

SZAKDOLGOZAT

Nagy Gábor

Gödöllő

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

**Energiagazdálkodási szakmérnök szakirányú
továbbképzési szak**

Biogáz alapú távhőrendszer

Belső konzulens: Dr. Schrempf Norbert Attila
tanszékvezető, egyetemi docens

Belső konzulens

intézete/tanszéke: Épületgépészeti és Energetikai
Tanszék

Külső konzulens: Prof. Dr. Tóth László
Egyetemi tanár, professzor emeritus

Készítette: Nagy Gábor

Gödöllő

2024

MŰSZAKI INTÉZET ÉPÜLETGÉPÉSZETI IS ENERGETIKAI TANSZÉK
Energiagazdálkodási specializáció

SZAKDOLGOZAT
feladatlap

Nagy Gábor (QSF0GB)

részére

A szakdolgozat címe:

Biogáz alapú távhőrendszer

Feladatkiírás:

Biogáz előállítás és település fűtés, távfűtési rendszerek rövid bemutatása.
Biogáz üzem méretezése a helyi mezőgazdasági melléktermékekből származó alapanyagok felhasználásával (állattenyésztés, gyümölcstermelés, fakitermelés és feldolgozási hulladékok, csatornaiszap). Előállítható biogáz mennyiség meghatározása, és annak vizsgálata hogy, alkalmas lehet e egy falu távfűtési igényeinek kiszolgálására.

Közreműködő tanszék: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

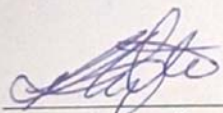
Külső konzulens: Prof. Dr. Tóth László

Belső konzulens: Dr. Schrempf Norbert Attila, MATE, Műszaki Intézet

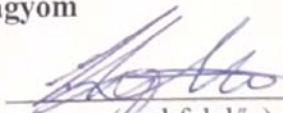
Beadási határidő: 2024. április 22.

Gödöllő, 2024. március 9.

Jóváhagyom

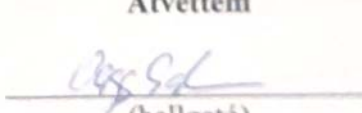


(tanszékvezető)



(szakfelelős)

Átvettem



(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2024. március 9.



(külső konzulens)

Tartalom

1	Bevezetés	3
2	Történelmi áttekintés.....	4
3	A biogáz.....	6
3.1	Biogáz fogalma	6
3.2	Biogáz alapanyagok.....	6
3.3	Biogáz jellemzői.....	6
3.4	Felhasználási módok	8
3.5	Biogáz alapanyagok csoportosítása feldolgozó technológia szerint.....	10
3.6	Működési feltételek	15
4	Biogáz keletkezése	17
4.1	Anaerob lebontási folyamat.....	17
4.1.1	Hidrolízis.....	18
4.1.2	Savtermelő Baktériumok	19
4.1.3	Esetsavtermelő baktériumok.....	19
4.1.4	Metántermelő Baktériumok	20
4.2	A mikroorganizmusok közötti együtt működés (Szintrófizmus)	21
4.3	Metántermelést befolyásoló tényezők	22
5	Technológiai eljárások.....	23
5.1	Ko-fermentáció.....	24
5.2	Biogáz előállító üzem	25
5.3	Biogáz felhasználása energiatermelésre	27
6	Távhőszolgáltatás és falufűtőmű bemutatása	30

6.1	Falufűtés felépítése	32
6.2	Pornóapáti falufűtőmű bemutatása	34
6.2.1	Műszaki adatok, jellemzők.....	34
6.2.2	Bio-fűtőmű	34
6.2.3	Hőközpont.....	34
6.2.4	Hőtávvezetési hálózat.....	35
6.2.5	Fogyasztói hőközpontok	35
6.2.6	Energiatermelés és értékesítés.....	36
7	Pornóapáti biogáztermelési és biogáz alapú falufűtési lehetőségének bemutatása	37
7.1	Biogáz alapanyagok elérhetősége	37
7.2	Biogáztechnológia választása	40
7.3	Szubsztrátum mennyiség meghatározása.....	41
7.4	Biogáz termelés mennyiségének kiszámolása	42
7.5	Energetikai számítások.....	43
7.6	Fűtőmű fogyasztása a gyakorlatban	44
7.7	Létesítendő biogáz üzem fontosabb elemei és paraméterei.....	48
7.8	Széndioxid mérleg	50
7.9	Biogáz üzem üzemeltetési tapasztalatok	50
8	Végső következtetés	51
9	Összefoglalás.....	53
10	Irodalomjegyzék.....	54
11	Ábra és táblázat lista	57
12	Köszönetnyilvánítás	60

1 Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben az emberek megszokták az elektromos áram, a vezetékes ivóvíz és a gáz elérhetőségét, amelyek gyakran távoli helyeken kerülnek előállításra, és néha más országokból is szállítják őket. Azonban az előállítási folyamatok gyakran környezetszennyezőek. Gazdaságunk sokféle külső tényezőtől függ, ami befolyásolja ezeknek az energiaforrásoknak az árát és elérhetőségét. A biogáz helyi előállítása és felhasználása azonban megoldást kínálhat az energiaköltségek stabilizálására, az energiafüggetlenség elérésére és a fenntartható fejlődés előmozdítására.

A szakdolgozat célja, hogy bemutassa, hogyan lehet egy helyi üzemben biogázt előállítani olyan melléktermékek felhasználásával, mint például állattenyésztési hulladékok, mezőgazdasági melléktermékek, gyümölcs- és faipari hulladékok, valamint csatornaiszap. Vizsgálni fogom, hogy mennyi biogázt lehet előállítani, és alkalmas lehet-e ez a mennyiség egy 500 fős falu távfűtésére. A település, Pornóapáti, már rendelkezik falufűtéssel, így a dolgozat bemutatja, hogyan lehetne a helyben előállított biogázt felhasználni a falu fűtésére.

Bár a biogáz előállítása nem új eljárás, az érdeklődés iránta növekszik, legyen az a gazdasági helyzet romlása vagy az éghajlatváltozás sürgetőbbé válása miatt. A szerves anyagok lebomlása természetes folyamat, azonban, ha a keletkező metánt nem hasznosítjuk energetikai célokra, hanem a légkörbe engedjük, az elősegítheti az üvegházhatást és a globális felmelegedést. Az anaerob lebomlás irányított folyamat, ami egyesíti a természetes folyamatokat az energiahasznosítással. A melléktermékek, amelyek e folyamat során keletkeznek, szintén felhasználhatók biotrágyaként.

Magyarországon még nem használják ki teljes mértékben a biogáz előállításának lehetőségeit, hiszen eddig mindössze 45 biogázüzem létesült, míg Németországban több mint 9000 működik. Az Európai Bizottság azt javasolja, hogy 2030-ra 35 milliárd köbméterre növeljék a

biometán termelést, ami 2020-ban 3 milliárd köbméter volt. Ezért a biogáz előállításának területe a közeljövőben további fejlődést ígér.

2 Történelmi áttekintés

Sokan úgy gondolják, hogy az anaerob emésztés viszonylag új technológia, mely a szerves hulladékok kezelését és a megújuló gáz és villamos energia előállítását szolgálja környezetbarát módon. Azonban ez nem teljesen igaz. Az anaerob emésztésnek valójában hosszú története van, mely egészen a 10. századig nyúlik vissza, amikor Asszíriában biogázt használtak fürdővíz melegítésére. Jan Baptista Van Helmont, egy flamand tudós, már a 17. században felfedezte, hogy a bomló szerves anyagok gázokat bocsátanak ki, míg Alessandro Volta gróf 1776-ban megállapította, hogy a bomló szerves anyag mennyisége arányos a keletkező gáz mennyiségével. Volta a metánt is felfedezte azáltal, hogy megfigyelte, hogy bizonyos talajokban és üledékekben természetes anaerob folyamatok zajlanak.

Az anaerob tudomány következő nagy alakja Sir Humphry Davy volt, aki felfedezte, hogy a szarvasmarhatrágyából kibocsátott gázokban metán is található. Ezek a korai felfedezések előkészítették az utat az első anaerob emésztőüzemek számára, melyek közül az elsőt 1859-ben Bombayban építették egy leprakolóniában. E technológia hamarosan Angliába is elterjedt, és 1895-re az exeteri szennyvíztisztítóban termelt biogázt már utcai lámpák megvilágítására használták.

A 20. század elején több fontos esemény is történt, melyek meghatározták az anaerob emésztés fejlődését. Karl Imhoff német mérnök például 1906-ban kifejlesztette az Imhoff tartályt szennyvíz feldolgozására, ami az anaerob emésztőüzemek korai formáját jelentette. Az 1930-as években pedig a mikrobiológia elismert tudományággá vált, ami hatalmas kutatásokat indított el az anaerob folyamatok hatékony működésének megértésére.

A második világháború kőolajhiánya további lendületet adott az anaerob emésztés iránti érdeklődésnek, hiszen a biogáz alternatív energiaforrásként szolgált. Az 1970-es évek energia- és környezetvédelmi válságai pedig további lökést adtak a biogáz használatának, és egyúttal növelték az anaerob emésztés kutatásának és fejlesztésének iránti igényt.

Összességében a biogázüzemek számos előnnyel járnak, többek között a kőolajfüggőség csökkentésével, a gazdaság karbonsemlegességével és a hulladékgazdálkodás javításával. Ezáltal hozzájárulnak a fenntartható fejlődési célok megvalósításához. (*http 1; http 2*)

3 A biogáz

3.1 Biogáz fogalma

A biogáz olyan gázkeverék, amely szerves anyagok bomlásával keletkezik anaerob körülmények (oxigénmentes körülmények) között, mikróbák közreműködésével. Ez egy olyan folyamat, amely hasonló a tehén gyomrában történő emésztéshez.

3.2 Biogáz alapanyagok

Bármilyen szerves anyagból előállítható például mezőgazdasági melléktermék, szerves kommunális hulladék, élelmiszer előállítási melléktermék stb. Biogáz termelés helyes szerint három nagy csoportot lehet megkülönböztetni:

- Növénytermesztés, állattenyésztés melléktermékeit feldolgozó biogáz telep.
- Szennyvíztelepen keletkező csatornaiszapot feldolgozó biogáz telep.
- Hulladéklerakó telepeken keletkező gázokat (depóniagáz) feldolgozó telep.

3.3 Biogáz jellemzői

A biogáz szerves anyagok anaerob erjedése során keletkező gáz, mely rendkívül sokoldalúan felhasználható. Az anaerob erjedés spontán módon is létrejön mély vízi tengeröblökben, mocsarakban és hulladéktároló telepeken, azonban irányított folyamatban ez az erjedés több gázkihozattal eredményez. Megfelelő technológiai háttérrel és mikróbák együttműködésével a nyert gáz 50-70% -a éghető metán (CH_4), 28-48% égésre képtelen széndioxidot (CO_2), és 1-2% egyéb gázt tartalmaz kénhidrogén (H_2S) és nitrogént (N) tartalmaz. A földgáz teljesen metán gázból áll ezért a biogáz fűtőértéke a metán részarányától függően a földgáz fűtőértékének 50-70%-nak felel meg ($18\text{-}25 \text{ MJ/Nm}^3$). A biogáz sűrítéssel és tisztítással (Széndioxid eltávolítás) növelhető. Tisztítás után a biogáz a földgázzal megegyező fűtőértékkel bír.

A gyakorlatban különféle szervesanyagok egy kilogramm szárazanyagból 230 – 400 liter biogáz nyerhető, elméleti lehetséges érték 587 – 1535 l/Kg. Legkedvezőbb fajlagos biogáz termelése a hevítő hatású trágyáknak, a cukorrépa, kukorica és az élelmiszeripari melléktermékeknek van. Gázkihozatali hatások emelhetők az alapanyagok keverésével mely további 1-40% -kal javítja a hatásfokot. Legmagasabb metántartalma a szennyvíziszapból keletkezik (70%), ezt követi a mezőgazdasági melléktermékekből (60-65%), majd a kommunális hulladékokból nyerhető gáz (50%) metántartalma.

A biogáz kinyerés után visszamaradt szerves trágya szervesanyag tartalma 28-48% -kal csökken viszont mivel az erjedés zárt térben zajlik a főbb tápanyagok közül csak a nitrogén szintje csökkent 1,5% mértékben, míg komposztálás során ez az arány 20-40%. A biotrágya fajlagos tápanyag tartalma közel kétszerese az istállótrágyához képest. Továbbá a kedvező biológiai hatás magas ammónium nitrogén arány, lúgos PH, mely tényezők miatt a biotrágya alkalmazása komposzthoz képest 50%-os, műtrágyához képest 30%-os termeléstöbblettel járhat a szántóföldi alkalmazásban. Szerkezete és morzsalékos összetétele révén a biotrágya használata növeli a rossz, köves, homokos vagy használaton kívüli talajoknál a humuszképződést a talaj baktériumainak aktivizálásával, valamint a víz és tápanyag visszatartó képességének növelése révén. (Bai A. 2007)

1.táblázat: biogáz és földgáz összetétele tulajdonságai

Forrás Bai A. 2007

Jellemző	Mértékegység	Földgáz	Biogáz
CH ₄ és egyéb szénvegyületek	%	94-98	50 - 70
CO ₂	%	0,0 - 3	27 - 42
N	%	0,3 - 4	0 - 1
Egyéb gázok	%	0,0 - 0,2	0 - 3
Fűtőérték	MJ/Nm ³	32 - 36	18 - 25
Sűrűség (15°C)	kg/m ³	0,8 - 0,9	1,10 - 1,15

3.4 Felhasználási módok

A Biogáz előállítás a biomassza felhasználásának a legjobb módja, mert a legsokoldalúbb módon elégíti ki a felhasználók (település vagy mezőgazdasági vállalkozás) igényeit. A folyamatban közvetlenül vagy átalakítás után többféle termék is előállítható.

Közvetlenül előállítható termékek:

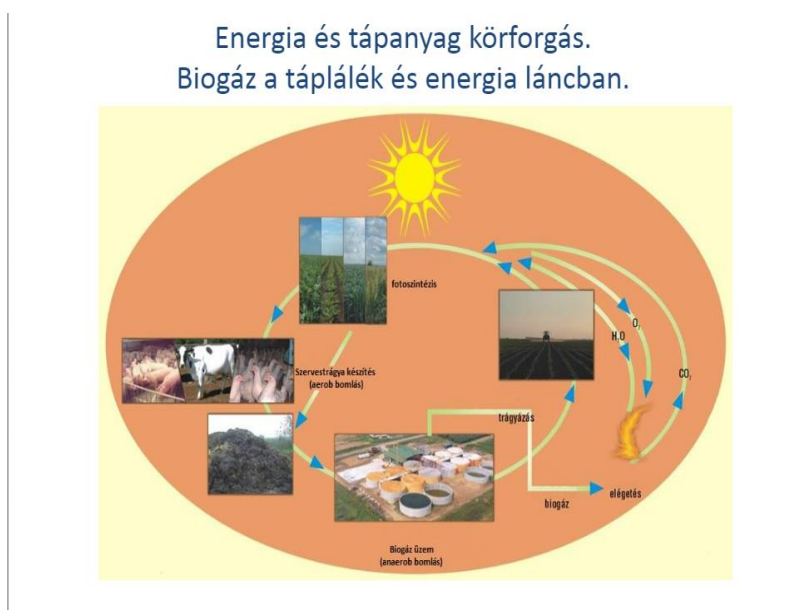
- Biogáz, hasznosítható hűtésre, fűtésre, gázmotorok meghajtására.
- Biotrágya, termőföldek tápanyag utánpótlására, istállótrágya vagy műtrágya helyett.

Közvetve átalakítás után létrejött termékek:

- Szén-dioxid, biogáz tisztításának mellékterméke (üvegházak szén-dioxid trágyázása).
- Tisztított biogáz, földgázzal megegyező tulajdonságú, felhasználható földgázvezetékben fűtésre vagy autógázként.
- Elektromos áram, biogáz generátorral történő átalakítása során keletkezik.
- Dúsított biotrágya, virágföldként, humuszképző anyagként.

1.ábra : biogáz előállításának szerepe a szervesanyag és energia körforgásban

Forrás: Dr.Petis M. Biogázhasznosítás



Az alapanyag minősége és az alkalmazott technológia, saját hőigény nagymértékben befolyásolja azt, hogy milyen termékek előállítását érdemes megfontolni.

Hazánkban és Nyugat-Európában is a folyamatosan üzemelése egyenletes erjesztést lehetővé tevő 5-15% -os szárazanyagot tartalmazó hígtrágyát feldolgozó biogáz telepek terjedtek el. A hígabb szennyvíz növeli a beruházás igényt és csökkenti a gázhozamot míg a nagyobb szárazanyag – tartalom pedig teljesen másfajta üzemeltetésű technológiát igényel, esetleg felveti a komposztálás alkalmazásának lehetőségét is.

Alapvető szempontok a technológia tervezésekor, hogy minél olcsóbban alítsuk elő a felhasználni kívánt termékeket.

- Lehetőleg helyben keletkezett alapanyagokat használjuk fel, mivel a szállítás nagytávolságról igencsak megnöveli a költségeket, illetve a szállításkor keletkező károsanyagokat is figyelembe kell venni.
- Minél kevesebb munkafolyamattal állítsuk elő a kívánt terméket. Minden szükségtelen átalakítás növeli a beruházás és működési költségeket
- Törekedjünk a saját felhasználásra, mert bár lehetséges a piacképesítés, de ez mindenféleképpen többletköltséggel járhat.
- Biztosítsuk az üzem zavartalan működését, az üzemzavarok gyors elhárítása, az alapanyag folyamatos utánpótlása nagyon fontos.

Ideális biogáztelep képes a képződött biogáz és biotrágya közvetlen felhasználására. A biogáz eltüzelésével kapott energia alkalmas a biogáz telep fűtésére és a kapcsolódó létesítmények melegvízellátására. Kizárólag hőenergia előállítása esetén problémát jelenthet az évszakon kenti hőingadozás emiatt az ingadozó kereslet a hőenergiára, illetve a külső hőmérséklet emelkedése miatt több gáz keletkezik nyáron amikor kevesebb hőre van szükség.

Nem csak a keletkezett biogázt kell felhasználni, hanem a biotrágyát is ideális esetben saját mezőgazdasági területen. Egy hektár mezőgazdasági területen 30-40 tonna trágyával lehet számolni 3-4 évente. *(Bai A. 2007) (Öllős G. – Oláh J. - Palkó Gy. (2010))*([http 16](#))

3.5 Biogáz alapanyagok csoportosítása feldolgozó technológia szerint

Biogáz üzemek kialakításának célja, hogy minél olcsóbban minél több alapanyagot felhasználva minőségi termékeket tudjuk előállítani, lehetőleg automatizált módon. Ehhez az alapanyagokat a lehető legjobb módon kell előkészíteni és csoportosítani kell a megfelelő felhasználáshoz, az alábbi szempontok szerint:

- Az alapanyag szárazanyag tartalma befolyásolja a technológia kiválasztását
- Az alapanyag mennyisége és minősége, az erjedés hőmérséklete és időtartalma meghatározza az erjesztő tartály méretét
- A rendelkezésre álló anyagi források behatárolják az építőanyagot, technológiát stb.

A biogáz előállító technológiák az alapanyag minőségében, betáplálásának módjában és gyakoriságában különböznek. Így működési módban háromféle eljárást különböztetünk meg.

- Folyamatos, alapanyag folyamatos ki és betárolása.
- Szakaszos (Batch - eljárás) alapanyagok szakaszos ki és betáplálása
- Folyamatos és szakaszos eljárás kombinációja

Alapanyag szárazanyagtartalma szerint megkülönböztetünk félszáraz (15 – 30%) és nedves (1 – 15%) – eljárásokat.

Folyamatos eljárás a leginkább a nedves alapanyagok felhasználásakor lehet használni mert az alapanyagok folyamatosan kerülnek a fermentáló tartályba és azonos mennyiségű már kiejedt biotrágya kerül elvételre. Előállított biogáz mennyisége állandó összetételű alapanyag esetén nem változik, előnye az eljárásnak, hogy az alapanyag jól keverhető, könnyen üríthető, folyamat automatizálható. Kiejedt biotrágya nagyobb tárolóhelyet igényel, és szeparálni kell.

Szakaszos eljárás jellegzetessége, hogy az alapanyagokat egyszeri betáplálása az erjesztő tartályba. Elsősorban nagy szárazanyagtartalommal bíró alapanyagok elgázosítására alkalmas. Rothasztótér feltöltése után lezárják, és csak a kiejedés után nyitják ki és akkor a már kiejedt biotrágya kivétele és a tartály újbóli feltöltése céljából. Eljárás előnye, hogy a nagy szárazanyag tartalom miatt nagyobb gázhozam várható, valamint a keletkezett

biotrágya könnyebben felhasználható, nem kell utómunkát végezni vele. Hátránya az alapanyag összetétele nem állandó így a gázhozam ennek függvényében változó lehet, az erjesztési idő pedig hosszabb lehet.

Alapanyagok szerinti eljárásokat a 2. táblázatban foglaltam össze.

2.táblázat: Az alapanyagok hatása az anaerob elgázosítás technológiájára.

Forrás Bai A. 2007

Alapanyag		Javasolt technológia	
minőség	jellemző	megnevezés	jellemz
Növényi	nagy száraz anyag tartalom kevés mikroorganizmus	Szakaszos erjesztés	nagyobb fajlagos gázkihozatal, jól kezelhető értékesebb szilárt trágya
Almos trágya	nagy szervesanyag tartalom, jelentős mikróba tartalom, gyommagvak, paraziták		
Kommunális hulladék	kevés szerves anyag tartalom, jelentős ballasztanyag		
Szennyvíz	kevés szervesanyag tartalom, esetleg nehézfém tartalom	Folyamatos erjesztés	kisebb veszteség a fermentor fűtésénél egyszerű lecsapolás, újratöltés, nem igényel sátoztető mozgatást, teljes automatizáció lehetősége
Hígtrágya	kevés szervesanyag tartalom, korlátozott felhasználhatóság		

A folyamatos működés és a teljes kihasználtság csak a berendezések, elsősorban az erjesztő tartályok pontos méretezésével érhető el. Az alapanyag mennyiségének meghatározásához ismernünk kell a rendelkezésre álló állatok számát (3. táblázat), növényi alapanyagok mennyiségét, vagy a szükséges gázmennyiséget (felhasználható gáz). Ezt követően tudjuk meghatározni a rothasztótér méretét a rothasztási idő, erjesztési hőmérséklet és a szervesanyag terhelhetőség alapján.

3. táblázat: Különböző állatok napi trágya termelése

Forrás Bai A. 2007

Megnevezés	Bélsár kg/nap	Vizelet l/nap	Összesen l/nap
Borju 0 - 10 napos	2	4	6
Borju 11 - 150 napos	12	8	20
Növendék marha	20	12	32
Növendék hízó marha	18	14	32
Tehén	28,3 - 30,0	18	44 - 48
Malac 0-30 napos	0,5 - 0,7	0,8 - 1,0	1,3 - 1,7
Malac 13 - 60 napos	0,9 - 1,7	1,6 - 2,0	2,5 - 3,4
Hízó 61 - 220 napos	3,0 - 3,4	3,5 - 4,0	6,5 - 7,4
Kan	7,8 - 8,0	7,0 - 8,5	14,0 - 16,5
Koca vemhesség alatt	5,5 - 11,0	6,8 - 12,0	12,3 - 23,0
Koca átlagosan	7,5 - 8,5	8,0 - 9,0	15,5 - 17,5
Tenyézsüldő	4,0 - 6,0	4,5 - 6,5	8,5 - 12,5
Nyúl	0,25 - 0,75	-	0,25 - 0,75
Juh	1,64	-	1,64
Ló	36	9	45
Baromfi csirke 1000db	71	-	71
Baromfi tojótyúk 1000db	53	-	53

A fermentálás hőmérséklete nagyon fontos, mert az alkalmazott baktérium törzsek csak állandó hőmérséklet mellett képesek optimálisan működni. Hőmérséklet szerint két eljárást különböztetünk meg:

- Mezofil eljárás (30 - 40°C)
- Termofil eljárás (50 - 60°C)

A különböző hőmérsékleten különböző baktérium törzsek dolgoznak, attól függően mely hőmérsékleten szaporodnak gyorsabban. A választott technológia befolyásolja a rothasztás idejét is, míg Mezofil rothasztás esetén a 20-35 nap szükséges a gáz kinyeréséhez addig a Termofil eljárás során csak 15-20 nap is elegendő.

Termofil eljárás előnyei a hagyományos Mezofil rothasztással szemben:

- Szervesanyag lebontási sebessége nagyobb
- Szervesanyag lebontási hatásfoka nagyobb
- A patogén mikroorganizmusok pusztulása nagyobb

A nagyobb reakciósebesség rövidebb tartózkodási időt jelent emiatt kisebb tartályt kell építeni, mely csökkenti a kiadásokat, ugyanakkor nagyobb mennyiségű metángázt termel.

A patogén mikroorganizmusok jelenlétének csökkenése viszont közegészségügyi szempontból kedvezőbb tulajdonágú biotrágyát eredményez.

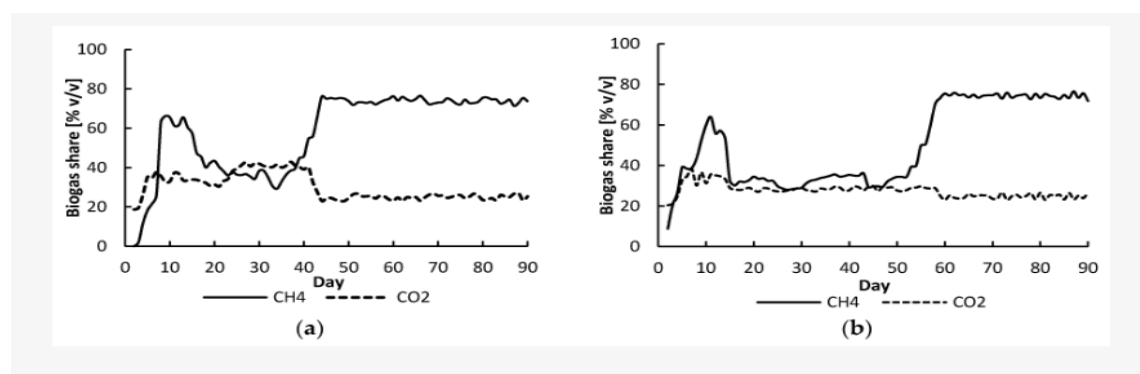
Termofil rothasztás hátrányai:

- A rendszer egyensúlyban tartásához több energia igény tartozik, mint a mezofil rendszerben
- A folyamat stabilitása bizonytalanabb, mint a mezofil rendszeré, így az üzemeltetése nagyfokú precizitást igényel

2. ábra : A biogáz összetételének változásai az anaerob emésztése során; (a) mezofil – hőmérséklet 37 °C,

- (b) termofil – 55 °C.

- Forrás: (http 3)



Példa számolás:

4. táblázat: Példa számolás várható alapanyag mennyiség

Forrás: Bai A. 2007

Állommány	Mennyiség (db)	Várható trágya állat/nap (kg)	Összes trágya (kg)	Szárazanyag tartalom (%)	Szervesanyag tartalom(%)
Tehén	100	46	4600	15	13,5
Növendék	80	32	2560	15	13,5
Borjú	20	15	300	15	13,5
összesen			7460		

Tervezett technológia: Mezofil (30-40 C). Összesen: 7460 l/nap = 7,46 m³/nap

Rothasztási idő 15% szárazanyag tartalom és 5Kg/m³ x nap terhelés esetén 26 nap

Szükséges fermentor – nagyság: 7,46 x 26 = 194m³

Néhány biomassza elgázosításából kinyerhető biogáz mennyiségét foglalja össze az 5.táblázat (Bai A. 2007) (Öllős G. – Oláh J. - Palkó Gy. (2010)) (http 3)

5. táblázat: Egyes szerves anyagok várható biogáz kihozatala

Forrás Bai A. 2007

Nyersanyag	Gázhozam l/kg szerves szárazanyagra vonatkoztatva	Közepes gázhozam l/kg szerves szárazanyagtartalomra vonatkoztatva
Disznóürülék	340 - 550	445
Szarvasmarha ürülék	90 - 310	200
Baromfi trátya	310 - 620	465
Lótrágya	200 - 300	250
Birkaürülék	90 - 310	200
Istállótrágya	175 - 280	225
Búzaszalma	200 - 300	250
Rozsszalma	200 - 300	250
Árpaszalma	250 - 300	275
Zabszalma	290 - 310	300
Kukoricaszalma	380 - 460	420
Repceszalma	200	200
Rizsszalma	170 - 280	225
Rizshéj	105	105
Len	360	360
Kender	360	360
Fű	280 - 550	415
Elefántfű	430 - 560	495
Cukornádszár	165	165
Rekettje	405	405
Nád	170	170
Lóhere	430 - 490	460
Zöldségmaradék	330 - 360	345
Burgonyaszár	280 - 490	385
Takarmény - cukorrépa levél	400 - 500	450
Napraforgólevél	300	300
Mezőgazdasági hulladékok	310 - 430	370
Növényi magvak	620	620
Lomb	290 - 310	250
Csatornaiszap	310 - 740	525

3.6 Működési feltételek

A biogázüzemek működéséhez elengedtetlen feltételek a következőben foglalható össze:

Biológiai feltételek:

- Szerves anyagok
- Acidogén és metagongén baktériumok jelenléte, és fennmaradásuk számára szükséges feltételek
- Anaerob (oxigénmentes) körülmények
- Állandó hőmérséklet (technológiától függően 30 – 60 C)
- Megfelelő szilárd anyag és szerves anyag tartalom
- Alapanyagok folyamatos és állandó bejuttatása a rothasztótérbe
- Folyamatos keverés
- Minél jobban aprított és vegyes alapanyag a jobb gázkihozatal érdekében
- Enyhén lúgos kémhatás, hidrolizáló és fermentatív baktériumoknál pH 4,5-6,3, a metanogén, baktériumoknál pH 7-7,5 az előnyös (a fermentorban pH 6,8-nál kevesebb már hátrányos lehet).
- Szén / nitrogén arány (15 – 30/1)

Technikai feltételek:

- Technológiai tervezés (megvalósíthatósági tanulmány, alapanyagokhoz illeszkedő technológia)
- A berendezések megfelelő méretezése
- Hatósági engedélyek beszerzése
- Az eszközök beszerzése, beépítése, próbaüzem
- Megfelelő változtatások végrehajtása (lehetőleg a működés megkezdése előtt) a folyamatosan üzem érdekében

Ökonómiai feltételek:

- Folyamatos, helyben képződő és előre megtervezett alapanyag – utánpótlás
- Állandó működés
- Végtermékek teljeskörű felhasználása

- Beruházás finanszírozása, támogatások és kedvezményes hitellehetőségek igénybevétele.

Egy működő beruházás eredményfokozásának lehetőségeit a következő sorrendben érdemes kihasználni:

- Veszélyes szerves hulladékok arányának további növelése, gázmotorok kapacitásának teljes kihasználásáig (csak szervező munkát igényel).
- Amennyiben marad fölösleges hulladékhő, a termofil fermentorok magasabb hőfokra fűtése, ilyen módon a biogázhozam növelése, villamosenergia többlet garantáltan eladható lenne.
- Működési technológia módosításával pl. öntöző rendszer kiterjesztésével a biotrágya kijuttatási költség csökkentése.
- Biogáz tisztításával a gáz piacképessé tétele, valamint a CO₂ értékesítése. *(Bai A. 2007), (Lukács G.S. (2010))*

4 Biogáz keletkezése

Az energiatermelés alternatív útja az, amikor a napenergiát először biomassza formában megkötjük majd a biomasszában tárolt kémiai energiát nyerjük ki. A Biomasszából nyerhető energiahordozó egyrészt a hidrogén másrészt a metán. A mezőgazdasági melléktermékek és biomassza eredetű, valamint élelmiszeripari hulladékok kezelése környezetvédelmi gondot jelentenek. Annak ellenére, hogy Európában és a világ nagyobb részén csökkenteni próbálják a hulladék kibocsátást, mégis folyamatosan emelkedik. A szerves anyagok szennyeződések kibocsátása a környezetbe, elszivárgása a talajvízbe közegészségi szempontból veszélyes.

A szerves hulladékok anaerob lebontása talán a legjobb megoldás környezetvédelmi és gazdasági szempontból egyaránt. A szerves hulladék anaerob lebontása és stabilizálása mellett a folyamat fontos mellékterméke a metán és széndioxid keverékéből álló biogáz.

A biogáz gazdaságosan váltja ki a fosszilis energiahordozókat a hulladék keletkezésének helyén legyen az kis gazdaság, szennyvíztisztító telep vagy kommunális hulladékfeldolgozó telep. (*Bai A. 2007*)

4.1 Anaerob lebontási folyamat

Az anaerob rothasztás két fő lépcsőben játszódik le.

- Fermentációs biokémiai folyamat (hidrolízis; savképződés) a mikroorganizmusok heterogén csoportja a fehérjéket, szénhidrátokat és zsírokat főleg rövid szénláncú zsírsavakká alakítja át hidrolízis és fermentáció révén
- Metánképződés biokémiai folyamat (ecetsavképződés; metanogenezis) az első lépcsőből származó végtermékeket az anaerob baktériumok (metánképző baktériumok) metánná és széndioxiddá alakítják.

Az anaerob folyamat első lépcsőjében hidrolízis játszódik le míg a másodikban lépcsőben a közbenső termékek metánná alakítása megy végbe.

A kétlépcsős folyamat (fermentációs folyamat és a metánképződési folyamat) tovább bontható összesen négy lebontási folyamatra. Az anaerob rendszer mikróba közössége leginkább baktériumok, de számos gomba és protozoa és részt vesz a lebontásban.

(Öllős G. – Oláh J. - Palkó Gy. (2010)), (Bai A. 2007)

6.táblázat: Anaerob folyamat négy fő lépcsője.

Forrás Dr. Tóth L előadás anyag

Folyamat	Fermentációs biokémiai folyamat		Metánképződés biokémiai folyamat	
	Hidrolízis	Savképződés	Ecetsavképződés	Metanogenezis
Mikroorganizmusok	fakultatív anaerob baktériumok	savképző baktériumok	acetogének	metanogének
Keletkező anyagok	egyszerű cukor, aminosav, zsírsav	szerves savak (ecet-, propion- és vajsav sói), széndioxid, hidrogén	ecetsav, széndioxid, hidrogén	metán, széndioxid, víz

4.1.1 Hidrolízis

Hidrolízist végző baktériumok a komplex nagy molekulájú szervesanyagokat (fehérjék, zsírok, szénhidrátok, cellulóz, lignin) aminosavvá, glükózzá, zsírsavakká alakítja át. Ezeket a hidrolízis termékeket más baktérium csoportok tovább bontják. Cellulóz és lignin lebontása lassabb míg a fehérje és zsírok hidrolízise gyorsabb folyamat. A gyorsabb folyamat hatására az illósavak koncentrációja megnőhet, ami gátolja a metánképző baktériumok elszaporodását.

Nagy molekulájú szerves anyagokat a baktériumok nem tudják bekebelezni, hogy sejten belül bontsák le. Az ún. hidrolizáló baktériumok ezért a polimer láncokat feldarabolni képes enzimeket küldik a sejtől (exoenzimek) ott megtörténik a polimerek eldarabolása, hidrolízise. Az így előkészített molekulákat már fel tudja venni a baktérium és tápanyagként tudja hasznosítani. A cellulolitikus baktériumok által termelt és kibocsátott enzim szintje meghatározza a cellulóz lebontás sebességét. Hasonlóképpen a lipázok a zsírokat bontják le rövidebb szénláncú zsírsavakká, a proteázok pedig a fehérjéket emésztik fel aminosavakká. A

sejten kívül működő extracelluláris hidrolizáló enzimek minden elérhető szubsztrát molekulát megtámadnak és elbontanak. Így normális körülmények között amellet, hogy a hidrolizáló baktériumok a saját tápanyag szükségleteit kielégíti, a környezetében más mikroorganizmusok számára is juttatnak ezekből az anyagokból. (Öllős G. – Oláh J. - Palkó Gy. (2010)), (Bai A. 2007)

4.1.2 Savtermelő Baktériumok

Savtermelő baktériumok a szénhidrátokat és az aminosavakat szerves savakká (ecetsav, propionsav, hagymasav, tejsav, vajsav), alkoholokká és ketonokká, széndioxiddá és hidrogénné alakítja át. A szénhidrátok hidrolízisének az ecetsav a legfontosabb termék. A savtermelés határfoka a hőmérséklet, a pH és a környezeti hatásoktól függ.

A hidrolizáló baktériumok úgy jutnak energiához, hogy a felvett cukrokat, aminosavakat és zsírokat tovább bontják kisebb molekulákká, és a közben felszakadó kémiai kötésekben tárolt energiával hajtják saját bioszintetikus folyamataikat. A kémiai energia mellett keletkeznek különféle még kisebb molekulák ezeket hívjuk illó szerves savaknak. Ezekkel a szerves savakkal már nem tudnak mit kezdeni a hidrolizáló baktériumok, tehát kiválasztják őket magukból a környezetükbe. (Öllős G. – Oláh J. - Palkó Gy. (2010)), (Bai A. 2007)

4.1.3 Ecetsavtermelő baktériumok

Ecetsavtermelő baktériumok a zsírsavakat (pl. propionsav, vajsav) és az alkoholokat hidrogénné, ecetsavvá, és széndioxiddá alakítja, ezeket a termékeket a metántermelő baktériumok hasznosítják. A természetes úton keletkező metán 70%-a acetátból (ecetsav sója) keletkezik. Az ecetsavtermelő baktériumok nagyon sokfélék és a környezeti hatásoknak általában ellenállóak. Ez érthető is, hiszen sokféle tápanyagot tudnak hasznosítani, ami a túlélési esélyeiket lényegesen növeli. Mivel a következő csoportnak, a metántermelő baktériumoknak redukálószerként hidrogént termelnek az ecetsavtermelő baktériumok fontos szerepet kapnak a megfelelő alacsony redoxpotenciál kialakításában is. Ugyanakkor az ecetsavtermelő baktériumok is függenek a metántermelő baktériumoktól mert ha azok nem

fogyasztják el a hidrogént elég gyorsan akkor a hidrogén felhalmozódik és gátolja az ecetsav képződést.

A zsírsavak lebontásához a hidrogén parciális nyomásának alacsonynak kell lennie. Ha nagy a hidrogén parciális nyomása akkor a szubsztrátból etanol képződik és a metán termelés lecsökken. (Öllős G. – Oláh J. - Palkó Gy. (2010)), (Bai A. 2007)

4.1.4 Metántermelő Baktériumok

A metántermelő baktériumok az ecetsav, hangyasav, széndioxid, hidrogén szubsztrátokból képezi a metánt. Néhány metántermelő baktérium a hidrogént közvetlenül a széndioxid redukálására tudja fordítani, mások az ecetsavat alakítják át, a keletkezett termékek a metán, széndioxid és víz, a következő reakcióegyenletek szerint.

Hidrogén $H_2 + CO_2 \gg CH_4 + 2 H_2O$

Hangyasav $4 HCOOH \gg CH_4 + 3 CO_2 + 2 H_2O$

Metanol $4 CH_3OH \gg 3CH_4 + CO_2 + 2 H_2O$

Metilamin $4 CH_3NH_3 + 2H_2O \gg 3CH_4 + CO_2 + 4 NH_3$

Ecetsav $CH_3COOH \gg CH_4 + CO_2$

Az egész biogáztermelési folyamat sebességét meghatározó mikrobiológiai folyamat a metanogenezis. A metántermelő baktériumok a mikroorganizmusok különleges, legősibb fejlődési vonalához tartoznak, amelyeket Archaeának nevezzük. Ezek a mikróbák sok különleges tulajdonsággal rendelkeznek, biokémiai reakcióik, membránszerkezetük és szaporodásuk is különbözik a közönséges baktériumoktól.

Metántermelő baktériumok a földi környezetben nagyon elterjedtek, ugyanakkor nagyon lassan szaporodnak (35°C- 2 nap, 10°C-on 50 nap), és rendkívül érzékenyek a környezeti feltételek változásaira. Metántermelő baktériumok aktivitásának csökkenése azt is jelenti, hogy az ecetsavtermelő baktériumok által termelt szerves savak felhalmozódtak, ami az egész folyamat elsavasodásához vezethet. (Öllős G. – Oláh J. - Palkó Gy. (2010)), (Bai A. 2007)

4.2 A mikroorganizmusok közötti együtt működés (Szintrófizmus)

A fő metántermelők az Archaea baktérium fajok szigorúan anaerobok. A metanogenezis folyamatban jól ismert a különböző baktérium fajok együttműködése.

Szintrófizmus fogalma alatt olyan lebontási folyamatot értünk, melyben kettő vagy több mikroorganizmus a folyamat végrehajtásában együttműködik, de a lebontási folyamatot külön – külön egyik mikroorganizmus sem tudja végrehajtani. Ez azt jelenti, hogy egyik baktérium faj termékeiből él a másik.

A szintrófizmus reakciók egyik tipikus formája játszódik le a biogáz termelés közben is. Az ecetsav termelő baktériumok hidrogént termelnek mely fontos tápanyag a metanogén baktériumoknak. A Hidrogén fontos szerepet játszik a folyamatok szabályozásában, folyamatosan változó egyensúly kialakításában. A mikroorganizmusok redukálószerként és jelmolekulaként egyaránt szolgáló hidrogént közvetlenül cserélik ki, a folyamat igen hatékony és meglehetősen gyors.

Az anaerob lebomlás során a hidrogénkoncentráció jóval alacsonyabb értékre esik, mint az acetát koncentrációja. Az acetátkoncentráció az anaerob reaktorban 10^{-4} – 10^{-1} M érték között változik, míg a hidrogén koncentrációja csak 10^{-8} – 10^{-5} M között változik. A hidrogén parciális nyomása gyakran változik akár nagyságrendeket is percek alatt, ami a nagyon gyors termelés felhasználásnak tudható be. A köztes termék hidrogén molekulák 80 – szor cserélődnek ki másodpercenként. A hidrogén termelő és felvevő mikróbák közötti út nem lehet nagyobb, mint tíz baktérium átmérőnyi távolság a folyamat fenntartásához. A baktériumoknak nagyon közel kell lenniük egymáshoz, ha a fajok közötti hidrogén átadás idejét csökkenteni akarjuk, és az egész rendszer hatékonyságát növelni szeretnénk.

A fent említett megfontolások igen lényeges gyakorlati következménye, hogy a klasszikus fermentációkban használt teljesen keveredett fermentorokban a biogáz termelés hatékonysága csak töredéke lesz az elérhető maximumnak, hiszen a keverés miatt a baktériumok közötti távolság nagyobb lesz és a kapcsolat megszűnhet. Az intenzív keverés helyett az egymástól függő mikroorganizmusok spontán kialakuló aggregációját kell elősegíteni a kevert populációt alkalmazó fermentorokban. *(Bai A. 2007) (Öllős G. – Oláh J. - Palkó Gy. (2010))*

4.3 Metántermelést befolyásoló tényezők

A biogáz termelés anaerob folyamatát nagymértékben befolyásolja hőmérséklet, kémhatás, szén/ nitrogén arány, lebontást végző baktériumok összetétele és az alapanyagok összetétele.

Ritkán fordul elő olyan helyzet a természetben, hogy csak egyetlen mikroorganizmus számára kedvező. A különféle mikroorganizmus populációk jelenléte és versengése számunkra hasznos tevékenységet folytató mikrobiális közösséggel szemben negatív viszonyt jelent, azaz a vetélytárs a biogáztermelést károsan befolyásolják.

A metántermelő baktériumok működését közvetlenül befolyásolják az elektron elnyelő vegyületek. Ilyen például az oxigén, a rendszerbe kerülő oxigén okozza leggyakrabban a metántermelés leállítását. A legtöbb anaerob mikroba olyan enzimeket tartalmaz, melyek oxigénnel reagálva pl hidrogén-peroxidot, szuperoxid – hidroxil gyököket állítanak elő melyek megölik a mikrobákat.

A nitrogént oxidált formában tartalmazó (nitrit, nitrát) vegyületek tartalmazó alapanyagok is veszélyt jelentenek. A nitrát nagyszerűen oldódik vízben, és anaerob környezetben előforduló denitrifikáló baktériumok hatékonyan versengenek a metánképző baktériumokkal a redukálószerért (hidrogén). Nemcsak versengenek a metanogénnel de toxikusan is hatnak rájuk a nitrát redukció közti termékei. A nitrát 50mM mennyiségben a metanogenezist a felére csökkenti, a nitrit 0,2mM mennyiségben teljesen gátolja a metánképződést. Magas nitrogén tartalom akkor lép fel, ha olyan alapanyag kerül be, ami sok nitrogént tartalmaz pl. fehérje vagy aminosav.

Hasonló folyamat szerint versengenek a szulfát redukáló baktériumok, melyet a szulfát redukálásából nyeri a kémiai energiát az életük fenntartásához. A legtöbb szulfátredukáló baktérium nemcsak hidrogént fogyaszt, hanem szerves szénvegyületet is, ez ad lehetőséget arra, hogy a mikrobiális folyamatot számunkra kedvező irányba befolyásoljuk.

Egyértelmű megfigyelések vannak, hogy a nitrogén és a kén legredukáltabb formájában (NH_3 és H_2SO) mérgező a metántermelő populációra. Az ammónia disszociációja pH függő folyamat ($\text{pH} > 8$) minél nagyobb a pH annál több ammónia NH_3 halmozódik fel a rendszerben. Anaerob körélmények között 0,4 – 1g NH_3 literenként már komolyan befolyásolja a metántermelést. A pH érték alacsonyan tartásával védhetjük ki az ammóniagátlást.

Ugyanakkor az alacsony pH ($\text{pH} < 5$) kedvezőtlenül hat a metántermelő baktériumokra, illetve a H_2S disszociációja lecsökken. A nem disszociált H_2S sokkal toxikusabb, mint a szulfid ion. A H_2S könnyű szerrel át tud jutni a mikrobák membránjain, a szulfid ion azonban nem. A szulfid ion a fémekkel oldhatatlan fém – szulfidokat képez, így gátló hatást nem tud kifejteni. Ha azonban a fermentorba sok fehérjét tartalmazó anyagot teszünk figyelni kell az ammónia és szulfidgátlás lehetőségére. (Dr. Bai A. 2007)) ([http 5](#))

5 Technológiai eljárások

Biogáz előállítására különböző technológiákat lehet alkalmazni, az alapanyagok, a keletkezett termékek hasznosítási módja, vagy az automatizálás mértéke szerint. Európában és Amerikában a nedves eljárású technológia terjedt el az utóbbi 30-40 évben a szennyvíz iszapok anaerob rothasztása mintájára. A folyékony biomassza gázosító erjesztése után folyékony biotrágya marad vissza, melynek trágyaként való felhasználása gondot okoz. Ugyanakkor az így keletkezett biotrágyára nagy szükség van a mezőgazdaságban.

A félszáraz biogáz – biogáz előállítást először Indiában kezdték el majd az ott elért eredményeik alapján Magyarországon folytatták a fejlesztést. A rendszer lényege, hogy a településen össze kell gyűjteni a kommunális hulladék szerves részét, a szennyvíziszapot, mezőgazdasági hulladékot és melléktermékeket, valamint az állati almos és hírtágyát. A begyűjtött termékeket fel kell aprítani és megfelelő arányban össze kell keverni. Az így kapott alapanyagot az erjesztő tartályba kell helyezni, majd a félszáraz eljárással biogáz és biotrágya keletkezik. A biotrágya azonnal alkalmas tápanyag pótlásra a mezőgazdaság területén.

A félszáraz módszer egy két lépcsős folyamat egyazon tartályon belül. Az első lépcsőben 1-2 napig aerob kezeléssel, mesterségesen levegőt juttatunk a töltetbe, hogy elinduljon az erjedés. Amikor elérte a $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletet a második lépcső veszi kezdetét. Itt 25-28 alatt anaerob viszonyok között a szerves anyagokból a biomassza keverése nélkül biogázt termel.

Az eljárás 20 – 30% -os szárazanyaggal dolgozik szemben a nedves 1 - 15% -os szárazanyagtartalmával, így hasonló biogáz kihozatalhoz kisebb fermentorokra van szükség.

Ezen kívül a fermentorok fűtéséről a baktériumok által termelt hő gondoskodik. A keletkezett biotrágya szerves anyag tartalma nagyobb és szállítása is olcsóbb. (Bai A. 2007)

5.1 Ko-fermentáció

Helyben keletkező szerves hulladékok feldolgozása érdekében mindenféleképpen a különböző anyagok együtt erjesztésére van szükség, melynek nem csak környezetvédelmi szempontból előnyös, de a keletkező szubsztrátum nagyobb szervesanyag koncentrációjú lesz és így a gázkihozatal is javul, valamint a rothasztó térfogat is jobban kihasználható.

A társított vagy ko-szubsztrát rothasztás kettő vagy több szubsztrátból készült homogén keverék közös rothasztását jelenti. Az elérhető alapanyagok szerint ez azt jelenti, hogy az alap állati trágya mellé tudunk keverni növényi hulladékot konyhai maradékot és szennyvíziszapot.

A makró és mikró elemeket olyan arányban kell biztosítani, hogy az a közös rothasztáskor előnyös lehet. A makro tápanyag ellátás szempontjából a legfontosabb tényező a C:N:P arány. A rothasztási folyamat szempontjából C:N:P az arányt 100:5:1 arány körül kell tartani, ebben a különböző anyagok keverésével tudjuk befolyásolni.

A 7 táblázat a különböző alapanyagok várható gázkihozatalát mutatja, ha külön- külön vannak rothasztva.

7. táblázat: különböző állati eredetű alapanyagok várható gázkihozatala

Forrás Öllős G. – Oláh J. – Palkó Gy. 2010 alapján saját munka

Állatfaj	Száma (db)	Keletkezett mennyiség (kg/nap)	Szárazanyagtartalom %	Szervesanyagtartalom %	fajlagos gázhozam m ³ /t szervesanyagra vonatkoztatva	Gázhozam (m ³ /d)
Tehén	1	46	12	10	90 - 310	0,45 - 1,151
Borjú	1	15	15	12	90 - 310	0,162 - 0,558
Sertés	1	15	11	8	340 - 550	0,408 - 0,66
Ló	1	45	32	26	200 - 300	2,34 - 3,51

8.táblázat: Különböző növényi eredetű alapanyagok várható gázkihozatala

Forrás: Öllős G. – Oláh J. – Palkó Gy. 2010 alapján saját munka

Hulladék megnevezés	menyiség (kg/d)	szárazanyag tartalom %	szervesanyag tartalom %	Fajlagos gázhozam m3/t szervesanyagra vonatkoztatva	Gázhozam (m3/d)
Fű	1	24	18	280 - 550	0,0504 - 0,099
Csatorna iszap	1	6	4,8	310 - 740	0,0148 - 0,0355
élelmiszer maradék	1	12	10	800 - 1000	0,08 - 0,1

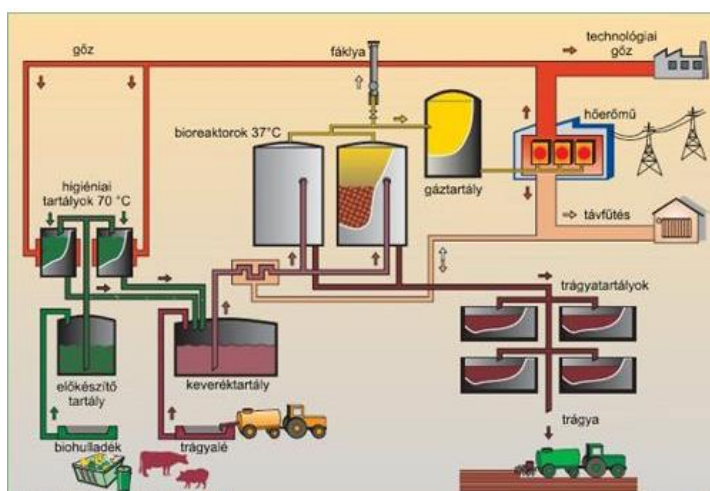
Az együtt rothasztás esetén ideális körülmények között viszont összességében magasabb a gázkihozatalt lehet elérni. 25-30 napos rothasztási idő esetén 1 tonna betáplált szervesanyagból 300 – 600m³ biogáz keletkezik tapasztalatok alapján. A különböző anyagok együtt erjesztése esetén figyelni kell a beérkezett anyagok minőségére, olyan idegen anyagok lehetnek benne, amelyek elpusztíthatják a metántermelését felelős baktériumokat, vagy éppen felhabzást okozhat. Ilyen anyagok lehetnek a különböző gombák toxinjai, vagy éppen a szennyvíz iszapban előforduló fonalféreg. Különböző anyagokat fogadó biogáz üzemben fontos, hogy legyen laboratórium ahol az alapanyagok minőségét ellenőrizni lehet.

(Öllős G. – Oláh J. - Palkó Gy. (2010))

5.2 Biogáz előállító üzem

3. ábra.: Biogáz előállító üzem elvi rajza

Forrás: Biogáz előállítása hulladékból



A beérkező anyagokat külön - külön kell tárolni a felhasználásig, az erre a célra kialakított fogadó egységekben. A száraz és nedves anyagokat előkészítési fázison mennek keresztül (pl. darálás), hogy a rothasztóban a gázképződés a lehető legjobb hatásfokot érje el. Veszélyes hulladékok esetén sterilizáló berendezést kell használni. A sterilizálás legalább 70°C -on történik, a hőkezelés után a többi alapanyaggal keverőbe kerül.

Előkészítés lehet:

- Kémiai (savas, lúgos)
- Biológiai (Mikrobiológiai, enzimes)
- Fizikai (Mechanikus, termikus)

Az előkészített anyagokat a keverőtartályba juttatjuk szivattyúk segítségével a megfelelő arányban szem előtt tartva a pH és szén/nitrogén arány feltételeinek betartását, továbbá a keverőtartályban állítják be a szárazanyag tartalmat technológiának megfelelően. Keverőtartályból a fermentorokba kerül a szubsztrátum. Nedves eljárásnál ez folyamatosan kerül adagolásra, és a fermentorokból is folyamatosan kerül elvételre a már kieresztett nedve biotrágya.

Mezofil és termofil eljárásnál a fermentorok hőfoka magasabb (30-60°C), melyet a baktériumok önmagukban nem képesek előállítani így a megfelelő hőfok eléréséhez a szubsztrátum hőfokát a keletkezett biogáz hőenergiájával kell felfűteni, amely a termelt biogáz értékesíthető részét csökkenti, mert az éves hőtermelés 22% -át kell felhasználni hozzá. A fűtés történhet a fermentor falába épített fűtőcsővezetékkel, vagy a hőcserélővel.

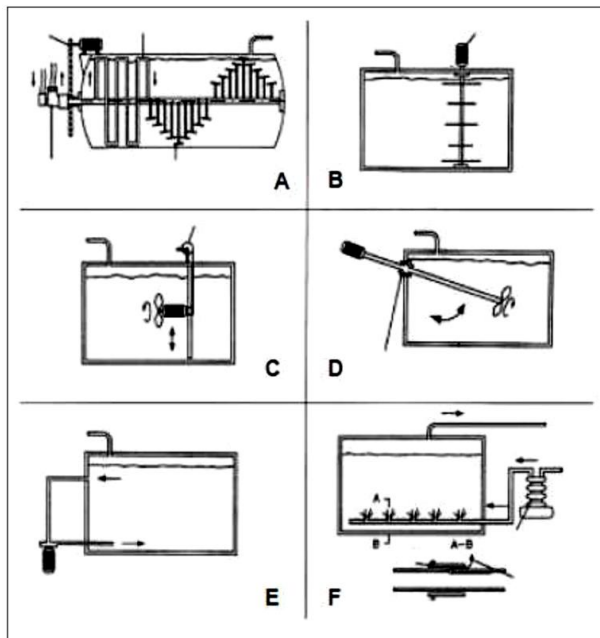
A fermentorban a szubsztrátumot folyamatosan keverni kell az optimális körülmények fenntartásához. A 4. ábrán látható néhány keverési módszer.

Fermentorban keletkezett gázt a gáztározóba vezetjük és tároljuk a felhasználásig. Az így keletkezett biotrágyát vezethetjük utófermentorba, ahol még további tárolás után még keletkezik biogáz. Az utolsó lépés a nedves eljárásnál a szeparálás a biotrágya és a víz szétválasztása. Szeparálás után biotrágya és csurdalékvíz keletkezik.

Biogáz üzem fontos része a gázfáklya melyre akkor van szükség, ha valamilyen okból kifolyólag a keletkezett gázt nem lehet felhasználni (pl. gázmotor hiba miatt), vagy a gáz minősége nem megfelelő. (Dr. Toth L. előadásanyaga) (Bakosné D. M. (2015))

4. Ábra: keverési eljárások

Forrás Dr. Tóth L előadás anyag



A) Vízszintes lapátkeverő, B) Függőleges lapátkeverő, C) Állítható magasságú és irányú propelleres keverő, D) Propeller keverő lengő karon E) Hidraulikus keverés, F) Légbefúvásos keverés

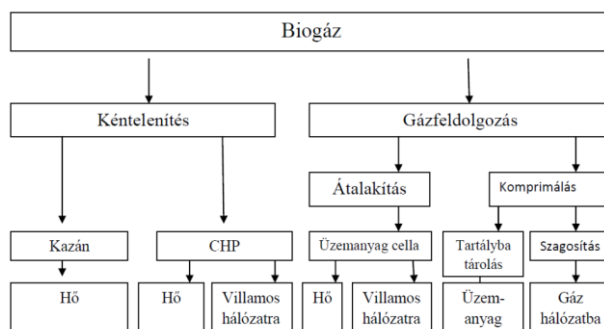
5.3 Biogáz felhasználása energiatermelésre

A keletkezett biogáz energia tartalma már említett $18\text{--}25\text{MJ/m}^3$, melyet vagy közvetlen égetéssel hőtermelésre, gázmotorban felhasználva hőtermelésre és villamosenergia előállításra használják fel leggyakrabban, ha helyben szeretnénk energiatermelésre használni. Gázátalakítással tisztítással pedig további felhasználási lehetőségek szoba jöhet az alábbi 5. ábra szerint

A biogáz gazdaságosabb felhasználását kazánban történő elégetés biztosítja, mert így az elérhető hatásfok 80% körüli. A legtöbb földgáz- és PB-gáz üzemű kazán átalakítható biogáz üzeműre az égőfej cseréjével. Ebben az az esetben 1 m^3 biogáz $14,4 - 20\text{ MJ}$ hasznosítható energia lesz.

5. Ábra: A biogáz felhasználási lehetőségei.

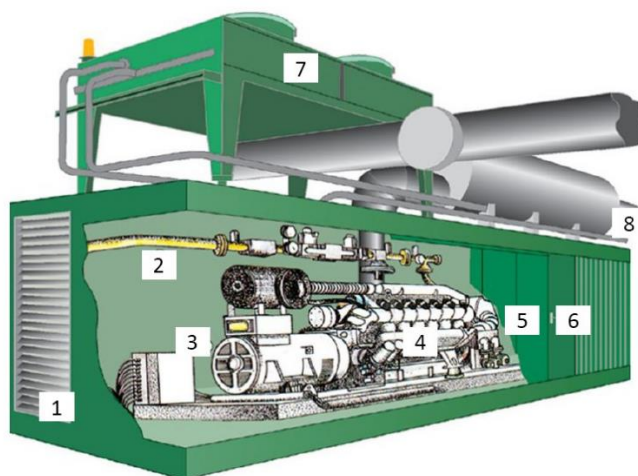
Forrás: Biogáz oktatási segédlet



Gázmotorban (CHP) felhasználva villamosenergia termelésre és hőtermelésre is használható. A rendszer úgy lett felépítve, hogy a lehető legjobb hatásfok legyen elérhető.

6. Ábra: Gázmotor és generátor a konténerben (az alapvető egységek)

Forrás Dr. Tóth L előadás anyag



1-légbevezetés (szűrő), 2- gázvezeték, 3-generátor, 4-gázmotor, 5-gépház, 6-kapcsoló és vezérlő, 7- hűtő, hőcserélő, 8- füstgáz

A gázmotorban felhasznált gáz mennyiség 32 – 36% - a alakul át villamosenergiává, a fennmaradó rész hővé alakul át melynek egy része sugárzási energiaként távozik.

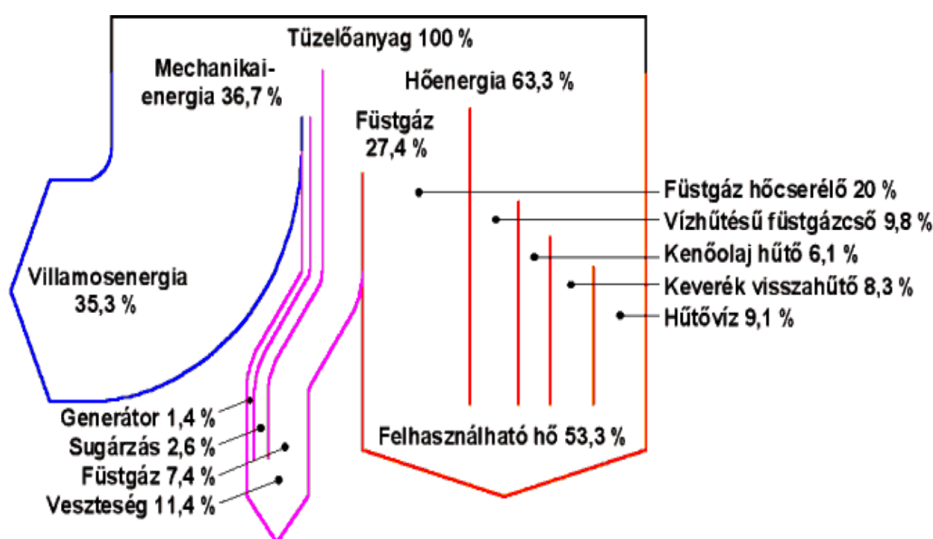
A biogáz a gázszabályozón keresztül érkezik a motorhoz, a keverékképző végzi el a levegő – gáz arányának pontos beállítását. Ezután egy turbó feltöltőn és egy keverék visszahűtőn keresztül kerül a motorba. A keverék hűtésére a motor vízköört használjuk, ezáltal a keveréktől elvont hő hasznosítható. A motorból kiáramló égéstermék a turbót hajtja meg

majd egy füstgáz hőcserélőn keresztül távozik a rendszerből, a füstgáz hőjét szintén hasznosíthatjuk. A gázmotorokban keringő olajat szintén hűteni kell így onnan is egy hőcserélővel el lehet vonni hőt további felhasználásra. A motor hűtővizéből származó hőt szintén fel lehet használni.

A hasznosítható hő a hűtővizéből (9,1%), a keverék visszahűtőből (8,3%) a kenőolajhűtőből (6,1%) a vízhűtésű füstgázcsőből (9,8%) illetve a füstgáz hőcserélő keresztül a füstgázból (20%) nyerhető. A teljes hasznosítható hőmennyiség 53,3% a bevitt tüzelőanyagra vetítve. Veszteség keletkezik hőszugárzás útján (2,6%) valamint a távozó füstgázból (7,4%). A generátor veszteséggel együtt (1,4%) a teljes veszteség 11,4%, vagyis az összhatétfok (tüzelőanyag hasznosítás) 88,6%. Az előállított energiából 22% lehet saját hő felhasználás, illetve a villamosenergiából 3% a biogáztelep részére. (http5) (http 4) (Dr. Toth L. előadásanyaga)

7. ábra: biogázüzem energia folyamatábrája.

Forrás Dr. Tóth L előadás anyag



A fenti adatokat felhasználva 1m³ biogázból égetéssel, illetve gázmotorral előállítható hő és villamosenergia mennyiséget az alábbi táblázat foglalja össze:

8. táblázat 1 m³ biogázból kinyerhető hő és villamos energia

	Gáz energia tartalma	Gázkazán	Gázmotor (CHP)	
		Hő (hatásfok 80%)	Hő (hatásfok 53,3%)	Villamos energia (35,3%)
1m ³ biogáz	18 - 25 MJ	14,4 - 20 MJ	9,6 - 13,3 MJ	1,765 - 2,451 kWh
Saját energia igény	-	2,1 - 3 MJ	2,1 - 3 MJ	0,05 - 0,07 kWh
Értékesíthető energia mennyiség	-	11,3 - 15,6 MJ	7,5 - 10,3 MJ	1,715 - 2,381 kWh
	-			

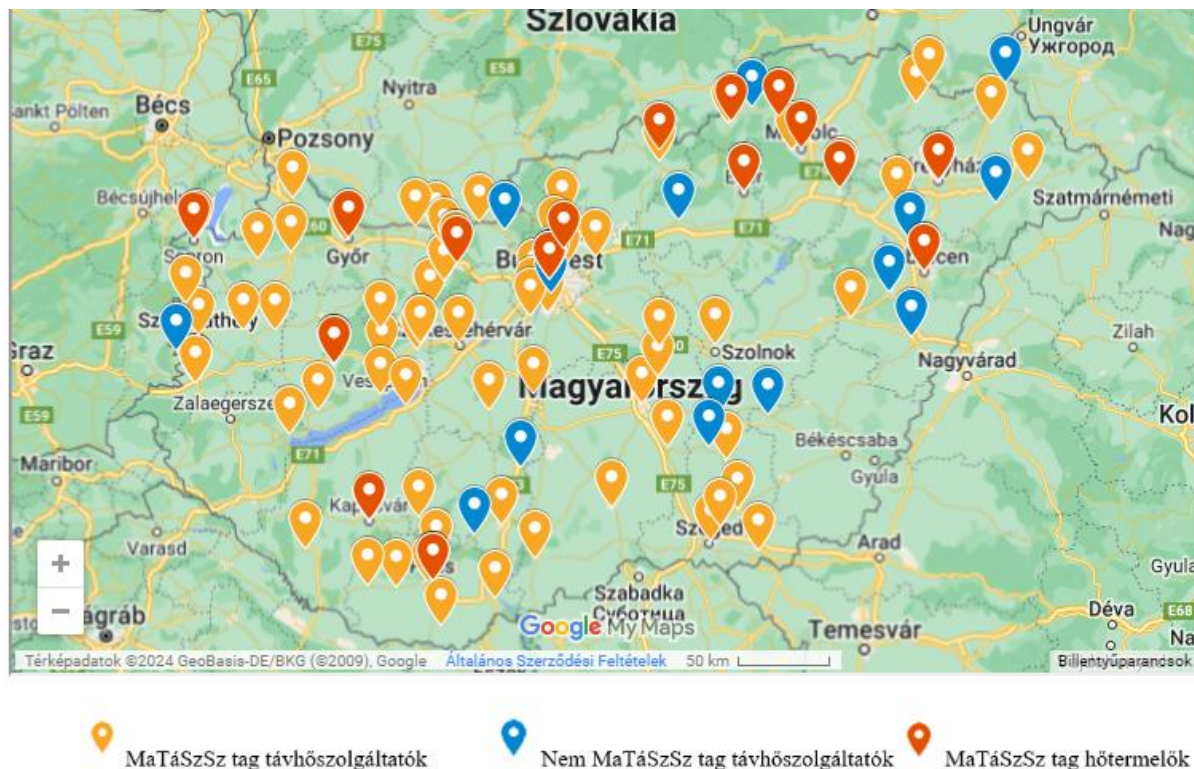
6 Távhőszolgáltatás és falufűtőmű bemutatása

Magyarországon a távhőellátás az 1950 – es években kezdődött el. Az ipari távhőellátás tömeges megjelenése és fejlődése a második világháború utáni talpra állításával, az iparosításával, lakossági és kommunális hőszolgáltatás lakótelep építések megindításával vette kezdetét. A távhőszolgáltatás jelentős iparággá nőtte ki magát, az I. és II. 15 éves lakás építési tervben 1,2 millió lakást terveztek építeni távfűtés bevezetésével. A terv csak részben valósult meg 1990 -ig 890 ezer lakás épült meg.

Jelenleg 94 településen összesen 651 ezer lakás részesül távhőellátásban, ami az ország 17% -át teszi ki. Emellett több tízezer közintézmény, ipari fogyasztó és kommunális létesítmény részesül a távhőellátásból. A távhőellátó rendszerek száma 200. Távfűtött lakások 85% -a lakótelepeken épült.

8.ábra: Távhőszolgáltatók Magyarországon

Forrás: <https://tavho.org/tudaskozpont/magyarorszag-tavhoszolgáltatoik>



Magyarországon a lakások 83% -a egyedi fűtésű. Távfűtő rendszerek nagyrészt városokban, nagyobb településeken terjedtek el, ott is a lakótelepeken. Napjainkban egyre sürgetőbbé válik áttérni a távfűtésre annak előnyei miatt. Sok újonnan épített lakópark csatlakozik távfűtésre vagy alakít ki helyi fűtőművet mely képes annak minden hőigényét kielégíteni. De már működik hazánkban is falufűtőmű, amit később részletesen bemutatásra kerül. *(Lukács G.S. (2010))*([http 6](#))

Az egyedi fűtés előnyei:

- Egyéni igények kielégítésére alkalmas.
- A fogyasztó szabadon megválaszthatja a felhasználni kívánt energia hordozót.

Egyedi fűtőmű hátrányai

- Külön lakásonként beépített tüzelőberendezésre van szükség.
- Lakásonként zárt hőcserélőre van szükség.
- A hőforrás kezelését a tulajdonosnak kell elvégeznie.
- Hőforrás és a kémény karbantartásáról a tulajdonosnak kell gondoskodnia.
- Tűz és robbanás veszély a lakásokban.
- Fennál a szénmonoxid – mérgezés veszélye.
- Füstgáz, légszennyező anyagok a lakó környezetben jelenik meg.
- Új tüzelőanyag, korszerűbb hőtermelési technológiához több millió háztartásban kell a készülékeket kicserélni.

A fűtőmű előnyei

- Nem kell a lakónak az egyedi hőforrásról gondoskodnia.
- Nem kell a lakónak a hőforrás karbantartásáról, kezeléséről gondoskodnia.
- Távhőszolgáltatás folyamatos szolgáltatás.
- Korszerű szolgáltatás esetén helyi igények kielégíthetőek.
- Nincs tűz és robbanás veszély.
- Nem áll fent a lakáson belül szénmonoxid – mérgezés esélye.
- Nem keletkezik füstgáz és szennyező anyag a lakóház közvetlen közelében.
- Fűtőmű üzemeltetése nagy szakértelemmel rendelkezők végzik jó hatásfokkal, és szigorú környezetvédelmi előírások betartásával.

- Új tüzelőanyag, korszerűbb hőtermelés technológia esetén mindössze néhány ezer készüléket kell kicserélni a több millió helyett.

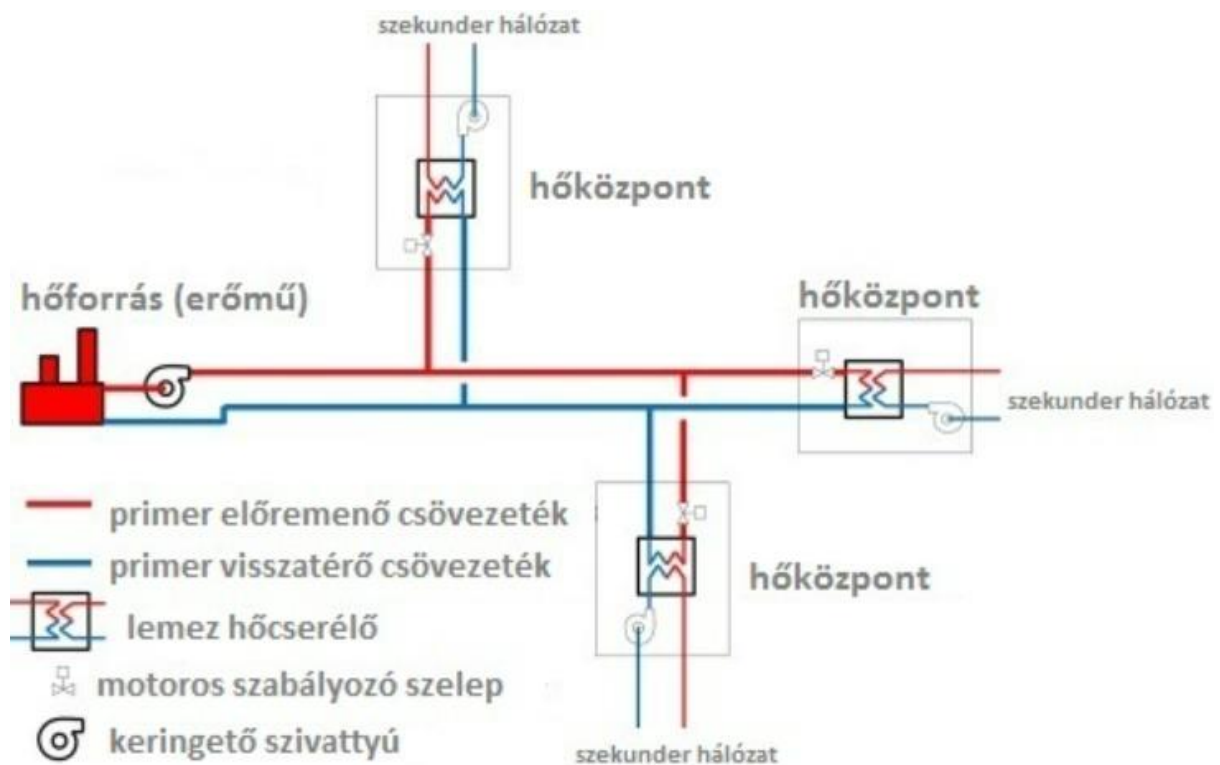
Fűtőmű hátrányai

- Üzem zavar esetén az üzemkimaradás sok háztartást érint.
- Az egyedi igények kielégítése nehézkes.
- A hazai szabályozás gyenge színvonala miatt többnyire drágább a távfűtés, mint az egyedi fűtés

6.1 Falufűtés felépítése

9.ábra: Falufűtés felépítése.

Forrás: Távfűtési ábra (Wikipedia)



A falufűtés a hőközpontot, a távhő vezetéket (primer hálózat) és a fogyasztók csatlakozását (hőcserélő a szekunder hálózat felé) tartalmazza. Hálózat felépítése az alábbi eszközökből épül fel:

- Hőforrás, az erőmű, amely gáz, olaj, szén, biomassza vagy biogáz segítségével hőt termel.

- Melegvítároló
- Keringető szivattyú, víz keringtetésére a primer és a szekunder hálózatban.
- Hőcserélő, primer és szekunder oldalak elválasztásához.
- Hőmennyiség mérő energia mennyiség mérésére.
- Szabályzó szelep, szekunder oldali hőmennyiség szabályozásához a primer oldalon áramló víz mennyiséget kell szabályozni.
- Nyomás szabályzó.
- Tágulási tartály.
- Hőmérséklet érzékelő.
- Szűrő, vízben áramló részecskék szűrésére (pl. rozsdadarabok) melyek eldugíthatják a szelepeket vagy tönkre teheti keringető szivattyúkat.

A hőforrásban megtermelt hőt átadjuk a közvetítő anyagnak (víz, gőz) leggyakrabban víznek, melyet először egy hőtárolóba juttatunk, majd onnan keringető szivattyú segítségével a csőhálózaton keresztül juttatunk el a fogyasztókhoz. A fogyasztókig tartó csőhálózatot primer vezetéknek nevezzük. Szekunder vezeték a fogyasztó saját fűtés rendszerét tartalmazza. A primer és szekunder hálózatot egy hőcserélővel választjuk le, így a két rendszerben folyó hőkövetítő anyag (víz) nem keveredik. Szekunder hálózatban szintén kell egy keringető szivattyú, ami a saját fűtésrendszert működteti. A hőcserélő kimeneti oldala a primer oldalon a visszatérő csővezetékbe kerül a hideg víz, amely visszajut a hőforráshoz.

Hőmennyiség szabályozására a szabályzó szeleppel van lehetőség, amely motoros kivitelű és távolról elérhető (pl. PLC vezérelt, vagy beépített kontroller) illetve ide építik be az érzékelőket (pl. szekunder előre, visszatérő ág hőmérséklet érzékelői) és ezeket összegezve a beletáplált szabályozási görbe szerint vezérli a motoros szelepeket. A szekunder oldali hőmérséklet szabályozására a primer oldalon áramló víz mennyiségét kell szabályozni. *(Lukács G.S. (2010))*

6.2 Pornóapáti falufűtőmű bemutatása

A Vas megyei Pornóapáti községben készült el Magyarországon az első biomassza alapú községi távfűtő rendszer. Az elképzelés a szomszédos Ausztriához tartozó települések példái nyomán született 2003 elején. A bio-falufűtések létesítéséhez szükséges előfeltételeket, ezek:

- földgázhálózat nem épült ki a településen;
- a közösség túlnyomó része támogatja a projektet;
- kellő mennyiségű alapanyag rendelkezésre áll;
- van fizetőképes kereslet a hőre;
- a beruházási támogatások magas aránya elérhető.

6.2.1 Műszaki adatok, jellemzők

A kialakított rendszer három fő részre tagolható: bio-fűtőmű, hőtávvezetési hálózat, fogyasztói hőközpontok.

6.2.2 Bio-fűtőmű

Műszaki jellemzők. Tüzelőanyag: faapríték, fűrészpor max. 40% nedvességtartalommal.

Betárolható tüzelőanyag-mennyiségek:

- tárolószín: 400 m³.
- napi tároló: 120 m³.
- A termelt víz hőfoka: 95/60 °C.

6.2.3 Hőközpont

- keringtető szivattyúk: 2 db Grundfos TPE 65-550/2,
- keringtetett vízmennyiség: 32,5 m³/h,
- a rendszer nyomáscsökkenése: 560 kPa,
- a hőtároló tartály térfogata: 10 m³.

A fűtőmű GSM-rendszeren keresztül a Szombathelyi Távhőszolgáltató diszpécserközpontjával is kommunikációs kapcsolatban van. A teljes rendszer automatikus üzemű, távfelügyelt.

6.2.4 Hőtávvezetési hálózat

Előre szigetelt földbe fektetett DN25-DN100 vezetékkel, DN32 alatt hajlítható lágyacél csövekkel. A hőtávvezetési gerinchálózat nyomvonalhossza: 2400 fm. A bekötővezetékek nyomvonalhossza: 1500 fm. Az egyes telkekre, illetve házakba történő csatlakozásokhoz a bekötővezetékek az ügyfelek által megjelölt pontig építették ki.

10.ábra: távhővezeték

Forrás: Biomassza alapuló falufűtés Pornóapátiban (2006)



6.2.5 Fogyasztói hőközpontok

A projektben résztvevő hőfogyasztók száma:

- lakossági: 86 db,
- közületi: 11 db.

Hőátadó állomások fűtés és HMV használathoz az alábbiak szerint kerül kiépítésre a fogyasztókhoz:

- 20kW 90db
- 30kW 6db
- 40kW 1db

A hőátadó állomások egységes kialakításúak, és tartalmazzák a mennyiség korlátozásra alkalmas hőfokszabályozót, hőmennyiségmérőt, fűtési és HMV hőcserélőket. A fogyasztói rendszerek és a fűtőművi vezérlőrendszer kommunikációs kábelrel vannak összekötve.

6.2.6 Energiatermelés és értékesítés

- Fogyasztók csúcs hőigénye: 1150 kW
- Tervezett éves hőértékesítés: 8215 GJ
- Tüzelőanyag-felhasználás: kb. 1220 t/év

A bio távfűtő rendszer a nyári 2 hét karbantartási időszakot kivéve folyamatos üzemű.

Télen fűtés- és HMV-szolgáltatást végez. (*http 7*)

7 Pornóapáti biogáztermelési és biogáz alapú falufűtési lehetőségének bemutatása

7.1 Biogáz alapanyagok elérhetősége

Pornóapáti és vonzáskörzetében keletkezett szerves anyagok elérhetőségét kell megvizsgálni, mert ideális esetben az alapanyagok 70-80% -a helyben keletkezik, mert a szállítási költség jelentős mértékben befolyásolhatja az üzemeltetés gazdaságosságát.

Állattartásból származó trágya az egyik leg jelentősebb alapanyag a biogáz előállításához. Felhasználásával megakadályozható, hogy a trágyából keletkező metán a légköbe jusson, vagy a csurgalékvízzel a talajba jussom egyéb szennyező anyag. A biogáz kinyerése után visszamaradt biotrágya pedig használható mezőgazdasági területeteken tápanyag utánpótlásra.

Jelentősebb állattartó telepek Pornóapáti közelében

9.táblázat: Szarvasmarha és sertés tartó telepek

forrás [Állattartó telepek](#)

Település	Cégnév	Tehén db	
Ják	Szombathelyi tangazdaság KFT.	1590	
Ják	Rácz Major	70	
Bozsok	APHA KFT.	202	

Zöldhulladék egyaránt keletkezik a lakosságnál és a mezőgazdasági termelésből is, valamint parkok közterületek karbantartásából. Jelentős gyümölcsstermesztés található Pornóapáti közelében. A gyümölcsstermesztésből nagy mennyiségű ág nyesedék és a gyümölcsfeldolgozás után visszamaradt préselvény keletkezik, amelyet biogáz alapanyagként felhasználható.

Jelentős szántóföld terület tartozik a környező településekhez, amelyen a mezőgazdasági termelésből jelentős melléktermék (növényi szár) gyűjthető be.

10.táblázat: Mezőgazdasági területekForrás: [foldhaszn1012.xls \(live.com\)](#)

Település neve	Szántó	Szőlő		Gyümölcsös	
		terület összesen	termő terület	terület összesen	termő terület
		hektár			
Felsőcsatár	85,54	4,99	4,99	0,32	0,32
Ják	1 261,80	0,13	0,13	1,31	1,31
Nárai	840,17	4,7	1,38	2,68	2,68
Pornóapáti	260,01	7,47	7,27	0,34	0,29
Vaskeresztes	70,59	78,74	71,74	25,52	14,52
Horvátlövő	143,7	4,95	4,95	0,47	0,47
összesen	2 576,27	100,98	90,46	30,64	19,59

Mezőgazdasági melléktermékek a növények azon részei, amelyek nem kerülnek felhasználásra, növények szára levele gyökere stb.

11.táblázat különböző növények fő termék – melléktermék aránya

Forrás: AKI (2023); Fogarassy Cs. (2001)

Növény	Főtermék	Melléktermék	Fő és melléktermék aránya	Termésátlag (t/ha) (Vas vármegye)	Melléktermék mennyisége (t/ha)
Kukorica	szem	szár	1:1,8	6	10,8
Napraforgó	szem	szalma	1:0,8	4	3,2
Repce	szem	szalma	1:1,5	2,4	3,6
Búza	szem	szalma	1:1,2	5,7	6,8

12.táblázat: Gyümölcstermelésből származó fő és melléktermékek

Forrás: AKI (2023); Marosvölgyi B.(2002)

Megnevezés	hozam (t/ha)	fásszárú melléktermék (t/ha)
gyümölcsös (alma)	18	2 - 3
szőlő	7,2	1,5 - 2,2

A szántóföldi melléktermékekből a gyümölcsösben keletkező fásszárú melléktermékből és a préselvényekből évente 12000 -18000 tonna keletkezik, melynek egy része felhasználásra kerül például az állattartásban, de még jelentős része így is felhasználható energetikai célokra.

A lakosságnál keletkező zöld hulladék részben helyben komposztálásra kerül, de nem mindenhol megoldott ennek az elhelyezése. Jelenleg a hulladék gyűjtés során a lakosságnak havonta egyszer van lehetősége kihelyezni a zöldhulladékot melyet a helyi hulladékgazdálkodó begyűjt. A havi elszállítás nem bizonyul elégnek, gyakran kerül zöldhulladék (főleg fűnyesedék, falevél) mezőgazdasági területekre, erőszélére, utak szélére mely gondot okoz az ott élőknek. KSH adatai szerint 2022-ben 3 215 000 tonna hulladék keletkezett Magyarországon, ennek 9% zöld, illetve bio hulladék amit újra lehet hasznosítani. (*http 15*), (*Marosvölgyi B. (2002)*), (*Fogarassy Csaba (2001)*),

11., 12.ábra: Ismeretlen eredetű ételmaradék és zöldhulladék

Forrás: Nárái önkormányzat



13.ábra: Fűnyesedék illegális lerakása.

Forrás: Náraai önkormányzat



Ételmaradékot nem lehet állateledelként feldolgozni ezért külön be kell gyűjteni és megsemmisítéséről gondoskodni kell. Jelenleg az élelmiszermaradék begyűjtés után a szennyvíztelepre kerül, ahol a szennyvízzel együtt van feldolgozva. Megfelelő begyűjtés után a helyben keletkező élelmiszer maradékot szintén fel lehetne használni a biogáz üzemben. Pornóapáti 20Km es környezetében több mint 50 iskola és szociális intézmény van, az itt keletkezett élelmiszer hulladék egy részét fel lehet használni biogáz előállításához. Ételmaradék, takarmánymaradék, élelmiszerfeldolgozásból származó alapanyagokat minden esetben fertőtleníteni kell mielőtt a keverőben a többi anyaghoz keverjük!

További biogáz alapanyag lehet a szennyvíziszap, bár a vas vármegyében a csatornarendszer nagyon jól ki van építve, így Pornóapátiban is, ugyanakkor a helyi vízmű szennyvíz telepéről rendelkezésre áll szennyvíziszap mely víztelenített formában átvehető és felhasználható.

7.2 Biogáztechnológia választása

A különböző alapanyagok jelenléte miatt gondoskodnunk kell a jó keverhetőségről, a folyamatos működésről és az automatizálás lehetősége miatt a mezofil nedves (folyékony sz.a >6%) eljárás lenne a legideálisabb a fermentációhoz. Ugyan a termofil eljárással több gáz

nyerhető, de a fűtése több energiát visz el így a keletkezett gáz többlet nem jár akkora nyereséggel, hogy érdemes lenne beruházni egy termofil erjesztőbe.

7.3 Szubsztrátum mennyiség meghatározása

A beérkező alapanyagokat összekeverés előtt 6% -os száraz anyagtartalomra kell hígítani, ezek alapján a Pornóapáti 10-20km es környezetéből az alábbi mennyiségű alapanyagok gyűjthetők be.

Szarvasmarha trágya:

1862 db szarvasmarha 46kg napi trágya keletkezik 12%-os szárazanyag tartalommal.

$1862 \times 46\text{kg} = 85\,652\text{ kg}$ trágya naponta, ahhoz, hogy 6% os szárazanyag tartalom legyen még ugyan ennyi vizet kell hozzáadni. $85\,652\text{kg}$ trágya + $85\,652$ víz= **171,304 tonna**

Növényi hulladék

Hulladékgazdálkodás által begyűjtött és a közeli gazdaságokban keletkezett zöld növényi hulladékokból naponta 15 tonnát lehet felhasználni. Szárazanyagtartalom 24%. 6% os szárazanyagtartalom eléréséhez 45 tonna vízhez van szükség, így **60 tonna keletkezik**

Élelmiszer, takarmány maradék

Naponta 1 tonna élelmiszer és takarmány maradék érhető el, 12% szárazanyag tartalommal. Élelmiszer maradékot és élelmiszerfeldolgozási maradékot minden esetben autoklávon (higiéniai tartály) keresztül fertőtleníteni kell (1 óra 70°C-on), a fertőzések és a metánképződés akadályozó gombák elkerülésére érdekében. Fertőtlenítés után 1 tonna víz hozzáadásával **2 tonna 6% os szubsztrátum keletkezik.**

Szennyvíziszap

A szennyvíztelepről naponta 10-12 tonna víztelenített 18% os szárazanyagtartalmú szennyvíziszap érhető el. Azért kell vízteleníteni a szennyvíz iszapot mert így a szállítási költség csökkenthető. 6% os szárazanyagtartalom mellett **30-36 tonna szennyvíziszap** áll rendelkezésre.

Összesítve:

13.táblázat: Alapanyagok mennyisége naponta 6%-os szárazanyagtartalommal.

Forrás: sajátmunka

Megnevezés	Mennyiség (tonna/nap)
Szarvasmarha trágya:	170
Növényi hulladék	60
Élelmiszer maradék	2
Szennyvíziszap	30 - 36
Összesen	262 - 268

7.4 Biogáz termelés mennyiségének kiszámolása

Az keletkezett 262 – 268 tonna/ nap 6% os szárazanyag tartalmú szubsztrátból keletkező biogáz a következőképpen számolható ki:

A biogáz a szervesanyagból keletkezik elsőként ezt kell meghatározni. A 262 – 268 tonna szubsztrátum 6% a szárazanyag és annak a 80% a szerves anyag:

Szervesanyag: $262 \times 0,06 \times 0,8 = 12,57$ tonna.

$268 \times 0,06 \times 0,8 = 12,86$ tonna.

Egy tonna szervesanyagból 25 – 30 napos fermentációs idővel számolva 300 – 600 m³ gáz keletkezik. Ezek alapján 25 napos fermentálás után:

Keletkező biogáz= 12,57 tonna szervesanyag x 500m³ = **6285m³ /nap**

12,86 tonna szervesanyag x 500m³ = **6430m³ /nap**

A Biogáz telep létesítési helytől számítva 10-20 km es távolságról behordott alapanyagokból 6258 – 6430 m³ biogáz állítható elő naponta, melynek energia tartalma 112,644 – 160,750 GJ/nap. Későbbiek során középértékkel fogok számolni 6344m³/nap biogáz és 136,396 GJ/nap energiatartalom.

7.5 Energetikai számítások

A keletkezett biogáz felhasználása fűtési célra és villamos energiatermelésre mindenképpen veszteségekkel jár. Az alábbi táblázatban látható, a veszteségek és a felhasználható energia mennyisége saját célra és fűtési célra.

14.táblázat: Biogázból előállítható energia mennyiség eloszlása felhasználhatóság szerint.

Forrás: saját munka

	Gáz energia tartalma	Gázkazán	Gázmotor (CHP)	
	21,5Mj/m ³	Hő (hatásfok 80%)	Hő (hatásfok 53,3%)	Villamos energia (35,3%)
Biogáz 6344m ³ /nap	136,396GJ/nap	109,117GJ/nap	72,699GJ/nap	13,374MWh/nap
Saját hő energia igény 22% CHP hőenergiára vonatkoztatva	-	15,993GJ/nap	15,993GJ/nap	-
Saját villamos energia 3% CHP villamosenergiára vonatkoztatva	-	külső villamos energiát kell használni	-	401 kWh/nap
Összes veszteség és saját felhasználás	-	43,272GJ/nap	32,082GJ/nap	401kWh/nap
Értékesíthető energia mennyiség naponta	-	93,124GJ	56,706GJ	12,973MWh

Pornóapáti fűtőmű névleges energia termelése alapján meghatározható, hogy a termelt biogáz elegendő-e a falu fűtésére.

- Fogyasztók csúcs hőigénye: 1150 kW
- Tervezett éves hőértékesítés: 8215 GJ

Fűtési szezon szeptember 15 és május 15 között van így ebben az időszakban megtermelt energiát kell figyelembe venni. A fűtési szezon 243 napból áll, így a hőigényt is ennyi idő alatt kell biztosítani.

A biogázt gázkazánban elégetve a következő energiamennyiséget kapjuk:

$$243 \times 93,124 \text{ Gj} = 22629 \text{ Gj}$$

Ha a biogázt gázmotorban hasznosítjuk akkor a keletkező hőenergia:

$$243 \times 56,706 \text{ Gj} = 13779 \text{ Gj}$$

A tervezett hőmennyiség 8215 Gj a fűtési szezon alatt megtermelhető, a helyben elérhető alapanyagok begyűjtésével.

A fogyasztók csúcs hőigénye 1150 kWh, ami egy nap alatt 27600 kWh energiát jelent.

$27600 \text{ kWh} \times 3,6 = 99,360 \text{ Gj}$ energia kell egy napra, és 3080 Gj egy hónapra, ha a fűtőművet maximális teljesítményét szeretnénk kihasználni, ennek 93,7 % a rendelkezésre áll a fenti számítások alapján. Ugyanakkor a fűtőmű teljes kapacitása ritkán van kihasználva.

7.6 Fűtőmű fogyasztása a gyakorlatban

A fűtőmű méretezésekor a teljes falu fűtési igényére lett méretezve a rendszer. De nincs minden háztartás rákötve a távfűtési rendszerre, emiatt a fűtőmű kapacitása nincs kihasználva teljesen. 142 háztartásból csak 86 van rákötve, emiatt nincs teljesen kihasználva a fűtőmű teljes kapacitása. Ehhez hozzájárul még az emelkedő átlaghőmérséklet emiatt szintén kevesebb hőt kell termelni. A következő táblázatban a fűtőmű hőtermelése, lakossági fogyasztás, felhasznált fűtőanyag, és a havi átlaghőmérséklet látható, 2023 január és 2024 márciusa között. (*http 10*)

15.táblázat: Fűtőmű jelenlegi hőtermelése havi bontásban

Forrás: Pornóapáti Vagyonhasznosító KFT

Hónapok	Termelt hőenergia (Gj)	Felhasznált hőenergia (Gj)	Hatásfok (%)	felhasznált faapríték (m3)	Havi átlaghőmérséglet (°C)
2023. Január	1043,2	699,9	67,1	490	4,4
2023. Február	1027,6	685,4	66,7	480	4,7
2023. Március	799,3	500,4	62,6	380	9,1
2023. Április	742,1	458,6	61,8	350	10,2
2023. Május	212	128	60,4	100	16,3
2023. Június	0	0	0	0	21,4
2023. Július	0	0	0	0	23,6
2023. Augusztus	0	0	0	0	22,6
2023. Szeptember	171,3	102,9	60,1	90	21,2
2023. Október	441,1	270,4	61,3	210	16
2023. November	866,2	556,9	64,3	410	7,8
2023. December	1058	706,7	66,8	490	4,1
2024. Január	1136,6	774,7	68,5	530	2,6
2024. Február	773	484,8	62,7	390	9,8
2024. Március	700	417,5	59,6	330	11

A táblázatban szereplő adatok a Pornóapáti Vagyonhasznosító KFT a fűtőmű üzemeltető szolgáltatatta, havi mérések alapján. A termelt hőenergia, a fűtőműből (puffertartályból) elmenő összes hőenergia (hőenergia mérő leolvasása alapján). A felhasznált hőenergia pedig a fogyasztóknál lévő hőenergia mérők által leolvasott (begyűjtött) értékek összesítésének értéke. Hatásfok a felhasznált hőenergia és a megtermelt hőenergia hányadosa. A veszteség a primer távhőhálózaton keletkezik. A hőközpont nyáron nem szolgáltat HMV szolgáltatást, ezért nincs fogyasztás május 15 – és szeptember 15 között.

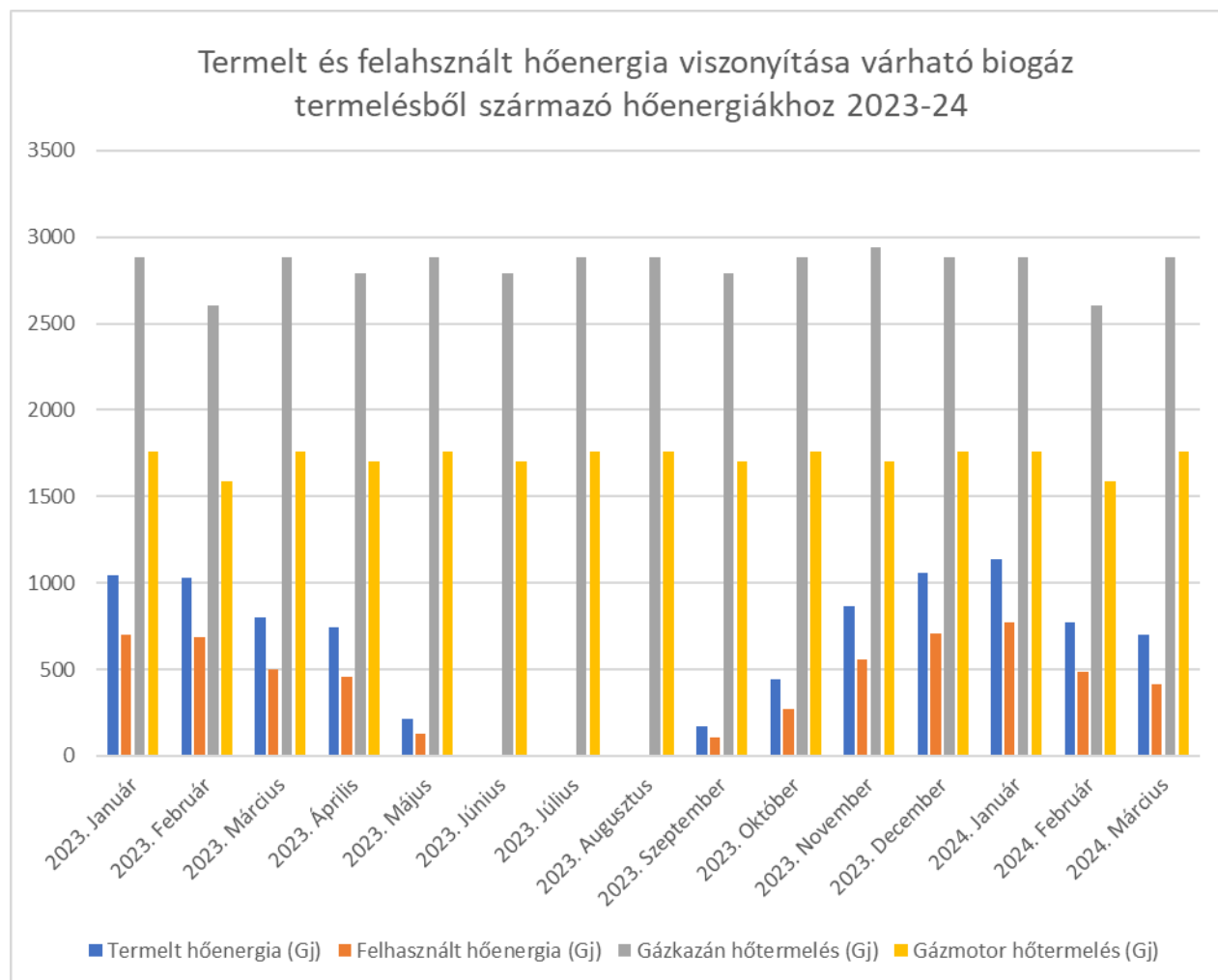
2023-ban az összes hasznosított energiatermelés 6360,8 Gj volt, ebben nincsen benne a kazán és a puffertartály vesztesége.

A rendelkezésre álló alapanyagokból keletkező és hasznosítható biogáz/ hőenergia nagyobb, mint a felhasznált hőenergia, melyet a következő ábrán és táblázatban lehet látni. A biogáz üzem egyrész folyamatos másrészt a fermentor térfogat miatt a gázkihozatal azonos

menyiségű, így a téli nyári hőigény szükségletet nem tudja lekövetni, emiatt a többlet hőenergia felhasználásáról gondoskodni kell.

14.ábra: Terelt és felhasznált hőenergia valós mérési eredményekhez viszonyítva.

Forrás Pornóapáti Vagyonhasznosító KFT adatai alapján saját munka



16 táblázat: Termelt felhasznált és megtermelhető hőenergia

Forrás: Pornóapáti Vagyonhasznosító KFT és saját munka

Hónapok	Termelt hőenergia jelenlegi falufűtőmű adatai alapján (Gj)	Felhasznált hőenergia valós kihelyezett hőmennyiség- mérő alapján (Gj)	Biogáz gázkazánban termelt hőenergiája (Gj)	Biogáz gázmotorban termelt hőenergiája (Gj)
2023. január	1043,2	699,9	2886,8	1757,8
2023. február	1027,6	685,4	2607,5	1587,7
2023. március	799,3	500,4	2886,8	1757,8
2023. április	742,1	458,6	2793,7	1701,1
2023. május	212	128	2886,8	1757,8
2023. június	0	0	2793,7	1701,1
2023. július	0	0	2886,8	1757,8
2023. augusztus	0	0	2886,8	1757,8
2023. szeptember	171,3	102,9	2793,7	1701,1
2023. október	441,1	270,4	2886,8	1757,8
2023. november	866,2	556,9	2938,1	1701,1
2023. december	1058	706,7	2886,8	1757,8
2024. január	1136,6	774,7	2886,8	1757,8
2024. február	773	484,8	2607,5	1587,7
2024. március	700	417,5	2886,8	1757,8

A fenti táblázatból következik, hogy napi 6344m³ biogáz gázmotorban való hasznosítása esetén is van elegendő gáz a falu jelenlegi hőenergiaszükséglet kielégítésére, ezen felül pedig jelentős villamosenergia termelés is történik, melynek értékesítéséből bevételhez juthat a település. A változó hőigény az éves elosztást nézve mindig lesz többlet termelés, ennek mértéke a következő táblázatban foglaltam össze a valós fűtési adatok hoz viszonyítva:

17.táblázat: Többlethő termelés havi bontásban

Forrás: Pornóapáti Vagyonghasznosító KFT és saját munka

Hónapok	Termelt hőenergia jelenlegi fűtőmű adatai alapján (Gj)	fennmaradó hőmennyiség biogáz gázkazánban elégetve (Gj)	Fennmaradó hőmennyiség gázmotor használata esetében (Gj)
2023. Január	1043,2	1843,6	714,6
2023. Február	1027,6	1579,9	560,1
2023. Március	799,3	2087,5	958,5
2023. Április	742,1	2051,6	959
2023. Május	212	2674,8	1545,8
2023. Június	0	2793,7	1701,1
2023. Július	0	2886,8	1757,8
2023. Augusztus	0	2886,8	1757,8
2023. Szeptember	171,3	2622,4	1529,8
2023. Október	441,1	2445,7	1316,7
2023. November	866,2	2071,9	834,9
2023. December	1058	1828,8	699,8
2024. Január	1136,6	1750,2	621,2
2024. Február	773	1834,5	814,7
2024. Március	700	2186,8	1057,8

A fennmaradó hőenergia fordítható például hűtésre, a közeli gyümölcsfeldolgozó hűtésére és a közintézmények nyári hűtésére, ezzel a jelenleg használt klímák kiválthatóak lennének. A másik lehetőség, hogy a biogáz teljes mértékben nem kerül felhasználásra a gázmotorban ilyenkor a gáz tisztítás után értékesíthető. A gázmotorban alkalmazása esetén jelentős villamos energia is keletkezik, naponta 12,973 MWh, ami havi átlagosan 389,2 MWh villamosenergiát jelent. Jelenleg az MVM 5Ft/ kWh áron veszi át az áramot, ezzel számolva a megtermelt villamos energia 1 946 000 Ft/hónap bevételt termel.

7.7 Létesítendő biogáz üzem fontosabb elemei és paraméterei

A biogáz telepen a választott technológia épületi elemei a következő elemekből áll: tárolók, előkészítő, keverő, fermentor, biogáztároló, gázmotor, víztelenítő

A választott technológia a 6% folyékony technológia, így a beérkezett anyagok szárazanyagtartalmát 6% re kell hígítani, a 9. fejezetben kiszámolt szubsztrátum napi mennyisége átlagosan 264,5 t/nap.

Fermentáló tartály

25 napos erjesztéssel számolva $264,5 \text{ t/nap} \times 25 \text{ nap} = 6612,5 \text{ tonna}$, 6% szárazanyag esetén ez megegyezik $6612,5 \text{ m}^3$ térfogattal. Ideális esetben kettő fermentor tartályra van szükség arra az esetre, ha az egyik tartályban valamilyen meghibásodás, vagy erjesztési probléma lépne fel akkor másik tartályban továbbra is termelődhet a biogáz. Ennek figyelembevételével **2db egyenként $3306,25 \text{ m}^3$ es tartályra van szükségünk.**

Biogáztároló

- A fermentorból a gáz először a gáztárolóba kerül átmenetileg, biogáz a felhasználás mindig a gáztárolóból történik.

Gázfeldolgozás gázmotor

- Olyan méretű gázmotorra van szükség, ami a keletkezett gázmennyiséget fel tudja dolgozni. Naponta keletkezik $13,374 \text{ MWh/nap}$ villamosenergia, és $72,699 \text{ GJ/nap}$ hőenergia, óránként 557 kWh villamos energia, és 841 kWh hőenergia, ezekhez a paraméterekhez kell a gázmotort megválasztani. A piacon több típusú gázmotor elérhető 100 kWh teljesítménytől 4000 kWh teljesítményig. Pl a TRICON 800 J (gázmotor típus JMS 316 C25) melynek maximális villamos kapacitása 834 kW , és maximális hőteljesítménye 935 kW . (*http 17*)

Víztelenítés

- A fermentáló tartályból a annyi kiejedt szubsztrátumot veszünk el amennyit naponta rátöltünk $264,5 \text{ tonna}$. A kiejedt szubsztrátum szárazanyag tartalma már kevesebb, mert a szerves anyag feléből biogáz keletkezett. Viszont a keverés miatt ez nem csak a kiejedt részt tartalmazza. Lehetőség van víztelenítésre centrifugálással, a víztelenített anyag szárazanyag tartalma $25 - 40 \%$, biotrágyaként felhasználása előtt további kezelésre van szükség mert szennyvíziszapot tartalmaz. Komposztálni lehet például riolit tufával, és így kapott komposztot már lehet használni biotrágyaként.

A híg leválasztott rész pedig visszakerülhet az alapanyagok hígítására, ugyanakkor figyelni kell a szén nitrogén arányra mert a leválasztott híg résznek magas a nitrogén tartalma. A biogázüzemnek viszont csökkenteni lehet a vízfogyasztását, ha a centrifugából kikerül híg részt újra felhasználjuk, mivel a napi víz igény 150 -160 m³ is lehet, ezzel csökkenthetjük a vízfogyasztást. Illetve a keletkezett a híg rész elhelyezése is gondot okoz a magas nitrogén tartalma miatt. (http 9)

7.8 Széndioxid mérleg

A jelenlegi jogi szabályozás alapján a tiszta biomassa tüzelőanyagokat nulla kibocsátási tényezővel kell számolni a 410/2012. (XII. 28.) Korm. rendelet alapján. (http 11)

18. táblázat: Tüzelőanyag fűtőértékek és kibocsátási tényezők

Forrás: 5. melléklet a 410/2012. (XII. 28.) Korm. rendelethez

Tüzelőanyag megnevezése	Tüzelőanyag kódjele	Fűtőérték	Kibocsátási tényező
	(LAIR)	[MJ/kg]	[tCO ₂ /TJ]
Hazai feketeszén	17	18,9	96,1
Hazai barnaszén	12	11,9	101
Lignit	13	7	110
Tüzelőolaj	60–61	42	74,1
Fűtőolaj	70–77	40,4	77,4
Földgáz	31	34a,b	56,1
Kamragáz (koksizálásból)	33	17a	44,4
Kohógáz	34	3,1a	260
Biogáz	36	22,7a	(54,6)c

a A fűtőérték dimenziója nem MJ/kg, hanem MJ/m³ 15 °C-ra vonatkoztatva 1013,25 hPa nyomáson.

b 0 °C-ra vonatkoztatott érték 35,87 MJ/Nm³ 1013,25 hPa nyomáson.

c A tiszta biomassa tüzelőanyagokat nulla kibocsátási tényezővel kell figyelembe venni.

7.9 Biogáz üzem üzemeltetési tapasztalatok

A biogáz üzem folyamatos működésre van tervezve, mégis adódhatnak üzemzavarok, ami miatt a gázképződés lelassul vagy leáll. A biogáz hiánya nem csak a fűtés szolgáltatást és a villamosenergia termelést befolyásolja, hanem a fermentorok fűtését és a telep villamos ellátására is hatással van.

A biogáz termelése is széles határok között mozoghat az alapanyagok minősége és mennyisége miatt, valamint a keletkezett biogáz fűtőértéke sem állandó, ami szélsőséges esetben korlátozhatja a fűtési szolgáltatást.

Zalavíz szennyvíztisztító telepén található biogáz telep adatai szerint a nyári hónapokban 30-40%-kal kevesebb gáz termelődik, mint télen, ugyanakkor télen jóval több energia megy el a szubsztrátum melegítésére, mint a nyári hónapokban. Üzemzavar fő oka lehet, hogy nem egyenletesen érkezik a hulladék, ha a rothasztóba túlsok alapanyag kerül, vagy idegenanyag (pl. fonalféreg) akkor felhabozhat, ami akár kiöntést is eredményezhet, mivel ilyenkor a térfogatra vetítve lecsökken a szervesanyag tartalom a gázképződés is lecsökken akár a felére is, valamint a hab a gázmotorba is kerülhet és károkat okozhat.

A távfűtési rendszer 95/60 előremenő víz hőfokra van tervezve ugyanakkor a kapcsolt villamos- és hőenergia termelés esetén a megtermelt hőenergia 85°C-os víz formájában áll elő. *(http 5)* amely szintén nem lesz elegendő a maximális teljesítmény leadásához.

8 Végső következtetés

A szakdolgozatomban arra a kérdésre kerestem a választ, hogy egy kis település környezetében keletkező mezőgazdasági és egyéb szerves hulladékok felhasználásával keletkező biogázt elegendő energiát termel a helyi fűtési igények kielégítésére. Számszerűsítve az eredmény azt mutatja, hogy az éves energia igényt tudja fedezni, ugyanakkor a jelenlegi fűtőmű maximális teljesítményét nem tudja biztosítani, csak gázmotor alkalmazása mellett, erre az esetre mindenképpen szükség van egy kazánra, amely biztosítani tudja a 95° víz hőmérsékletet és a maximális hőenergiát.

A biogáz telep lehetséges működési hibáiból adódóan előfordulhat, hogy a gáz mennyisége vagy minősége lecsökken és ezáltal nem tudja biztosítani hőellátást a falu számára. Erre az esetre a biogáz telepnek rendelkeznie kell másodlagos energiaforrással, ez lehet a hálózati villamosenergia szolgáltató és a vezetékes földgáz, illetve Pornóapáti esetében a földgáz hiánya miatt az energia hordozó lehet a faapríték.

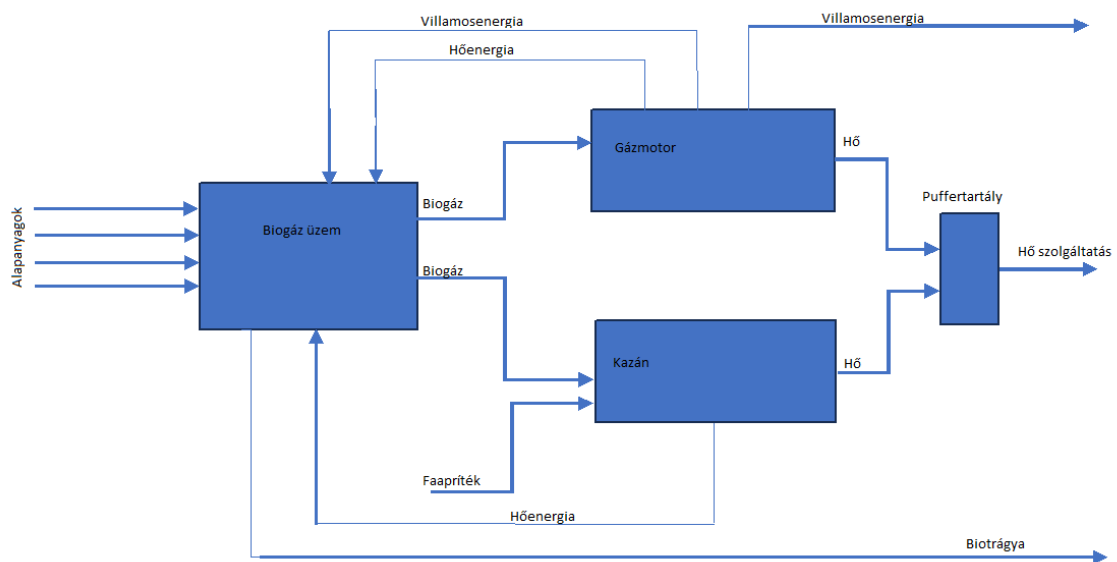
A Biogáz üzemben keletkező gáz felhasználása történhet gázmotorban, de mindenféleképpen szükség van egy kazánra is, amely biogáz és faapríték fogadására is alkalmas, a maximális

teljesítmény eléréséhez és arra az esetre, ha a biogáz üzemben nem termelődik megfelelő mennyiségű gáz.

Pornóapáti esetében a fűtőműben lévő kazánok átalakításával elérhető, hogy a biogázt is fogadni tudja és a fűtőmű tovább működhet jelenlegi formájában. Ugyanakkor szükség van egy gázmotorra mert a begyűjtött adatok alapján az átlagos felhasználás mellett elegendő a gázmotorban termelt hő, és villamosenergia termelésre is lehet használni.

15. ábra: Biogáz üzem és fűtőmű lehetséges kapcsolata

Forrás saját munka



A 15. ábrán látható egy lehetséges felépítése a biogázüzemnek és a hozzá kapcsolódó gázfeldolgozó kazánnak és gázmotornak. Felhasznált alapanyagokból a biogáz kinyerése és felhasználása után keletkező értékesíthető termékek a hő- , és villamos energia valamint a biotrágya.

9 Összefoglalás

A biogáz előállítás nagy múltra tekint vissza mégsem terjedt el akkora mértékben, mint amilyen széles körben lehetne használni, ennek egyik oka a földgáz „olcsó” ára. A közelmúlt eseményei azonban megint előtérbe hozta a biogáz felhasználásának lehetőségét. Biogáz használata környezetvédelmi és energia függetlenítési szempontból is előnyös.

Szakdolgozatomban a biogáz tulajdonságait és előállítási elméleti és gyakorlati lehetőségeit mutattam be, valamint, hogy egy kistérségben mekkora biogáz alapanyag potenciál van. A szerves hulladék és mezőgazdasági melléktermék, valamint az állattartásból származó alapanyagok kezelése környezetvédelmi okokból is fontos, egyrészt a nagymennyiségben tárolt szerves hulladék (trágya, ételmaradék stb.) csurgalékvízzel a talajba jutó anyagok szennyező anyag, és az aerob bomlásukból a légkörbe jutó káros gázok egyaránt környezetszennyező hatást vált ki. Így feldolgozásuk több hasznos hozadékkal jár, egyrészt a keletkezett biogáz felhasználható energiaforrásként másrészt a visszamaradt (kierjedt) biotrágya még mindig jól hasznosítható a szántóföldeken, mint tápanyag pótlás.

Statisztikai adatok alapján mértem fel az elérhető alapanyagok mennyiségét a létesítendő biogáz 10-20Km es környezetében, az így kapott eredmények alapján határoztam meg a keletkező biogáz mennyiségét. A Pornóapátiban működő falufűtőműben gyűjtött adatok alapján értékeltem ki hogy a keletkezett biogáz tudja e fedezni a fűtési hőenergiát.

Kapott eredmények alapján arra következtetésre jutottam, hogy a jelenlegi átlagos fogyasztást ki tudja elégíteni, de a fűtőmű maximális teljesítményét hosszútávon nem tudja biztosítani, valamint a biogáz üzem esetleges hibáiból fellépő gázhozam kiesés miatt mindenképpen kell gondoskodni másik energiahordozó által biztosított hőenergiáról hogy a fűtés zavartalan legyen.

10 Irodalomjegyzék

Öllős G. – Oláh J. - Palkó Gy. (2010): Rothasztás. Budapest Magyar Víziközmű Szövetség p.19 – 69; 665 - 843

Lukács G.S. (2010): Falufűtőmű. Budapest, Szaktudás Kiadó Ház, p. 94-229

Bai A.(Szerk.) (2007): A biogáz. Budapest, Száz magyar falu könyvesháza KHT. P 13 - 97

Marosvölgyi B. (2002): A potenciális energiaforrások, A biomassa felhasználása, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest p.90-97

Fogarassy Csaba (2001) Energianövények a szántóföldön Gödöllő a SZIE GTK Európai Tanulmányok Központja p 17

Agrárközgazdasági intézet (2023) Tájékoztató jelentés a nyári betakarítási munkákról XXVIII. évfolyam • 4. szám

Agrárközgazdasági intézet (2023) Tájékoztató jelentés az őszi betakarítási munkákról XXVIII. évfolyam • 6. szám

Bakosné Diószegi Mónika (2015) Speciális mechanikus előkezelés hatásának vizsgálata biogáz hozam növelése céljából (PhD - értekezés) Budapest, p 21

Internetes forrás:

(http 1): India needs to rediscover biogas in the volatile fossil market. Letöltés dátuma: 2024.03.12 Forrás: <https://timesofindia.indiatimes.com/blogs/voices/india-needs-to-rediscover-biogas-in-the-volatile-fossil-market/>

(http 2):The History of Anaerobic Digestion and Biogas. Letöltés dátuma: 2024.03.12 Forrás: <https://birchsolutions.co.uk/the-history-of-anaerobic-digestion-and-biogas/>

(http 3) Mesophilic and Thermophilic Anaerobic Digestion of Organic Fraction Separated during Mechanical Heat Treatment of Municipal Waste letöltés dátuma:2024.04.03 Forrás: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/7/2412>

(http 4): Biogáz előállítás hulladékból előadás. Letöltés dátuma: 2024.03.22

Forrás:<https://enfo.hu/node/4086>

(http5): Biogáz előállítás oktatási segédlet. Letöltés dátuma 2024.04.10 Forrás:

<https://bei.unimiskolc.hu/files/7833/Biogaz%20oktatasi%20segedlet%20II%20Publ%2020180903.pdf>

(http 6): Magyarországi Távhőszolgáltatók. Letöltés dátuma: 2024.04.12 Forrás:

<https://tavho.org/tudaskozpont/magyarorszag-tavhoszolgalatok>

(http 7): Biomassza alapuló falufűtés Pornóapátiban. letöltés dátuma: 2024.04.12.

Forrás <https://www.vgfszaklap.hu/lapszamok/2006/marcius/818-biomasszan-alapulo-falufutes-pornoapatiban>

(http 8): Nagy létszámú állattartó telepek. Letöltés dátuma: 2024.04.15 Forrás:

https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww2.vizeink.hu%2Ffiles%2F2_7_melleklet_allattarto_telepek.xls&wdOrigin=BROWSELINK

(http 9) Riolittufa felhasználási lehetőségei. Letöltve 2024.04.15.

Forrás:<https://riolittufa.hu/bodrogkereszturi-riolittufa-felhasznalasi-lehetosegei/>

(http 10): Ingatlan statisztikák. Letöltés dátuma: 2024.04.16.

Forrás:<https://www.ingatlanet.hu/statisztika/pornoapati>

(http 11) 410/2012. (XII. 28.) Korm. rendelet: az üvegházhatású gázok közösségi kereskedelmi rendszerében és az erőfeszítés-megosztási határozat végrehajtásában való részvételről szóló 2012. évi CCXVII. törvény végrehajtásának egyes szabályairól. Letöltés dátuma: 2024.04.20. Forrás:<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200410.kor>

(http 12) Földhasználati statisztika. Letöltés dátuma: 2024.04.20.

Forrás:<https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.ksh.hu%2Fdocs%2Fhun%2Fxfp%2Fidoszaki%2Ffoldhaszn%2Ffoldhaszn1012.xls&wdOrigin=BROWSELINK>

(http 13) Helyenként 8,7 tonna/hektár a kukorica termésátlaga Magyarországon. Letöltés dátuma: 2024.04.18. Forrás: <https://www.agroinform.hu/szantofold/oszi-betakaritas-kukorica-szoja-napraforgo-67740-001>

(http 14): Repce. Letöltés dátuma: 2024.04.18

Forrás:<https://genezispartner.hu/novenykulturak/szantofoldi-novenyek/repce/>

(http 15): KSH, 15.1.2.20. Köszolgáltatás keretében elszállított hulladék vármegye és régió szerint [ezer tonna] Letöltés dátuma: 2024.04.20.

Forrás:https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0063.html

(http 16): Petis M. Biogázhasznosítás előadás. Letöltés dátuma:2024.04.21.

Forrás:<https://slideplayer.hu/slide/11267092/>

(http 17):CHP konténerek katalógus. Letöltési dátum: 2024.04.21.

Forrás:<https://www.triotechnik.hu/chp-kontener/>

(http 18): Távfűtési ábra. Letöltés dátuma: 2024.04.13.

Forrás:https://hu.m.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:T%C3%A1vf%C5%B1t%C3%A9si_%C3%A1bra.jpg

11 Ábra és táblázat lista

- 1. táblázat:** biogáz és földgáz összetétele tulajdonságai

Forrás Bai A. 2007

- 2. táblázat:** Az alapanyagok hatása az anaerob elgázosítás technológiájára

Forrás Bai A. 2007

- 3. táblázat:** Különböző állatok napi trágya termelése

Forrás Bai A. 2007

- 4. táblázat:** Példa számolás várható alapanyag mennyiség

Forrás: Bai A. 2007

- 5. táblázat:** egyes szerves anyagok várható biogáz kihozatala

Forrás Bai A. 2007

- 6. ábrázat:** Anaerob folyamat négy fő lépcsője.

Forrás Dr. Tóth L előadás anyag

- 7. táblázat:** különböző növényi eredetű alapanyagok várható gázkihozatala

Forrás Öllös G. – Oláh J. – Palkó Gy. 2010 alapján saját munka

- 8. táblázat:** Különböző növényi eredetű alapanyagok várható gázkihozatala

Forrás: Öllös G. – Oláh J. – Palkó Gy. 2010 alapján saját munka

- 9. táblázat:** Szarvasmarha és sertés tartó telepek

forrás Állattartó telepek

- 10. táblázat:** gyümölcstermesztés

Forrás saját munka

- 11. táblázat:** különböző növények fő termék – melléktermék aránya

Forrás: AKI (2023); Fogarassy Cs. (2001)

12. táblázat: Gyümölcsstermelésből származó fő és melléktermékek

Forrás: AKI (2023); Marosvölgyi B.(2002)

13. táblázat: Alapanyagok mennyisége naponta 6%-os szárazanyagtartalommal.

Forrás: sajátmunka

14. táblázat: Biogázból előállítható energia mennyiség eloszlása felhasználhatóság szerint.

Forrás: saját munka

15. táblázat: fűtőmű jelenlegi hőtermelése havi bontásban

Forrás: Pornóapáti Vagyonhasznosító KFT

16. táblázat: Termelt felhasznált és megtermelhető hőenergia

Forrás: Pornóapáti Vagyonhasznosító KFT és saját munka

17. táblázat: Többféle hő termelés havi bontásban

Forrás saját munka

18. táblázat: Tüzelőanyag fűtőértékek és kibocsátási tényezők

Forrás: 5. melléklet a 410/2012. (XII. 28.) Korm. rendelethez

Ábra lista

1. ábra: biogáz előállításának szerepe a szervesanyag és energia körforgásban

Forrás: Dr.Petis M. Biogázhasznosítás

2. ábra: A biogáz összetételének változásai az anaerob emésztése során.

Forrás: (http 3)

3. ábra: Biogáz előállító üzem elvi rajza

Forrás: Biogáz előállítása hulladékból

4. ábra: keverési eljárások

Forrás Dr. Tóth L előadás anyag

5. ábra: A biogáz felhasználási lehetőségei.

Forrás: Biogáz oktatási segédlet

6. ábra: Gázmotor és generátor a konténerben (az alapvető egységek)

Forrás Dr. Tóth L előadás anyag

7. ábra: biogázüzem energia folyamatábrája.

Forrás Dr. Tóth L előadás anyag

8. ábra: Távhőszolgáltatók Magyarországon

Forrás: <https://tavho.org/tudaskozpont/magyarorszagi-tavhoszolgaltatok>

9. ábra: Falufűtés felépítése.

Forrás Távfűtési ábra (Wikipedia)

10. ábra: távhővezeték

Forrás: Biomasszán alapuló falufűtés Pornóapátiban (2006)

11. ábra: Ismeretlen eredetű ételmaradék és zöldhulladék

Forrás: Náriai önkormányzat

12. ábra:, ismeretlen eredetű ételmaradék és zöldhulladék

Forrás: Náriai önkormányzat

13. ábra: fűnyesedék illegális lerakása

Forrás: Náriai önkormányzat

14. ábra.: Terelt és felhasznált hőenergia valós mérési eredményekhez viszonyítva.

Forrás saját munka

15. ábra: Biogáz üzem és fűtőmű lehetséges kapcsolata

Forrás saját munka

12 Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik hozzájárultak a szakdolgozatom megszületéséhez. Elsőként a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Műszaki Intézetének Épületgépészeti és Energetikai Tanszékén oktató tanároknak, Prof. Dr. Tóth Lászlónak, és Dr. Schrempf Norbert Attilának, hogy tanácsaikkal, észrevételeikkel végigvezettek a szakdolgozat írás folyamatán. Másodszor Kovács Péter Tamásnak, Szőke Lászlónak és Molnár Tamásnak a Zalavíz Kft. munkatársainak, aki az első pillanattól kezdve pozitívan és időt nem sajnálva segítette végig a munkámat. Valamint Arnhoffer Andrásnak a Zalavíz Kft. Vezérigazgatójának, hogy lehetővé tette a tapasztalatgyűjtést a szakdolgozatomhoz. Végül Schmalzl Jánosnak a Pornóapáti vagyongazdálkodó kft. munkatársának, hogy értékes információkkal járult hozzá a szakdolgozatomhoz.

Nagy Gábor, Energiagazdálkodási szakmérnök szakos hallgató

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréséről és
eredetiségéről

A hallgató neve: NAGY GÁBOR
A Hallgató Neptun kódja: QSF093
A dolgozat címe: BIOGAZ ALAPÚ TÁVHŐRENDSZER
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: MŰSZAKI INTÉZET
A konzulens tanszékének a neve: ÉPÜLETGÉPÉSZETI ÉS ENERGETIKAI TANSZÉK

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2024 év 04 hó 24 nap

Nagy Gábor

Hallgató aláírása

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.1. sz. melléklete: Konzulensi nyilatkozat

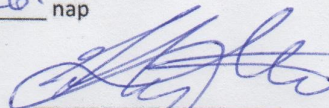
NYILATKOZAT

NAGY GABOR (név) (hallgató Neptun azonosítója: QSF09B)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: 2020.04.26. év 2020.04. hó 26. nap



belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.