísérleteit és elméleti felkészülését a trágyahasznosítás anaerob formájára. Ezzel egy időben a Mélyépterv a nagyüzemi sertésállattartás szennyvizeinek anaerob erjesztéses kezelési kísérleteivel foglalkozott a szennyvíztisztításnál bevált iszapstabilizálási módszerrel. A HŐKI 1954-ben állította üzembe a Pécsi Állami Gazdaság Danicz-pusztai 8×72 m³-es félszáraz eljárással működő erjesztőberendezését, mely 3 évig kifogástalanul működött.

A Pécsi Állami Gazdaságnak Danicz-pusztai sertésenyésztő telepe 1955-ben sem villanyárammal, sem városi gázzal nem volt ellátva, így motorikus célokra benzinre, világításhoz petróleumra, háztartási célokra pedig fára és szénre volt szükség. A telepen mintegy 1500-as sertésállomány volt, s a napi trágyatermelés 4-5 t között mozgott, ami napi 200 m³ gáz termelésére adott lehetőséget. A Danicz-pusztai biogázerjesztő falait közönséges téglából építették. Ennek a szerkezeti anyagnak megfelelően 8 db 72 m³-es úrtartalmú kamrát létesítettek, amelyek két sorban helyezkedtek el úgy, hogy egy oldalon négy kamra töltését illetve ürítését lehetett megvalósítani. A reaktorok töltése 15-30 napot vett igénybe, majd a kamrák bezárása után néhány órával már éghető biogáz keletkezett. A maximális gázhozam 7-10 nap múlva jelentkezett és körülbelül 2-3 napig "tartotta magát", majd lassan és folyamatosan csökkent. Az egyenletes gáztermelés érdekében a 8 kamrából álló telep 6 kamráját állandóan üzemeltették, míg egy reaktor töltés és egy másik ürítés alatt volt.

Sajnos a kierjesztett trágya pontos elemzésére és szántóföldi kísérletek végrehajtására nem kerülhetett sor technikai akadályok miatt, azonban tisztázódott, hogy 1 t almozott trágya mintegy 20-40 m³ gázt szolgáltatott, és 1 t mezőgazdasági hulladékból 200 m³ biogáz volt nyerhető.

Már fejlettebb technikát testesített meg a szécsényi biogázüzem, mely Széchenyi TSz-ben működött és az osztrák BVT-BIMA (Biologische Verfahrenstechnik és Böhm-Messerschmidt)

cégtől vásárolt licenc alapján építették meg. Főképpen szarvasmarha-hígtrágya kezelésére épült. E technológiát, s különösen keverési módszerét széles körben alkalmazzák Kanadában, Olaszországban, s Németországban is a kommunális és élelmiszeripari szennyvizek kezelésére. Az eljárás nem alkalmaz forgó keverőszerkezetet, hanem a fejlődő gáz visszavezetésével-pneumatikus úton hozzák létre az erjesztőtérben az állandó áramlást. Ezzel hatékony módon küszöbölik ki a 10%-os szárazanyag tartalmú trágyában az uszadékkepződést, amely máskülönben igen jelentős lenne a hígtrágya alomtartalma miatt.

A telep létesítményei: 1800 m³-es fermentor, trágya elő- és utótároló, nedves rendszerű gáztároló. Naponta 53 m³ trágyát erjesztettek 30 napos lebontási idővel, folyamatosan, mezofil (34 °C) körülmények között, melyet fűtéssel biztosítottak. A tervezett napi gáztermelés 1400 m³, amiből 180 m³ a fűtésre használandó el. A Szécsényben épült telep a 80-as években európai egyik legnagyobb biogáz telepének számított.

Sajnálatos, hogy a fent említett biogázüzemek egyik sem működik már. Megszűnésük körülményeire jellemző, hogy az erjesztendő nyersanyag megszűnése vagy a termelt gáz hasznosítási lehetőségeinek beszűkülése lehetetlenítette el a működést. Ezen meglehetősen régi történetek ismertetését azért tartottuk fontosnak, hogy szemléltessük "olcsó" és egyszerű létesítmények is, melyek valóban alacsony műszerezettséget igényelnek, meg tudták valósítani az erjesztési folyamat fölötti kontrollt, valamint a folyamatos gázszolgáltatást értek el, melyre igényesebb felhasználói hálózat is épülhetett volna.

Továbbá mindegyik példából jól kitűnik: az egész rendszer gazdaságossága attól függ, hogy a termelt gázt hogyan tudják hasznosítani. Az alábbiakban megfogalmaztunk néhány általánosítható megállapítást a biogáztermelés hajdani tapasztalatai alapján, amelyeket még mindig érdemes szem előtt tartani, attól függetlenül is, hogy ma már távfelügyelettel működő biogáz létesítmények hálózák be Európát:

- A pusztán egy és elsősorban helyben történő hasznosítási módra épülő biogázüzemek hosszú távú jövője meglehetősen bizonytalan. Ezért olyan gázhasznosítási megoldások szükségesek, ahol a termelt gáz többféle és hosszú távon biztos fogyasztóbázisra épül.
- Az erjesztendő alapanyag mennyiségének és minőségének szintén hosszú távra biztosítottaknak kell lennie, lévén, hogy a magas nedvességtartalom miatt szállításuk igen korlátozott. Ezért biztonságos alapanyagellátás csak sokféle helyi nyersanyagra és hulladékokra épülve valósulhat meg.

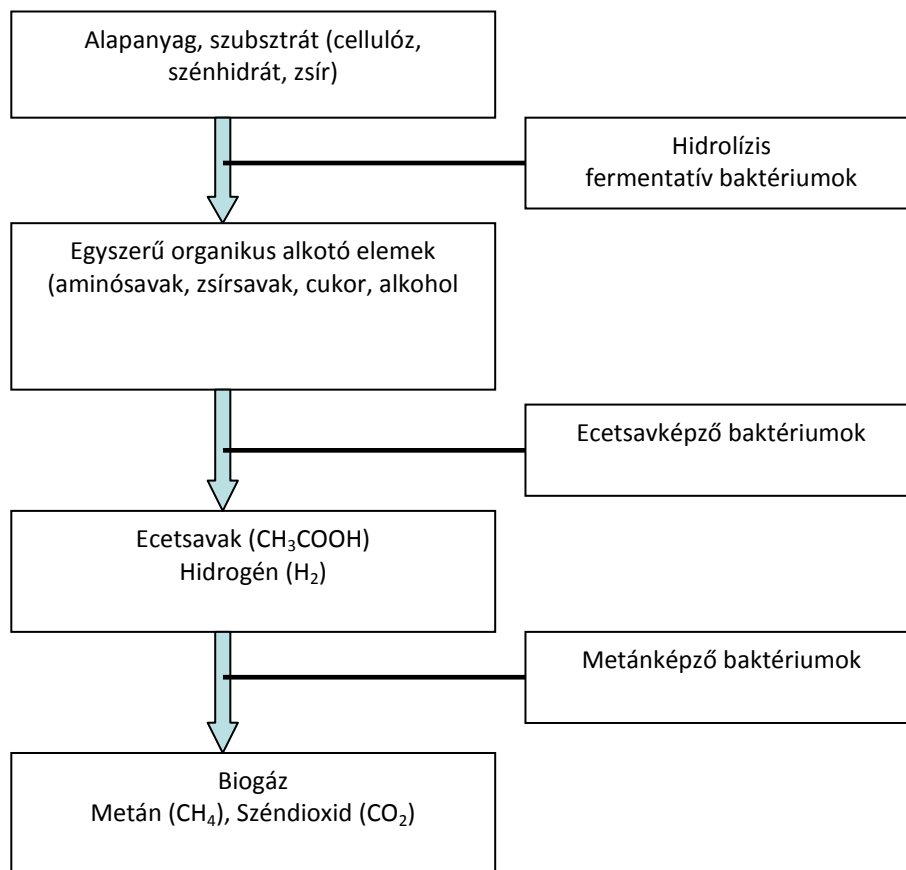
A következő fejezetekben azokat a biogáz technológiákat és működtetési feltételrendszereket mutatjuk be, amelyek a jelen gyakorlatában kínálnak kiemelkedő technológiai és logisztikai megoldásokat a hulladék és trágyakezelés biogáztermeléssel való megvalósítására.

1. A biogáztermelés alapmechanizmusai

A biogáz szerves anyagok anaerob erjedése során képződő, a földgázhoz hasonló légnemű energiahordozó. Biogáz előállítására elsősorban az élelmiszergazdaságban vagy a kommunális területen keletkező szerves anyagok alkalmasak. A biogáz termelés során a biomasszában tárolt kémiai energia nyerhető ki metán formájában. A biológiai metántermelés három mikrobiológiai tevékenységre vezethető vissza, amelyek egymásra épülnek és természetes körülmények között nem lehet azokat elválasztani.

A folyamat az alábbi lépéseket foglalja magába:

- a szervesanyagba található fehérjék, zsírok, keményítők, cellulózok stb. hidrolízises lebontása egyszerűbb alkotóelemekre, fermentatív baktériumok terén;
- az aminosavak, zsírsavak, cukor, alkohol tovább bontása ecetsavakká és hidrogénné, ecetsavképző baktériumok által;
- az ecetsavakból és alkoholból - metán és széndioxid - biogáz előállítása metánképző baktériumok révén.



1. ábra: A biogázképződés folyamata

A biogáz-termelés szempontjából jó szubsztrát összetevők a cukor, keményítő és a zsírtartalmú alapanyagok, kevésbé jó alapanyag a fehérje. A biogáz-termelésre jelentős

kihatással van a hidrolízis fázis sebessége, amelynek során a hidrolizáló baktériumok képesek lebontani a szubsztrát molekulákat és saját anyagcseréjüket fedezik a lebontott összetevőkből. A metán 70 %-a acetátból képződik ebben fontos szerepet kapnak az acetogén baktériumok, amelyek zsírsavakat, mono-szacharidokat és a többi szerves savat acetáttá és hidrogénné dolgozzák fel. Ugyanakkor szoros együttműködésben tevékenykednek a metán képző baktériumokkal, amelyek a hidrogénből állítják elő a metánt. Az eddigiekből is látszik, hogy a kedvező biogáz-termelés többféle mikroorganizmus hatékony együttműködése során jöhet csak létre, és a különböző technológiáknak ennek optimalizálására kell megoldást találni. A lejátszódó folyamatot szemlélteti az 1. ábra.

1.1. Mezofil és termofil technológia

A biogáz-termelés két hőmérsékleti tartományban zajlik a gyakorlati technológiáknál:

- mezofil tartományban (30-40 C^o-on)
- termofil tartományban (50-60 C^o-on)

1. táblázat: A fontosabb biogáz alapanyagok (szubsztrátok) és a belőlük nyerhető biogáz, ill. metán mennyisége (Forrás: Hajdú, 2009)

Sor-szám	Alapanyag szubsztrát	Szárazanyag-tartalom (%)	Biogázhozam (m ³ /t)	Metán (CH ₄) tartalom (%)
I.	<u>Állati trágyák</u>			
1.	Marhatrágya	25-30	40-50	60
2.	Sertéstrágya	20-25	50-60	60
3.	Baromfi trágya	30-35	70-90	60
4.	Marha hígtrágya	8-11	20-30	60
5.	Sertés hígtrágya	7-8	20-35	60-70
II.	<u>Szántóföldi növények</u>			
1.	Silókukorica	20-35	170-200	50-55
2.	Kalászos teljesnövény	30-35	170-220	55
3.	Cukorrépa	23-25	170-180	53-54
4.	Répa levél	16-18	70-80	54-55
5.	Fűszénáz	25-50	170-200	54-55
III.	<u>Élelmiszeripari telléktermék</u>			
1.	Melasz	80-90	290-340	70-75
2.	Szőlőtörköly	40-50	250-270	65-70
3.	Gyümölcstörköly	25-45	250-280	65-70
4.	Sörtörköly	20-25	100-130	59-60
5.	Gabona szeszmoslék	6-8	30-50	58-65
IV.	<u>Kommunális hulladék</u>			
1.	Konyhai élelmiszer-hulladék	9-37	50-480	45-61
2.	Szennyvíziszap	5-24	35-280	60-72
3.	Zöldkaszálék	10-12	150-200	55-65

A két hőmérsékleti tartományt külön-külön és vegyesen is alkalmazza a gyakorlat. A mezofil és a termofil tartományban más-más mikrobás közösségek dolgoznak hatékonyabban.

A baktériumok megfelelő táplálásához a kedvező metánképződéshez optimalizálni kell a szubsztrát összetételét. A legfontosabb szubsztrát összetevők az állati hígtrágyák, a gáztermelésük azonban alacsony ($30-70 \text{ m}^3/\text{t}$), a belőlük keletkezett biogáz metántartalma (CH_4) viszonylag magas $60-70 \%$. Magas gázkihozattal biztosítanak a növényi eredetű (kukorica, cukorcirok, teljes gabonanövény, cukorrépa) szubsztrát komponensek ($170-200 \text{ m}^3/\text{t}$), a metántartalom pedig $53-55 \%$. Ugyancsak magas gázképződés érhető el különböző élelmiszeripari törkölyökből és vágóhídi zsíros melléktermékekből ($250-300 \text{ m}^3/\text{t}$), amelyeknek a metántartalma is kedvező $65-75 \%$. A kommunális szennyvíziszapok rothasztásos kezelésére is jól alkalmazhatók a nedves fermentációs eljárások, amelyek az ártalmatlanítás mellett biogáz előállítására is alkalmasak. A különböző szubsztrát összetevőkből nyerhető biogáz mennyiségét és a metántartalmat szemlélteti az 1. táblázat.

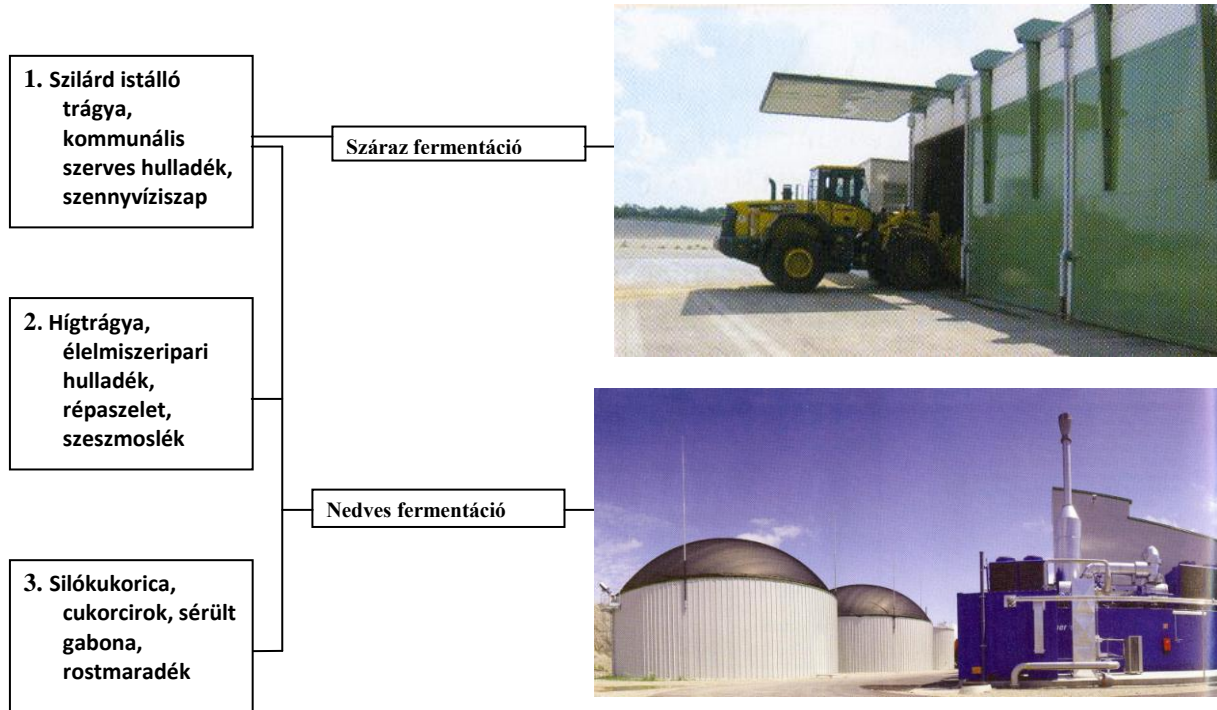
2. A biogáztermelés alapanyagai és technológiai útjai

A biogáz átlagos fűtőértéke $6 \text{ kWh}/\text{m}^3$ ($21,6 \text{ MJ}/\text{m}^3$), 1 m^3 biogáz $0,6$ liter fűtőolajat képes helyettesíteni, az összetétele viszonylag állandó (2. táblázat). A metánképződés időtartama a mezofil fázisban lassabban folyik le mint termofil fázisban. A legtöbb technológiánál $20-30$ napos kiejedési ciklusokkal lehet számolni. A biogáztermelésre többféle technológiai eljárás terjedt el a világban (2. ábra). Legelterjedtebbek a nedves fermentációs eljárások (3. ábra), ahol a szubsztrátok szárazanyag-tartalma $8-12 \%$, kevésbé elterjedtek a félszáraz ($15-25 \%$) és a száraz ($30-40 \%$) fermentációs technológiák. A nedves biogáz-termelő eljárások lehetnek folyamatosak vagy szakaszosak, félszáraz és a száraz eljárások csak szakaszos technológiákkal valósíthatók meg. A gáztermelő fermentorok is többfélék lehetnek: a nedves esetében nagy átmérőjű tartályos, magasabb tornyos vagy csőfermentorok, a száraz eljárásnál kamrás vagy cellás megoldásúak.

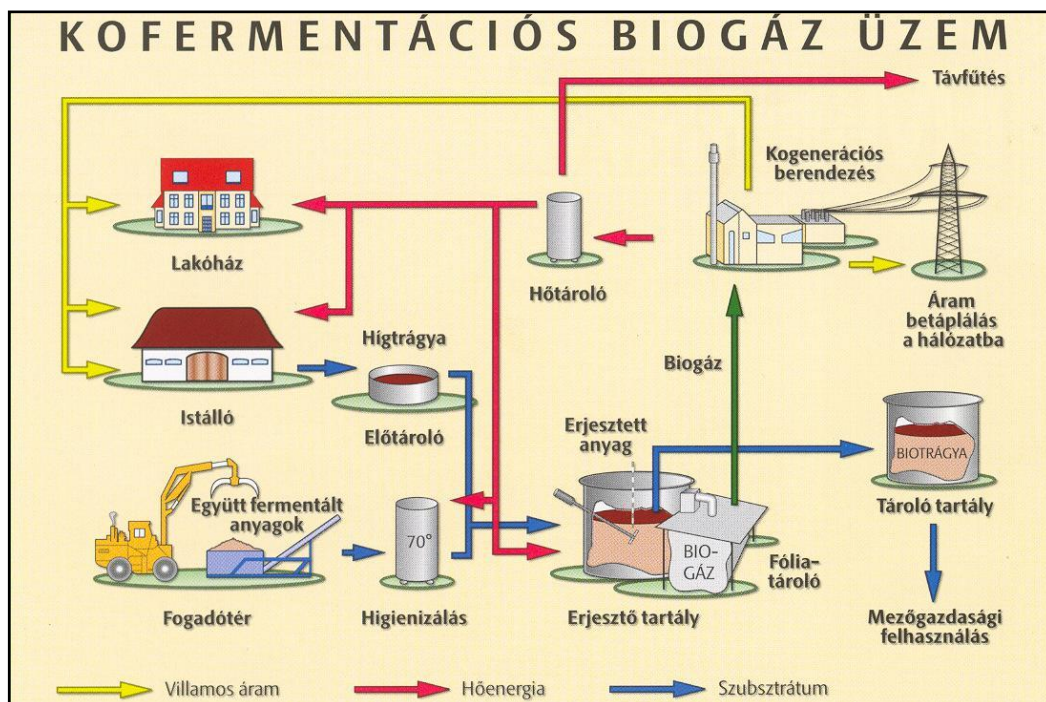
2. táblázat: Az átlagos biogáz összetétele

Összetevő	Koncentráció
Metán (CH_4)	$50-75 \%$
Széndioxid (CO_2)	$25-45 \%$
Víz (H_2O)	$2-4 \%$ ($20-40 \text{ Co-on}$)
Kénhidrogén	$20-20000 \text{ ppm}$
Nitrogén (N_2)	$< 2 \%$
Oxigén (O_2)	$< 2 \%$
Hidrogén (M_2)	$< 1 \%$

A technológiák fontos része az előkészítő fázis, amikor a szubsztrátot aprítani és homogenizálni kell, amely a baktériumok hozzáférhetőségét segíti elő. Az egyenletes gáz fejlődéshez és a jó gázkinyeréshez gondoskodni kell a fermentorban lévő szubsztrát folyamatos (mechanikus vagy hidraulikus) keveréséről is. A kiejert szubsztrátok tárolását és elhelyezését is meg kell oldani a folyamatos üzem érdekében (Fogarassy, 2009).



2. ábra: Biogáztermelési technológiák (Forrás: Hajdú, 2009)



3. ábra: Klasszikus nedves fermentációs biogáz termelés folyamata

A biogáz mint energiahordozó felhasználható tisztítás és kéntelenítés után:

- hőtermelésre gázégők alkalmazásával,
- gázmotorokban áram és hőtermelésre,
- tisztítás és a metánkoncentráció növelése után gázhálózatba történő betáplálásra vagy üzemanyagként (buszok, egyéb járművek hajtására).

A biogázüzemek folyamatosságának biztosítására a gáz hasznosításától függően 1-3 napos gáztároló kapacitást is ki kell építeni. Az alapanyagok és helyettesíteni kívánt hagyományos energiahordozók a biogáz beruházások életképességét alapvetően meghatározzák (3-4. táblázat).

3. táblázat: A biogáz és a többi gáznemű energiahordozó egyes jellemzőinek összehasonlítása

Jellemzők	Mértékegység	Biogáz	Földgáz	Propán	Metán	Hidrogén
Fűtőérték	MJ/m ³	22	36	94	36	11
Sűrűség	kg/m ³	1,2	0,7	2,01	0,72	0,09
Gyulladási hőmérséklet	C°	700	650	470	600	585
Robbanási koncentráció	%	6-12	4,4-15	1,7-10,9	4,4-16,5	4-77

Forrás: Bai, 2002

4. táblázat: Hektáronkénti biogáz hozam növényi eredetű alapanyagokból

Nyersanyag	Termés-hozam (t/ha)	Biogáz hozam (m ³ /t)	Metán-tartalom (%)	Metán hozam (m ³ /ha)
Silókukorica	45	190	55	4700
Teljes gabona-növény (GPS)	15	200	55	1650
Cukorrépa	45	170	53	4210
Zöld kaszáló	12	170	60	1220

Forrás: Fogarassy, 2006 alapján

3. Depóniaigáz

A települési szilárd hulladék lerakókban, depóniákban a tapasztalatok azt mutatják, hogy 6-7 hónap elteltével már megindul a gázképződés folyamata, amely 6-7 év után éri el a tetőpontját, majd fokozatosan csökken és 15-20 év múlva már nem gazdaságos a kitermelése. A kommunális hulladékok 40-50 %-a szervesanyag, amely a deponálás során, anaerob módon biológiailag lebomlik és gáz fejlődik. A hulladék lerakók depóniaigáz termelése jelentősen elmarad a biogáz fermentorokétól. Kedvező esetben is egy tonna

hulladékból 7-12 m³ gáz keletkezik. A depóniagáz kinyeréséhez pontosan meg kell tervezni a lerakókat. Célszerű 6-8 magasságú feltöltéseket végezni és azonnal takarni, ill. szigetelni kell azokat. A vízszintes perforált gázgyűjtő vezetékeket be kell ágyazni a lerakóba. A depónia gáz kivételére szektorosan gázkitermelő kutakat kell létesíteni. A gáz kinyerése történhet kompresszoros elszívásos módszerrel, a gyűjtővezetékbe juttatva, majd víztelenítés és tisztítás után kerülhet felhasználásra. A depóniagázt a keletkezés helyén vagy annak közelében általában hőtermelésre hasznosítják. Fűtőértéke általában 14-17 MJ/m³ között alakul. Amennyiben a depóniagáz metántartalma 50-65 % között van, abban az esetben jól használható gázégőkben önállóan vagy földgázzal keverve. A 30 %-nál alacsonyabb metántartalommal a depóniagáz már stabil tüzelésre nem alkalmas (Fogarassy, et al. 2007).

4. A biogázüzemek magyarországi elterjedésének esetleges korlátai

Általánosságban elmondható hogy a megújuló energiák elterjedését

- a társadalmi környezettudatosság hiánya,
- az alacsony vagy egyáltalán nem létező állami támogatás
- a fosszilis energiahordozók viszonylag alacsony ára és a megújuló energiaforrások hasznosítását lehetővé tevő eszközök – kis forgalomból adódó - magas fajlagos költsége okozza.

A társadalmi környezettudatosság hiánya a megújuló energiák használatának és a környezeti problémák viszonylagos ismeretlenségéből adódik. Vagyis a közvélemény nincs tisztában a megújuló energiák használatának előnyeivel és azokkal a környezeti problémákkal, melyek megoldására alkalmasak lehetnének ezek a technológiák. A fenti kijelentések nagy része igaz a biogáztermelésre is az alábbi kiegészítésekkel (Fogarassy, 2008):

- a mezőgazdaság alacsony jövedelmezőségéből adódóan forráshiányosak a mezőgazdasági termelők, melynek következtében nincs pénz a beruházásokra;
- a bevált és kidolgozott technológiák adaptációja hiányos és lassú,
- a gyakorta kevés illetve nem kellő mennyiségű a közelben lévő nyersanyag és ezen nyersanyagok csak korlátozottan hasznosíthatóak, ebből következően
- a csekély mennyiségű és elszórtan jelentkező nyersanyag csökkenti a biogázüzem kapacitáskihasználtságát és ezen keresztül annak megtérülési idejét.

A biogáztermelés magas költsége az eszközök sorozatgyártásának hiányán túl abból adódik, hogy két jelentős tárolótérfogatot kell kialakítani az eljáráshoz: a fermentort és a gáztárolót. Mindkét térfogat azért költséges, mert az erjesztendő és már kieresztett szerves anyag és a biogáz is kis energiasűrűségű, ezért már egy háztartás energiaigényének biztosításához is 100 m³-es méretű tárolókapacitással kell számolni, amelyek a beruházási költségek jelentős részét teszik ki. A tárolótérfogat azonban csökkenthető a magasabb hőmérsékleten (termofil) és ezért gyorsabban, intenzívebben megvalósuló erjesztéssel (Oosterwyk, 2003).

A biogázüzemek létesítésekor, ahhoz, hogy a technológia magas ára és a viszonylag kis energiasűrűségű erőforrás mellett is jövedelmező beruházást valósítsunk meg, figyelembe kell venni a gáz hasznosításának lehetőségeit, melyek az alábbiak lehetnek:

- üzemben belüli hasznosítás: pl. saját hőtermelés gazdasági épületek fűtésére
- gázmotorokban történő villamos energia termelés és értékesítés esetleg kapcsolt hulladékhő hasznosítással,
- külső megrendelők részére közvetlen hőtermelés, hőértékesítés.

Energiahatékonysági és beruházásgazdaságossági szempontból a közvetlen hőtermelés a leghatékonyabb, de ennek hasznosítása a legnehezebb, hiszen a legtöbb hő éppen nyáron keletkezik, amikor nincs rá szükség illetve a hő szállítása drága hálózat kiépítését igényli. Alternatív megoldás lehetne a gáz tartályokban való szállítása és értékesítése, de ennek a metán igen nehéz cseppfolyósíthatósága miatt szintén korlátai vannak. A pusztán villamos energiatermelés rendkívüli előnye azonban a könnyű és szinte korlátlan értékesítési lehetőség, bár a gázmotorok jelentős többletköltséget jelentenek és a megtermelt gáz csupán 25-30 %-át alakítják át villamos energiává. A többi hulladékhő formájában elvész. Nagy mértékben javíthatja a rendszer hatékonyságát, ha a hőt is hasznosítják és ún. kapcsolt energiatermelést valósítanak meg (Bai, 2005).

A megtermelt gáz hasznosításán túl a melléktermékek hasznosíthatósága is fontos, hiszen a környezetvédelmi előírások betartása kedvezőtlen helyzetben igen megdrágíthatja az eljárást – pl. messzire kell szállítani a nyersanyagot. Általánosságban javasolt, hogy mind a nyersanyag mind a végtermék (gáz, hő, biotrágya) szállítását minimalizálni kell, mivel a nagy szállítási távolság jelentős mértékben ronthatja a jövedelmezőséget és az energiamérleget.

Mind a nyersanyag és a felhasználhatóság, mind pedig a szállítási szükséglet minimalizálását megoldja, ha közösségi, önkormányzati szinten kívánjuk a biogázüzemet létesíteni és üzemeltetni. A nyersanyag ilyen esetben származhat a helyi kommunális szerves hulladékból, szennyvízből is, melynek anaerob kezelésével a hulladékártalmatlanítás feladata is megoldható. A higiénés feltételek biztosítása és a költségek minimalizálása érdekében javasolt termofil eljárás alkalmazása a nagyobb sterilitást adó erjesztés és a kisebb tárolókapacitást igénylő fermentor következtében. A keletkező energia pedig helyben, mind hő mind villamos energia formájában hasznosítható. Ilyen körülmények között már megvalósulhat az energetikai szempontból leghatékonyabb kapcsolt villamos- és hőenergia termelés. Fontos előre megtervezni a kieresztett biotrágya végleges elhelyezését is, mely leginkább a szántóföldi növénytermesztésben hasznosul. Ezért az üzem helyének kijelölésekor alkalmas szántóterületek közelségét is figyelembe kell venni (Fogarassy, 2007).

Felhasznált források

Bai A. (2005) A biogáz előállítás – Jelen és jövő. Budapest, 2005.

Bai. A. – Lakner, Z. – Marosvölgyi, B. – Nábrándi, A. (2002) A biomassa felhasználása. Agroinform Kiadó, Budapest, 2002

Fogarassy C. – Tóth L. – Schrempf N. – Tóth N. (2007) Biogáz termelés és felhasználás műszaki – gazdaságossági kérdései (előadás). MTA AMB 2008. XXXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő, 2008

Fogarassy C. (2008) A szelektív hulladékkezelés új rendszer megoldásai. Ma és Holnap Szakfolyóirat, VIII. évf. 2. szám, 2008

Fogarassy, C. (2006) Biogáz termelésre alkalmas energianövények termesztésének feltételei Magyarországon. II. Magyar Biogáz Konferencia – „Zöldgáz szolgáltatás – Biogáz rendszerek működtetési környezete hazánkban”. (CD/DVD Kiadvány) Szent István Egyetem, Gödöllő, 2006

Fogarassy, C. (2007) A biomassa-biometán termékpálya energia- és klímahatékony rendszerhasználati struktúrájának szakértői programalapú kidolgozása. MTA-SZIE Biomassa Gazdaságtani Kutatócsoport, Gödöllő, Jedlik Pályázati előtanulmány, 2007

Fogarassy, C. (2009) A települési szennyvíziszapok és szennyvizek energianád ültetvényekben történő felhasználása (poszter). Nemzetközi Bioenergia Konferencia – Konferencia Összefoglaló Kiadvány, Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő, 2009 p. 165-169.

Fogarassy, C. (2009) Folyékony bioüzemanyagok széndioxid csökkentő hatása – A bioetanol használat CO₂ egyenlege (előadás). Biomotion - Budapest, 2009. október 29., Budapest, 2009

Hajdú. J. (2009) Alternatív energiatermelés a gyakorlatban. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő, 2009 p. 20-21.

Oosterwyk, J.- Posner, L. (2003) Energy use (1999-2000) and Output/Input ratios for the Wisconsin Integrated Cropping System Trial, Energy use for Wisconsin Integrated Cropping System Trial (<http://www.wise.edu/cias/wicst/pubs/energy.htm>)