

Kevert iszap előkezelésének hatása a fermentációra

Effect of waste-water sludge pre-treatment on fermentation

Tupa Boglárka, Korondi Endre, Bakosné dr Diószegi Mónika

Óbuda University, Bánki Donát Faculty of Mechanical and Safety Engineering Népszínház utca 8.,
1081 Budapest, Hungary

tupabogi@gmail.com, korondi.endre@rkk.uni-obuda.hu, dioszegi.monika@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás: A biogáz üzemek alapanyagainak előkezelése jelentős befolyásoló tényező a biogáz termelésre. Az adott mennyiségű szerves anyagból kitermelt nagyobb mennyiségű biogáz és metán, hatással van az üzemek működési hatékonyságára, gazdasági eredményeire.

Kutatási célunk egy mechanikus aprítóberendezéssel történő előkezelés hatásának vizsgálata a szennyvíztelepi kevert iszapra. A berendezés különböző fordulatszám és recirkulációs beállításai mellett kísérleti úton megállapítottuk az alapanyagból kapott biogáz hozamot, és annak metánmennyiségét. Vizsgáltuk a berendezés egyes paramétereinek változtatásával annak a hozamra tett hatásait. Az eredmények elemzését követően megállapításra kerül az előkezelés legkedvezőbb beállítása.

Kulcsszavak: biogáz, metán, anaerob fermentor, alapanyag előkezelés

Abstract: Pre-treatment of raw materials in biogas plants is a significant factor in biogas production. The larger amounts of biogas and methane extracted from a given amount of organic matter have an impact on the operational efficiency and economic outcomes of the plants.

Our aim is to investigate the effect of pre-treatment with a mechanical shredder on the mixed sludge of the sewage plant. At different speed and recirculation settings of the equipment, the biogas yield from the raw material and its methane content were experimentally determined. We have investigated the effects of the change in some equipment parameters. After analysing the results, the best adjustment for pre-treatment was established.

Keywords: biogas, methane, anaerobe fermentor, pre-treatment

1 BEVEZETÉS

Az előállított biogáz mennyiségét jelentősen befolyásolja az alapanyag előkezelése. A szennyvíziszapban a baktériumok telepekben egymáshoz kapcsolódnak-pelyheket alkotnak- ezek mellett számos szerves anyag és inert részecske is helyet foglal. A pelyhekbe rendeződés meggátolja a nagyobb felületen történő tápanyag felvételt, amely kevesebb biogáz termelést eredményez. A telepek széttroncsolásával megoldható a fajlagos felület növelése, így javítható a biológiai lebontás. [1] Ebből a célból alkalmaztak szennyvíztisztító telepen Lysis *sűrítőcentrifugát* a csehországi Liberecben (1.000.000 lakos egyenérték) Furstenfeldbruck-ban (70.000 lakos egyenérték) és

németországi Aachen-Soers-ben (650.000 lakos egyenérték). A gépegység beépítésével a biogáz-termelés hozama 15–26%-kal növekedett. [2] Az *örülő gyöngymalom*, nedves aprító berendezés a finom aprítóberendezések azon csoportjába tartozik, melyek az alapanyag aprításához vivőközeget - általában vizet vagy iszapot- alkalmaznak, vagy maga az alapanyag kolloid tulajdonságú. A gyöngymalmok alkalmazása során több roncsolási mechanizmus működik egymás mellett, a szemcsék ütközése, legördülése és a rétegek között fellépő nyíróerő egyaránt hat. [3] Eleven iszap esetén 10-24 %-os biogáz növekmény figyelhető meg. [4]

A *kolloid malmok* a nedves aprítás olyan berendezései, melyekben az üto, vagy dörzsölő hatás 0,1 µm-nél kisebb szemcseméretet eredményez. Kevert iszap 36 Celsius fokon történő rothasztás során 18 %-os biogáz növekmény figyelhető meg az előkezelés hatására. [5]

Sok helyen alkalmazzák a magas nyomású *homogenizátort* is. Onyeché szerint 150 bar nyomáson alkalmazva az iszapból nyert biogáz hozam 30%-os növekményt mutatott, a visszamaradó iszap mennyisége pedig 23%-kal csökkent. [6]

Célkitűzésünk laboratóriumi körülmények között megvizsgálni a szennyvíztelepen fellelhető alapanyag (kevert iszap) előkezelésének hatását a biogáz hozam szempontjából. Továbbá, az általunk használt mechanikus előkezelő berendezés optimális beállításának meghatározása, oly módon, hogy nagyobb mennyiségű és jobb minőségű biogázt tudjunk előállítani.

2 A KÍSÉRLET SORÁN ALKALMAZOTT ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

2.1 A laboratóriumi fermentációs eljárás alapja VDI 4630

Kísérleteinket a VDI 4630 szerves anyagok fermentálása című irányelv alapján állítottuk össze. Ez a dokumentum ajánlásokat ad a szerves anyagok fermentálhatóságának becslésére, a megfelelő vizsgálati összeállításokhoz szükséges készülékek és berendezések kiválasztására.

A fermentációt négyszer hajtottuk végre párhuzamos minták vizsgálatával, hogy validált és reprodukálható eredményeket kapjunk.

2.2 Anyagok

A Dél-pesti Szennyvíz Telepről származó kevert iszapot kezeltük és a szintén a telepről származó fermentlével oltottuk be. A kísérlet a mintavételezéssel kezdődött. A szubsztrátumok-jelen esetben kevert iszap - azok az alapanyagok, melyeknek a fermentációját követően a biogáz hozamot szeretnénk meghatározni. A minták szállítása kannákban történt a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telepről a Biomassza előkezelő laboratóriumba. [7]

2.3 Kísérletterv

A kísérlet célja a folyadéknyírás és ütközés elvén működő berendezéssel történő előkezelés hatásának vizsgálata a kevert iszap fermentáció hatékonysága céljából. A fermentáció hatékonysága a biogáz hozam minőségi és mennyiségi növelésével mérhető.

Az anaerob kísérlet során vizsgált értékekre (biogáz és metánhozam) több változó befolyásoló hatását feltételeztük. Ezek egyenkénti módszeres léptetésével végzett vizsgálatsorozatok magas számából adódóan rendkívül időigényes az eljárás. Ennek kiküszöbölésére a kísérlettervezés módszerét alkalmaztuk.

A kezelési eljárás változó elemei és azok szintjei:

- fordulatszám,
(+: 2400ford/min; -: 1600 ford/min)
- recirkuláció,
(+ 3db; -: 9db)

Az egyes szinteket a Bakosné dr. Diószegi Mónika által korábban az aprítóberendezéssel elvégzett kísérletek alapján határoztuk meg. Az alapanyag különböző előkezelési paraméterei az alábbi táblázatban látható. [8]

1. táblázat Alapanyagok előkezelésének különböző paramétereiből összeállított kísérletterv

Kezelési azonosító	Fordulatszám [1/min]	Recirkuláció [db]
Kezeletlen	-	-
S1	2400	3
S2	2400	9
S3	1600	3
S4	1600	9
S5	2000	6

2.4 A kísérlet összeállítása

A kísérlettervben meghatározott paraméterekkel kezelt alapanyagot (kevert iszap) és az oltóiszapot (fermentlé) szabványban írt mennyiség alapján a reaktorba bemértük. Ezt követően a vizsgálati edényt légmentesen lezártuk. A reaktor üveg gázfázisát átöblítettük nitrogénnel, hogy hamarabb beinduljon az anaerob bomlás.

Minden alkalommal indítottunk a szubsztrátum fermentációjával egy időben vakminta mérést is. A vakminta esetében vizsgált anyag nincs, csak az oltóiszap kerül a reaktorba. Az oltóiszap fermentációja során kapott érték kerül levonásra, a minta és az oltóiszap keverék által termelt gázmennyiségből. Így kapható meg tisztán, a vizsgált szubsztrátum biogáz hozama. [9] [10]



1. ábra: Batch rendszer fermentációi

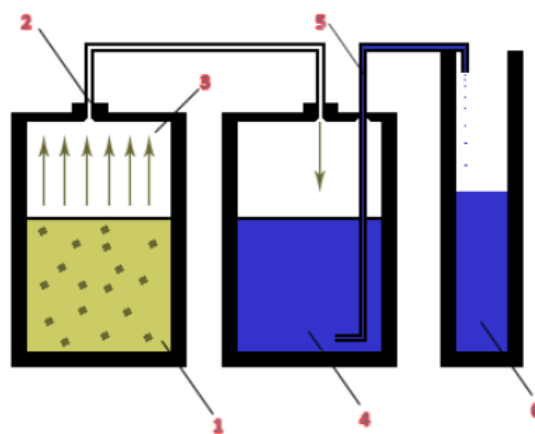
A mérési sorozatot ismétléssel végeztük, melyek mérési eredményeinek átlagát vettük az elemzések alapjául.

3 MÉRÉSI PARAMÉTEREK

3.1 A fermentáció biogáz hozamának mennyiségi mérése (VDI 4630 alapján összeállított rendszer)

A fermentáció biogáz hozamának mennyiségi mérése térfogat kiszorítás elvén történt. A fejlődő gáz a gáztérből csövön keresztül a mérőfolyadékkal megtöltött tartály légtérbe áramlik.

A reaktor üvegekben keletkező biogáz mennyiség változással (térfogat- és nyomásnövekedéssel) egyidejűleg a második tartályban lévő mérőfolyadék a szilikon csövön át a gázhozam mérőhengerbe préselődik. A keletkezett biogáz térfogata megegyezik a kiszorított folyadék térfogatával. [7]



2. ábra: Mennyiségi mérés a gázkiszorítás elvén

1. A fermentálni kívánt szubsztrátum, 2. Polipropilén cső, 3. Gáztér,
 4. Mérőfolyadék,
 5. Szilikoncső, 6. Gázhozam mérő

A kísérletindítás hetében minden nap, aztán 2 naponta mértük a termelt biogáz mennyiségét és minőségét.

3.2 A fermentáció biogáz hozamának minőségi mérése gázkromatográffal

A fermentáció biogáz hozamának minőségi mérése gázkromatográffal történt.

A gázkromatográfiás vizsgálat egy olyan kvalitatív és kvantitatív elválasztási eljárás, ahol vivőgáz – más néven eluens – juttatja tovább a bejuttatott mintát. Az elválasztás során az injektorban a minta magas hőmérsékleten elpárolog, és gáz halmazállapotú lesz, ebből adódóan csak olyan anyagokat vizsgálhatunk, amelyek elpárologtathatók. A beinjektált minták az oszlopon haladnak, amelynek időbeli változását az oszlop végénél lévő detektor méri. Ennek eredményeképp kromatogramokat kapunk, ahol a csúcsmagassághoz tartozó idő (ún. retenciós idő) alapján azonosítható a vizsgált mintában az adott komponens. A görbe alatti terület integrálásával pedig az anyag mennyiségére kapunk kvantitatív adatot. A biogáz mintákat gázfecskendővel vettük, amit először a mintával átöblítettünk. [9]

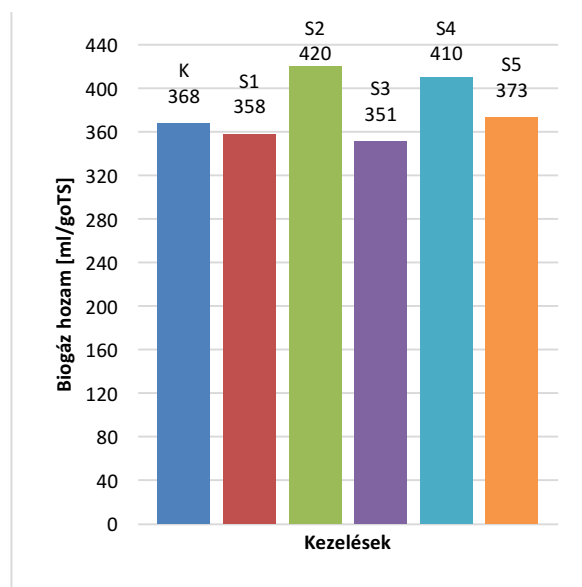


3. ábra Gázkromatográf

4 EREDMÉNYEK

4.1 Biogáz hozam értékek

A kevert iszap szubsztrátum vizsgálatát ismételt kísérletben végeztük. Minden esetben párhuzamos méréseket folytattunk és ezek átlagát vettük figyelembe az alábbi megállapításoknál. A kísérleteink során a Dél-pesti szennyvíztisztító telep elő és utóülepítőjéből származó kevert iszapot használtuk szubsztrátumként, melyet a kísérletterv alapján kezeltük. Ezt oltottuk be a fermentlével, amely a toronyból távozó centrifuga előtti iszap.

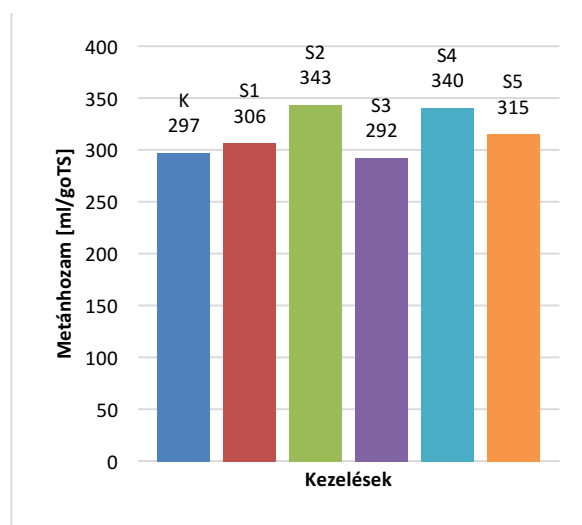


4. ábra: Biogáz hozam értékek

A 4. ábráról leolvasható, hogy a kezletlen minta biogáz hozama, ami 367 ml/g_{oTS}, a kezelt minták pedig 351 ml/g_{oTS} (S3) és 409 ml/g_{oTS} (S4) között alakultak.

4.2 Metán hozam értékek

A metánhozamok legmagasabb értéke 343 ml/g_{oTS} (S2) a legalacsonyabb pedig 292 ml/g_{oTS} (S3). A kezletlen rendszer metánhozama 297 ml/g_{oTS}.



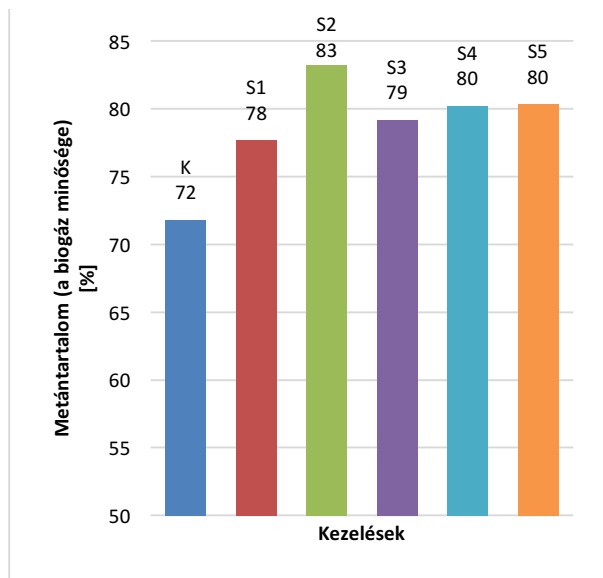
5. ábra: Metán hozam értékek

Az S3-as minta elmarad a kezletlenhez képest metánhozamban is. A többi, más paraméter beállítással kezelt rendszer viszont metánhozam többletet mutat. Ezzel megállapítható, hogy a kezelés a biogáz minőséget egyértelműen növelte.

4.3 Termelt biogáz %-os metántartalma és pH értékek

A 6. ábráról leolvasható, hogy a mintánként termelt összes biogáz átlagos százalékos metán értéke minden esetben magasabb a kezelt rendszerek esetében.

Kiemelkedő az S2-es érték, mely majdnem 12% többletet mutat. Az S1 esetén 6% körüli a többlet. A többi rendszer e két érték között helyezkedik el.

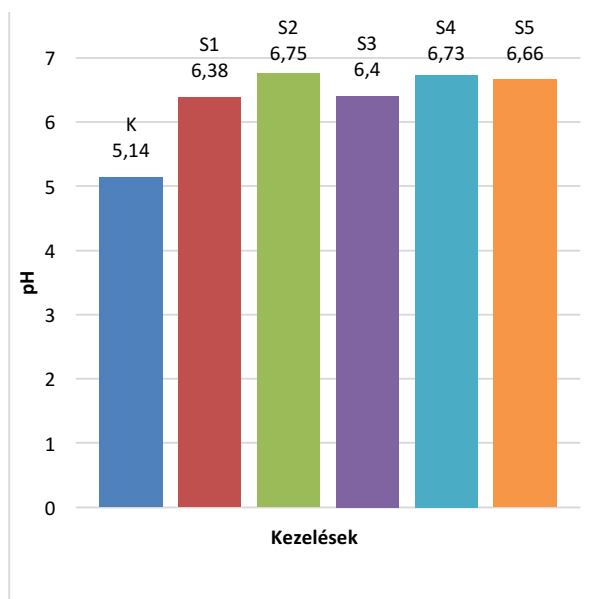


6. ábra: Termelt biogáz %-os metántartalma

A fermentáció során fontos, hogy a pH érték stabil maradjon, mivel a baktériumok- kiemelten a metanogének- érzékenyek a pH ingadozásra.

A savképző baktériumok már 5-ös pH feletti értéken is megfelelően működnek, ehhez képest a metanogéneknek 6,2-es pH-t kell biztosítani. A fermentatív baktériumok pedig a 6,8-7,2 közötti pH tartományban fejlődnek megfelelően. [11]

Kísérleteink során közvetlen az előkezelések után, valamint a fermentációs kísérleteink végén mértünk a pH-t, ezzel is monitorizálva a fermentorban lejátszódó folyamatokat.

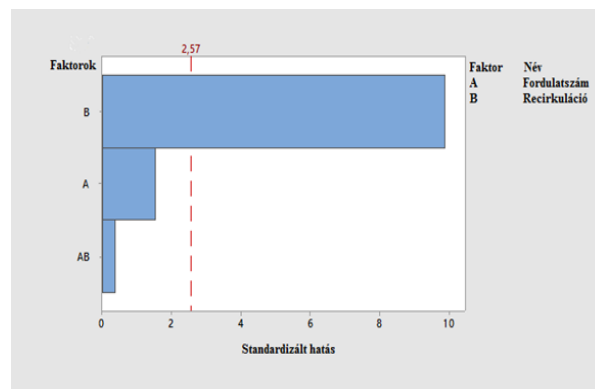


7. ábra: Az alapanyag pH értékének változása az előkezelések hatására (fermentáció előtt)

A metántartalom és a pH értékek között szoros összefüggés látható. A pH tartalomból közvetlenül tudunk a metántartalomra következtetni. Ezt a megállapítást a mi méréseink is alátámasztják. (6. ábra)

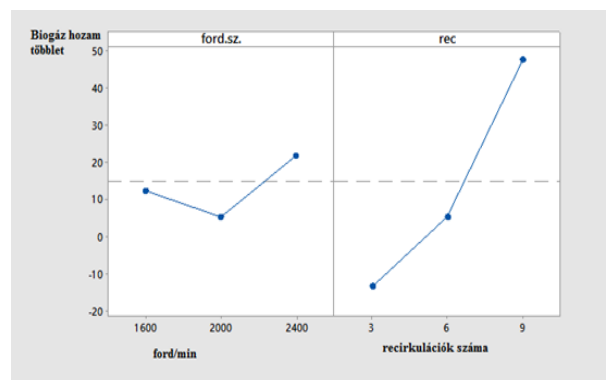
4.4 Gázhozamok és körülményeinek statisztikai elemzése, kiértékelése

Megvizsgáltuk az anaerob fermentáció végén (10. nap) a kezeletlen mintához képest a metánhozam és a biogáz hozam többletet. Ezen különbségek értékeit az ANOVA módszerrel értékeltük ki. A MINTAB program által kapott biogáz hozamtöbblet hatásdiagramja látható az alábbi Pareto diagramon.



8. ábra: A mechanikus aprítóberendezéssel történő kezelés biogáz hozamának vizsgált faktorjai a kevert iszap esetén

A diagramon látható, hogy a fordulatszám hatása elhanyagolható a hozamok szempontjából. A kevert iszap esetén csak recirkuláció számának van szignifikáns hatása a fermentációra. Hasonló eredménnyel alakult a metánhozam többlet Pareto diagramja is.



9. ábra: A fordulatszám és recirkuláció hatása a biogáz hozam többletre

Leolvasható a hatásdiagramból, hogy a fordulatszám növelésével kevésbé, a recirkuláció növelésével viszont jelentősen nő a gázhozam.

5 KONKLÚZIÓ

A kísérletek alapján beigazolódott, hogy az alkalmazott előkezelő berendezés hatással van az alapanyag biogáz termelésére.

Továbbá a kísérlettervezés statisztikai elemzése alapján kijelenthetjük, hogy a berendezés beállított paramétereitől a recirkulációnak van jelentős hatása a

fermentációra. A mért eredmények tekintetében bizonyos, hogy a nagyobb recirkuláció esetén növekszik a biogáz és metán hozam.

Mivel a fordulatszám nem befolyásoló paramétere a hozam értékeknek, így a kezelést érdemes alacsony fordulatszámon nagy recirkulációval elvégezni figyelve az előkezelés befektetett energia mennyiségre.

Ugyanakkor további optimalizálásra és energia mérleg elkészítésére van szükség a berendezés üzemi létjogosultságának bizonyítására. Üzemi alkalmazás esetén a laboratóriumi mérések fél-üzemi vizsgálata is előkövetelményként merül fel.

Összességében megállapítható, hogy az alap kutatás eredményei fontos pilléreként hasznosíthatók a biogáz üzemek számára. A biogáz telepek gazdaságos üzemeltetése függ a megfelelő előkezelő berendezések technológiai sorrendbe iktatásával, az eljárás optimalizálásával. A biztonságosan kiszámítható magas és jóminőségű biogáz hozam növelné a létesítmények számát, csökkenne a hazai energia kiszolgáltatottság és növekedne az energiabiztonság.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A közleményben ismertetett kísérletsorozat Bakosné Dr. Diószegi Mónika, Tupa Boglárka, Kormos Klaudia, Misi Ádám, Pelle György Tamás közreműködésével az Óbudai Egyetem biomassza előkészítő laboratórium eszközei segítségével jött létre.

Továbbá az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-4-I. kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.”

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Dr. Öllös Géza, Dr. Oláh József, Palkó György - Rothasztás szakkönyv
<http://docplayer.hu/24804750-Ollos-geza-olah-jozsef-palko-gyorgy-rothasztas-szakkonyv.html> (Letöltve: 2016. május 8.)
- [2] M. Dohanyos, J. Zabranska, P. Jenicek: Enhancement of sludge anaerobic digestion by using of a special thickening centrifuge, pp: 145–153, *WaterSci. Technol.* 36 (11) 1997., J. Zabranska; M. Dohanyos; P. Jenicek; J. Kutil.: Disintegration of excess activated sludge-evaluation and experience of full-scale applications, *WaterSciTechnol.*, pp.: 229–236, 53 (12) 2006.
https://www.researchgate.net/publication/229173222_Enhancement_of_sludge_anaerobic_digestion_by_use_of_a_special_thickening_centrifuge (Letöltve: 2017. január 8.)
- [3] Pécs M.: Feldolgozási műveletek – Sejteltárás, BME Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék oktatási anyag
http://oktatas.ch.bme.hu/oktatas/konyvek/abet/bioelvalmuveletek/00%20Digitalis%20tananyag/Digit%E1lis%20jegyzet_animaciok%20nelkul.pdf (Letöltve: 2016. május 1.)
- [4] U. Baier, P. Schmiheiny: Enhanced anaerobic degradation of mechanically disintegrated sludge water., pp.: 137–143, *Sci. Technol*, 36 (11) 1997.
- [5] M. Barjenbruch, O. Kopplow: Enzymatic, mechanical and thermal pretreatment of surplus sludge, pp.: 715–720, *Adv. Environ Res*, 7 (3) 2013.
- [6] Onyece, T.I.: Economic benefits of low pressure sludge homogenization for waste water treatment plants. New Brunswick, Canada: IWA specialist conferences Moveing forward wastewater biosolids sustainability, 2007.

<http://www.bvsde-oms.org/bvsaar/cdlodos/pdf/economicbenefits417.pdf> (Letöltve: 2016. március 11.)

[7] VDI 4630 – Szerves anyagok fermentálása - A szubsztrátum jellemzése, mintavételezés, lényeges adatok gyűjtése, fermentációs tesztek, Verein Deutcher Ingenieure, Düsseldorf, 2006.

[8] Bakosné Diószegi Mónika: Speciális mechanikus előkezelés hatásának vizsgálata biogáz hozam növelése céljából, Doktori (PhD) értekezés, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, 2015.

[9] Kormos Klaudia: Kevert, szakaszos biogáz fermentáció vizsgálata, Tudományos Diákköri Dolgozat, Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Gépészertani és Biztonságtechnikai Intézet, Budapest, 2013

[10] Bai Attila (szerk.): A biogáz, Száz Magyar Falu Könyvesháza Kht., 2007

[11] Drégelyi – Kiss Ágota, Horváth Miklós, Bagi Zoltán: Biogáz gyártás mérési eljárásai, Óbudai Egyetem, Budapest, 2012, ISBN 978-615-5018-51-0