

Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Megnevezett Intézet



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

**Keverőlapát fejlesztése egyedi kialakítású
kísérleti fermentorhoz**

Szerző: **Misi Ádám**
gépészmérnök BSc. szak, III. évf.

Konzulensek: **Dr. Horváth Miklós**
adjunktus
Bakosné Diószegi Mónika
tanársegéd

Budapest 2013

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés	2
2. A biogáz	3
2.1 A biogáz keletkezése	3
2.2 Biogáz üzemek és laboratóriumi egységek műszaki technológiája.....	4
2.3 Biogáz üzemek és laboratóriumi egységek reaktorainak keverése.....	6
2.4 Batch rendszer működése	9
2.5 A keverés szükségessége	10
3. Egyedi fejlesztésű bioreaktor blokk bemutatása	12
4. Új keverőlapát tervezése	15
4.1 Körülmények, célok.....	15
4.2 Rugós keverő	16
4.3 Lemezkeverő.....	20
5. Eredmények.....	24
5.1 Műszaki értékelés	24
5.2 Értékelés biogáz hozam szempontjából.....	25
6. Konklúzió.....	27
7. Irodalom jegyzék	28
8. Köszönetnyilvánítás	29

1. BEVEZETÉS

A biogáz képződés egy anaerob lebontási folyamat eredménye, amit kontrollált és szabályozott körülmények között biogáz termelésnek nevezünk. Napjainkban a biogáz termelés fő alapanyaga a szennyvíziszap, mezőgazdasági és ipari hulladék. Az anaerob rendszerek, a szilárd hulladék lerakásának szigorítása miatt egyre jobban elterjednek a fejlődő országokban. Nem csak környezetvédelmi, hanem energetikai szempontból is hasznosak az ilyen típusú hulladékok kezelésére alkalmas létesítmények.

Napjaink modern eszközei vagy akár hétköznapi használati tárgyaink is energiát igényelnek működésükhöz. A világnak egyre több és több energiára van szüksége a meglévő technológiai fejlettség fenntartásához és a fejlődéshez. Akárcsak a szél és napenergia ez is a megújuló energiaforrásokhoz tartozik. Európában a fejlett országok egyre nagyobb erőfeszítéseket tesznek, hogy megfelelő mennyiségben létesítsenek biogáz termelő ipari egységeket, melyekben előállítják és tisztítják a biogázt. Mint energiaforrás hasznosítható gázmotorok üzemanyagaként, melyekkel elektromos áram termelhető vagy betáplálható a lakossági gázhálózatba.

Munkám során egy egyedi fejlesztésű bioreaktor blokkhoz terveztem és gyártottam keverőlapátokat. Figyelemmel kísértem a rendszerhez eredetileg adott és az általam készített keverő egységek közti különbséget. A cél az volt, hogy megemeljem az időegység alatt képződő biogáz mennyiségét a labor egyedi tervezésű kevert, zárt rendszerében.

2. A BIOGÁZ

2.1 A BIOGÁZ KELETKEZÉSE

A biogáz szerves anyagok segítségével oxigénmentes-anaerob- körülmények között történő lebontása során képződő gázelegy. A biogáz fő alkotóeleme a metán mely 50-70%, nagy mennyiségben 28-48% van jelen még égésre képtelen szén-dioxid ezen kívül kis mennyiségben egyéb gázok fordulnak elő. A metán tisztítása után a földgázéval megegyező fűtőértéket képvisel, viszont a nem tisztított biogáz a földgázhoz képest a metántartalmával megegyező 50-70%-os fűtőértékkel bír.

A metántermelés három szakaszra oszthatjuk, melyeket nem lehet egymástól elválasztani. Első lépésben a szerves anyagokat fakultatív és obligát anaerob mikroorganizmusok bontják alkotóelemeiké. A lebontó baktérium nem tudja sejten belül lebontani a makromolekulákat, melyek a cellulóz, keményítő és zsírok. Ezért a baktériumok kilökik magukból azokat az enzimeket, melyek képesek lebontani a polimerláncokat. Ezek az enzimek hidrolízissel eldarabolják a makromolekulákat, így a baktériumok már fel tudják venni tápanyagként a rövidebb láncú molekulákat. A hidrolizáló baktériumok úgy jutnak energiához, hogy a felvett cukrokat, aminosavakat és zsírokat tovább bontják még kisebb molekulákká és a felszakadó kémiai kötésekből felszabaduló energiával hajtják saját bioszintetikus folyamataikat. A bontás során még kisebb molekulák jönnek létre, melyeket illó szerves savaknak nevezünk. Ezeket a savakat már nem tudják hasznosítani a hidrolizáló baktériumok, ezért kiválasztják magukból.

Ezt követi a második lépés melyben a hidrolizáló baktériumok által fel nem használt monoszacharidokat, zsírsavakat, aminosavakat és az illó szerves savakat az acetogén mikroorganizmusok acetáttá és hidrogénné alakítják. A képződött metánmennyiség 70%-a acetátból keletkezik.

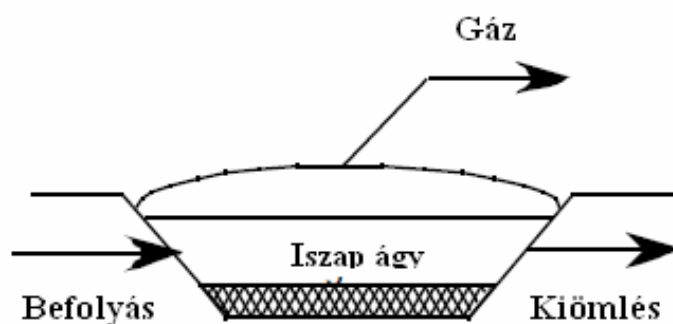
A harmadik lépésnek szigorúan anaerob körülmények között kell lejátszódnia. Ez az a szakasz amikor a metanogének metán és szén-dioxidot állítanak elő. Egyes metanogének a hidrogént rögtön szén-dioxid redukálására tudják fordítani, mások az acetátot alakítják át szén-dioxiddá és metánná. Ezek a baktériumok lassan szaporodnak és rendkívül érzékenyek a környezet változásaira. Ez egyéb problémát is felvet, mivel ha a metanogének működése lelassul, akkor az acetogének által termelt szerves savak elszaporodnak ami a rendszer

elsavasodásához vezet, ennek következményeképp pedig az egész rendszer működése leáll.
[1]

2.2 BIOGÁZ ÜZEMEK ÉS LABORATÓRIUMI EGYSÉGEK MŰSZAKI TECHNOLÓGIÁJA

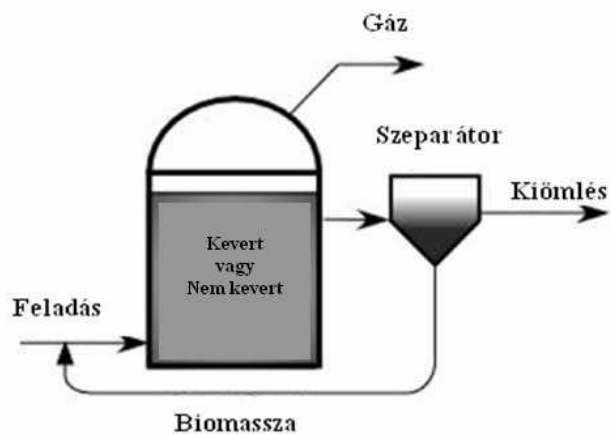
A első biogáz reaktorok nem kevert rendszerűek voltak. Ennek az volt a következmények, hogy keletkezett egy leülepedett valamint egy felúszott réteg a reaktorban. Ez nagymértékben csökkentette a reaktorok kapacitását. A keverés meggátolja a tartós iszapképződést a reaktorban és javítja a teljesítményét is. Néhány nem kevert biogáz reaktor bemutatása látható az alábbi ábrákban.

Az első az anaerob lagúna, ami az 1. ábrán látható. Ezek általában talaj hőmérsékleten működő reaktorok voltak. Előnye, hogy igen olcsó az üzemeltetése. Nagy hátránya viszont, hogy alacsony a gázhozama és nagy a terület igénye.



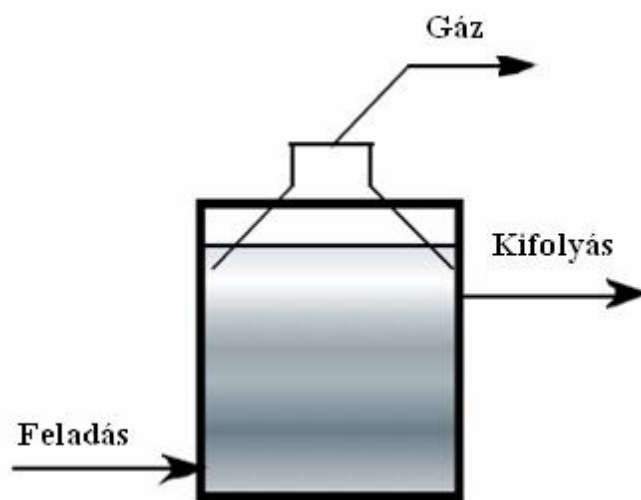
1. ábra Az anaerob lagúna [2]

A második a kontaktreaktor. Ezekben az első lépés a szilárd anyag leválasztása és koncentrációja egy tartályban majd visszaforgatják a rendszerbe. Ez a baktériumok visszatartása. Ezt a rendszert már lehet keverni és termofil valamint mezofil tartományokban működik. A kontaktreaktor a 2. ábrán látható.



2. ábra A kontakt reaktor [2]

Az UASB reaktor jelentése felúszó anaerob iszaptakarós reaktor (*upflow anaerobic sludge blanket reactor*). A gáz és a szuszpendált szilárd anyagszétválasztásának különböző eljárásait tartalmazta. Ez nagyobb érintkezési felületet biztosít a gáz és folyadék fázis között. A világon szinte mindenhol alkalmazzák ipari hulladék kezelésére. Ez a 3. ábrán látható.



3. ábra Az UASB reaktor [2]

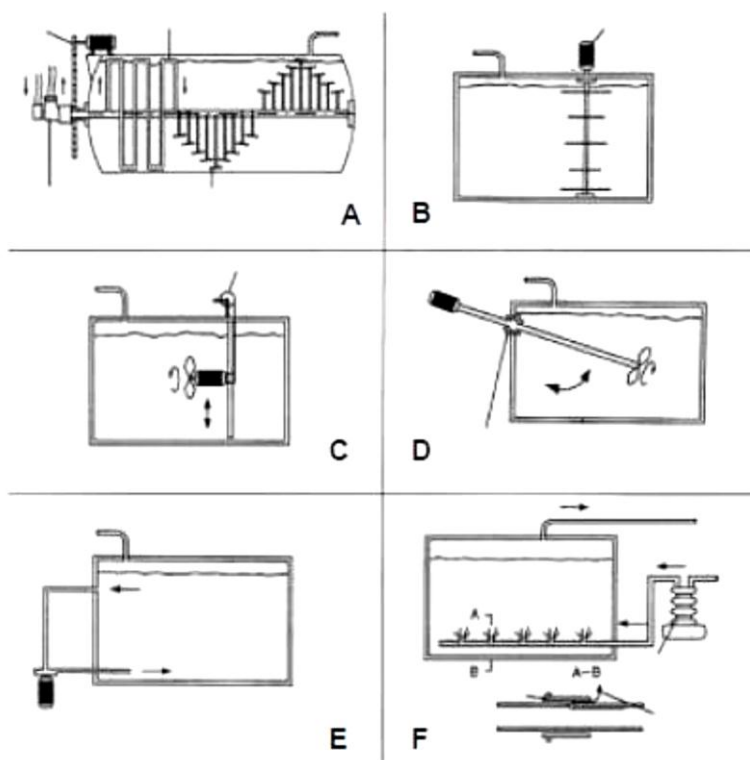
2.3 BIOGÁZ ÜZEMEK ÉS LABORATÓRIUMI EGYSÉGEK REAKTORAINAK KEVERÉSE

Teljesen kevert reaktorok leggyakrabban anaerob rendszerek. Ezek a rendszerek mezofil vagy termofil hőmérséklet tartományban üzemelnek melyek a biomassza növekedésen alapulnak. Az anaerob lebontásért és gáztermelésért felelős baktériumok állandóan elhasználnának, ezért mindig új baktériumokra van szükség a folyamat során. A kevert reaktorok baktériumnövekedésen alapuló rendszerek.

A keverés szükséges a hő megfelelő eloszlatásához, homogén iszapréteg kialakulásához és a szubsztrát beoltásához.

Nagy térfogatú rendszerekben több, különböző szinten elhelyezett keverőket alkalmaznak. Esetenként különböző keverő fajtákat is beszerelnek egy reaktorba a hatékonyabb keverés érdekében. A kisebb térfogatú emésztőkben általában gazdaságosság és műszaki szempontok alapján csupán egy keverő egységet alkalmaznak.

A keverés fajtákat a 4. ábra szemlélteti.



- A) Függőleges lapátkeverő
- B) Vízszintes lapátkeverő
- C) Állítható propellerkeverő

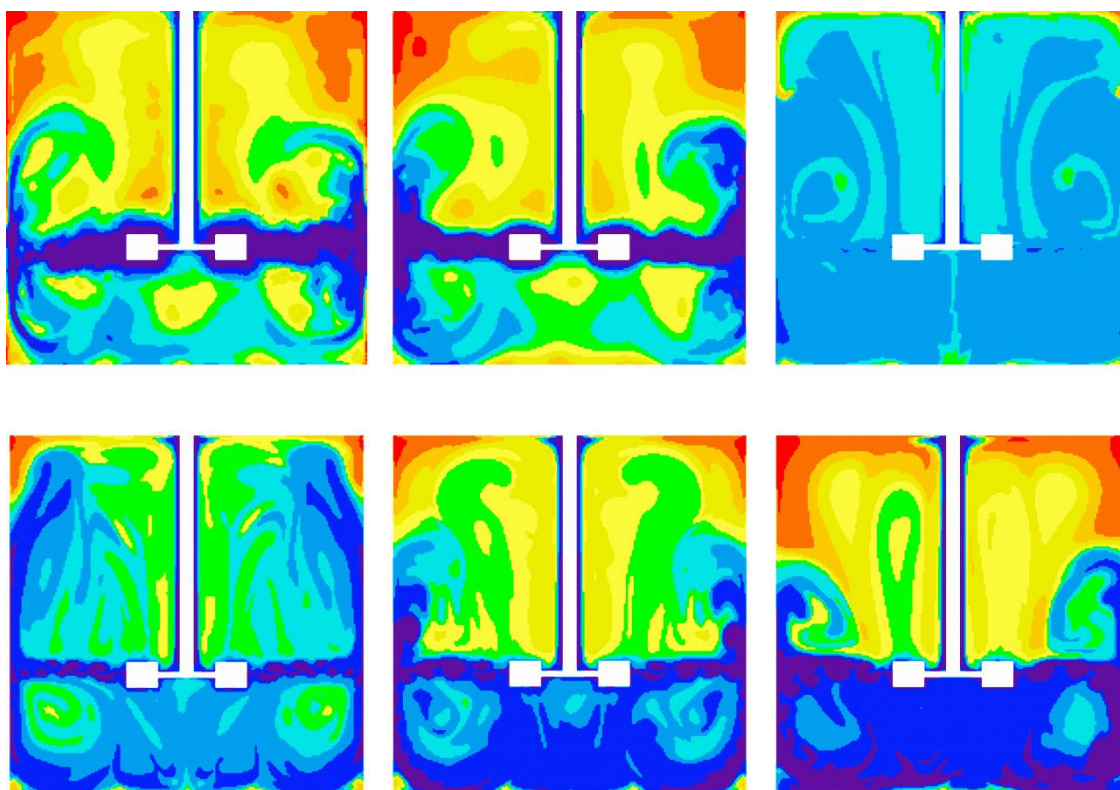
- D) Propellerkeverő lengő karon
- E) Hidraulikus keverés
- F) Légnyomásos

4. ábra Keverési fajták [2]

Az egyetem kísérleti biogáz laborjában az Electolab Fermac anaerob reaktor rendelkezik a „B” képen látható vízszintes lapátkeverővel kiegészítve két áramlástörő lemezzel. Ez a Rushton lapát. A keverő az 5. ábrán látható. Az általa létrehozott áramlási mintát pedig a 6. kép szemlélteti.



5. ábra A Rushton keverő



6. ábra A Rushton keverő folyadék áramlási mintája [3]

A keverési mód típusainak jellemzését, az egyes típusok előnyeit, hátrányait Öllös (2010) írta le részletesen. [4]

A keverési mód típusa	Előnyök	Hátrányok
Gáz-keverés mamut-szivattyúval	Az ülepedésre hajlamos anyagokat hatékonyabban lehet átkeverni, mint a gáz lándzsákkal. Alacsony energia igény.	A gázvezetékek korróziója jelentős. A kompresszor üzem-költsége nagy. Kéregképződés nagy. Nem hatékony a felső keverés. Fenntartási munkáknál le kell üríteni a rothasztót.
Gáz-keverés benyúló csövekkel	Jó elkeverési hatások	A gázvezetékek korróziója jelentős. A kompresszor üzem-költsége nagy. A gázcsövek dugulásának veszélye fennáll. Az üzemelő szerelvény belső kiépítésű. A szerelvény akadályozza a rothasztó tisztítását. Fenntartási munkáknál le kell üríteni a rothasztót.
Mechanikai keverés kis fordulátú turbina-keverővel	Jó elkeverési hatások	A keverők tengelyre vannak felszerelve. Csapágy meghibásodás. A keverők összeállt, filcelődött aggregátumokkal ütköznek. Nagy fogaskerék hajtómű szükséges. A tengely mellett gáz-tömítési gondok. A rothasztóban hosszú benyúló építmény van.
Mechanikai keverés kis fordulátú keverővel	Az iszap kéreg hatékony összetörése	A betáplált iszapot nem keveri el hatékonyan. A meghajtó műben csapágy és fogaskerék meghibásodás. A keverők összeállt, filcelődött aggregátumokat hoznak létre, és ezekkel ütköznek.
Mechanikai szivattyús keverés benyúló belső csövekkel	A műtárgyban hatékony keverés.	A berendezés érzékeny a folyadék mozgásra. A vezetékeknél korróziós gondok jelentkeznek. A szivattyúknál csapágy meghibásodás.
Mechanikai szivattyús keverés külső csövekkel	A fenntartás egyszerűbb, mint a belső csöves keverő esetében. A műtárgyban hatékony keverés.	Azonosak a mechanikai, belső csöves szivattyús keverés hátrányaival.
Szivattyús keverő	Jó keverési hatékonyság. A kialakult kéreg feltörése után elkeverhető az iszappal. A szivattyúkat könnyebb fenntartani, mint a kompresszorokat.	Belső lassú fordulátú keverő beépítése szükséges. A szivattyúkat a kialakult belső filcszerű aggregátumok eltömíthetik. Csapágy meghibásodás.

2.4 BATCH RENDSZER MŰKÖDÉSE

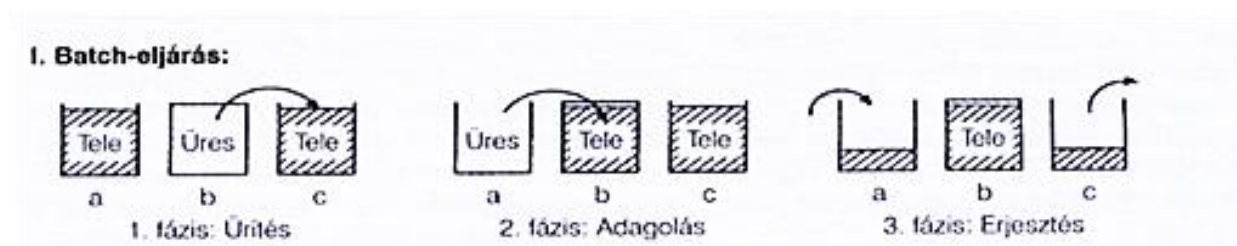
A batch eljárás során a reaktorba egyszerre adagoljuk be az összes alapanyagot. Ezt követően a rendszerbe nem adagolunk új anyagot és nem is vonunk ki az előzőleg betáplált anyagokból.

A gázképződés lassan indul meg a reaktorban, majd elér egy maximumot, aztán a gázképződés mértéke folyamatosan csökken. Egy-egy folyamat 20-100 napig is tarthat. A folyamat végén a fermentációs maradékot eltávolítjuk, érdemes hagyni a reaktorban egy kis mennyiségű kirohasztott iszapot, amivel beoltható az ezt követően beadagolt tápanyag. Ez egy költséges eljárás. Főként rostos és szálas anyagok rothasztására használják.

Két féle batch eljárás létezik. A félszáraz és a folyékony eljárás. A félszáraz eljárásnál betáplált anyag szárazanyag tartalma 15% körüli. Ennél a típusnál a fermentáció nagyon lassú folyamat.

A folyékony eljárású batch rendszerek főként kísérleti berendezések és kutató célokat szolgálnak. Ezek alapanyaga főként hígtrágya vagy élelmiszer-ipari szervesanyag-tartalmú folyadék, melyeknek szárazanyag tartalma 2-8%, és szervesanyag-tartalma 40-60% között van. Ezekben a rendszerekben folyamatos vagy szakaszos keverést szoktak alkalmazni az erjesztő térben keletkező úszó kéreg és leülepedett iszap miatt.[5]

A Batch-eljárás vázlata a 7. ábrán látható.



7. ábra A Batch-eljárás [5]

2.5 A KEVERÉS SZÜKSÉGESSÉGE

Az organikus anyagokat felhasználó emésztőket érdemes keverni. A keverés lényege, hogy nem engedi leülepedni a folyadék közegben a szárazanyagot valamint homogenizálja a közeget és intenzifikálja a biológiai folyamatokat. Így a gáz termelésért felelős baktériumok számára nagyobb az elérhető felület, több biogáz képződik. A folyamatos keverés egy biogáz erőmű energia felhasználásának 54%-át teszi ki. Ennek a számnak a csökkentése érdekében kezdetek el kísérletezni a szakaszos keveréssel.

Egy erre vonatkozó kísérletet folytattak le Németországban a Ruhr Egyetemen is. Három kevert egységgel végrehajtott kísérlet során az egyes számú volt a kontroll ami állandó keveréssel üzemelt míg a másik kettő szakaszosan. Két óra keverés egy óra szünet, valamint hét óra keverés egy óra szünet beosztással.

Mindhárom egység 22 liter kapacitású volt és azonos anyagokkal folytak le bennük a kísérletek. Alapanyagként kukoricacsutkát és tehén trágyát alkalmaztak. A kísérlet során a gáztömeg áramlást folyamatosan, a gáz minőséget naponta és a szárazanyag tartalmat hetente mérték. Az átlagos metán koncentráció a termelődött biogázban 60mol-%.

A második kísérlet ugyanezen három egységgel folyt le, de a betáplált anyag siló kukorica és tehéntrágya keveréke. Az első egység továbbra is folyamatos keveréssel biztosította a referencia mintát, míg a másik kettő tíz perc keverés 230 perc szünet valamint 50 perc szünettel üzemelt.

A kísérletek során megállapították, hogy 20%-al több metán képződött, mint a folyamatosan kevertben. Az átlagos metán koncentráció a termelődött biogázban 57mol-%. A szakaszos keveréssel 29%-os energia megtakarítást értek el. [6]

Egy másik, hasonló kísérlet a Dán Műszaki Egyetem Környezet és Energetikai karán. Itt nem csak a szakaszos és folyamatos keverést hasonlították össze, hanem a keverés intenzitását is.

A vizsgálatot laboratóriumi méretben végezték el 55°C-on három különböző keverési módszerrel, tehén trágyával. A referencia modell állandó keverés mellett, míg a másik kettő szakaszos keveréssel üzemelt. Tíz perc és 2 óra volt a meghatározott keverési idő. A metán tartalom állandó mérése mellett az a végeredmény született miszerint 12.5%-al több metán képződött a szakaszosan kevert rendszerek esetén.

A keverés intenzitásának (minimális, gyenge, erőteljes) hatásait batch kísérletben vizsgálták 55°C-on. Kimutatták, hogy ha túlterhelik a rendszert (túl magas szubsztrátum tartalom) akkor a minimális keverés a leghatékonyabb. Folyamatos rendszernél pedig, etetés előtt 10 percig történő minimális keverés volt az ideális. [7]

Az említett eseteken kívül számtalan hasonló kísérletet végeztek már el, különböző kutató létesítményekben. A TDK munkám célja ezért nem a keverés körülményeire, hanem magára a keverő rendszer fejlesztésére fókuszált. Mivel minden általam talált és olvasott kutatás eredménye a folyamatos és a szakaszos keverés összehasonlításakor a szakaszos keverést tartja megfelelőbbnek, mind biogáz hozam, mind pedig energia felhasználás szempontjából, én is ezt választottam a kísérlethez.

3. EGYEDI FEJLESZTÉSŰ BIOREAKTOR BLOKK BEMUTATÁSA

A kísérletben felhasznált anyagok nyolc darab egy literes üvegbe kerültek melyek légmentesen zárhatóak. Az üvegeken 20-as keménységű szilikon gumiból készültek tömítések találhatók, melyek mintavételezés után újból gáz tömörek. A keletkezett gázt egy szilikon csövön keresztül vezettem ki egy vízzel telt üvegbe. Onnan a kiszorított víz egy üres tároló edénybe folyik, mely súlyának mérésével megállapítható a keletkezett gáz mennyisége. A nyolc darab üveg egyike a 8. ábrán látható.



8. ábra A kísérletben felhasznált üvegek egyike

A fermentor üvegeket egy műanyag kádba helyeztem, majd feltöltöttem vízzel. Kívülről és az alján szivaccsal vontam be. A kád vízének hőmérsékletét, egy termosztáttal és az alján elvezetett rézcső segítségével állítottam be. Ez 37 °C. A vízfelszínre habszivacsot szórtam a jobb hőn tartás érdekében valamint, hogy csökkentsem a párolgási veszteséget. A 9. ábrán ezek láthatók.



A láda szigetelése és fűtése



A feltöltött üvegek



Az összeállított rendszer

9. ábra

A 8 db üvegben a következő variációban helyeztem el a keverőket. Az 1 és 2 számú üvegekbe nem került keverő. Ez a kettő volt a negatív minta, amiket a kísérlet folyamán nem kevertem. A 3 és 4 számot viselő üvegekbe került az eredeti egy lemezből kialakított keverő. A 5 és 6 tartalmazta a lemezkeverőket. Végül a 7 és 8 üvegekben a rugós keverők voltak megtalálhatók. A meghajtást egy elektromotor, fogaskerék áttétel és bowden szálak biztosították. A keverés szakaszos volt nem folyamatos, óránként kettő perc. Erről egy időzítő kapcsoló gondoskodott. A meghajtás a 10. ábrán látható.

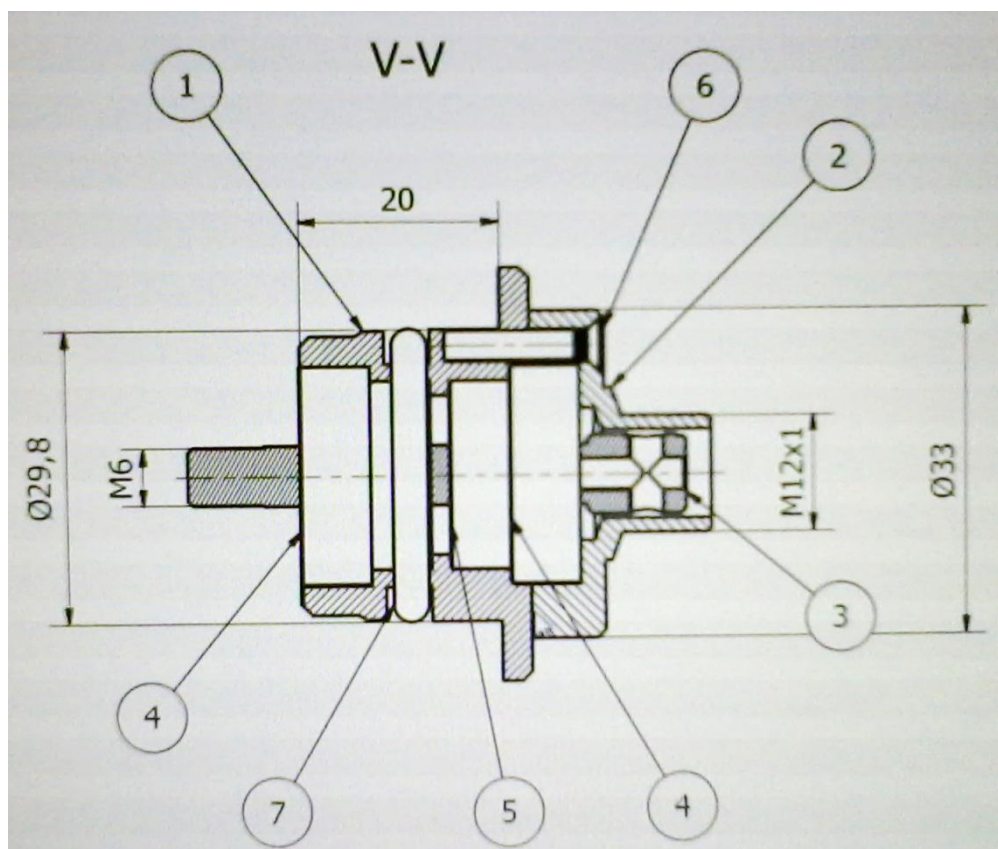


10. ábra A motor és fogaskerék áttétel

Az üvegekbe a keverőket speciálisan kialakított keverő dugókkal rögzítettem.
A dugó felépítése és részei a 11. valamint a 12. ábrán láthatók.



11. ábra a keverő dugó



- | | |
|---------------------------|------------------------------------|
| 1. Keverő dugó felső rész | 5. Egy soros golyós csapágyak |
| 2. Keverő dugó felső rész | 6. Süllyesztett laposfejű csavarok |
| 3. Dugó tengely | 7. O-gyűrű |
| 4. Tömítő gyűrű | |

12. ábra Keverő dugó részei

4. ÚJ KEVERŐLAPÁT TERVEZÉSE

4.1 KÖRÜLMÉNYEK, CÉLOK

Az új keverőlapát tervezését és kivitelezését szükségessé tette, hogy a kevert rendszerhez eredetileg készült lapátok nem megfelelő hatékonysággal mozgatták a leülepedett iszapot és a benne található szárazanyagot. Nem volt képes emelő hatású áramlást kelteni, így képtelen volt elmozdítani a leülepedett réteget az üveg aljáról. Az eredeti keverő nem volt megfelelő a közeg savas igénybevételének. A lapátfej nem korrózióálló anyagból készült, ami azt eredményezte, hogy közel egy éves használat során az illesztések meglazultak a kénhidrogén okozta korróziós hatásától. A régi keverő a 13. ábrán látható valamint az azt ért korróziós hatások.



13. ábra A régi keverő használat előtt és után

Problémát okozott továbbá, hogy az üveget eredetileg nem kevert batch kísérletre készítették így a keverőnek teljesen egyedi fizikai paramétereknek kellett megfelelni. Az üveg

szája mindössze 29 mm, míg az alja 96 mm átmérőjű (belső átmérő). Ebből adódóan az eredeti átmérője kevesebb, mint 29 mm. Ez önmagában még nem jelentene problémát, de a fordulatszám - előzetes számítások és a rendelkezésre álló keverőrendszert hajtó motor kapacitása miatt – 90 fordulat/perc. Ezekkel a paraméterekkel az alacsony kerületi sebesség miatt nem képes számunkra megfelelő felhajtó áramlást produkálni. Ideiglenesen másik meghajtó motorral működtetve kiderült, hogy megközelítőleg 300 fordulat/perc lenne az ideális ennek a konstrukciónak. A jelenlegi hajtásrendszerünkkel ezt nem tudjuk produkálni. Szükségszerű tehát, a keverőlapát és szár újra tervezése, és újra építése a keverés hatásfoka és az anyag korrózió állósága szempontjából.

4.2 RUGÓS KEVERŐ

Az új keverőt az előző fejezetben közölt tények ismeretében készítettem el. Először háromlapátos modellt terveztem, amelynél a fő cél az üveg majd teljes átmérőjének a kihasználása. Ezt egy egyszerű rugós megoldás tette lehetővé, mely során a lapátok axiális irányban megközelítőleg 90°-ban mozgathatók. Az üvegbehelyezés során a lapátok behajthatóak a pogácsa alá majd azt követően a rugók pozícionálják keverési állapotba az egyes lapátokat. A rugók húzóerejét az állítható rugótányér magasságával lehet szabályozni. A rugós keverőt a 14. ábra szemlélteti.



14. ábra Rugós keverő nyitott és zárt állapotban

A lapátok, a pogácsa melybe illeszkednek, a tengely, a rugók és az azokat tartó tárcsa is, korrózióálló acélból készültek. Az első prototípus lapátjai egyenes kivitelűek.

A keverők elkészítésére az OE Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar tanműhelyében került sor. A 15. ábrán lévő képek a megmunkálás egyes fázisait mutatják be röviden.



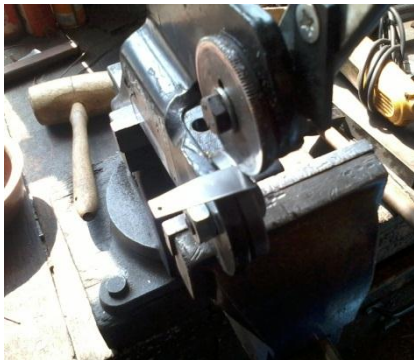
*A pogácsa marása,
egyetemes marógéppel*



A kész keverőpogácsa



*A lapát. 2mm-es korrózióálló
lemez*



A lapát kimunkálása



*Kész lapát, sablon és nyers
lemezek*



Az összeállított keverőfej

15. ábra A gyártási folyamat

Az elkészült keverő már az első teszteken jobban szerepelt, mint az eredeti keverő lapát. Gyorsabban és erőteljesebben mozgatta át az iszapot és fel is kavarta azt, ami leülepedett. Az áramlási minta közel megegyezett a 6. ábrán láthatóval. Az egyezés nem teljes mert az általam tervezett keverő három lapátos nem pedig hat mint az 5. ábrán látható modell.

A tesztelés során szabad szemmel is jól látható kísérletet végeztem. Tiszta csapvizet és teafüvet használtam az áramlás és a működés szemléltetésére. A kísérlet eredményeként megállapítottam, hogy bár a keverési hatékonyság jelentősen megnőtt, azonban olyan holtterrel rendelkezik melynek kiküszöbölése elengedhetetlen. A keveretlen közeg a keverő pogácsa alatt a tengely vonalában alakult ki. Továbbá a keverőm nem megfelelően emelte a teafüvet.

Az örvény segítségével a szárazanyag, a lapát belógatási magasságát alig haladta meg a keverés során és az ezt követő csatornaiszappal történő teszt is hasonló eredményt hozott. Az első változtatás a lapátok meghajlítása volt. Ezzel a módosítással a lapát az eddigi 90° helyett, a keverési irány síkjával megközelítőleg 105° -ot zár be. Ez a 16. képen látható.



16. kép A meghajlított keverőlapátok

A lapátok új pozíciója ugyan nagyban javított a keverési hatékonyságon de még mindig nem volt elegendő. Akárcsak az eredeti már meglévő darabnál itt kísérleteztem különböző fordulatszám tartományokban. Ezen keverő esetében 180 és 200 fordulat/perc közeli érték volt az optimális. Ez sajnos hosszú távon nem megvalósítható az egyszer már említett berendezési problémák és a magas energia felhasználás miatt.

A további optimalizálás érdekében megnőveltem a keverőlapátok felületét, míg a fordulatszám továbbra is 90 fordulat/perc maradt. A felületnövelést először műanyag lemezekkel végeztem el ragasztó segítségével. Azért esett erre a választás mert, gyorsan és egyszerűen megmunkálható, kicsi a tömege és ha szükséges azonnal eltávolítható. Ez az 17. képen látható.



17. ábra Műanyaglemez toldások

Ezzel a módosítással sikerült elérni a kívánt hatást. Egységesen eloszlatta a próba során a 800ml vízbe áztatott teafüvet már 90 fordulat / min.-nél is. A teszt után véglegesítettem a keverőlapát alakját. Korrózióálló lemezből kimunkáltam a lapátok kiegészítésére szánt részeket majd összehegesztettem őket. A végleges keverő a 18. képen látható.



18. kép A rugós keverő végleges formája

Végeredményként ebből a keverőből két darab készült el. Három probléma áll fent továbbra is.

Az egyik, hogy túlságosan nehéz így ellen anyá nélkül a rögzítése instabil és a súlya miatt hajlamos a lecsavarodásra.

A második problémát is a súlya okozza. A nem megfelelő rögzítés esetén, ha nem is csavarodik le a felfogatási pontjáról, akkor is felléphet radiális irányú elmozdulás forgás közben, azaz üthet a keverő és felkarcolhatja az üveg oldalát.

A harmadik és egyben legnagyobb hátránya az összetettségéből ered. A kialakítása komplikált megoldásokat, számos munkaórát és nagymennyiségű anyagot igényelt.

4.3 LEMEZKEVERŐ

A második keverő elkészítésénél a fő szempontok a következők voltak:

Egyszerűbb legyen gyártani, mint a rugós kivitelűt. Ha lehet, kevesebb anyagból épüljön meg. Könnyebb és szimmetrikus legyen. Az egyszerűbb gyárthatóság és a kevesebb anyag nem szorul magyarázatra, ezek az idő és pénz takarékoságot szolgálják. A könnyű és szimmetrikus kivitel viszont azzal indokolható, hogy a jelenleg alkalmazott keverődugónk túl rövid menetes szárral valamint kis teherbírású csapággyakkal rendelkezik. A szimmetria kiküszöböli a tengelyre valamint a csapágyra ható egyoldali erőt. Ez a csapágy idő előtt tönkremenne. A súly csökkentése pedig a lecsavarodás problémáját hivatott kiküszöbölni. Továbbá a jelenleg rendelkezésre álló rendszer felfüggesztése miatt roppant bonyolult és időigényes feladat lenne a megfelelő kiegyensúlyozás. A lemezkeverő a 19. ábrán látható.



19. ábra lemezkeverő

Ez a prototípus is korrózióálló lemezből és rúdból készült. A hossza miatt az üveg teljes magassága mentén képes keverni. Így nagyobb lapátfelületet kapunk, mint a rugós és az eredeti lemezkeverőnél. Az üveg alján, a közepén leülepedett anyag mozgatását is sikerült megoldani ezzel a típussal. Mindkét lapátszárat a végüknél 90^0 -ban meghajlítottam majd forgásiránynak megfelelően közel 45^0 -os szögben ismét meghajlítottam. Az így elkészített lapát felhajtó áramlatot hoz létre a két szár között, ami felemeli az anyagot majd a lapát hossza mentén szétteríti az üvegben, ami ismét alul gyűlik össze és a folyamat kezdődik előlről. A 20. ábrán látható a közepén leülepedett száraz anyag.



20. ábra A leülepedett szárazanyag

Ebben a kísérletben a keverőnek a szárát úgy választottam meg, hogy azonos mélységig érjen le, mint a korábbiak. Ez csupán a jobb összehasonlítás miatt történt meg. Ennek hatására megfigyelhető volt, hogy a keverő mozgatja a folyadék felszínét és az odakerülő szárazanyagot is. Ez nem mondható el a másik kettő lapáttípusról.

A keverő elkészülte után, részt vett egy vizuális összehasonlító kísérletben, melyben már szabad szemmel is látható a három modell közti eltérés.

A kísérlethez vizet és aprított szalmát használtunk fel természetesen azonos mennyiségben, mindhárom üvegben. A legfelső képen látható, hogy a szalma egy része leülepedett, míg másik része továbbra is a víz felszínén úszott. A lapátokat azonos fordulatszámon (továbbra is 90 fordulat / perc) üzemeltettük. Az alábbi képek megközelítőleg kettő perc eltelte után készültek. Az első üveg az eredeti egy lemezből épült keverőt tartalmazza. A második a rugós kivitelűt. A harmadik pedig a lemez keverőt. Megfigyelhető az eltérő áramlási minta.

Az első üvegben a szalma elkeveredése igen lassan indult meg és majd egy perc elteltével igen kevés anyagot volt képes megmozgatni. Ez sajnos hátrány mivel kettő perc a keverési idő, és így a felében nem működik hatékonyan.

A második üvegben a rugós keverő üzemelt. Ez azonnal elkezdte mozgatni a leülepedett szalmát, és a jóval nehezebb szárazanyagot is képes volt mozgatni, amit a másik kettő nem. Ez nagyon nagy előny, hiszen a rövid keverés időtartam (2 perc) alatt lényeges, hogy milyen gyorsan képes az üledéket felkeverni.

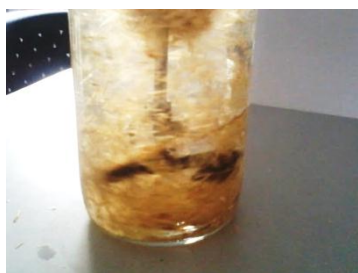
A harmadik üvegben történt események is igen jól láthatók a képen. A lemezkeverő a fent leírt, elvárt működésnek megfelelően szerepelt. A lapát viszonylag kevés leülepedett szalmát hagyott az üveg alján, valamint a folyadék felszínére úszott anyagot is részlegesen mozgatta. A vizuális összehasonlító kísérlet a 21. ábrán látható.



A leülepedett szalma tiszta csapvízben.



Az egy lemezből kialakított, a rendszerhez eredetileg tervezett keverő.



A rugós keverő.



A lemezkeverő.

21. ábra A keverők vizuális összehasonlítása

Az vizuális összehasonlítás persze nem elég. Ezek után mindhárom keverő típus részt vett anaerob rothasztási kísérletben melyből kiderült, hogy a fermentáció szempontjából melyik a legoptimálisabb számunkra.

5. EREDMÉNYEK

5.1 MŰSZAKI ÉRTÉKELÉS

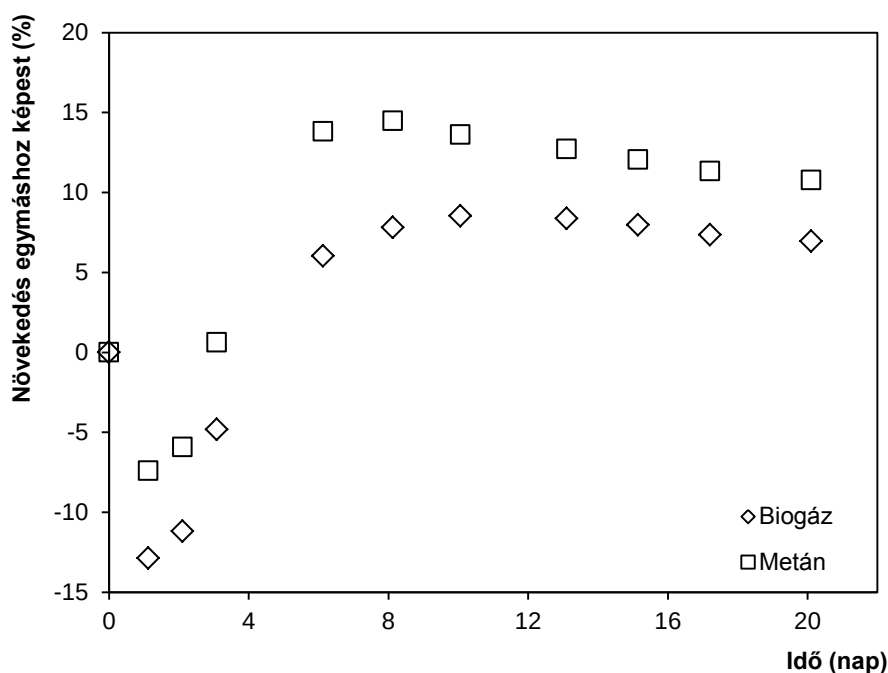
A következő táblázatban a legfontosabb műszaki adatok összehasonlítása található.

	Eredeti keverő	Rugós keverő	Lemezkeverő
Működési átmérők [mm]	27	80	27
Maximális keverési mélység [mm]	160	160	160
Súly [g]	43.5	82	42
Alkatrész darabszám	2	13	2
Alkatrészek	tengely, lapát	tengely, rugótányér, állítócsavar, rugók(3db), pogácsa, lapátok (3db), lapáttengelyek (3db)	tengely, lapát
Gyártási idő / db / óra	0.5-1	4-5	0.5-1
Gyártó eszközök	fűrész, lemezolló, fűrő, kézi menetvágó, reszelő	egyetemes eszterga, egyetemes maró, állványos fűrő, hegesztőgép bakköszörű Kézi szerszámok: lemezolló, kalapács, reszelő, csiszolópapír	fűrész, lemezolló, fűrő, kézi menetvágó, reszelő

5.2 ÉRTÉKELÉS BIOGÁZ HOZAM SZEMPONTJÁBÓL

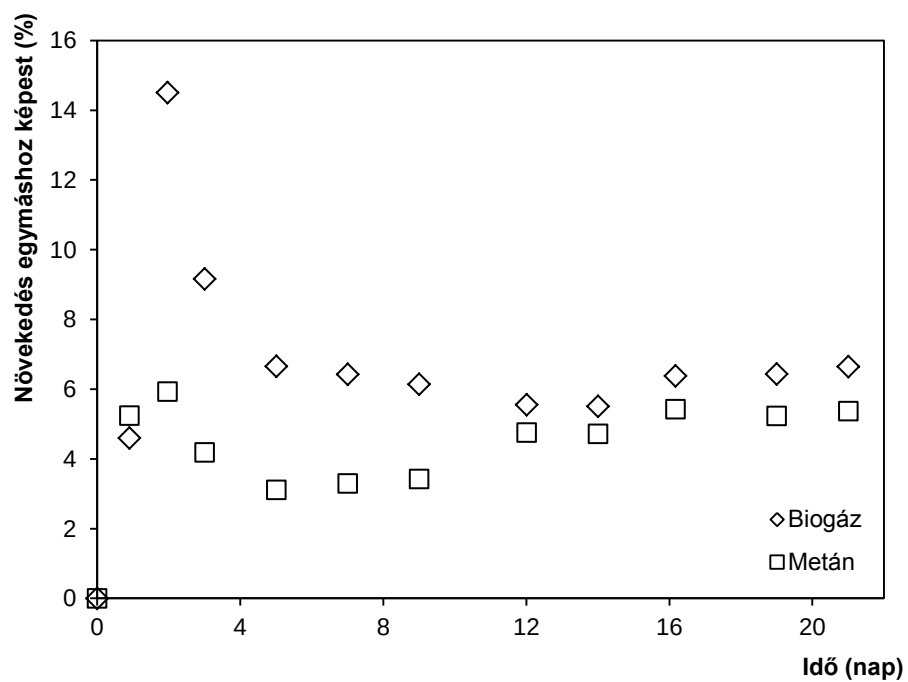
Mindkét diagramban a rugós keverőlapát alkalmazásához hasonlítottam a lemezes és az eredeti keverő fermentációs eredményeit.

Mivel a rugós keverőlapát működése hozott nagyobb biogáz és metán értéket ezért ebből vontuk ki a másik kettő alkalmazása során kapott eredményeket. A 22. ábra diagramján látható a rugós és az eredeti összehasonlítása. A 6. naptól fogva olvasható le jelentős növekedés mind a biogáz mind a metán szempontjából.



22. ábra A rugós és az eredeti keverő összehasonlítása

A lemez és a rugós összehasonlításánál a vizsgált 22 nap alatt a rugós alkalmazása végig hatékonyabb fermentációt eredményezett. Ez a 23. ábra diagramján látható.



23. ábra A rugós és lemezkeverő összehasonlítása

6. KONKLÚZIÓ

A tervezés, gyártás, tesztelés és az eredmények elemzése után sem lehet szilárdan kijelenteni, hogy melyik keverő típus a legmegfelelőbb. A legfontosabb kérdés és szempont a felhasználási terület. Nem mindig célravezető a legegyszerűbb konstrukció, a leginkább anyagtakarékos megoldás, a legkevesebb munkaórát igénylő projektek választása. A kutatómunkám egyértelműen tükrözi a három különböző konstrukció közti különbséget mind műszaki fejlettség mind anyag és energia igényesség szempontjából. Az egyedi körülmények adta kihívások egyedi megoldásokat kívánnak, ami legtöbb esetben a költségek növekedésével jár. A munkám bebizonyította, hogy a három egyedi tervezésű keverő közül a legösszetettebb bizonyult a leghatékonyabbnak. Viszont a gazdaságosság és hasznos teljesítmény arányának kérdése, egy kísérleti biogáz labor keretein belül, még mindig megválaszolatlan.

7. IRODALOM JEGYZÉK

- [1] Dr. Bai Attila – A biogáz
- [2] Varga Terézia, tanszéki mérnök – Hulladékok komplex kezelése, A biogáz előállításának alapjai
- [3] Derksen J., University of Alberta - Direct Flow Simulations of Thixotropic Liquids in Agitated Tanks
<http://www3.aiche.org/Proceedings/Abstract.aspx?PaperID=151517>
- [4] Prof. Tamás János, Prof. Blaskó Lajos - Environmental management
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_kornyezettechnologia/ch07s02.html
- [5] Dr. Czupy Imre, Vágvolgyi Andrea - Mezőgazdasági (növénytermesztés, állattartás, erdészeti) hulladékok kezelése és hasznosítása
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Mezogazdasag_hulladekai/ch04s05.html
- [6] Alexandra Kowalczyk, Eva Harnisch, Sebastian Schwede, Mandy Gerber, Roland Span - Different mixing modes for biogas plants using energy crops
- [7] Prasad Kaparaju, Inmaculada Buendia, Lars Ellegaard, Irini Angelidakia - Effects of mixing on methane production during thermophilic anaerobic digestion of manure: Lab-scale and pilot-scale studies

8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom a konzulenseimnek, Bakosné Diószegi Mónikának és Dr. Horváth Miklósnak a TDK dolgozatom elkészítésében nyújtott segítségért. Szeretném külön megköszönni Szigeti Márton Gézának, a támogatását és szakmai tapasztalataink megosztását. Köszönet jár továbbá Kovács Gábornak a forgácsoló műhelyben nyújtott segítségért, valamint a diáktársaimnak a laboratóriumi teljesítményükért, amivel hozzájárultak a munkám eredményéhez.

TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások, a projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Budapest, 2013. október