

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**EGY ADOTT GAZDASÁGI SZERKEZETŰ, KISEBB RÉGIÓ
SZERVES HULLADÉKAIRA ALAPOZOTT BIOGÁZ
ELŐÁLLÍTÁSI TECHNOLOGIA KIALAKÍTÁSA**

Sallai László

Témavezető: Dr. Grasselli Gábor



DEBRECENI EGYETEM

Kerpely Kálmán Doktori Iskola
Debrecen, 2012.

1 A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSEI

Magyarországon a lebontható biomassza potenciál igen változatosan és a létesítendő biogáz üzemek környezetében igen eltérő összetételben áll rendelkezésre. A biogáz üzemek létesítését megelőzően ezért minden esetben problémaként merül fel az optimális üzemi, technológiai paraméterek és a receptúrák behatárolása. A szakirodalmi források is megerősítik azt a feltételezést, hogy az optimális üzemi technológia megvalósítása érdekében olyan tudományosan megalapozott, megfelelően kidolgozott módszertanon nyugvó kísérletek elvégzésére van szükség, amelyek meghatározzák, hogy a biogáz adott, helyi körülmények között milyen technológiával, milyen alap- és adalékanyagok felhasználásával állítható elő.

Fő célkitűzésem: adott kistérség biogáz előállítási célra hasznosítható biomassza potenciáljának felmérésével és elemzésével, valamint az egyes potenciálisan kofermentként rendelkezésre álló mezőgazdasági eredetű biomassza félésegekkel végzendő technológiai kísérletekkel igazolni, hogy a helyi lehetőségek és adottságok összessége, valamint a rendelkezésre álló alapanyagok mennyiségi és minőségi jellemzői határozzák meg minden konkrét esetben a legmegfelelőbb alkalmazható biogáz előállítási technológiai megoldást.

2 A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI

A téma aktualitását a környezettudatos, a fenntartható fejlődést szem előtt tartó műszaki fejlesztés előtérbe kerülése adta az elsősorban a nemzetközi tendenciákat szorosabban követő kutató szakemberek körében. Az egyik fejlett kutató bázissal, nagy agrárműszaki hagyományokkal rendelkező kar oktatóival - a már korábban kialakult személyes kapcsolatoknak köszönhetően - kezdtünk közös és párhuzamos, elsősorban biogáz előállítási kísérletek tervezésébe, kivitelezésébe. A mezőtúri kollegáknak saját fejlesztésük eredményeképpen rendelkezésre állt az üzemi körülményeket reprezentáló félautomata kísérleti eszközrendszer. A munka folyamán a szükséges laboratóriumot a Szolnoki Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Fakultás, ill. jogelőd intézményének biogáz laboratóriumának megfelelő módon alakítottam ki a munkahelyemen. A szűkebb anyagi lehetőségek sokszor egyedi megoldásokat eredményeztek, elsősorban a gázgyűjtés, gázmérés, a keverő berendezés kialakítás esetében. A közös kutatásokat a mezőtúri sertéshígtrágyás programok részeként, a saját kísérleteket pedig a Hódmezővásárhely kistérség egyik jellemző szarvasmarha tartásformájára vonatkozóan, a mélyalmos tartás szerves hulladékainak együttes erjesztésével végeztem.

3 A KUTATÁS MÓDSZEREI

3.1 Szerves hulladékhasznosítás kisüzemi méretben

A biogáz termelés és hasznosítás minden üzemméretben megfelelő előkészítés esetén egyrészt energetikai hasznosítást tesz lehetővé, ami a főtevékenység gazdaságosságát javítja, másrészt a hulladékkezelés egy hatékony eszköze. Mivel a megújuló energiákra jellemző módon a biomassa energiasűrűsége is alacsony, ezért felhasználásuk lehetőleg helyben, szállítás nélkül, veszteség, tárolás nélkül kell, hogy történjen. Vizsgálataim az SZTE MGK mintafarmján folyó, családi gazdasági szinten történő mezőgazdasági termelés hulladékaiból, melléktermékeiből kiindulva kistérségi szintre vezetve mérik fel a megújuló energiatermelés lehetőségeit, határozzák meg feltételeit. Ezek a szimulációk igénylik az energetikai célra, azon belül is a biogáz technológiával hasznosítható biomassa potenciál meghatározását.

Részben mért, részben irodalmi adatok alapján meghatároztam az 50 tehenes gazdaság, ill. a mintafarm biogáz előállítási célra hasznosítható biomassa potenciálját, majd ugyanezt elvégeztem kistérségi szinten is. Az adatok elemzésével kívánom igazolni a helyi feltételek, körülmények biogáz előállítási technikát, technológiát befolyásoló hatását.

A biogáz technológia elsősorban a nedves változatában, nagyberuházások, nagybefektetők által terjed, míg az új környezetvédelmi előírások a kisgazdaságok számára csak az almos tartásmódot teszik lehetővé. Az almos trágya szárazanyag tartalma, szalmás jellege, valamint a fejőházi mosóvíz mosó- fertőtlenítő szer tartalma kérdésessé teszi a bevált és általánosan alkalmazott technikákat. Céлом tehát annak bizonyítása, hogy a szalmás trágya – fejőházi mosóvíz szubsztrát energetikai célra hasznosítható, azaz az adott feltételek technológiát befolyásoló hatásának igazolása. Tanüzemi szinten ugyanez ez összetétel bővül sajtüzemi szennyvíz és sertés almos trágya adalékolásával, minden kísérletnél a képződés arányaiban adagolva.

Az almos trágya kísérletek 50dm³ űrtartalmú, mezofil (38°C), szakaszos üzemű, először kézi, majd gépi keveréssel végeztem, saját építésű fermentor rendszerrel. A képződött biogázt naponta ürítettem, mértem a mennyiségét, metántartalmát.

3.2 Biomassa és sertéshígtrágya kofermentációja

A nagyüzemi szerves hulladékok energetikai célú hasznosítását mintázó biogáz előállítási kísérleteim során alkalmazott *alapanyag* a sertéshígtrágya. Az alkalmazott *adalékanyagok*: korpa, gombakomposzt, silókukorica. A biogáz előállításra alkalmas ipari melléktermékek és hulladékok főbb jellemzői: a szárazanyag-, szerves anyag, nitrogéntartalom, C:N arány, fajlagos gázhozam.

A fermentációs kísérletek technológiája, a kísérletsorozatok menete

- a) A kísérleti fermentorok feltöltése, a kezeléskombinációk beállítása

A fermentáció folyamatát az 1. táblázat szerinti szakaszokra bonthatjuk.

1. táblázat: A kofermentációs kísérletek technológiája

Sorszám	1.	2.	3.	4.
Folyamatszakas	Stabilizálódás	Rátöltéses üzem, friss anyaggal	Felfutási időszak	Összehasonlító kísérletek
Kezelés		Rátöltéses üzem, friss anyaggal		
Időtartam	7 nap	14 nap	21 nap	21 nap

- b) Mintavételezés.

- c) Az elvégzett mérések, vizsgált paraméterek

2. táblázat: A kísérletsorozat folyamán mért paraméterek, használt mérőeszközök, módszer, gyakoriság

Sorsz.	Mért paraméter	Eszköz	Módszer	Megjegyzés
1.	Fermentor hőmérséklete (°C)	digitális hőmérő		24 óránként
2.	Fejlődő gázmennyiség (dm ³)	gázóra		
3.	Gázösszetétel %	GA45 gázelemző		
4.	Vezetőképesség (mS/cm)	Hydrolab	elektrometria	24 óránként
5.	Oldott oxigén (mg/l)			
6.	pH			
7.	Szalinitás (PSS)			
8.	Redoxpotenciál (mV)			
9.	BOI ₅ (mg/l)	Oxi Top 110	nyomás-csökkenés	szakmai szempontok alapján kiválasztott mintákból
10.	KOI _k (mg/l)	NANOCOLOR	fotometria	
11.	Szárazanyag tartalom	szárítószekrény		24 óránként

A Szolnoki Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Fakultásán rendelkezésre álló, az üzemi körülményeket reprezentáló félautomata kísérleti eszközrendszer az üzemi körülményekhez hasonló feltételek biztosításával alkalmas a biogáz keletkezési folyamatát befolyásoló tényezők változtatására és az összes szükséges jellemző mérésére. A kísérleti fermentorok méretére ható tényezők figyelembe vételével kezelésként ~ 50 dm³ hígtrágya keveréket tudunk beadagolni. A fűthető térben elhelyezett, kézi erővel mozgatható, légmentesen zárható, hőszigetelt kísérleti fermentorokkal egyszerre 9 kezeléskombináció hatásának vizsgálata lehetséges. A gyakorlatban legelterjedtebb, folyamatos (rátöltéses) rendszert

alkalmaztuk, jól reprodukálhatók a folyamatszakaszok, mint az indítás, terhelésváltoztatás, receptúraváltás, bizonyos szakvélemények szerint minden egyes napi méréskombináció külön kísérletnek minősíthető.

3.3 A kofermentációs kísérletek értékelése, módszertana

Szempontok:

- a termelődött gázmennyiség
- metántartalom,
- a kiejert szubsztrát száraz-, szerves anyag tartalma
- az alapanyagként használt sertéshígtrágya és az adalékok kofermentációja során a trágya változó tulajdonságainak a teljesítményt befolyásoló hatásának kiszűrésére létrehoztam egy *együtthatót*, a metántermelést osztva a kontroll metántermelésével. Így a különböző időpontokban esetlegesen jelentkező trágya minőségváltozásának hatását ki tudom küszöbölni.
- A vizsgált paraméterek, ill. a mért paraméterek változásának tendenciája alapján bírálok el egy receptúra, illetve a fermentációs technológia (rátöltött mennyiség, gyakoriság, keverés, az adalékok szükséges előkezelése, stb.) alkalmasságát a teljesítményfokozás tekintetében.

3.4 A kofermentációs kísérletek értékelésénél használt statisztikai módszerek

A kofermentációs kísérletek statisztikai elemzésére Excel táblázatkezelő és **SPSS for Windows 18.0** statisztikai programot használtam. Az adatokat varianciaanalízis, valamint független két mintás t-próba módszerével elemeztem. A homogenitást Levene teszttel vizsgáltam. A csoportpárok összehasonlításakor a Tamhane tesztet (heterogenitás esetén) és a LSD tesztet (homogenitás esetén) alkalmaztam. A változók közötti összefüggés-vizsgálatokat korreláció-analízissel (Pearson-féle korrelációs együttható) és regresszió-analízissel végeztem.

4 AZ ÉRTEKEZÉS FŐBB MEGÁLLAPÍTÁSAI

4.1 Családi méretű tejtermelő tehenészeti telep szerves hulladékainak kofermentációja

A kísérlet első, közvetlen célja volt annak megállapítása, hogy a fejőházban a fejőgép, a tejhűtőgép tisztítására használt mosó-fertőtlenítő szerekben dús szennyvíz megakadályozza-e a trágya anaerob lebontását, csökkenti-e a metánképződést. A fermentorokban a képződés arányaiban található a legnagyobb tömegben képződő szerves hulladékfajták, de feltételezve eltérő helyzeteket, többféle összeállítást is szimuláltam.

A 3. táblázatban megjelenített adatok szerint a 11%-kal magasabb szárazanyag tartalmú szubsztrát fermentálása 6,91 %-kal nagyobb gázkihozatalt, illetve 8,48 %-kal nagyobb metánkihozatalt eredményezett. Az irodalmi ($10 \text{ Ndm}^3/\text{nap}/\text{szea.kg}$) értékhez képest 57, ill. 52%-kal nagyobb gáztermelést tapasztaltam. Szárazanyagra vonatkoztatva a befektetés hatékonysága nem nőtt, viszont az eszközkihasználtságra vonatkozóan javult ($0,29 < 0,32 \text{ Ndm}^3 \text{ metán}/\text{dm}^3 \text{ fermentor}/\text{nap}$)(3. táblázat). Az 5,43% szárazanyag tartalmú szubsztrát maximális napi biogáz termelése $85 \text{ Ndm}^3/\text{nap}$, 56% metántartalomnál, míg a 6,03% szárazanyag tartalmú szubsztrát maximális napi biogáz termelése $73 \text{ Ndm}^3/\text{nap}$, 49% metántartalomnál.

3. táblázat: Gáztermelés szarvasmarha almos trágya és fejőházi szennyvíz kofermentációja esetében

Fermentor sorsz.	3.	4.
Szárazanyag tartalom (%)	5,43%	6,03%
Szerves anyag tartalom (%)	3,30%	3,66%
Szárazanyag tartalom (kg)	2,715	3,014
Szerves anyag tartalom (kg)	1,648	1,829
gáztermelés $*(\text{Ndm}^3)$	521	557
átl. gáztermelés (Ndm^3/nap)	26,05	27,85
max. gáztermelés	85	73
max. metántartalom	59	59
átl. metántartalom (%)	56,18%	57,0
átl. metántermelés (Ndm^3/nap)	14,63	15,87
fermentortérfogatra vonatkoztatott átlagos gáztermelés ($\text{Ndm}^3/\text{dm}^3/\text{nap}$)	0,52	0,56
fermentortérfogatra vonatkoztatott átlagos metántermelés ($\text{Ndm}^3/\text{dm}^3/\text{nap}$)	0,29	0,32
Elméleti biogáz termelés (Ndm^3/nap)**	16,5	18,3

Megjegyz.:* 20 napos, szakaszos üzemi fermentáció esetében,** $10 \text{ Ndm}^3/\text{kg szea.}/\text{nap}$, [Kaltwasser, 1983]

4.2 A tanüzemben képződő, biogáz előállításra számba vett szerves hulladékok kofermentációja

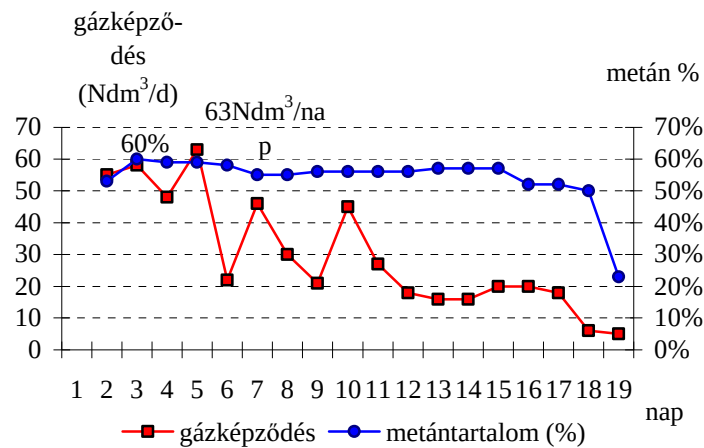
A fermentációs kísérletek célja annak bizonyítása, hogy az SZTE MGK mintafarm képes lehet a kis területen elhelyezkedő családi méretű gazdaságok esetében felmerülő közös problémák (hulladékgazdálkodás, energiaellátás, stb.) megoldása tekintetében helyi jelleggel megoldást találni.

A szobahőmérsékleten levegőtől részben elzárva tárolt tanüzemi szerves hulladék receptura a már korábban elindult lebomlási folyamatok miatt a friss trágya teljesítményének ($1,12 \text{ Ndm}^3/\text{dm}^3/\text{nap}$) csak kevesebb, mint a felét ($0,54 \text{ Ndm}^3/\text{dm}^3/\text{nap}$) produkálta. Az anaerob viszonyok gyorsabban kialakultak, mivel a metántartalom felfutása is már a második, harmadik napon megtörtént (1. ábra). A tárolt trágya csúcs gázképződése $63 \text{ Ndm}^3/\text{nap}$ volt ($1,26 \text{ Ndm}^3/\text{dm}^3$ fermentor/nap), míg a friss trágyáé $94 \text{ Ndm}^3/\text{nap}$ ($1,808 \text{ Ndm}^3/\text{dm}^3$ fermentor/nap) (2. ábra). A friss trágyakeverék átlagos metántartalma (49%) öt százalékkal volt kevesebb, mint a fél évig tárolt szubsztráté (4. táblázat).

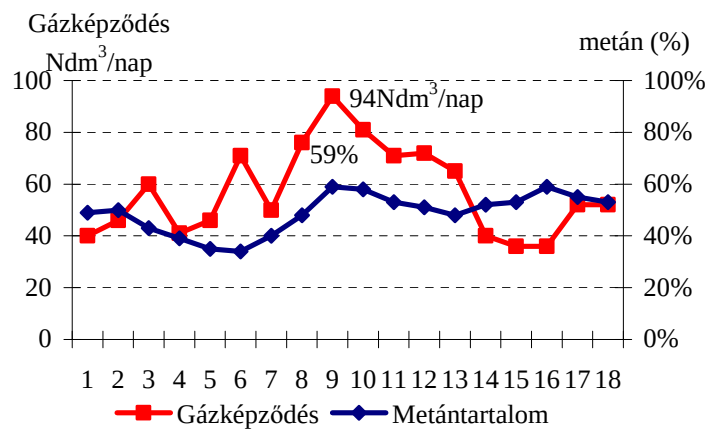
4. táblázat: Különböző állagú almos trágyaféleségek gáztermelése

	tárolt	friss
Szárazanyag tartalom (%)	9,51	9,92
Szárazanyag tartalom (kg)	4,76	4,96
szerves anyag tartalom (%)	6,21	6,41
szerves anyag tartalom (kg)	6,21	6,41
átl. metántartalom (%)	54	49
gáztermelés $\cdot (\text{Ndm}^3)$	544	1122
átl. gáztermelés (Ndm^3/nap)	27,2	56,04
elméleti gáztermelés	48,2	48,2
átl. metántermelés (Ndm^3/nap)	14,69	27,46
fermentortérfogatra vonatkoztatott átlagos gáztermelés $\cdot (\text{Ndm}^3/\text{dm}^3/\text{nap})$	0,54	1,12
fermentortérfogatra vonatkoztatott átlagos metántermelés $\cdot (\text{Ndm}^3/\text{dm}^3/\text{nap})$	0,29	0,55

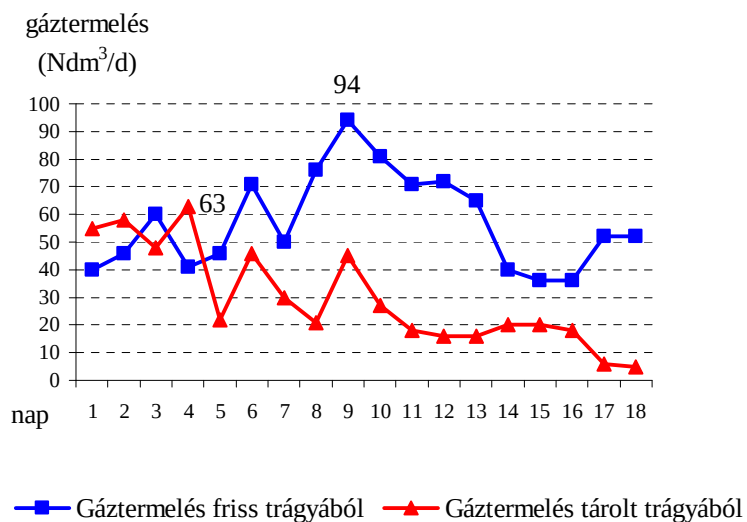
*Megjegyz.: 20 napos, szakaszos üzemű fermentáció esetében, [Kaltwasser, 1983]



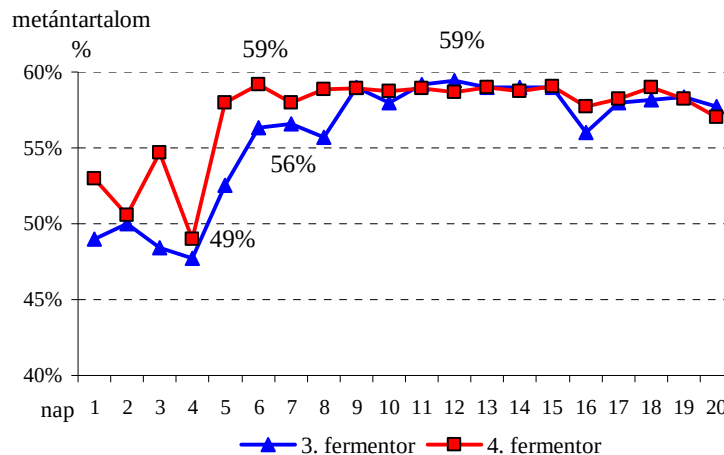
1. ábra: Biogáz képződés szobahőmérsékleten tárolt almos trágya esetében



2. ábra: Biogáz képződés friss almos trágya fermentációjánál



3. ábra: Különböző állagú almos trágyafeleségek gáztermelése



4. ábra: A tejtermelő tehenészeti telep szerves hulladékaiból (friss almos trágyából és fejőházi szennyvízből) képződött biogáz metántartalma.

A metántartalom felfutása a gázképződés intenzitás-növekedéssel párhuzamos, csökkenése viszont nem követi, egészen hosszan tartja a viszonylag nem rossz, 50-60% közötti értékét (1. ábra, 2. ábra, 3. ábra, 4. ábra). A konkrét adatokat összehasonlítva a fél évig szobahőmérsékleten, levegőtől elzárva tárolt trágya biogáz hozama gyorsabban csökken, maximumát tekintve pedig kb. 60 % -a volt a frissnek. Bár a metántartalom szempontjából az 5% eléggé jelentős különbség a két összeállítás között (4. táblázat) több mint kétszeres a termelés, egy, a metántartalomra nem túlságosan érzékeny felhasználás esetében a friss trágya használata nagyságrendi előnyökkel járhat. Ez utal a trágyatermeléshez megfelelően illeszkedő üzemméret – kialakítás, valamint a beadagolás ütemezésének fontosságára.

4.3 Biomassza és sertéshígtrágya kofermentációja

A biogáz előállítás többszörösen előnyös alkalmazása (energia előállítás + környezetvédelmi beruházás + biotrágya előállítás + veszélyes hulladék kezelése és hasznosítása) csak akkor fejt ki hatását, ha a szóba jöhető kofermentek energiatermelő képességét az üzemi körülményekhez hasonló feltételek között kísérleti úton előzetesen modellezzük. Munkámban ismertettem a biogáz különböző metántartalmához kapcsolódó lehetséges felhasználási technikákat. A kísérletek során változó terhelésekkel is szimuláltam változó szubsztrát összetételeket, ill. változó trágyatermelést. A metántermelés intenzitása a metanogén baktériumok aktivitásának a közvetlen mértéke, s mint olyan, a rothasztó teljesítményének igen érzékeny, jellemző mutatója. A termelt gáz összetétele és hozama olyan jellemzők, melyek hasznosak lehetnek az anaerob rendszer stabilitásának a megítélésére. A vizsgálatok

eredményei tehát méretezési, beruházási és üzemviteli területen nélkülözhetetlenek, hoznak gyakorlati hasznót.

A kísérletek célja

Az üzemi körülményeknek megfelelően végzett fermentoros kísérletsorozat célja annak igazolása, hogy a különböző adalékanyagok különböző mértékben növelik a termelt gáz mennyiségét és annak metántartalmát a választott anyagtól, a beadagolt mennyiségtől, a szerves – szárazanyag tartalomtól és a C/N aránytól függően.

4.3.1. A gombakomposzthoz kapcsolódó változó szárazanyag tartalmú sertéshígtrágya kontroll kísérletek

A gáztermelés és a technológiai feltételek változásainak összefüggése az összehasonlító vizsgálati időszak során:

Különböző adalékok alkalmazása esetén mindig szükséges az anyagok változó minőségének figyelembe vétele, mert a sertés hígtrágya produkciója önmagában is változhat. Ezért feltétlenül kell egy kontrollmérés is, akár változó szárazanyag tartalommal.

Az átlagos szárazanyag tartalom növekedésével nőtt a fejlődő gáz átlagos mennyisége és az átlagos CO₂ tartalma.

Közel 35 %-os átlag szárazanyag tartalom-növekedés közel 35 %-os átlag gázmennyiség növekedést, de ezzel együtt kb. 15 %-os átlag CO₂ tartalomnövekedést is okozott, míg a metántartalom 0,2-0,3 %-kal nőtt. Tehát a sertés hígtrágya szárazanyag tartalom növekedése arányosan teljesítménynövekedést is jelentett.

Ebben a szárazanyag-tartományban (3,4-4,6 %) a szárazanyag tartalom növekedése nem befolyásolta lényegesen a metántartalmat.

A 3,4% átlagos szárazanyag tartalmú sertéshígtrágya kontroll szárazanyag változását $R^2=0,5473$ erősséggel leíró, $y = 0,0001x^3 - 0,0149x^2 + 0,3893x + 1,1269$ függvény trendje a szárazanyag tartalom csökkenését prognosztizálva további terhelésnövekedést engedélyez, ami a termelés növekedését vonhatja maga után.

A 4,59% szárazanyag tartalmú sertéshígtrágya kontroll szárazanyag változását $R^2 = 0,6214$ erősséggel leíró $y = 11,048x^{-0,3658}$ függvény trendje nem jelzi a későbbi növekedést, tehát a fermentáció az adott paraméterekkel várhatóan fenntartható lehet.

**Gázfejlődés sertéshígrágya alapon, letermett gombakomposzt adalékolással,
(adalékanyag: 30g 100% gombakomposzt):**

a. A kontroll és a gombakomposzt adalék felhasználását összehasonlítva azt láthatjuk, hogy az adalékolás hatására a gázfejlődés megnövekedett, a metántartalma viszont csökkent. A széndioxid tartalom szintén növekedett, az egyéb gázok mennyisége pedig csökkent.

b. A gázfejlődés-növekedés nagyobb mértékű a hasonló szárazanyag tartalmú kontrollhoz viszonyítva, mint a metántartalom csökkenés, az eredmény pedig még az alkalmazható kategóriába esik. **(29 Ndm³/nap/ fermentor 30 g 100% gombakomposzt terheléssel, 16,7Ndm³/nap/fermentor kontroll - + 70% termelésnövekedés; 54,5% metántartalom 30 g 100% gombakomposzt terheléssel, 58,9% metántartalom kontroll – 4,4% csökkenés)**

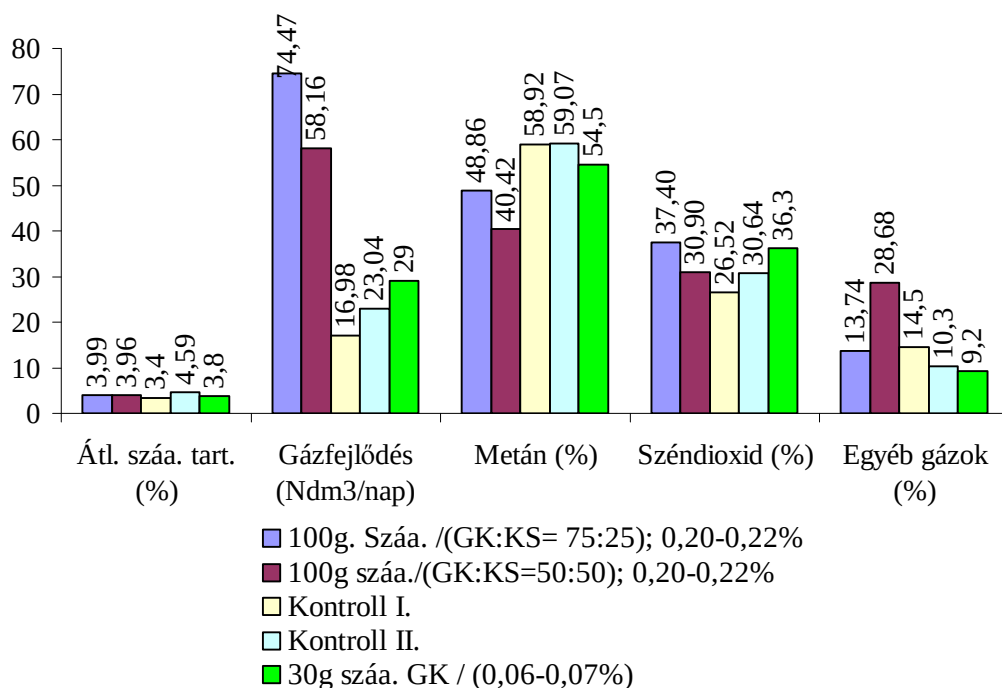
A 30g szárazanyag tartalmú komposzt adalékolással végzett kofermentációnál képződő biogáz mennyiséget $R^2 = 0,3866$ szorossággal leíró $y = -0,0941x + 5,3008$ függvény trendje alapján megállapítható, hogy a lebontás mértéke a csökkenő szárazanyag tartalom alapján magasabb terhelést engedhet, a metántartalom még elfogadható mérsékelt esése esetén is változtatott motorbeállítások mellett akár motorikus felhasználásra is alkalmazható.

5. táblázat: Átlagos gázfejlődés sertéshígrágya alapon, letermett gombakomposzt, valamint silókukorica adalékolással

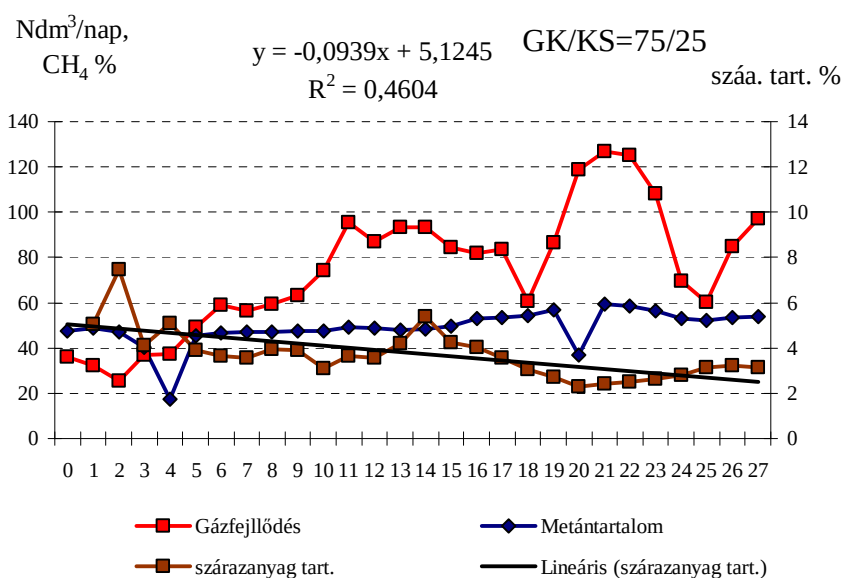
terhelés/ fermentor/nap; száa.tart./ fermentor/nap	Átl. száa. tartalom (%)	Gázfejl. ődés (dm ³ / nap)	Metán (%)	Szén- dioxid (%)	Egyéb gázok (%)	Egységnyi fermentor- térfogatra vonatkoztatott napi gázképződés	
						biogáz	metán
Kontroll I.	3,40	16,98	58,92	26,52	14,5	0,3	0,2
Kontroll II.	4,59	23,04	59,07	30,64	10,3	0,41	0,26
30g/ (0,06-0,07%)	3,80	29,00	54,50	36,3	9,20	0,58	0,32
100g/(GK:KS= 75:25); 0,20-0,22%	3,99	74,47	48,86	37,4	13,7	1,49	0,73
100g/(GK:KS=50:50); 0,20-0,22%	3,96	58,16	40,42	30,9	28,7	1,16	0,47

4.3.2. Sertéshígrágya bázisú, letermett laskagomba táptalaj és silókukorica adalékolásával végzett kísérletek

A letermett gombakomposzt és silókukorica adalékkal végzett sertéshígrágya kofermentációs kísérletek eredményeit jeleníti meg az 5. ábra. Az egyéb gázok (kénhidrogén, ammónia, stb.) nagymértékű megjelenése rontja az alkalmazás feltételeit.



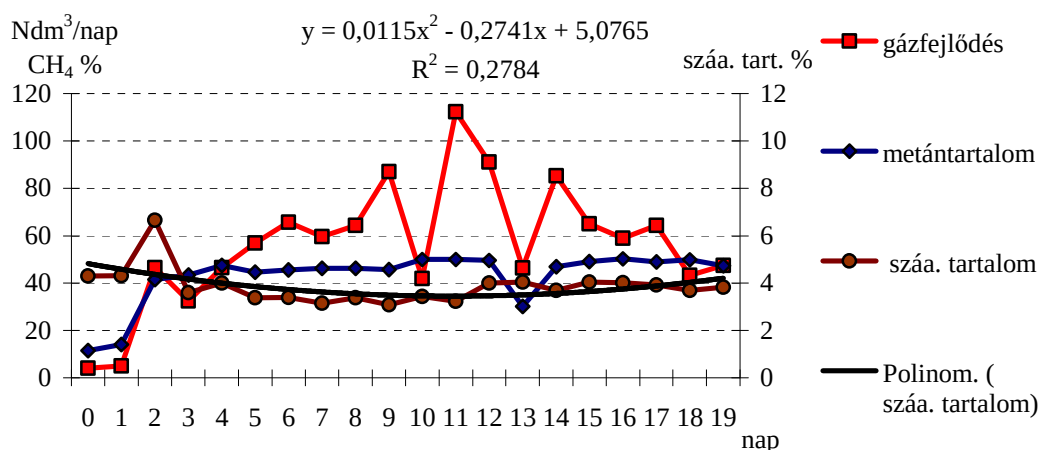
5. ábra: Átlagos gázfejlődés paramétereit sertéshígtrágya alapon, letermelt gombakomposzt, valamint silókukorica adalékolással, baktériumkezelés nélkül



6. ábra: A kísérlet paramétereinek alakulása letermelt GK:KS=75:25 adalékolással (100 g száa./nap)

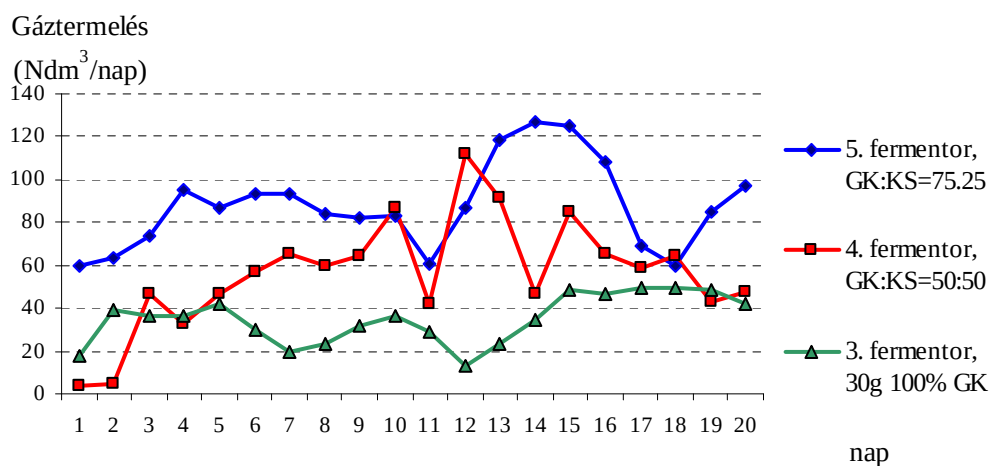
A napi 100g szárazanyag tartalmú, GK:KS=75:25 arányú letermelt gombakomposzt - silókukorica adalékolással, $R^2 = 0,4604$ szorossággal, az $y = -0,0939x + 5,1245$ függvénnyel leírható trend szerint változó szárazanyag tartalommal leírható kofermentáció $74,47 \text{ Ndm}^3/\text{nap}$ átlagos biogáz termeléssel fenntartható módon működhet.

A napi 100g szárazanyag tartalmú, GK:KS=75:25 arányú letermett gombakomposzt - silókukorica adalékolással, $R^2 = 0,4604$ szorossággal, az $y = -0,0939x + 5,1245$ függvénnyel leírható trend szerint változó szárazanyag tartalommal leírható kofermentáció $74,47\text{Ndm}^3/\text{nap}$ átlagos biogáz termeléssel fenntartható módon működhet.



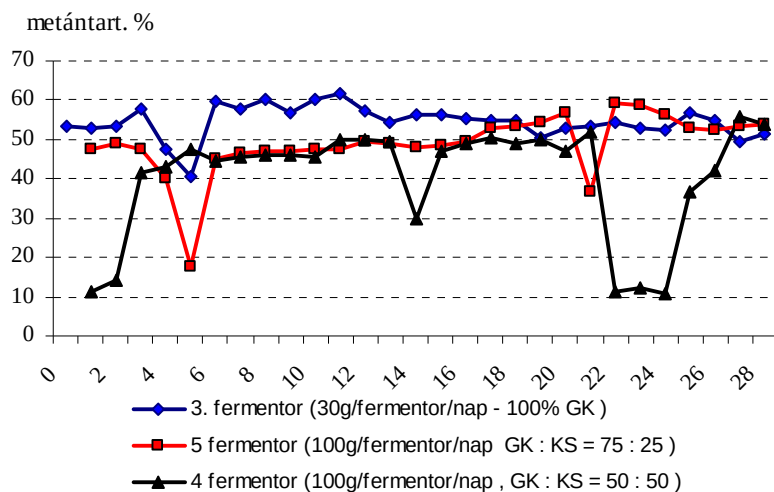
7. ábra: A kísérlet paramétereinek alakulása letermett GK:KS=50:50 adalékolással (100 g sz.a./nap)

A napi 100g szárazanyag tartalmú, GK:KS=50:50 arányú letermett gombakomposzt - silókukorica adalékolással, $R^2 = 0,2784$ szorossággal, az $y = 0,0115x^2 - 0,2741x + 5,0765$ függvénnyel leírható trend szerint változó szárazanyag tartalommal $58,16\text{Ndm}^3/\text{nap}$ biogáz termelést, valamint csak átl. $40,42\%$ metántartalommal jellemezhető gázösszetételt produkál.



8. ábra: Gázképződés alakulása: 3. fermentor, 30gszáa. 0,06-0,07%száa. adagolás/nap – 100% GK; 4. fermentor, GK:KS=50:50; 5. fermentor GK:KS=75:25- 0,20-0,22% száa. adagolás/nap, 4% száa. tartalmú sertéshígtrágya alapon

A kísérletek azt bizonyítják, hogy az adalékanyagként alkalmazott melléktermékek jelentősen megnövelték az alacsony szerves szárazanyag tartalmú sertéshígtrágya alapanyag biogáz termelését, ugyanakkor nem csökkentették a biogáz metántartalmát. A vizsgált adalékanyagok eltérő hozamfokozása C/N arányának tulajdonítható.



9. ábra: A metántartalom alakulása letermelt laskagomba komposzt és silókukorica adalékolással 4% szárazanyag tartalmú sertéshígtrágya alapon

A metántartalom együttes ingadozása a különböző fermentoroknál technológiai okokra vezethető vissza.

4.3.3. Búzakorpa felhasználhatóságának vizsgálata biogáz hozam fokozása tekintetében

Az első vizsgálati szakasz: rátöltéses technológia, friss anyag rátöltése mellett (15 nap, 37. naptól az 51. napig):

Kettő reaktort napi 6,6 tf % friss hígtrágyával terheltünk, A 2. sz. reaktorba 60g mennyiségű malomipari korpát adagoltunk naponta.

A kezeletlen (kontroll) reaktor (3. fermentor) gáztermelését vizsgálva megállapítható hogy az adott időszakban jóval kevesebb gáz termelődött, mint a másik sertéshígtrágya alapú biomasszából. Az esetek többségében a kezelt reaktor gáztermelésének felét sem érte el. A kontroll reaktor átlagos gáztermelése: $24 \text{ dm}^3 \text{ biogáz/dm}^3/\text{nap}$. A malomipari korpával adalékolt (2. fermentor) gáztermelése a rátöltéses időszakban kisebb-nagyobb eltéréseket mutat. Ennek oka a friss hígtrágya szerves szárazanyag tartalmában keresendő. Üzemi körülményeket modellezve különböző szárazanyag-tartalmú friss hígtrágyát alkalmaztunk. A

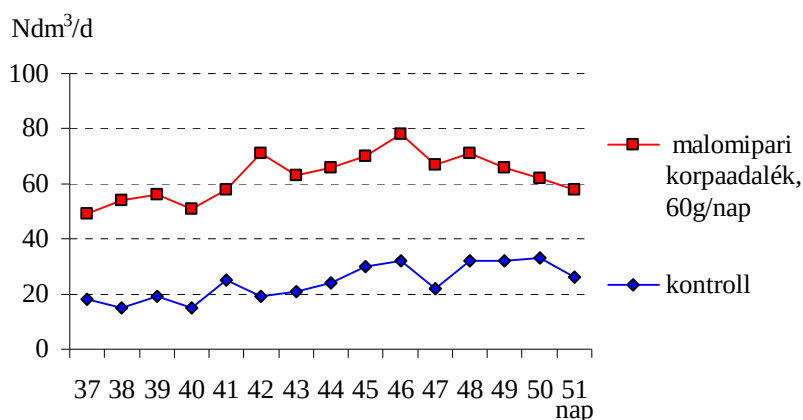
feltöltésre használt alacsony szerves szárazanyag tartalmú friss hígtrágya esetenként ingadozást okozott a gáztermelésben.

6. táblázat: A fermentorok átlagos gáztermelése az összehasonlító kísérletek során, búzakorpa adalékolásával

2. fermentor: 6,6 tf % friss hígtrágya +60g korpa; 3. (kontroll) fermentor: 6,6 tf % friss hígtrágya;

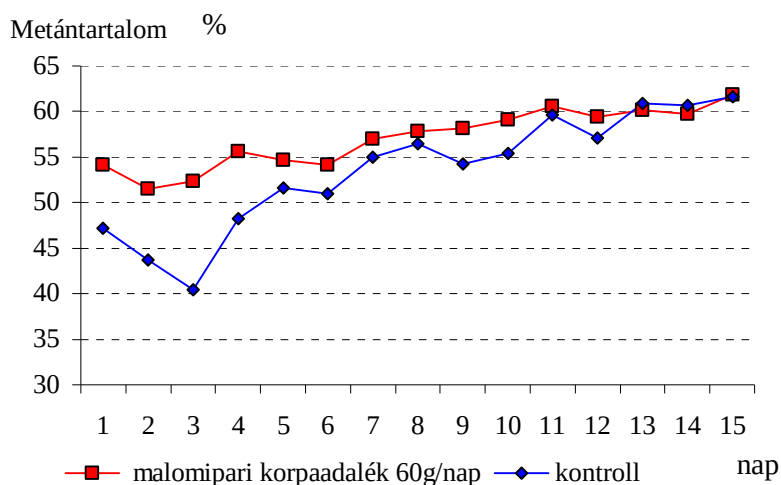
Mért jellemző, alkalmazott technológia		Napi gáztermelés, fajlagos értékek ($\text{Ndm}^3\text{gáz/nap}$, $\text{Ndm}^3\text{gáz/dm}^3\text{/nap}$)				
		2. sz. fermentor (+60g száa. korpa)	3. kontroll	A kontroll (3.) fermentor gáztermelésé re vonatkozta tt	2. fer- mentor	3. kontroll
		6,6 tf % friss hígtrágya			egységnyi fermentortérfogatra vonatkoztatott ($\text{Ndm}^3\text{gáz/dm}^3\text{/d}$)	
biogáz termelés	friss anyag rátöltése során	62,7 $\text{Ndm}^3\text{/nap}$	24,2 $\text{Ndm}^3\text{/nap}$	2,59	1,25	0,48
	visszaforгатásos technológia során	42 $\text{Ndm}^3\text{/nap}$	10,1 $\text{Ndm}^3\text{/nap}$	4,16	0,84	0,20
metántermelés	friss anyag rátöltése során $\text{Ndm}^3\text{/nap}$	35,9 $\text{Ndm}^3\text{/nap}$; (57,26%)	13,2 $\text{Ndm}^3\text{/nap}$; (54,54%)	2,72	0,72	0,26
	visszaforгатásos technológia során	24,2 $\text{Ndm}^3\text{/nap}$; (57,62%)	6,3 $\text{Ndm}^3\text{/nap}$; (62,38%)	3,84	0,48	0,13

A 2 sz. fermentor gáztermelése a vizsgálati időszak 2. napján már elérte az $50 \text{ dm}^3\text{/napos}$ termelést, és átlagosan $62,6 \text{ dm}^3$ biogázt termelt naponta (6. táblázat, 10. ábra). A reaktorokban termelődött biogáz metántartalma minden esetben meghaladta az 50 %-ot, esetenként a 60 %-ot is (11. ábra).



10. ábra A vizsgált időszak gáztermelése, rátöltéses technológia, *friss anyag* rátöltése mellett (15 nap: 37. naptól az 51. napig)

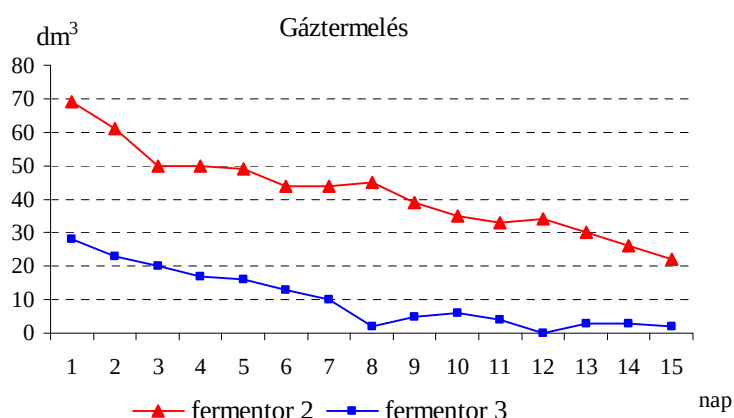
A hígtrágya, malomipari korpaadalék kofermentációja során az adalékos kísérletek között a korpaadalék egyedülálló módon nemcsak a gázképződést növelte meg, hanem a metántartalmat is 3,5%-kal.



11. ábra: A reaktorokban termelődött biogáz metántartalma, rátöltéses technológia, *friss anyag* rátöltése mellett (15 nap: 37. naptól az 51. napig)

A második vizsgálati szakasz: rátöltéses technológia, visszaforgatott anyag rátöltése mellett (15 nap, 52. – 66. nap)

A vizsgálati fázisban a friss hígtrágyával történő folyamatos rátöltést befejeztük, és az eddig kiengedett, külön gyűjtött trágyát forgattuk vissza a rendszerbe. A rátöltések során a 2. sz. reaktorokba továbbra is beadagoltuk a 60g mennyiségű malomipari korpát naponta (6. táblázat).

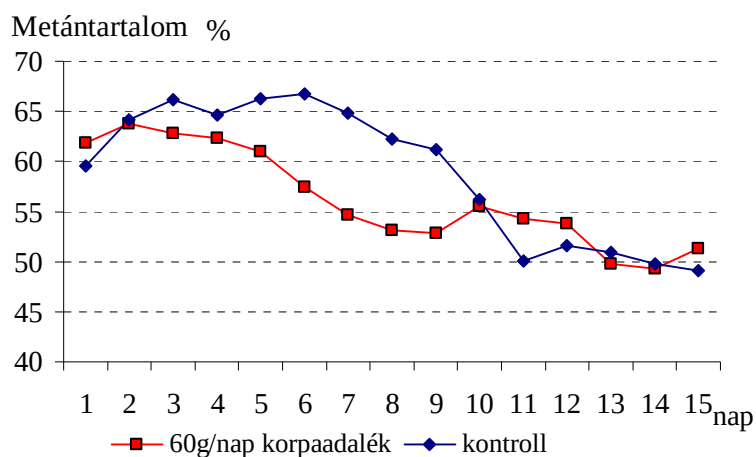


12. ábra: Gáztermelés, visszaforgatásos rátöltéses üzemmódban
2. fermentor: malomipari korpaadalék 60g/nap; 3. fermentor: kontroll;

A visszaforgatás kezdetétől a sertéshígtrágya alapú reaktorokban a gáztermelés folyamatos csökkenése volt a jellemző, ami a bemenő anyag alacsonyabb szerves szárazanyag tartalmával van összefüggésben.

A metántartalom tekintetében a gáztermelés csökkenését csak késéssel követte a metántartalom csökkenése (13. ábra).

A kontroll fermentor biogáz termelése esetében szintén megállapítható, hogy a keletkezett gázmennyiség a kezelt reaktorok gáztermelésének a felét sem érte el (12. ábra).



13. ábra: Metántartalom, visszaforgatásos rátöltéses üzemmódban
2. fermentor: malomipari korpaadalék 60g/nap; 3. fermentor: kontroll;

5 AZ ÉRTEKEZÉS ÚJ EREDMÉNYEI

Az értekezés célkitűzései alapján, vizsgálataim és számításaim szerint a következő tézisek nyertek bizonyítást.

A különböző méretű kisgazdaságokban keletkező egyes állattenyésztési és élelmiszeripari termékfeldolgozási melléktermékek és szerves hulladékok biogáz előállítás, hasznosítási lehetőségei a belőlük kinyerhető metánmennyiség vonatkozásában kísérletekkel alátámasztva is megalapozottak.

A szarvasmarha almos trágya és a fejóházi szennyvíz tekintetében több mint 50%-kal nagyobb gázképződést tapasztaltam az irodalmi értékekhez képest két beállításban is ($0,55 >> 0,32 \text{ Ndm}^3 \text{ metán/dm}^3 \text{ fermentortérfogat/nap}$). Az SZTE MGK mintafarm viszonylatában, sajtüzemi, fejóházi szennyvíz, szarvasmarha és sertés almos trágya a termelődés arányában történő adalékolásával friss trágya esetében az irodalmi értékeknél 16%-kal nagyobb, a fél évig tárolt trágya esetében 43,6%-kal kisebb gáztermelést mértem. Az arányosított adatok szerint tanüzemi méretben naponta $10,14 \text{ m}^3$, telepi méretben $4,26 \text{ m}^3$ biogáz képződhet. A fejlődött biogáz hőenergia egyenértéke farmszinten $84,97 \text{ MJ/nap}$, tanüzemi szinten pedig $173,97 \text{ MJ/nap}$. A felhasználható villamos teljesítmény $0,34 \text{ kW}$, ill. $0,7 \text{ kW}$. A felhasználható hőteljesítmény átlagosan $0,23 \text{ kW}$, ill. $0,47 \text{ kW}$.

A különböző méretű kisgazdaságokban keletkező egyes alacsony szerves anyag tartalmú állattenyésztési és élelmiszeripari termékfeldolgozási melléktermékek és hulladékok egyéb lokálisan rendelkezésre álló biomassza féleségekkel együttesen alkalmazhatók biogáz előállításra.

Összehasonlító mérések során két különböző (3,4 és 4,6%) szárazanyag tartalmú sertéshígtrágya kontroll termelését tanulmányoztam, a nagyobb szárazanyag metántartalom csökkenése nélküli termelésnövekedést jelentett.

Kísérletekkel megvizsgáltam a gombatermesztésnél keletkező hulladék, - letermett termesztési táptalaj – energetikai célú hasznosíthatóságát 4% szárazanyag tartalmú sertés hígtrágyába adagolva önmagában, illetve változó arányú silókukorica felhasználásával. A fermentorok szárazanyag tartalmához viszonyított 1,5% (30g), 100%-os letermett laskagomba komposzt adalékolása energiamennyiségben 60% többletet eredményezett. 100g (5%) 25%-ban silókukorica szecska, 75%-ban gombakomposzt adalékolása 3,6-szeres, 50% -os adalékolása 2,7-szeres metánmennyiség növekedést produkált. A metántartalom alacsonyabb értékei miatt (48,86%, ill. 40,42% körül) a termelt gáz csak korlátozott feltételek mellett hasznosítható.

A malomipari melléktermékek közül a búzakorpa biogáz hozamfokozó hatását vizsgáltam. A korpa 45g száa./nap/fermentor terheléssel, 4 % száa. tartalmú sertéshígtrágya alapon $0,72 \text{ dm}^3$ metán/ dm^3 /nap teljesítménnyel működött, ami csaknem megháromszorozta (2,72) a metánképződést a csupán sertéshígtrágya kontrollhoz viszonyítva.

Egy adott kistérségben, ill. azon belüli különböző méretű kisgazdaságokban keletkező egyes állattenyésztési és élelmiszeripari termékfeldolgozási melléktermékek és hulladékok együttesen hasznosíthatók biogáz előállításra, amivel az adott kistérség megújuló energia előállítási és hasznosítási aránya növelhető

A szarvasmarha farm külön és a tanüzemi szerves hulladékoknak együttes fermentálásával a fermentortérfogatra vonatkoztatott fajlagos biogáz előállítási teljesítmény ($0,55 \gg 0,32 \text{ Ndm}^3/\text{dm}^3$ metán/nap) 72%-kal nőtt anélkül, hogy bármelyik komponenst külön tárolni, adagolni kellene és a képződés aránya egy, a nedves kategória, a szivattyúzhatóság határain belül lévő szubsztrátot eredményez.

Kistérségi szinten a teljes sertéstrágya mennyiséget a teljes korpamennyiség öt ezrelékével együttesen fermentálva évi 12404,12MWh villamos energiatöbbletet, biogáz fűtőértékben 122946 GJ hőmennyiség-többletet nyerhetünk.

6 AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

6.1 Tehénészeti telep szerves hulladékainak hasznosítása

Az SZTE MGK tanüzemében található 50 tehenes, családi méretű tejtermelő gazdaság almos szerves trágyájának és a fejőházi mosófolyadékának a termelődés arányaiban összemért szubsztrát kofermentációja során az irodalomban található értékeknél 52-58%-kal nagyobb a 20 napra, szakaszos üzemre vonatkoztatott biogáz termelés (7. táblázat). A mért metántartalom (56-57%) megfelelő beállításokkal motorikus felhasználásra is alkalmas.

6.2 Az SZTE MGK tanüzemének szerves hulladékainak kofermentációja

A tanüzemi, friss almos sertés trágyával almos szarvasmarha trágya alapon, sajtüzemi szennyvízzel, fejőházi szennyvízzel adalékolt szubsztrát biogáz, metántermelése 72%-kal nagyobb ($0,55 \gg 0,32 \text{ Ndm}^3/\text{dm}^3$ metán/nap) a szarvasmarha telepi termelésnél (7. táblázat). Célszerű tehát a közös fermentációja a hulladékoknak a nagyobb energiatermelés érdekében. A kötetlen, pihenőboxos tartás során képződő almos trágya azonnali fermentálásával akár megkétszerezhetjük az energiatermelést [$0,29(\text{tárolt}) \ll 0,55(\text{friss}) \text{ Ndm}^3/\text{dm}^3/\text{nap}$ metán, 7. táblázat].

7. táblázat: Az SZTE MGK tanüzemi szerves hulladékok gáztermelése

Mért, illetve számított paraméterek		Tanüzemi szerves hulladék		Családi méretű tejtermelő tehenészeti telep	
		<i>Szarvasmarha almos trágya:</i> 14,5kg; <i>Sertés almos trágya:</i> 8,2kg; <i>Sajtüzemi szennyvíz (savó nélkül):</i> 23,4kg; <i>Fejőházi szennyvíz:</i> 3,9kg		<i>trágya:</i> (száa.: 21,3%; szea.: 12,9%); 3. fermentor 4. fermentor 12734 g; 14137 g; <i>fejőházi szennyvíz:</i> száa.: 1,52 g/l; szea.: 0,592 g/l;	
				tárolt	friss
				37266g;	35863g;
				5,43%	6,03%
Száranyag tartalom (%)		9,51	9,92	5,43%	6,03%
szerves anyag tartalom (%)		6,21	6,41	3,30%	3,66%
átl. gáztermelés (Ndm^3/nap)		27,2	56,04	26,05	27,85
átl. metántartalom (%)		54	49	56,18%	57,0%
Elméleti biogáz termelés (Ndm^3/nap)**		48,2	48,2	16,5	18,3
fermentortérfogatra vonatkoztatott átlagos napi gáztermelés ($\text{Ndm}^3/\text{dm}^3/\text{nap}$)	biogáz	0,54	1,12	0,52	0,56
	metán	0,29	0,55	0,29	0,32

*20 napos erjesztésre vonatkozóan; mezofil, szakaszos üzem módban

** $200 \text{ Ndm}^3/20 \text{ nap}$ szarvasmarha, $445 \text{ Ndm}^3/20 \text{ nap}$ sertés trágya szea. kg.-ra vonatkoztatva, [Kaltwasser, 1983]

6.3 Biomassza és sertéshígtrágya kofermentációja

6.3.1. A gombakomposzthoz kapcsolódó változó szárazanyag tartalmú sertéshígtrágya kontroll kísérletek

A hígtrágya alapú kontroll esetében az átlagos szárazanyag tartalom növekedésével (3,4% – 4,6%) nőtt a fejlődő gáz átlagos mennyisége ($16,98 \text{ dm}^3/\text{nap}$ - $23,04 \text{ dm}^3/\text{nap}$) és 35 %-os átlag szárazanyag tartalom-növekedés közel 35 %-os átlag gázmennyiség növekedést okozott. A sertés hígtrágya terhelésnövekedése arányosan teljesítménynövekedést is jelentett. Mivel a legmagasabb metántartalmú fermentációt (~59,0%) a sertéshígtrágya önmagában produkálja, ezért ezen a terhelés szinten a trágya megfelelő szeparálásával, a folyékony fázis visszaforgatásával is gazdaságos energiatermelést lehet folytatni. Ennek elsősorban energiatakarékossági előnyei lehetnek. Egy adott gazdálkodó egység hulladékhasznosításának több lehetséges formáját szimuláljuk, amikor változó arányú adalékolással, esetleg további szerves melléktermékek hozzáadásával végzünk kofermentációs kísérleteket.

6.3.2. Sertéshígtrágya bázison, csupán letermett laskagomba táptalaj adalékolásával végzett kísérletek

A 30g szárazanyag tartalmú, 100%-os letermett laskagomba komposzt adalékolása kb. fermentoronként 2000g száa. tartalmú sertéshígtrágyához 70% termelésnövekedést ($16,98 < 29,00 \text{ Ndm}^3/\text{nap}$), ill. 7,5% metántartalom csökkenést jelentett ($58,9 > 54,5\%$). Ez metántermelésben, tehát energiamennyiségben 60% többletet produkált. Az eredmény pedig még az alkalmazható kategóriába esik.

6.3.3. Sertéshígtrágya bázisú, letermett laskagomba táptalaj és silókukorica adalékolásával végzett kísérletek

Az adalékanyag összetétel-változásának hatására a napi átlagos gáztermelés jelentős eltérést mutat. Ennek oka a különböző adalékanyagok más-más C/N arányában és bonthatóságában keresendő. A 100g szárazanyag tartalmú, 75 % gombakomposztot és 25 % silókukoricát tartalmazó rendszer biogáz termelése tekintetében biogázra vonatkoztatva ötszörös, metánra vonatkoztatva 3,6-szeres a termelés a hasonló szárazanyag tartalmú kontrollhoz képest.

A 100g szárazanyag tartalmú, 50 % gombakomposztot és 50 % silókukoricát tartalmazó rendszer biogáz termelése tekintetében biogázra vonatkoztatva 3,7-szeres, metánra vonatkoztatva 2,7-szeres a termelés a hasonló szárazanyag tartalmú kontrollhoz képest. A silókukoricával és letermett laskagomba táptalajjal adalékolt fermentorokban mind a gáztermelés, mind a biogáz metán tartalma 50 % silókukoricát adalékolva jelentősen csökkent. Ennek valószínűsíthető oka a silókukorica nem megfelelő homogenizáltsága lehet. A rendszer metántartalma átlagosan nem érte el az 50 %-ot, valamint nagymértékben megnőtt az egyéb gázok mennyisége.

Ezen kívül a silókukorica – szecska méretviszonyok is befolyásolhatják a keményítő eltérő fermentálását. A gombakomposzt környezet, a nagyobb arányú, nagyobb szecs kaméretű, kevésbé megbontható silókukorica adalék csak kis metántartalmú biogázt eredményez, ami még megfelelően átalakított égőfejekkel közvetlen hőhasznosításra, vagy pl. mikrogázturbinával elektromos energiatermelésre is alkalmas.

6.3.4. Búzakorpa felhasználhatóságának vizsgálata biogáz hozam fokozása tekintetében Sertéshígtrágya alapon történő kofermentáció, 6,6 V/V% rátöltéssel, 45g száa./nap búzakorpa adagolással

Sertéshígtrágya alapon 6,6 V/V% rátöltéssel, 45g száa./nap búzakorpa adagolással a gáztermelés több mint kétszeresére, a metántartalom 5%-kal nőtt. Általában a növénytermesztés általam vizsgált melléktermékeinél a kezelés hatására csökkent a metántartalom, nőtt a gáztermelés, de a búzakorpa esetében itt nem ezt tapasztaltam

Visszaforгатásos – rátöltéses üzemmód

A következetesen csökkenő biogáz termelés, romló metántartalom, növekvő szárazanyag tartalom bizonyítja, hogy a baktériumtörzsek tápanyag ellátottsága romlik, a lebontó lánc egyes elemei nem működnek. Így folyamatos szerves trágya utánpótlás nélkül nem lehet állandó teljesítményű, megbízható módon működő rendszert üzemeltetni.

6.4 A biogáz termelés fokozása kistérségi szinten, sertéstrágya és búzakorpa kofermentációjával

Biomassza potenciál számításaim során a kistérségi 15000 ha búza vetésterülettel, s 5t/ha termés hozammal számítva 75000 t termést takaríthatunk be. Gabonaipari feldolgozás során kb. 20% korpaképződéssel számolhatunk. A teljes mennyiségű búzából gabonaipari feldolgozás során kb. 15000 t korpa képződik. A 0,05t, 4% szárazanyag tartalmú sertéshígtrágya kontrollhoz viszonyítva a 60g korpa 2,72-szeresére növeli a metántermelést. Az arányokat megtartva Hódmezővásárhely kistérség 66094 tonnára becsült sertéstrágya termelését $66094 \cdot 0,0012 = 79,3$ t korpával az eredetileg az irodalmi adatok alapján a biogáz fűtőértékben 71480,4 GJ/év hőmennyiséget, 7211,7 MWh/ év villamos energiát 2,72-szeresére, azaz 19615,82 MWh/ év értékre növelhetné a kofermentáció.

PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN

Tudományos közlemény idegen nyelvű, hazai lektorált folyóiratban (3):

Sallai L.: 2009 Cofermentation of organic waste of the pilot farm of SZTE MGK, Hungarian Agricultural Engineering (HAE) 22., 98-101.pp. ISSN 0864-7410

Sallai L.: 2010. Cofermentation of organic waste of the pilot farm of SZTE MGK, Agrár- és Vidékfejlesztési Szemle, SZTE MGK Tudományos Folyóirata, Hódmezővásárhely, SZTE MGK, 5. évf./1. szám, 377 - 383 pp ISSN 1788-5345

Sallai L.: 2012. Biogas experiments with pig slurry and wheat processing residues, Agrár- és Vidékfejlesztési Szemle, SZTE MGK Tudományos Folyóirata, Hódmezővásárhely, SZTE MGK, 7. évf./1. szám, 268 - 274 pp ISSN 1788-5345

Tudományos közlemény magyar nyelvű lektorált folyóiratban (6):

Sallai L. – Molnár T. – Fodor D.: 2006. Biogáz adott feltételek között történő energetikai célú termelése és felhasználása. Agrártudományi Közlemények, Acta Agraria Debreceniensis. 22. ksz. 41-46.p. ö:eng. b:46.p.22.,

Sallai L. – Molnár T. – Fodor D.: 2006. Mezőgazdasági és élelmiszeripari eredetű biomasszából, biogáz előállítása során keletkező energia felmérése az SZTE MFK tanüzemében. Agrár- és Vidékfejlesztési Szemle, SZTE MGK Tudományos Folyóirata, Hódmezővásárhely, SZTE MGK, 1. évf./1. szám, 63 - 67 pp ISSN 1788-5345

Sallai L. – Molnár T. – Fodor D.: 2007. Biogáz előállítása során keletkező energia felmérése az SZTE MFK tanüzemében különös tekintettel a mezőgazdasági és élelmiszeripari eredetű biomasszára. Agrártudományi Közlemények, 26. 137-140. old.

Sallai L.: 2008 Biogáz laboratórium kialakítása, fejtőházi szennyvíz és szarvasmarha almos trágya kofermentációja. MTA Agrártudományok Osztálya, Agrárműszaki Bizottság, Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Nr. 32, 1. kötet, Gödöllő, január 22. 234-238.p. (előadás, teljes cikk, CD-ROM)

Sallai L.: 2008. Energiatermelés céljából végzett kofermentációs kísérletek eredményei. Agrár- és Vidékfejlesztési Szemle, SZTE MGK Tudományos Folyóirata Hódmezővásárhely, SZTE MGK 3.évf./1.szám, 58 - 59 pp. ISSN 1788-5345

Sallai L.: 2009. Kofermentációs kísérletek újabb eredményei, Agrár- és Vidékfejlesztési Szemle, SZTE MGK Tudományos Folyóirata, Hódmezővásárhely, SZTE MGK, 4. évf./2. szám, 169 - 175 pp ISSN 1788-5345

Nemzetközi nem lektorált konferencia kiadvány (5):

Sallai L. – Molnár T. – Fodor D.: 2005 The situation and possibilities of renewable energy use in Szeged region of Hungary, Donauhochschule Ulm konferencia, (előadás)

Sallai L. – Molnár T. – Fodor D.: 2005. Use of biogas in energetics in the case of renewable energy project, Scientific Symposium, University of agricultural sciences and veterinary medicine of the Banat, TIMIȘOARA, Faculty of farm management., May 26-27, p. 97-104 (cikk, poszter, előadás).

Molnár T. - Sallai L.- Fodor D.: 2007 The impact of biogas from deponia for the economical properties of electrical production. LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE, SERIA I. VOL. IX University of agricultural sciences and veterinary medicine of the Banat, TIMIȘOARA, Management of durable rural development within ACADEMIC TIMIȘ DAYS, Faculty of farm management, 323-330, 24 mai 2007..

Sallai L.- Fodor D. –Molnár T.: 2007 Establishment of experimental laboratory for examination of biogas production gained from agricultural organic waste. LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE, SERIA I. VOL. IX University of agricultural sciences and veterinary medicine of the Banat, TIMIȘOARA, Management of durable rural development within ACADEMIC TIMIȘ DAYS, Faculty of farm management.

Sallai L.: 2008. Biogas production and utilisation in a certain agricultural region, installation of a biogas laboratory, the first experiences. 2nd Symposium Donauhochschule Ulm, Cooperation on sustainable energy systems, idegen nyelvű előadás

Magyar nyelvű nem lektorált konferencia kiadvány (1):

Sallai L.: 2010. Egy adott gazdasági szerkezetű kisebb régió szerves hulladékaira alapozott biogáz előállítási technológia kialakítása, MTA-AMB évi XXXIV. KUTATÁSI ÉS FEJLESZTÉSI TANÁCSKOZÁS(poszter)

Előadás hazai konferencián, magyar nyelven (4):

Sallai L.: 2006. Az SZTE MFK tanüzemének szerves hulladékaira alapozott biogáz potenciál felmérése, SZTE MFK, Hódmezővásárhely. EURÓPAI UNIÓS KUTATÁSI ÉS OKTATÁSI PROJEKTEK NAPJA, Tudományos projektek szekcióülés, ISBN 963-06-1269-0 (előadás, teljes cikk, CD-ROM)

Sallai L.- Fodor D. –Molnár T.: 2006 Egy adott gazdasági szerkezetű kisebb régió szerves hulladékaira alapozott biogáz potenciál felmérése XII. Ifjúsági Tudományos Fórum, Pannon Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, (előadás, teljes cikk, CD-ROM)

Sallai L.: 2007. Kofermentációs kísérletek üzemi méreteket szimuláló biogáz laboratóriumban, I. Nemzetközi Környezettudományi és Vízgazdálkodási Konferencia, MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK SEKCIÓ, Tessedik Sámuel Főiskola, Mezőgazdasági Víz- és Környezetgazdálkodási Főiskolai Kar, Szarvas.

Sallai L.: 2008. Energiatermelés céljából végzett kofermentációs kísérletek eredményei. MTA AMB XXXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, előadás, Gödöllő

Sallai L.: 2008. Fejőházi szennyvíz és almos trágya kofermentációja. VI. ALFÖLDI TUDOMÁNYOS TÁJGAZDÁLKODÁSI NAPOK, előadás, összefoglaló, CD

Ismeretterjesztő publikáció (1):

Sallai L. - Fodor D.- Molnár T.: 2004. Biogáz üzem adott feltételek között történő megvalósításának műszaki és ökonómiai vizsgálata. Tanulmány,