

A biometán versenyképessége a biogáz kogenerációs hasznosításával szemben adott üzemméretnél

Barta-Juhász Ilona Lilla

Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Gazdálkodástudományi és Vidékfejlesztési Kar,
Ihrig Károly Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola
juhasz.i.lilla@postafioek.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A biogáz ágazat még sohasem váltott ki annyi figyelmet, mint manapság. A kapcsolt hő és villamos energia előállítás (CHP) megbízható és költséghatékony technológia, mely már most is jelentős mértékben hozzájárul a globális hő és villamos energia-igény kielégítéséhez. A fokozott energiaellátási hatékonyságnak és a hőenergia hasznosításnak köszönhetően a megújuló energiaforrás és a CHP különösen a távhő ellátó és hűtési rendszerrel együtt (DHC) egy fontos része a nemzeti és regionális üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának csökkentését célzó stratégiáknak.

Munkám során egy konkrét biogázüzem alapadatait használok fel, ebből állítok össze egy modellt. A CHP technológiával szemben biogáz tisztítóberendezést tervezek. Kutatásom során kiderült, hogy 1 MW teljesítményű erőműnél a hazai feltételek mellett nem érdemes biogáz tisztítással foglalkozni. A CHP technológia esetében a hőhasznosítás mértékét vizsgálva nyilvánvaló, hogy az 1 m³-re vetített nettó jövedelem minimum 72-szorosa a tisztítási technológiának (hőhasznosítás 0%).

Kulcsszavak: CHP, biometán, nettó jövedelem, biogáz

SUMMARY

The biogas sector has never before aroused so much attention as it does today. Combined heat and power (CHP) reliable and cost-effective technologies that are already making an important contribution to meeting global heat and electricity demand. Due to enhanced energy supply efficiency and utilisation of waste heat renewable energy resources, CHP, particularly together with district heating and cooling (DHC), is an important part of national and regional Green House Gas (GHG) emission reduction strategies.

During my work I am going to use the basic data of a certain biogas plant than I assemble one model from that. Against the CHP technology I am going to plan a biogas cleaning-equipment. During my research it revealed, that in the case of a 1 MW output power plant it is not worthy to deal with biogas cleaning between national conditions. Investigating the quantity of heat recovery in the CHP technology it is obvious, that the net income at 1 m³ biogas is at least 72 times more than the cleaning technology (heat recovery is 0%).

Keywords: CHP, biometan, net income, biogas

BEVEZETÉS

A világszerte folyamatosan növekvő levegő és vízszennyezés jellemző napjainkra, a kommunális, ipari és mezőgazdasági tevékenységek következtében. A 4 R koncepció a csökkentés, újrafelhasználás, újrahasznosítás és a megújuló energia általánosan elfogadott hasznos elv a hulladék kezelésére (Wellinger, 2005). A biogáz előállítás elsődleges célja a hulladékok, növényi, állati melléktermékek hasznosítása, kezelése. A biogáz üzemek technológiája kiválóan alkalmas a biológiai úton lebomló települési hulladékok és mezőgazdasági melléktermékek feldolgozására (Aliczki et al., 2011).

A biogáz általános felhasználása számos országban CHP (Combined heat and Power) technológiával (kogeneráció) történik, mivel ez az energiatermelés nagyon hatékony módú biogáz felhasználás. A keletkezett hőt az ipari folyamatok, mezőgazdasági tevékenységek során, illetve helyiségek fűtésére lehet használni (Seadi, 2008). A termelt hő használati melegvíz-előállításra fordítható az egész év során, télen fűtésre, nyáron abszorpciós hűtő segítségével központi klimatizálásra használható (Sümeghy 2008).

Vizsgálatom célja a biogáz CHP technológiával történő hasznosítás során keletkezett, valamint értékesíthető elektromos áram és hőenergia mennyiségének

meghatározása egy konkrét biogázüzem esetében. Kutatásom alatt számszerűsíttem az ugyanebben az üzemben, de a tisztítási technológia esetében keletkezett biometán mennyiségét. A két technológiai adataiból kívánom meghatározni azonos körülmények között azt a legkisebb hőhasznosítási szintet a kogeneráció esetében, ami versenyképessé teszi a biometánnal szemben.

A biogáz tisztításával előállított biometán napjainkra már általánosan elfogadott eljárássá vált. Számos műszakilag és gazdaságilag hatékony technológia elérhető, amelyek segítségével előállítható a gépjármű üzemanyagként, vagy éppen a földgázhálózati betáplálásra is alkalmas gázminőség.

A biogáztermelés jelentősége

Az Európai Unióban a biogáz előállítás dinamikus növekedett a megújuló energián belül. 2006-ban közel 5000 kilotonna olajegyenérték (ktoe) képviselt az előállított biogáz, 2009-ben 8334,7 ktoe, ami 70%-os növekedést jelentett, 2010-ben pedig 10943,3 ktoe. Az Európai Unióban keletkezett biogáz mennyiségének megoszlását mutatja az 1. táblázat. A biogáz aránya az európai biomassza alapú energia előállításán belül 12,5% volt 2010-ben (EurObserv'ER, 2011).

1. táblázat

Az Európai Unióban előállított biogáz és ebből termelt villamos áram 2010-ben

Megnevezés(1)	Biogáz termelés (ktoe)(2)	Villamos energia (GWh)(3)
Németország(4)	6669,0	16205,0
Egyesült Királyság(5)	1750,0	5712,0
Olaszország(6)	507,5	2054,1
Franciaország(7)	334,0	1053,0
Hollandia(8)	293,4	1028,0
Csehország(9)	176,7	636,0
Spanyolország(10)	198,7	653,0
Ausztria(11)	171,6	648,0
Lengyelország(12)	114,6	398,4
Belgium(13)	127,4	566,0
Svédország(14)	111,2	36,4
Dánia(15)	102,2	353,0
Görögország(16)	67,7	221,9
Írország(17)	58,4	206,0
Szlovákia(18)	12,2	22,0
Portugália(19)	30,7	101,0
Finnország(20)	40,4	89,2
Szlovénia(21)	30,4	97,4
Magyarország(22)	34,2	96,0
Lettország(23)	13,3	56,7
Luxemburg(24)	13,0	55,9
Litvánia(25)	10,0	31,0
Észtország(26)	3,7	10,2
Románia(27)	3,0	1,0
Ciprus(28)	1,0	n.a.
Összesen(29)	10875,4	30331,2

Forrás: EurObserv'ER (2011)

Table 1: Biogas production and electricity production from biogas in the European Union in 2010

Title(1), Biogas production (ktoe)(2), Electricity (GWh)(3), Germany(4), United Kingdom(5), Italy(6), France(7), Netherlands(8), Czech Rep.(9), Spain(10), Austria(11), Poland(12), Belgium(13), Sweden(14), Denmark(15), Greece(16), Ireland(17), Slovakia(18), Portugal(19), Finland(20), Slovenia(21) Hungary(22), Latvia(23), Luxembourg(24), Lithuania(25), Estonia(26), Romania(27), Cyprus(28), Total(29), Source: EurObserv'ER (2011)

A fenti táblázat adatai az unióban előállított biogáz, és ebből termelt villamos energia mennyiségét mutatja meg. A legnagyobb termelők a németek, mellettük még a svédek emelném ki, akik az előállított biogáz nagy

részét nem villamos energiaként, hanem üzemanyagként hasznosítják.

A biogáz jövőbeli szerepét vizsgálva, az európai biogáz potenciálról különböző becslések készültek. Thran et al. (2007) szerint a 2020. évi elméleti potenciál 166 millió tonna olaj egyenérték (mtoe). Az Európai Biomassza Szövetség (AEBIOM 2009) 40 mtoe (1675 PJ) értéket vett figyelembe, ebből a szennyvíziszap 3,4 mtoe-vel (142,4 PJ; 39,5 TWh) részesül.

A biogáz termelés hazánkban fellendülőben van, ezt bizonyítja, hogy hét év elteltével közel megtízszereződött az előállított biogáz mennyisége. Az egyéb kategóriába tartoznak a decentralizált mezőgazdasági üzemek, a települési szilárd hulladékot metanizáló üzemek. A mezőgazdasági biogázüzemek termelése is számottevően bővült, 2008-ról 2011-re megháromszorozódott, 29,52 GWh-ról 92,04 GWh-ra. A termelt villamos energia döntő hányada értékesítésre került a kötelező átvételi rendszerben 73,24 GWh-t vettek át az áramszolgáltatók 2011-ben (2. táblázat).

KUTATÁS CÉLKITŰZÉSE

A témaválasztásomat a biogázüzem hőhasznosítási problémája indokolta. A nyári időszakban keletkezett hőmennyiséget a legtöbb üzem nem tudja hasznosítani, így felmerül az a kérdés, hogyan lehetne az ebből származó veszteséget minimalizálni, és a hasznot maximalizálni. A biogáz a megújuló energiaforrások közül a felhasználás szempontjából az egyik legtöbb lehetőségét kínáló energiahordozó. A villamos energia és hőenergia előállítás mellett egyre növekvő érdeklődés a biogáz tisztításával előállítható biometán iránt, és ezzel együtt egyre több üzem műszaki adaptálása történt meg az elmúlt években.

A választásom azért esett erre a biogázüzemre, mert itt az előállított hőmennyiséget évszaktól függetlenül egyáltalán nem tudják hasznosítani, így csak a belső szükségleteket fedezik ebből. Az itt eltöltött idő alatt betekintést nyertem az üzemben zajló folyamatokba és tapasztaltam a működés során fellépő problémákat.

A biogáztelepeket elsődlegesen nem nyereség céljából létesítik, hanem hulladékkezelés, energiatermelés a fő irányvonaluk, de termelőüzemként, mint amilyen egy biogázüzem is, profitra törekszik a tevékenységéből. 12000 Nm³ biogáz keletkezik 1 nap az üzemben. 1m³ 60% metántartalmú biogáz fűtőértéke Búki (2010) szerint 18–25 MJ/m³. Az üzemben keletkezett biogáz átlagosan 54%-os metántartalmú.

2. táblázat

A biogáz termelés Magyarországon (ktoe)

Megnevezés(1)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Hulladék(2)	0,7	0,1	1,1	2,1	2,1	2,8	2,6
Szennyvíziszap(3)	2,6	4,6	8,0	12,4	8,0	10,5	12,3
Egyéb(4)	0,2	2,4	3,1	5,7	11,7	17,5	19,3
Összesen(5)	3,5	7,1	12,2	20,2	21,8	30,9	34,2

Forrás: EurObserv'ER (2005, 2006, 2007, 2008, 2010, 2011)

Table 2: Biogas production in Hungary (ktoe)

Title(1), Waste(2), Sewage sludge(3), Other(4), In all(5), Source: EurObserv'ER (2005, 2006, 2007, 2008, 2010, 2011)

ANYAG ÉS MÓDSZER

A tanulmányomban a kétféle technológia gazdaságosságát vizsgálom meg. A rendelkezésre álló azonos mennyiségű és minőségű biogáz hasznosítása kétféle módon valósult meg. Egyik esetben a CHP technológiával hő és villamos energia termelődik, a másikban a biogázból tisztítását követően biometán keletkezett. Ezek alapján számszerűsíttem, milyen maximális mértékű hő veszteség esetén érné meg a CHP technológia, valamint hol van az a határ, ahol már érdemesebb lenne áttérni a tisztításra, annak érdekében, hogy a rendelkezésre álló biogáz mennyiségét a lehető leggazdaságosabb módon hasznosítsák. A kutatásomhoz modelleket alkotok a célkitűzésben foglaltak alapján.

A számításomhoz szükséges alapadatok egy ténylegesen működő biogázüzemből származnak, melyeket összefoglalóan mutat be az 3. táblázat.

3. táblázat

A biogázüzem legfontosabb paraméterei

Megnevezés(1)	Me.	Érték(2)
Napi biogáz mennyiség(3)	Nm ³	12000
CH4 tartalom(4)	%	54
Elektromos energia kihozatal(5)	kWh	526
Hőenergia kihozatal(6)	kWh	566
Hatásfok elektromos áram(7)	%	40,4
Hatásfok hőenergia(8)	%	42,9
Hatásfok összesen(9)	%	83,3

Forrás: saját adatok

Table 3: The biogas plant parameters

Title(1), Value(2), Daily biogas quantity(3), CH4 content(4), Electric energy performance(5), Heat performance(6), Efficiency of the electric energy(7), Efficiency of the heat(8), Total efficiency(9), Source: own data

A biogáz üzemben hozzávetőlegesen évente 4,38 millió m³ 54% metántartalmú nyers biogáz keletkezik.

A megtermelt 54%-os metántartalmú gázt 96%-osra kell tisztítani, 94% már megfelelő a földgázvezetékbe való betáplálásra, de a lehetséges 2%-os veszteség miatt tartom célszerűnek a 96%-ra tisztítást. (Juhász, 2010). Az üzemben óránként 500 Nm³ 54%-os metántartalmú nyers biogáz keletkezik, abból földgázminőségre – előre látható metánvesztés miatt 96%-os metántartalomra – való nemesítés után megközelítőleg 281 m³ biometán 150 m³ CO₂ és egyéb anyagok keletkeznek. Szunyog (2009) adatai szerint 34,58 MJ/m³ fűtőértékű gáz található a legnagyobb mennyiségben hazánkban, ezért vettem alapul ezt az értéket a számításomban, a TIGÁZ (2013) adatai szerint 1 MJ földgáz ára 3,264 forint, ezt mutatja a 4. táblázat.

EREDMÉNYEK

1. Biometánból származó jövedelem

A biometánból származó jövedelem meghatározásánál az előállítás során felmerülő költségeket és a bevételeket vizsgáltam meg. Hazánkban még nincs példa a biometán földgázhálózatba való betáplálására, így

nincsenek átvételi árra vonatkozó adataim, ezért az éppen aktuális földgáz árat vettem alapul, hiszen ezt helyettesítené.

4. táblázat

A biometánból származó bevétel és költség

Megnevezés (1)	Mennyiség (Mm ³) (2)	Bevétel (millió Ft) (3)	Fajlagos bevétel (Ft/m ³) (4)	Összköltség (Ft/m ³) (5)
Biometán(6)	2,25	292,5	112,87	112,5
Biometán(6)	4,50	507,9	112,87	104,2

Forrás: saját számítások

Table 4: Income and cost from biomethane

Title(1), Quantity(2), Income(3), Relative income(4), Total cost(5), Biomethane(6), Source: own calculations

A költségek legnagyobb részét az anyagköltség teszi ki, amely a biogáz beszerzési költségéből, a lineárisan változó anyagköltségekből (oxigén, hő, metánvesztés) és a nem lineárisan változó anyagköltségből (villamos áram) valamint a személy jellegű költségek, karbantartás/javítás és az általános költségből tevődik össze. A tisztító berendezés fajlagos áramfogyasztása üzemmérettől függően változik, jelen esetben ez 0,3 kWh 35 Ft/kWh áron számítva 10,5 forintot jelent 1 köbméter metánnál.

A 4. táblázatból látható, hogy a biometán önköltsége magas a fajlagos bevételhez képest, ezt legnagyobb mértékben befolyásolja az alapanyag költség. A számításomban a biogáz alapanyag költségét 40Ft/m³ átlagárral számoltam az alapanyag összetételében számottevő energianövény miatt, így látható, a nettó jövedelem fajlagosan 0,35 Ft/m³. Amennyiben az összköltségben 6%-os áremelkedés következik be, azaz 40,24 Ft-ra emelkedik, a jelenlegi földgáz árral az adott üzemméretű biogázüzem nem tud versenyezni, ebben az esetben eléri a fedezeti pontot, a termelési összköltség eléri a bevételt, a nettó jövedelem nulla, így a gazdasági szempontokat figyelembe véve nem éri meg a tisztítással foglalkozni.

A táblázat második sorában az üzemméretet vizsgálva látható hogy egy dupla méretű azaz 1000 köbméter biogáz tisztítására képes üzemben az 1 köbméter biogázra eső összköltség nagysága 7,7%-kal csökkent így a nettó jövedelem 8,67 Ft/m³.

2. CHP technológiából származó bevétel

A 2. táblázat adatai alapján együttesen figyelembe véve a gázmotorok hatásfokát 58,86 MWh villamos energia és hőenergia keletkezik 1 nap. A hatásfokokat figyelembe véve, valamint a saját felhasználást levonva (villamos áram esetében 7,5%, hőenergiánál 30%) ebből 79200 MJ az értékesíthető elektromos áram mennyisége, a hőenergiáé pedig 63648 MJ. A bevétel számításnál csak a villamos energia és hőenergia értékesítéséből származó összeget vettem figyelembe, a biotrágyát figyelmen kívül hagyom, ugyanúgy, mint az előző esetben.

$(12000 \cdot 0,54 \cdot 32,7) / 3600 = 58,86$ MWh/nap összes energia-mennyiség,

ebből: $(58,86 \text{ MWh/nap} \cdot 0,404) - 1,78 \text{ MWh/nap}$ saját felhasználás = 22 MWh/nap elektromos áram és $(58,86 \text{ MWh/nap} \cdot 0,429) - 7,57 \text{ MWh/nap}$ saját felhasználás = 17,68 MWh/nap hőenergia keletkezik.

A villamos áramból származó bevétel esetében figyelembe kell venni a villamos energiáról szóló LXXXVI. törvény 172.§-ának 2011. III. 30-tól hatályba lépett (5f) bekezdését, valamint a KR. 7.§-ának (1) bekezdését, mely szerint a hővel kapcsolatos termelt villamos energia kötelező átvétele 2011. július 1-től megszűnt. (Energia Hivatal, 2013) Ez alapján 2011-et megelőző évek napszakonként változó átvételi árakat figyelembe véve 28,9 Ft/kWh átlagárral számolok.

A háztartási célú távhőszolgáltatásért fizetendő távhőszolgáltatási díjak eltérnek a szerződésben meghatározott légtérfogat illetve a lekötött hőteljesítmény esetén (FŐTÁV, 2013) ebből adódóan átlagoltam a díjtételeket, 2977 Ft/GJ-ban határoztam meg (5. táblázat).

A biogáz önköltsége a kapcsolt hő és villamos energia előállításánál 30,9 Ft/m³, ezzel szemben 68,8 Ft/m³ bevétel származik, így 37,9 Ft/m³ nettó jövedelmet jelent az üzem számára.

A CHP technológia esetében a hőhasznosítás mértékét vizsgálva látható, hogy az 1 m³-re vetített nettó jövedelem minimum 72-szorosára a tisztítási technológiának (hőhasznosítás 0% esetében).

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A jelenlegi helyzetben (6. táblázat) egyértelműen kijelenthető, hogy az adott üzemméret mellett gazdaságosabb a CHP technológia választása, mint a nagyobb beruházási költséggel járó tisztítási technológia, még

abban az esetben is, ha a keletkezett hőenergiából nem származik bevétel. Azoknál az üzemeknél, ahol nem megoldható a biogázból keletkező hőenergia nagy részének hasznosítása, ott érdemes elgondolkozni egy tisztítási technológián a CHP technológia helyett. A tisztítás esetében fontos tényező az üzemméret, mely meghatározza a gazdaságosságot.

Elmondható, hogy 1 MW teljesítményű erőműnél a hazai feltételek mellett nem érdemes biogáz tisztítással foglalkozni, hiszen az értékesítési ár 1 MJ földgáz esetében a villamos áram alatt marad még abban az esetben is, ha a hőenergia egy részét sem tudják értékesíteni.

Magyarország a teljes energiafelhasználás 58,2%-át importálja, jelentős mértékben függ a főként oroszoktól történő energiainporttól. A belföldi nukleárisenergia-, földgáz-, kőszén- és kőolaj-termelés a fogyasztásnak csak egy részét fedezi, így felmerül az a kérdés, hogyan lehetne ezt a függőséget csökkenteni. Erre kitűnő megoldást jelent a biogáz, mellyel csökkenthetjük a függőséget és üzemanyagcélú hasznosítás esetében mérsékeljük a környezet szennyezését. Az importfüggőség csökkentése érdekében az államnak támogatnia kellene a „zöld gáz” termelését, és biztosítania kellene a magasabb áron történő értékesítést.

A szennyvízre és mezőgazdasági hulladékokra alapozott biogáz előállítás gazdaságosabbá teheti a gáztisztítást a fenti modellel szemben. A szennyvíziszap szárazanyag tartalma 5–24% közötti, míg a gázhozama 35–280 m³/tonna, 60–72% metántartalommal. A zalaegerszegi szennyvíztisztító telepen található Közép- és Kelet-Európa első biometán üzemanyagot előállító biogázüzeme. A szennyvíziszapra alapozott biogáz előállítással nagy mértékben csökkenthető az alapanyag költség, versenyképes lehet a jelenlegi földgáz árral szemben.

5. táblázat

A CHP technológiából származó bevételek, költségek megoszlása

Megnevezés(1)	Hozzáadott érték (%) (2)	Mennyiség (MWh, TJ) (3)	Bevétel (millió Ft) (4)	Fajlagos bevétel (Ft/m ³) (5)	Összköltség (Ft/kWh, Ft/GJ) (6)
Vill. áram(7)	0,770	8030,0	232,1	53,0	13,0
Hőenergia(8)	0,230	23,23	69,19	15,8	1339,5

Forrás: saját számítások

Table 5: The distribution of incomes and costs from CHP technology

Title(1), Value-added(2), Quantity(3), Income(4) Relative income(5), Total cost(6), Electric energy(7), Heat energy(8), Source: own calculations

6. táblázat

A hőhasznosításból származó nettó jövedelem

Megnevezés(1)	Bevétel (millió Ft) (2)	Fajlagos bevétel (Ft/m ³) (3)	Összköltség (Ft/m ³) (4)	Nettó jövedelem (Ft/m ³) (5)
Hőhasznosítás 0% (6)	232,1	53,0	27,8	25,2
Hőhasznosítás 25% (6)	249,4	56,9	28,4	29,2
Hőhasznosítás 50% (6)	266,7	60,9	29,4	32,4
Hőhasznosítás 75% (6)	284,0	64,8	30,2	34,7

Forrás: saját számítások

Table 5: Net income from heat recovery

Title(1), Income(2), Relative income(3), Total cost(4), Net income(5), Heat recovery(6), Source: own calculations

A biogáz alapú közlekedés Svédországban kitűnően működik, az országban 800 db autóbusz és 4500 db gépkocsi üzemel biogázzal. Magyarországon a gáztisztítás még gyermekcipőben jár, ezért fontos egy olyan alapanyag struktúra és üzemméret kidolgozása, amely biztosítja ez esetben a versenyképesen előállítható biometánt a villamos,- és hőenergiával szemben.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0024 számú projekt támogatta.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOM

- Aliczki K.–Garay R.–Kozak A.–Nyárs L.–Popp J.–Potori N.–Radócné Kocsis T. (2011): A biomassza termelése és energetikai felhasználása Magyarországon (tanulmánytervezet). AKI. Budapest.
- Büki G. (2010): Megújuló energiák hasznosítása. Magyar Tudományos Akadémia. Köztestületi Stratégiai Programok. Budapest. <http://mta.hu/data/HIREK/energia/energia.pdf>
- Energia Hivatal (2013): A kötelező átvételű villamos energia átvételi árai 2008–2013. <http://www.eh.gov.hu/hatosagi-arak-2/villamos-energia/kotelezo-atvetel.html>
- EurObserv'ER (2011): The state of renewable energies in Europe. 11 th EurObserv'ER Report <http://www.eurobserv-er.org/pdf/barobilan11.pdf>
- EurObserv'ER (2008): http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro186_a.pdf
- European Biomass Association (2009): A Biogas Road Map for Europe. AEBIOM. Rue d'Arlon. Brussels.
- FŐTÁV (2013): 2013. január 1: hatályos háztartási célú távhőszolgáltatásért fizetendő távhőszolgáltatási díjak, tarifatablázat. <http://www.fotav.hu/fotav-zrt/tarifatablázat/lakossagi-ugyfelek/>
- Juhász I. L. (2010): A biometán előállításának gazdasági elemzése esettanulmány segítségével. Diplomadolgozat. Debrecen.
- Seadi, T. A.–Rutz, D.–Prassl, H.–Köttner, M.–Finsterwalder, T.–Volk, S.–Janssen, R. (2008): Biogas handbook 2008. University of Southern Denmark. Esbjerg. Denmark. <http://www.scribd.com/doc/102225397/Biogas-Handbook>
- Süsmeghy P. (2008): Az energetikai veszteségfeltáráról V. Villanyszerelők lapja – Épületvillamossági szaklap, 2008. január. http://www.villanyszaklap.hu/index.php?option=com_content&id=735
- Szunyog I. (2009): A biogázok földgáz közszolgáltatásban történő alkalmazásának minőségi feltételrendszere Magyarországon. Doktori (PhD) értekezés.
- Thran, D.–Seiffert, M.–Müller-Langer, F.–Plattner, A.–Vogel, A. (2007): Möglichkeiten einer europäischen Biogaseinspeisungsstrategie. Institut für Energetik und Umwelt, Leipzig. <http://www.gruene-bundestag.de/cms/publikationen/dokbin/166/166883.pdf>
- TIGÁZ (2013): Tigáz-DSO elosztási terület egyetemes szolgáltatói árai. <http://www.tigaz.hu/tajekoztatas/foldgaz-ara/tigaz-dso-terulet>
- Wellinger, A. (2005): Biogas Production and Utilisation IEA Bioenergy: T37:2005:01. <http://www.ieabioenergy.com/MediaItem.aspx?id=56>

