

# **SZAKDOLGOZAT**

**Szalai Eszter**

**2024**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**  
**Szent István Campus**  
**Energiagazdálkodási szakmérnök szakirányú**  
**továbbképzés**

**Zalaegerszegi Hulladékkezelő Központ biogáz alapú villamos**  
**energia termelésének tervezése és a termelt energia**  
**felhasználási lehetőségeinek bemutatása**

<b>Belső konzulens:</b>	Dr. Schrempf Norbert Attila tanszékvezető
<b>Belső konzulens intézete/tanszéke:</b>	Épületgépészeti és Energetikai Tanszék
<b>Külső konzulens:</b>	Prof. Dr. Tóth László Egyetemi tanár, professzor emeritus
<b>Készítette:</b>	<b>Szalai Eszter</b>

**Gödöllő**  
**2024**

**MŰSZAKI INTÉZET  
ENERGIAGAZDÁLKODÁSI SZAKMÉRNÖK**

**SZAKDOLGOZAT**

feladatlap

*Szalai Eszter*

részére

**A szakdolgozat címe:**

**Zalaegerszegi Hulladékkezelő Központ biogáz alapú villamos energia termelésének megtervezése és felhasználási lehetőségei**

**Feladatkiírás:**

A biogáz jellemzői, előállításának technológiája. A Hulladékkezelő telepre beszállított zöldhulladék, konyhai maradék és szennyvíziszap jellemzői, biogázzá alakíthatóságuk vizsgálata és a biogáz technológia megtervezése. A keletkező biogáz felhasználási lehetőségei kapcsolt hő- és villamosenergia termeléssel.

**Közreműködő tanszék:** Műszaki Intézet


**Külső konzulens:** *Prof. Dr. Tóth László, Egyetemi tanár, Professzor emeritus, MATE Műszaki Intézet*

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

**Beadási határidő:** 2024. április hó 22. nap

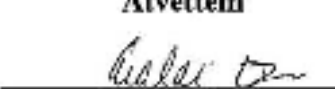
Gödöllő, 2024. hó nap

**Jóváhagyom**

  
(tanszékvezető)

  
(szakfelelős)

**Átvettem**

  
(hallgató)

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

Gödöllő, 2024. 04. hó 18. nap



(külső konzulens)

# Tartalomjegyzék

1	Bevezetés és célkitűzések.....	6
2	Szakirodalmi áttekintés .....	8
2.1	Az üvegházhatású gázok.....	8
2.2	A biogáz-termelés helyzete Európában és Magyarországon .....	11
2.2.1	Biogáz termelés Európában .....	11
2.2.2	Biogáz termelés Magyarországon.....	12
2.2.3	Biogáz üzem létesítésének feltételei.....	13
2.3.	A biogáz .....	15
2.3.1	A biogáz fogalma, összetétele, alapanyagai.....	15
2.3.2	A biogázképződés mikrobiológiai folyamata.....	17
2.4.	A biogáz előállítás technológiája.....	18
2.4.1	A biogáz képződését befolyásoló tényezők .....	19
2.4.1.1	Hőmérséklet .....	19
2.4.1.2	Oltóanyag.....	20
2.4.1.3	A szubsztrát összetétele és koncentrációja.....	20
2.4.1.4	A fermentorok soros és párhuzamos működése .....	21
2.4.1.5	A fermentor adagolása.....	22
2.4.1.6	Tartózkodási idő és szervesanyag terhelés.....	22
2.4.1.7	A fermentor kialakítása és alakja.....	23
2.4.1.8	A fermentorok keverése.....	24
2.4.1.9	A habképzés okai és hatásai .....	26
2.5	A biogáz hasznosítása gázmotorral .....	27

2.6 Ko-szubsztrát fermentáció.....	28
2.6.1 Konyhai hulladékok rothasztása.....	29
2.6.2 A szennyvíziszap rothasztása.....	30
3. Alkalmazott módszerek a szerves anyagok biológiai bonthatóságának meghatározására ...	31
3.1 A biogáz-előállítás hatékonyságának laboratóriumi vizsgálata.....	31
3.2 A szakirodalom által meghatározott bonthatósági értékek ismertetése.....	32
4. A tervezett biogáz üzemben felhasználásra szánt alapanyagok .....	34
4.1 Zöldhulladék.....	34
4.2 Konyhai hulladék.....	35
4.3 A szennyvíziszap .....	37
5. A zalaegerszegi Biogáz üzem.....	40
5.1 A biogáz üzem felépítése.....	40
5.2 A hulladékok jellemző paraméterei a biogáz előállítása szempontjából .....	41
5.3 A technológia részei.....	44
5.4 A megtermelt energia felhasználása.....	50
5.4.1 A villamos energia felhasználása .....	50
5.4.2 Hőhasznosítás .....	51
5.5 A beruházás költsége .....	51
5.6 A megtermelt villamosenergia várható bevétele.....	52
6. Következtetések és javaslatok.....	54
7. Összefoglalás.....	56
8. Irodalomjegyzék.....	58
9. Ábrák és táblázatok jegyzéke.....	61

## 1. Bevezetés és célkitűzések

A „klímaszorongás” fogalmával az emberiség mindössze néhány évtizede ismerkedett meg. Az egyre nagyobb mértékben megfigyelhető éghajlatváltozással és annak potenciális hatásaival kapcsolatos stressz és szorongás az utóbbi években különösen előtérbe került annak köszönhetően, hogy számos kutatás és felmérés igazolta, hogy az említett jelenség évről-évre egyre több embert érint, különösen a fiatalokat, hiszen a saját- és gyerekeik jövőjét érzik közvetlen veszélyben. Ennek oka elsősorban a fejlett országokra jellemző fogyasztás-központú, pazarló életmód, valamint ezen igények kielégítését, és saját profitjuk maximalizálást célzó vállalatok tevékenysége, melyek nagy szerepet játszanak az üvegházhatású gázok kibocsátásában -melyek a globális felmelegedést okozzák-, valamint nem csak a szárazföldet, de már a tengereket, óceánokat is ellepő több millió tonna hulladék kibocsátása, mely az ökoszisztémára végzetes hatással lehet. A klímakutatók, környezetvédelmi szakemberek és aktivisták már évtizedek óta figyelmeztetnek és fogalmaznak meg cselekvési terveket, az egyének-, a vállalatok-, a kormányzatok-, világszervezetek részére, hiszen a fenntartható jövő biztosításában minden szereplőnek felelősséget kell vállalnia. 2020-ban számos világvárosban és ipari központok környezetében kimutatható volt, hogy a COVID 19 járvány lassítása érdekében a közlekedésben és az ipari termelésben bevezetett globális méretű korlátozások következtében jelentős mértékben csökkent a légkör szennyezettségének mértéke (pl. a nitrogén-dioxid koncentrációja).

A korlátozások ezen pozitív hatása mellett viszont a világgazdaság hatalmas károkat szenvedett, rengeteg ágazat működése állt le, ezáltal emberek milliói maradtak ideiglenesen, vagy tartósan munka nélkül. Minden állam működésének egyik legfontosabb mutatószáma a GDP (bruttó hazai termék), ami leegyszerűsítve az ország termelésének értékét, valamint az életszínvonalat fejezi ki. Be kell látni, hogy jelenlegi világunkban az embereknek alapvető fontosságú a lehetőségeik szerinti legmagasabb életszínvonal elérése, ami együtt jár az ipari termeléssel, biztosítva a munkahelyek és a vásárlóerő meglétét. Jelenlegi formájában ez hosszú távon nem fenntartható. Az ipari termelésben továbbra is elterjedten alkalmazott fosszilis energiahordozók kimerülőben vannak, valamint elégetésükkel az üvegházhatású gázok fokozatosan növekvő koncentrációban vannak jelen a légtérben. A megújuló energiaforrások lehető legszélesebb körű felhasználását kell megvalósítani az energiafelhasználás minden területén, a károsanyag-kibocsátás minimalizálása miatt, valamint rengeteg állam importfüggése miatt energiahordozók terén. Oroszország Ukrajna elleni inváziójának kapcsán Európai országai ráébredtek, milyen

komoly következménye lehet annak, ha a háborús helyzet következtében az orosz földgázellátás megszűnne. Az Európai Unió államainak törekedni kell arra, hogy a saját földrajzi adottságuk révén elérhető megújuló energiaforrásokat a lehető leghatékonyabban hasznosítsák az energia-importfüggőség mérséklésére.

A földi életünk fenntarthatósága szempontjából a termelés és fogyasztás során keletkező hulladékot is csökkenteni kell. A hulladékgazdálkodás közfeladatát Magyarországon 2023. 07.01-től a MOHU MOL Hulladékgazdálkodási Zrt. látja el, aki vállalja, hogy a jelenlegi 32%-os újra hasznosítási arány 2040-re eléri az Európai Unió elvárásainak megfelelő 65%-ot, a lerakással történő ártalmatlanítást pedig a jelenlegi 50%-ról 10%-ra mérsékli.

Szakedolgozatomban a Zalai Közszolgáltató Nonprofit Kft. (mely a MOHU MOL koncesszori alvállalkozója) által Zalaegerszegen üzemeltetett Hulladékkezelő Központ két problémájára keresek együttes megoldást. A Hulladékkezelő Központ területén működik egy szelektív hulladékválogató- és egy komposztáló üzem. A komposztálóba évente közel 3100 t zöld hulladék érkezik, melyet forgalomba hozatali engedély hiányában a ZKN Kft. nem tud értékesíteni. Az engedély hiányának oka, hogy a MOHU MOL jogelődje, az NHKV Zrt. a zöld hulladék kezelési költségeit nem finanszírozta, viszont az értékesítéséből származó bevétel őt, mint a hulladék tulajdonosát illette volna. A ZKN Kft. emiatt nem tartotta érdekének a forgalomba hozatali engedély megszerzését, enélkül viszont a folyamatosan növekvő készlet tárolását meg kell oldania. A másik megoldásra váró probléma a Hulladékkezelő Központ működéséhez szükséges villamos energia és földgáz költségeinek csökkentése, ez fajlagosan a fűtés esetében különösen magas, a 300 m<sup>2</sup> alapterületű szociális rész fűtését és meleg víz ellátását egy 8 m<sup>3</sup>-es gáztartály biztosítja, mely rendszerese töltése jelentős költséggel jár. Ennek okán megvizsgálom, hogy a Hulladékkezelő Központban üzemeltetett komposztáló területén egy biogáz üzem létesítésének van-e jogosultsága, a zöld hulladék hasznosításával megtermelt energia fedezné-e az energiafogyasztást, képződik-e értékesíthető többletenergia? A zöld hulladék mellett tápanyagban gazdag alapanyagot a Zalavíz Zrt. néhány vidéki településéről származó eleveniszap biztosítaná, illetve felhasználnám a 2024-ben induló konyhai hulladékok házhoz menő gyűjtéséből származó hulladékokat is.

A dolgozatomban említésre kerülnek az üvegházhatású gázok, a biogáztermelés helyzete, a biogáz előállításának technológiája és megtervezem a zalaegerszegi telephelyre a felhasználható alapanyagok mennyiségével elérhető biogázhozamot hasznosító technológiát.

## 2. Szakirodalmi áttekintés

### 2.1 Az üvegházhatású gázok

Földünkön az oxigéntermelő fotoszintézis a becslések szerint legalább 2,3 milliárd évvel ezelőtt jelent meg, ami a biomassza robbanásszerű elterjedését eredményezte. Az óriás mennyiségű biomassza megjelenése 20% légköri oxigén kialakulásával járt, ill. a metántermelő baktériumok tevékenységében is változásokat hozott. A fotoszintézis létrejötte előtt a szervesetlen vegyületek ( $H_2$ ,  $CO_2$ ) alkották a metántermelés forrását, de azóta a biomassza anaerob lebontásából származó hidrogén és ecetsav a fő forrásai. A metán a második legjelentősebb üvegházhatású gáz a szén-dioxid után, mely koncentrációja a 20. század során megháromszorozódott. Az emelkedés oka a fosszilis tüzelőanyagok égetése mellett úgynevezett biogén- (vizes élőhelyek, mocsarak, hulladéklerakók, szennyvíztisztítók, rizsföldek, kérődzők emésztőrendszere), ill. abiogén forrásokra (biomassza égetés, vulkánok, természetes gázkitörések, szénbányák) vezethető vissza. 2006-os adatok szerint kb. 350-600 millió t metán kerül a légkörbe, mely 81-86%-a biogén, 13-19%-a abiogén eredetű. (Oláh J., 2010)

Az üvegházhatású gázok elnyelik és a légkörben tartják a Föld felszínéről visszavert sugarakat, megakadályozva, hogy az ürbe távozzanak, ezáltal magasabb hőmérséklet alakul ki, mint amekkora egyébként lenne. Az üvegházhatás következménye az átlaghőmérséklet emelkedése mellett a szélsőséges időjárási viszonyok egyre gyakoribb és egyre több területen való megjelenése (áradások, hőhullámok, szélviharok (Európai Parlament, 2023) 1861-2000 között a Föld átlaghőmérséklete 0-5-0,7 °C-kal emelkedett, a következő évszázadra az előrejelzések szerint az emelkedés mértéke 1,0-3,5 °C is lehet, ami a tengerszint 50 m-es emelkedésével járhat. (Oláh J., 2010)

A legfontosabb üvegházhatású gázok a szén-dioxid és a metán. A metán csak 10-15 évig marad a légkörben, de a szén-dioxidnál 80-szor erősebb az üvegházhatása. (Sipos G., 2020) A metán és a szén-dioxid mellett üvegházhatású gáz a nitrogén-dioxid ( $N_2O$ ), melyek természetes úton és az emberi tevékenység következtében is előfordulnak, ill. az úgynevezett F-gázok (Fluor tartalmú gázok), melyek ipari-, mesterségesen előállított gázok.

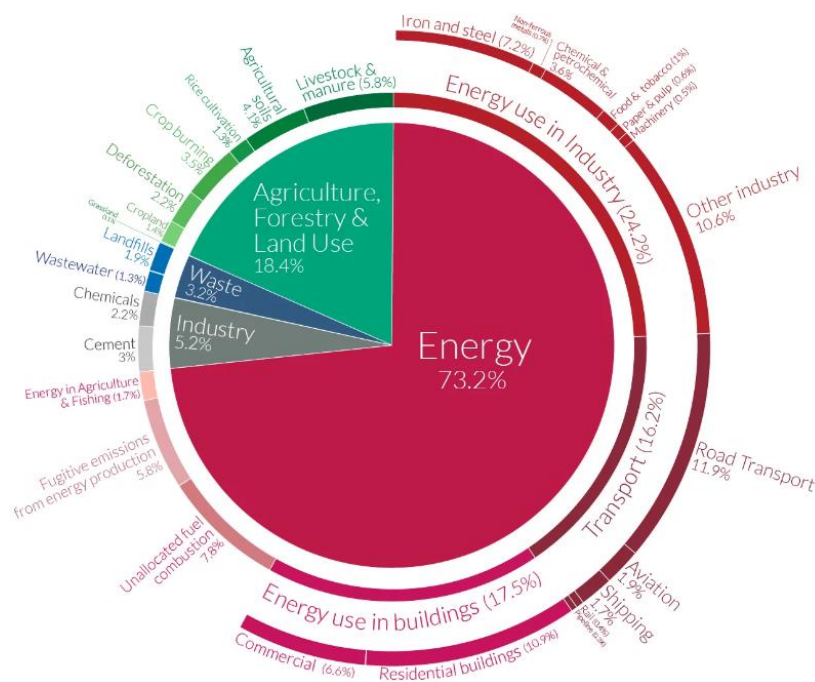
A szén-dioxid kibocsátás fő forrása a fosszilis energiahordozók égetése, a vegyipar tevékenységei, erdőirtások és talajdegradáció. A metán kibocsátásáért a mezőgazdaság, a hulladék- és szennyvízkezelés, valamint a biomassza égetése felelős. A nitrogén-dioxidok fő forrásai közé tartozik a műtrágyahasználat, míg az F-gázokat főként a hűtési technológiák intenzív alkalmazása generálja.



Az 1. ábra szemlélteti, hogy világszinten az egyes szektorok mennyiben járulnak hozzá az üvegházhatású gázok kibocsátásához:

**1. ábra:** A kibocsátott üvegházhatású gázok megoszlása szektoronként

(forrás: Papp L., 2021)



- A szén-dioxid kibocsátás 73%-át az energiafelhasználás teszi ki. Ezen belül az iparágak közül például a vas- és acéltipar, vegyipar, élelmiszeripar, textilipar, építőipar, bányászat és járműgyártás felelős 24%-ért. A közlekedés és szállítás 16,2%-ot tesz ki, ahol a közúti forgalom a legjelentősebb. Az épületek energiafelhasználása 17,5%-ot képvisel, mely magában foglalja mind a háztartások, mind az üzemek energiaigényét. Az egyéb energiafelhasználás, mint például a nukleáris ipar, kapcsolt áram- és hőtermelés, biomassza égetése, 7,8%-ot, míg a fosszilis energiahordozók kitermelése során fellépő metánszivárgás 5,8%-ot tesz ki. Emellett a halászat és mezőgazdaság is hozzájárul 1,7%-kal.
- 5,2%-ot tesz ki az ipari folyamatokból származó közvetlen kibocsátás, mint pl. a cementgyártás és a vegyipar.
- a hulladékképződés 3,2%-ot tesz ki, azaz a települési szilárd hulladékok lerakón való elhelyezése és a keletkező szennyvíziszapok.

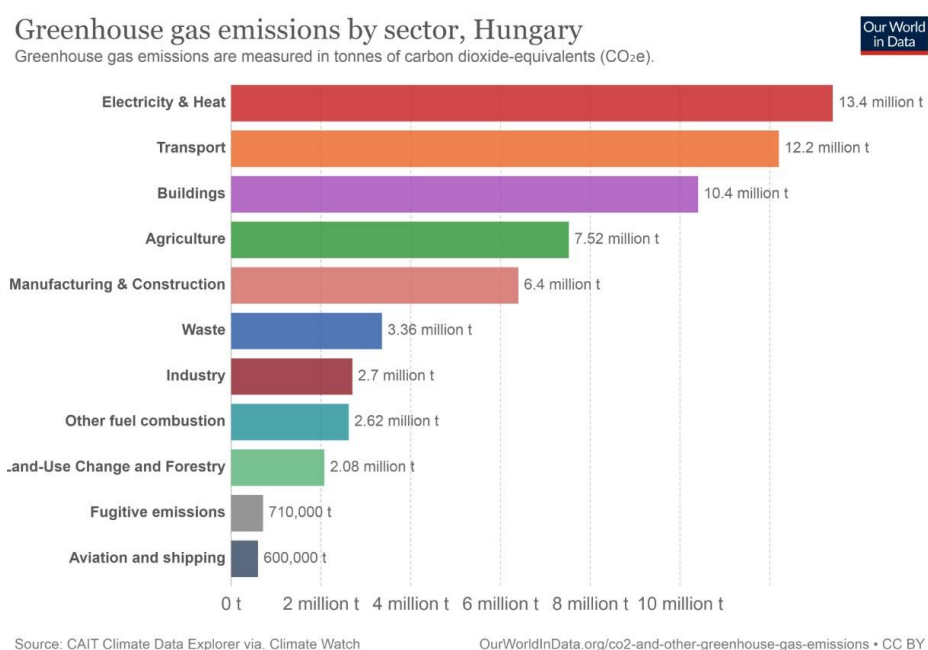
- 18,4%-ot tesz ki a mezőgazdaság, erdészet és földhasználat (állattenyésztés, műtrágyahasználat, erdőirtás, biomassa égetés, rizstermesztés, talaj degradációja) (Papp L., 2021)

Az Unióban az üvegházhatású gázok közel 75%-a villamos energiatermelés, a fűtés és a közlekedéshez felhasznált energia által keletkezik. (Európai Parlament, 2022) 2021-ben az Európai Unió területén képződött üvegházhatású gázok 80%-át a szén-dioxid, 12%-át a metán tette ki. Az Unió célkitűzése, hogy 2030-ra 1900-as szinthez képest 55%-kal, 2050-re pedig a nettó nulla szintre csökkenjen a kibocsátás. (Európai Parlament, 2023)

A 2. ábrán Magyarország területén 2016-ban kibocsátott üvegházhatású gázok megoszlását látjuk az egyes szektorok között. Az első három helyen az energiatermelés, a közlekedés és az épületek energiafelhasználása szerepel.

**2. ábra:** A kibocsátott üvegházhatású gázok megoszlása szektoronként 2016-ban Magyarországon

(forrás: Papp L., 2021)



A hulladék-ágazat a hatodik helyen szerepel, ami arra utal, hogy viszonylag magas arányban kerülnek lerakásra szerves hulladékok. A konyhákban keletkező hulladékok elkülönített gyűjtésének elterjedése, ami 2024-ben kezdődött, jelentős mértékben hozzájárulhat a

depóniákra kerülő szerves hulladék arányának csökkenéséhez a közeljövőben. Ezenkívül a közszolgáltatók által gyűjtött zöldhulladékok és a szennyvíziszapok anaerob kezelésének növekvő aránya hosszabb távon csökkentené mind az energiatermelés szektorában, mind pedig a hulladék-szektorban a károsanyag-kibocsátásának értékét.

## **2.2 A biogáz-termelés helyzete Európában és Magyarországon**

### **2.2.1 Biogáz termelés Európában**

Az Európai Unió 2021-es Bioenergia fenntarthatóságáról szóló jelentése szerint az Unió fő megújuló energiaforrása a biomassza, amely a megújuló energiafogyasztás 59%-át teszi ki. (http3) Biomasszának tekintjük a szervesanyag tartalommal rendelkező folyékony, vagy szilárd halmazállapotú anyagokat, melyek növényi, vagy állati eredetűek és energiatermelésre alkalmasak. A biogáz a biomasszából anaerob módon, baktériumok lebontó tevékenysége által előállított gáz. (Galyas A. B., 2018)

2023-as adatok szerint a felhasznált biomassza 71%-át égetésre, 13%-át folyékony üzemanyagok-, 11%-át biogáz előállítására használták fel. Az Unió elkötelezett abban, hogy a földgáz felhasználása helyett a megújuló energiaforrások használatát helyezze előtérbe. Ezt a folyamatot felgyorsította az energiaválság, ill. Oroszország Ukrajna elleni inváziója, melynek közvetlen és közvetlen hatása van Európa energiaellátási helyzetére. (http3) Európa a földgáz 25%-át Oroszországból importálja. A megújuló energiaforrások közül a biogáz megoldást jelenthet a földgázfüggőség csökkentésére. Az Unió célja, hogy 2030-ra az energiafelhasználás 45%-át megújuló energiaforrásokból fedezze. Az Európai Biogáz Szövetség 2022-es jelentésében pedig kifejtette, hogy 2050-re Európa gázszükségletének 36-62 %-át a biogáz fedezheti. (Gómez, F., 2023)

Európában a legnagyobb mennyiségben Németország állít elő biogázt, a termelés 50%-át adja, jelentős termelő még Belgium, Dánia, Olaszország, Franciaország. (http3) Németország világviszonylatban is az egyik legnagyobb biogáz termelő az Egyesült Államok és Kína mellett. (http6)

Nyugat-Európában a biogáz termelés elterjedése köszönhető az állami szerepvállalás, a törvényalkotás és a gazdaságpolitika szoros együttműködésének. Németországban a 2004-es megújuló energiaforrásokból termelt elektromos áram átvételét szabályozó kedvező feltételeket

biztosító törvénymódosítás után nőtt meg ugrásszerűen a biogáz üzemek száma, rengeteg, mezőgazdasági vállalkozás számára lett a tevékenységi kör része az energiatermelés. Az üzemek általában egy gazdasági ágazathoz kapcsolódnak. Létesítésük abban az esetben indokolt, ha a már működő gazdaság technológiai és méretbeli paraméterihez gazdaságosan illeszkedik. A biogáz technológia általi energiaellátási-, környezetvédelmi- és talajgazdálkodási előnyök felismerése, kiegészülve a támogató intézkedésekkel, kedvező gazdasági környezetet eredményez. Az Unió kiemelten kezeli az újabb üzemek létesítését, de ezek nyereségpotenciálja önmagában nem jelentős, hogy megtérüljön a beruházási és a működtetési költség. (Oláh J., 2010)

### **2.2.2 Biogáz termelés Magyarországon**

A biogáz előállítás üteme folyamatosan növekszik Magyarországon, de még elmarad az Európai Unió többi tagállamához képest. A Kormány Nemzeti Energiastratégia programja szerint reális esélye van annak, hogy 2030-ra a hazai földgázfogyasztás 1%-át a biogáz termelésből fedezi. A földgázkészletünk 85%-a importból származik, túlnyomó része Oroszországból. A Magyarországon működő biogáz üzemek főleg másodlagos és harmadlagos biomasszát használnak fel és 2022-es adatok szerint 3,2 PJ energiát állítottak elő. Az ország első biogázüzeme a Batortade Kft. mely 2003-ban jött létre, mai napig az egyik legnagyobb kapacitású és legmagasabb hatékonysággal működő üzem. Az országban 2008-ig mindössze 9 biogáz üzem működött, 2012-re számuk már 53-ra emelkedett, köszönhetően az Uniós- és hazai támogatási rendszernek, melyek elsősorban az üzemek létesítési költségeit támogatták 40-70%-ban. Az üzemek által megtermelt villamos energia 2008-ról 2012-re 29,5 GWh-ról 92 GWh-ra emelkedett. A gazdaságosan működő üzemek elsősorban saját alapanyagaikat/hulladékaikat feldolgozó állattartó telepeken, mezőgazdasági üzemek területén és szennyvíztisztító telepeken működnek, melyek számára az alapanyag állandó jelleggel, alacsony költségen hozzáférhető, ill. a megtermelt villamos energia mellett a keletkező hőenergiát is hasznosítani tudják. (Bera P., 2022)

A bővüléséhez elengedhetetlen az elkötelezett energiapolitika, a kiszámítható, stabil szabályozási feltételek, az egyszerűsített engedélyezési eljárás - mely jelenleg rendkívül költséges és bonyolult. Míg Magyarországon a biogáz üzemek beruházási költségére érhető el támogatás, addig az Unióban elsősorban a megtermelt zöldáram kötelező átvételi ára

kedvezőbb. Hazánkban ez átlagosan 34 Ft/kWh, addig az Unióban ennek a másfél-kétszeresét fizetik a termelőknek. (Hajdú J., 2013)

Magyarország jelentős biomassza-potenciállal rendelkezik, így a biogáz előállítása decentralizáltan történhet. A termelés alapanyagainak jelentős része a mezőgazdaságból származik, így az alapanyagok termesztése és feldolgozásuk támogatása vidékfejlesztési előnyökkel is járhat. A biogáz tehát olyan alapvető energiaforrás, ami hozzájárul a fenntartható mezőgazdasági és gazdasági fejlődéshez, a környezetvédelemhez és a vidékfejlesztéshez. Jövedelemezőségi nehézségei miatt azonban szükséges az Uniós és nemzeti támogatások igénybevétele. Az üzemeknek elsősorban a beruházási költségei magasak, bevételént jelentkezik a megtermelt hő- és elektromos áram, ill. a termőföldeken biotrágyaként elhelyezhető kiejedt végtermék. (Oláh J., 2010)

Magyarország elméleti biogáz potenciáljának becslésére elérő értéket találunk: 77,6 PJ, ill. 157 PJ. Az Agrárközgazdasági Intézet e két eltérő érték alapján 118 PJ köztes értéket határozott meg. Ha a jelenlegi 3,2 PJ érték helyett az elméleti 118 PJ energiatermelés megvalósulna, az 2,5 milliárd m<sup>3</sup> földgázt – az éves fogyasztásunk 25%-át váltaná ki. (Bera P., 2022)

### **2.2.3 Biogáz üzem létesítésének feltételei**

A biogáz előállítás bevételét nem csak az előállított termékek bevétele jelenti, hanem figyelembe kell venni azon költségek csökkenését is, amely a felhasznált anyagok korábbi ártalmatlanítása során képződött. A biogáz előállítás a hulladékok ártalmatlanítását energiatermeléssel valósítja meg, elkerülve a fosszilis energiaforrások használatát és a károsanyag kibocsátást. A zöldhulladék komposztálása, ill. a szerves hulladékok depónián való lerakása során a szén-dioxid és a metán a légterbe távozik, az anaerob lebontás előtérbe helyezése ebből következően közegészségügyi és környezetvédelmi szempontól is fontos. Egy biogáz üzem akkor lehet jövedelmező, ha összeadjuk a hulladék ártalmatlanításának elmaradó költségeit ill. a képződő bevételeket, amelyek adódhatnak a megtermelt energia értékesítéséből, és/vagy saját felhasználásra fordításból a fosszilis energiaforrások használata helyett, valamint a képződött végtermék (biotrágya) hasznosításából származó esetleges bevételeket.

Egy biogáz üzem létrehozása stratégiai döntéseket és finanszírozási, gazdasági kérdéseket von maga után. Tisztában kell lenni azzal, hogy ez elsősorban egy hulladékkezelési eljárás, csak energetikai szempontból általában nem jövedelmező. A gazdaságosság eléréséhez szükséges,

hogy a megvalósításhoz minél nagyobb mértékben támogatásokat lehessen igénybe venni, melyek lehetnek Uniós, vagy állami források. Szükséges a megfelelő alapanyag, amely meghatározza a biogáz mennyiségét és minőségét. A megfelelő méretezés biztosítja, hogy az üzem kapacitása összhangban legyen a felhasznált alapanyaggal és a megtermelt/felhasznált energiamennyiséggel. A folyamatos működés biztosítása is alapvető feltétel, melynek alapeleme a megfelelő technológia kiválasztása és a szükséges beavatkozások, karbantartások mindenkor elvégzése.

Egy biogáz üzem megvalósításnak engedélyeztetése bonyolult és hosszadalmas folyamat. A tervezési és engedélyezési eljárás általában kétszer-háromszor több idő vesz igénybe, mint maga a kivitelezés. Mind az Unióban, mind Magyarországon jellemzően 2-4 év az engedélyeztetés folyamata. A kivitelezés jogerős energiaipari engedély után kezdhető meg. Az energiaipari engedély megszerzésének alapfeltétele az érvényes környezetvédelmi-, építési engedély és a hálózati csatlakozási szerződés. Az üzem sajátosságai szerint más engedélyek beszerzése is indokolt, pl. hulladékkezelési-, vagy a kiejert anyag termőföldeken való elhelyezésre vonatkozó engedély.

Ha a biogáz üzem a megtermelt villamos energiát a hálózatra szeretné termelni, a területileg illetékes hálózati engedélyesnél teszi meg a hálózati csatlakozási igénybejelentését, akivel hálózatsatlakozási szerződést köt, mely szerződés alapján a hálózati engedélyes a meghatározott csatlakozási pontokra hálózati csatlakozás kiépítését vállalja csatlakozási díj ellenében.

Hol érdemes biogáz üzemet létrehozni? Ahol:

- környezetvédelmi beruházás szükséges a szerves melléktermék/hulladékok ártalmatlanítására
- Az alapanyag túlnyomó része, legalább 70%-a helyben van
- a keletkező biogáz közvetlenül hasznosítható
- rácsatlakozási lehetőség van középvezettségű vezetésekre
- végtermékek elhelyezése megoldott
- legalább 1000 m távolságra van lakott területtől (Bai A., 2013)

## 2.3 A biogáz

### 2.3.1 A biogáz fogalma, összetétele, alapanyagai

A biogáz a biológiai úton lebontható szerves anyagokból anaerob (oxigénmentes) környezetben, metanogén baktériumok közreműködésével előállított metánban gazdag gáz. „A 42/2005 (III/10) Kormányrendelet alapján a biogáz biomasszából, ill. hulladékok biológiailag lebomló részéből földgázminőségűre tisztítható, bioüzemanyagként felhasználható gáznemű üzemanya, vagy fagáz.” (http1)

Összetétele a földgázhoz hasonló, energiatartalma kb. 2/3-a a földgáznak, 18-23 MJ/m<sup>3</sup>. Átlagos fűtőértéke 21,6 MJ/m<sup>3</sup>, valamint 6 kWh/m<sup>3</sup>, ami 0,65 m<sup>3</sup> földgáznak, vagy 0,6 l fűtőolajnak felel meg. A biogázképződés a természetben önmagában is lejátszódó folyamat, kérődző állatok bendőjében, mocsarakban, hulladéklerakókban. Legelterjedtebb felhasználási módja a gázmotorokban való elégetés, mely során elektromos áramot és hőt kapunk. (Tóth L., 2012) A biogáz megfelelő mértékű tisztítása (kéntelenítése) után a földgázhálózatba betáplálható (biomatán), ill. felhasználható járművek üzemanyagaként (CNG). (Galyas A. B., 2018) A biogáz előállítása után visszamaradó biotrágya a megfelelő kezelés után, megfelelő határértékek esetén a mezőgazdaságban talajjavításra, tápanyag utánpótlásra felhasználható.

A biogáz összetétele:

- 50-75% metán (CH<sub>4</sub>)
- 25-50% szén-dioxid (CO<sub>2</sub>)
- 2-7% víz (H<sub>2</sub>O)
- 20-20000 ppm kén-hidrogén (H<sub>2</sub>S)
- <2% nitrogén (N<sub>2</sub>)
- <1% hidrogén (H<sub>2</sub>)

Legfontosabb alapanyagai: állattartásból származó (híg)trágya, a növénytermesztés elsődleges- és másodlagos termékei, élelmiszeripari melléktermékek, konyhai- és vágóhídi hulladékok, állati tetemek, szennyvizek, kommunális hulladék. (Tóth L., 2012)

Egyre elterjedtebb, hogy mezőgazdasági-, állattartó- és szennyvízkezelő telepeken a képződő hulladékok lerakással történő ártalmatlanítása helyett biogáz előállító üzemeltetést létesítenek és a keletkezett biogázt a saját rendszer ellátására villamos- és hőenergiával látják el, vagy értékesítik a villamos energiát. Ezzel környezetkímélő, szén-dioxid-semleges energiatermelés

valósítható meg. 1 m<sup>3</sup> biogáz 1,1-1,3 kg üvegházhatású gáz levegőbe jutását akadályozza meg. (Hajdú J., 2013)

A depóniákon való lerakás ugyanis jelentős mennyiségű üvegházhatású gáz légtérbe jutását eredményezi a depóniatestben lévő nagy mennyiségű szervesanyag bomlása miatt. A hulladéklerakókat egyfajta száraz rendszerű reaktoroknak is tekinthetjük, melyben függőleges irányban az alábbi zónákat különböztethetjük meg: aerob zóna (0-1,5 m), átmeneti zóna (1-2 m), anaerob zóna (1,2-20 m, vagy mélyebben). A depóniagáz összetétele és emissziója erősen ingadozó a hulladéklerakó erősen heterogén jellege miatt. A gázképződés évekig tarthat, majd idővel csökken. A depóniagáz összetételét az alábbi tényezők befolyásolják: a hulladék jellemzői, annak szervesanyag tartalma, nedvességtartalom, a mikrobiológiai populáció. A keletkező gáz atmoszférát szennyező hatása csökkenthető a gáz fáklyázásával, vagy gázmotorban való elégetésével. (Oláh J., 2010)

A metánképződés feltételei:

- anaerob körülmények
- metántermelő baktériumon jelenléte
- állandó hőmérséklet
- folyamatos keverés
- 50% feletti nedves közeg
- C/N arány (az optimális: 15-30/1)
- enyhén lúgos kémhatás (pH =7-8)
- fénymentes környezet
- az alapanyag azonos mennyiségben és minőségben, azonos időközönként legyen betáplálva (Tóth L., 2012)

A fermentációs eljárások csoportosítása az alapanyag szárazanyag-tartalma alapján:

- folyékony eljárás: 5-7% szárazanyag-tartalom
- nedves eljárás: 8-12% szárazanyag-tartalom
- félszáraz eljárás: 12-25% szárazanyag-tartalom
- száraz eljárás: 30-40% szárazanyag-tartalom (Galyas A. B., 2018)



### 2.3.2 A biogázképződés mikrobiológiai folyamata

A biogáz 40-50 különböző mikroorganizmus közreműködésével képződő gáz. Egy jó hatásfokkal működő fermentor alapanyagának 1 ml-ében 10 millió mikróba is előfordulhat. (Bai A., 2013)

A biogáz képződésének 2 alapvető lépése:

- fermentációs biokémia folyamat (hidrolízis + savképződés)
- metáncépződés biokémia folyamata (ecetsavképződés + metanogenezis)

Hidrolízis: A hidrolizáló mikroorganizmusok a zsírok, fehérjék, keményítő és cellulóz. Fakultatív és obligát anaerob mikroorganizmusok bontják le alkotóelemeikre a komplex szerves anyagokat, úgy, hogy a polimerláncok feldarabolására képes enzimeket bocsátanak ki magukból. A makromolekulákat tehát kisebb méretű molekulákká bontják le, pl. cukrokká, zsírsavakká, aminosavakká.

Savképződés (acidogenezis): A hidrolízisben részt vevő baktériumok a felvett zsírokat, aminosavakat és cukrokat tovább bontják még kisebb molekulákká és az ezáltal felszabaduló kémiai kötések energiáját saját bioszintetikus folyamataikhoz felhasználják. A kémiai energia mellett még kisebb molekulák jönnek létre: propionsav, vajsav, ecetsav (összefoglaló nevükön: illó szerves savak), valamint alkoholok és aldehidek. A savképződés folyamat addig tart, amíg saját lebontó tevékenységük által a baktériumok el nem pusztulnak. Az alacsony pH nem kedvez az életkörülményeiknek.

A hidrolízis és a savképződés folyamata nem szétválasztható, mert a hidrolízissel együtt a zsírsavképződés is elindul.

Ecetsavtermelés (acetogenezis): az ecetsavtermelő baktériumok (acetogének) az illó szerves savakat, alkoholokat ecetsavvá alakítják át. Az acetogén baktériumok csak metanogén baktériumokkal képesek együttműködni. (Oláh J., 2010)

A metanogenezis során a szigorúan anaerob lépcsőben a metanogén baktériumok nagyobb csoportja a szerves savakat metánná, szén-dioxiddá és vízzé bontja le. A metanogének másik csoportja a metánná alakítják át keletkezett szén-dioxid egy részét az acetogének által termelt hidrogén felhasználásával. (http5) A metántermelő baktériumok a természetben is megtalálhatók: pl. a kerti talajban, réteken, növényevő állatok gyomrában, tavakban, szennyvizekben. A metántermelő baktériumok morfológiailag és méretben eltérő fajok

tartoznak. A metanogén baktériumok generációs ideje hőmérsékletfüggő és nagyon lassan szaporodnak. A baktériumszám megkettőződéséhez nagy mennyiségű tápanyagot kell feldolgozniuk. A metanogén baktériumok generációs ideje néhány naptól néhány hétig terjedhet. Ha rövid az iszapkor, amikor is a kimosódási sebesség nagyobb, mint a szaporodási sebesség, a metanogén baktériumok kimosódhatnak a reaktorból, ezáltal a stabil üzem nem fenntartható. A metántermelés 65-70%-a ecetsavból történik. Egy biogáz üzemben ezek a lépések egymástól nem különülnek el, egyszerre vannak jelen, emiatt a rendszer biológiai érzékenysége magas. (Oláh J., 2010)

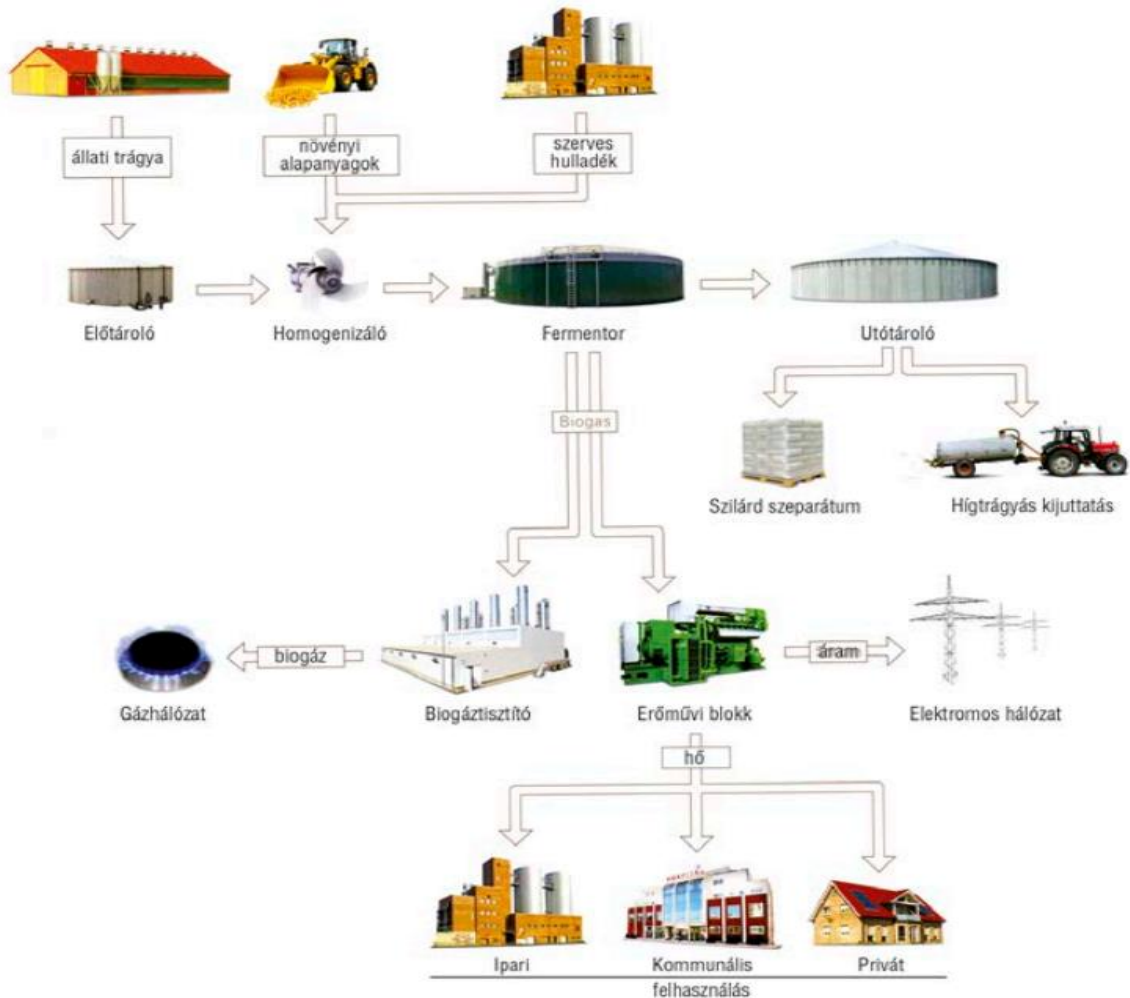
## **2.4 A biogáz előállítás technológiája**

Szerte a világon rengeteg biogáz üzem létesül, elsősorban állattartó-, szennyvíztisztító telepek, mezőgazdasági- és vágóhídi termékeket feldolgozó üzemek területén, vagy azok közelében. Ezen iparágak által kezelt/termelt hulladékok mennyisége rendkívül nagy, ebből adódóan lerakási/ártalmatlanítási költségük is. Az ilyen típusú hulladékok szerves anyag tartalma magas, így biogáz formájában történő hasznosítása az adott üzem számára felhasználható/értékesíthető villamos-, ill. hőenergiát állít elő, valamint a folyamat végén visszamaradó iszap/trágya mezőgazdasági célokra felhasználható a megfelelő határértékek esetén. Amennyiben mezőgazdasági hasznosítása mégsem lehetséges, az esetleges lerakással/égetéssel történő ártalmatlanítás már stabilizált formában, kisebb tömegben és/vagy térfogatban – ebből következően - alacsonyabb költségen történik, és már energiatartalma is kinyerésre került. (Hajdú J., 2009)

A biogáz előállítása fermentorban történik, melyben az előkészített, egy vagy több fajta alapanyag a megfelelő koncentrációban, a megfelelő üzemi körülmények között 4-6 hét között kiejred, mialatt a fermentor tetején lévő gáztérben összegyűlik a biogáz, melyet onnan elvezetve hasznosítanak. A folyamatot egyszerűsítve a 3. ábra szemlélteti.

### 3. ábra: A biogáz előállítás- és hasznosítás folyamata

(forrás: Hajdú, 2013)



## 2.4.1 A biogáz képződését befolyásoló tényezők

### 2.4.1.1 Hőmérséklet

A biogáz előállítás egyik legfontosabb tényezője a hőmérséklet. Az anaerob baktériumok szaporodása szempontjából 3 optimális hőmérsékleti tartományt különböztetünk meg:

- psichrofil zóna: 20 °C alatt (környezeti hőmérsékleten lejátszódó folyamat (a gyakorlatban nem elterjedt)
- mezofil zóna: 32-38 °C között
- termofil zóna: 50-55 °C között

Az adott baktériumfajt a fenti 3 hőmérsékleti tartománynak megfelelően szokás jellemezni. A termofil tartomány előnye a nagyobb reakciósebesség, a hatékonyabb szervesanyag-lebontás, a patogén baktériumok nagyobb mértékű pusztulása. A kisebb szükséges fermentortér mellett nagyobb fajlagos gázkihozatalt eredményez. Hátránya a magasabb fűtési energiaszükséglet, ill. a hőmérsékletváltozásra és toxikus anyagok jelenlétére való érzékenység. A hőmérsékletingadozás maximálisan megengedett mértéke +/- 1 °C, 1,5 °C-nál nagyobb különbség már üzemzavart eredményezhet. Tehát a hőszigetelés, az egyenletes terhelés és a folyamat szigorú ellenőrzése nagy jelentőséggel bír. A termofil folyamat stabilitása tehát kisebb. A mezofil tartományban lassabb a lebontás sebessége, viszont stabilabb az üzem, a hőingadozás +/- 3 °C-nál nagyobb érték esetén sem okoz üzemzavart. (Oláh J., 2010) Az üzemeltetésnél fontos kitétel, hogy a hőmérséklet naponta +1 °C-nál nagyobb mértékben ne emelkedjen, mivel a baktériumoknak alkalmazkodni kell az aktuális hőmérséklettartományhoz és ehhez a szükséges időt biztosítani kell. A megfelelő hőmérséklet biztosítása a reaktor fűtése, ill. hőszigetelése révén valósítható meg. (Barabás Gy., [N.a.]

#### **2.4.1.2 Oltóanyag**

A mikroorganizmusok lebontó tevékenységének megindításáért felelősek, ill. a mérgezések utáni újraindításban játszanak szerepet. (Barabás Gy., [N.a.]) Életben maradásuk annak függvénye, mennyire képesek alkalmazkodni a fermentorban uralkodó körülményekhez és a szubsztráthoz. A szubsztráthoz való alkalmazkodási időt adaptációs időnek nevezzük. Az adaptációs idő lerövidíthető, ha azonos/hasonló szubsztrátot bontó mikrobiotával történik a beoltás. Az adaptációs idő alatt az eredeti oltóanyagból azok a fajok válnak ki, amelyek a legjobban képesek alkalmazkodni a környezethez. Bizonyos anyagok, pl. szennyvíziszap, tartalmaznak olyan anyagokat, amelyek a beoltáshoz szükséges anyagokkal rendelkeznek. (Oláh J., 2010)

#### **2.4.1.3 A szubsztrát összetétele és koncentrációja**

A szubsztrát összetétele határozza meg a fermentorban uralkodó ökoszisztémát. Fontos, hogy a lebontást végző baktériumok könnyen hozzáférjenek a lebontandó vegyületekhez. Minél nagyobb az alapanyag száraz- és szervesanyag-tartalma, annál nagyobb a fajlagos gáztermelés. Bizonyos anyagok, pl. szennyvizek összetételét csak közelítőleg lehet megadni. A baktériumok

szaporodásának egyik legfontosabb feltétele a tápanyag összetétele. A legfontosabb tápanyag a szén, a nitrogén és a foszfor. A szennyvíziszap tartalmaz minden olyan tápanyagot, amire a mikroorganizmusoknak szüksége van. A szennyvíziszap szárazanyag-tartalmának 60-75%-a szervesanyag. (Oláh J., 2010) Vannak olyan idegen anyagok, amelyek kedvezőtlen hatással vannak a biogáz képződési folyamatra. Ezek a szubsztráttal együtt bekerülő homok, műanyagok, inert anyagok, rácscsémék, fonalas anyagok (haj, állati szőrök, textil szálak), egyéb szervesanyagok, melyek okozhatnak felhabzást, úszó-kéreg képződést, dugulást, lerakódásokat. Szennyvíziszapot felhasználó biogáz üzemekben megfigyelték, hogy a legtöbb üzemeltetési gondot a szálak okozzák, azáltal, hogy a fermentorban ezek a szálak összecsomósodnak és dugulást okoznak a csővezetékben, szivattyúban. (Barabás Gy., [N.a.]

#### **2.4.1.4 A fermentorok soros és párhuzamos működése**

A biogáz üzemek túlnyomó része több fermentorból áll.

A sorba kapcsolt fermentorok esetében fő- és utó-fermentorokat különböztetünk meg. Ebben az esetben a fő-fermentorban kezdődik és az utó-fermentorban fejeződik be a biogáz termelődése. A szubsztrát nagyrészt már kiejert formában kerül át az utó-fermentorba. A fermentorok soros kapcsolásánál alkalmazható az az eljárás, hogy az egyik fermentor mezofil, a másik termofil tartományban működik. A biogáz képződése lassabb, 50-60 napig tarthat.

Párhuzamos kapcsolás esetén valamennyi fermentor fő-fermentorként funkcionál, a töltésük és a kiejert anyag egy résznek leürítése naponta történik. Ezekben a rendszerekben intenzívebb gázképződés valósul meg. A fermentorok vagy mezofil, vagy termofil tartományban működnek. (Hajdú J., 2013)

A 4. ábra az Észak-pesti Szennyvíztisztító telepen működő fermentorokat ábrázolja:

#### 4. ábra: Észak-pesti Szennyvíztisztító telep fermentorai

(forrás: http4)



##### 2.4.1.5 A fermentor adagolása

Javasolt minden esetben puffertároló alkalmazása, melyben több napnyi mennyiséget lehet tárolni és amelyből a fermentor egyenletes adagolása megoldható. Egyenletes adagolással a túlterhelés elkerülhető. A túlterhelés következtében gyorsan bekövetkező felhabzás és a metántermelés visszaesése figyelhető meg. A fermentor térfogatarányos terhelését a megfelelő ciklusidő megválasztásával, automatizálva célravezető megoldani. Az adagolást 24 órára vonatkoztatva azonos időközönként kell elvégezni. A fél-folyamatos technológia alatt napi néhány adagolást értünk. A napi 12-szeri adagolás már közelíti a folyamatos üzemelést, az óránként történő adagolást pedig már tekinthetjük folyamatos üzemnek. (Oláh J., 2010)

##### 2.4.1.6 Tartózkodási idő és szervesanyag terhelés

Anaerob rothasztási rendszerek esetében alapvető fontosságú a tartózkodási idő meghatározása annak érdekében, hogy a rothadási folyamatok lezajlása minél hatékonyabb legyen. A rosszul felmért tartózkodási idő a rothasztás hatásfokát csökkenti. Minél hosszabb a tartózkodási idő, annál nagyobb mértékű lehet a lebontás, ha túl kevés a tartózkodási idő, a metanogén baktériumok kimosódhatnak a rendszerből, ezáltal a lebontási arány csökken. Meg kell keresni az arany középutat, hiszen a túl hosszú tartózkodási idő esetén az üzemeltetés már nem gazdaságos. (Oláh J., 2010)

Az ecetsav termelő baktériumok pl. gyorsan szaporodnak, megkettőződési idejük 1,75-29 óra között van optimális körülmények között. A fermentor terhelése az egységnyi térfogatra jutó napi szárazanyag betáplálást jelenti. Terhelés alapján a fermentor lehet kis-és nagyterhelésű. A kis terhelésű fermentorok fajlagos szervesanyagterhelése 0,6-1,6 kg szárazanyag/m<sup>3</sup> naponta, a nagy terhelésűeké: 2,4-6,4 kg szárazanyag/m<sup>3</sup> naponta. A túlterhelés következményeként kiegyensúlyozatlan állapot következhet be, ami a zsírsavak és illósavak elszaporodásával járhat. (Barabás Győző, [N.a.] )

#### **2.4.1.7 A fermentor kialakítása és alakja**

A fermentor geometriai formája befolyásolja a keverés hatékonyságát, valamint alakja fontos a környezet felé történő hővesztés szempontjából. A hővesztés nagysága függ a hőszigetelésétől, ill. belső felületének nagyságától. A legtöbb fermentor henger alakú Magyarországon, de előfordulnak gömb- és tojás alakú kivitelek is. Legelterjedtebbek a henger alakú beton fermentorok, sima, vagy enyhén lejtő fenékkal, rögzített-, vagy állítható magasságú tetővel. A lapos fenék recirkulációs keverés alkalmazása esetén nem előnyös, mechanikai keverés esetében viszont az, valamint beruházási költsége is alacsonyabb. A tojás alakú fermentorok beruházási költsége magas, viszont alacsonyabb az üzemeltetési költsége, valamint a helyigénye. Ez a kialakítás keverés szempontjából is kedvezőbb.

Az alapanyag adagolása szivattyúval történik, a végtermék elvezetés túlfolyón, a gáz lefűtatása pedig biztonsági szelepeken. Ezen felül szükséges a megfelelő kialakítás a fűtéshez, keveréshez, cirkuláltatáshoz, a felúszó iszap eltávolítására, szerelőnyílás a talajhoz közel eső részen. A fermentorba kerülő anyag felfűtése/fűtése külső, ill. belső hőcserélővel történhet. A hőcserét meleg víz végzi, ami a rendszerhez csatlakozó gázmotor hulladékhőjének hasznosításával történik.

A medence fenéke azért kúpos, hogy az iszap automatikusan le tudjon csúszni a medence aljára. A homok és az inert anyagok ezáltal kiülepednek, majd ezeket el lehet távolítani.

A hengeres fermentor előnye többek közt, hogy egyszerűen megépíthető, alakja révén viszonylag nagy gáztérfogat biztosított és a gáztározóval összeépíthető. Hátránya között lehet említeni, hogy a keverés hatásfoka nem túl magas, jellemző a holtterek kialakulása és a leülepedés. A leülepedések eltávolításakor az üzemelés szünetel. Továbbá előfordulhat kéreg- és habképződés a nagy felület miatt. (Oláh J., 2010)

### 2.4.1.8 A fermentorok keverése

A keverés célja az iszap homogenizálása lehetőleg a teljes térfogatra vonatkozóan a minél nagyobb hasznosíthatóság érdekében. A keverés során a mikroorganizmusok kapcsolatba kerülnek a tápanyaggal, valamint hozzájárul a pH szabályozásához és az egyenletes hőmérséklet kialakulásához. (Barabás Győző, [N.a.]) Minimalizálódik az inert anyagok, homok stb. fenékre jutása, ill. a flotálódó anyagok felszínre jutása. Megakadályozza a rétegződés kialakulását, azaz a fermentor alján lévő mikroorganizmusok a felsőbb rétegekben lévő szervesanyaggal kapcsolatba kerülnek a keverés által. A fermentorok kialakításának tervezésekor figyelembe kell venni, hogy a keverés szempontjából mi az optimális geometriai megoldás. Olyan keverést kell megvalósítani, hogy minél kisebb áramlási holtter alakuljon ki. A keverés elsődlegesen az egyenletes hőmérséklet- és koncentrációeloszlást biztosítja. A fermentorba frissen bevezetett iszap keverését egyből meg kell kezdeni, hogy a rothadási folyamat minél előbb beinduljon.

A leggyakrabban alkalmazott keverési megoldások:

- mechanikus keverők
- gázbefúvás
- szivattyús keverés (recirkuláció)
- gázbefúvás és mechanikus keverés együttes alkalmazása

Általánosságban kijelenthető, hogy a keverés akkor megfelelő, ha a fermentortérben 10 % alatt van a koncentráció eltérése. Ez nem vonatkozik a fermentor alján összegyűlt leülepedett iszapra.

A biológiai aktivitás folyamatos fenntartásához a szuszpenziót naponta 3-6 alkalommal 1-3 órás időtartamon keresztül kell átkeverni. Mechanikai keverő fix- és mozgó tetős fermentorokba is telepíthető. A keverő lapátjainak felülete idővel megkopik a szubsztátban található homok és inert anyagok keverése során, valamint a tengelyben is károsodást idézhet elő, így számolni kell ezen alkatrészek időnkénti cseréjével.

Elterjedt keverési módszer a mamutszivattyús keverés. Az iszap feletti gáztérből a keletkezett gázt az emelőcső aljára vezeti a kompresszor. Az iszap aljából a gázbuborékok felszállnak az alsó tartományban lévő iszap egy részével együtt, ezáltal megfordul a fermentor tetején lévő iszapáram és az emelőcső körül leszálló mozgást végez. A mechanikus keverésnél nagyobb a

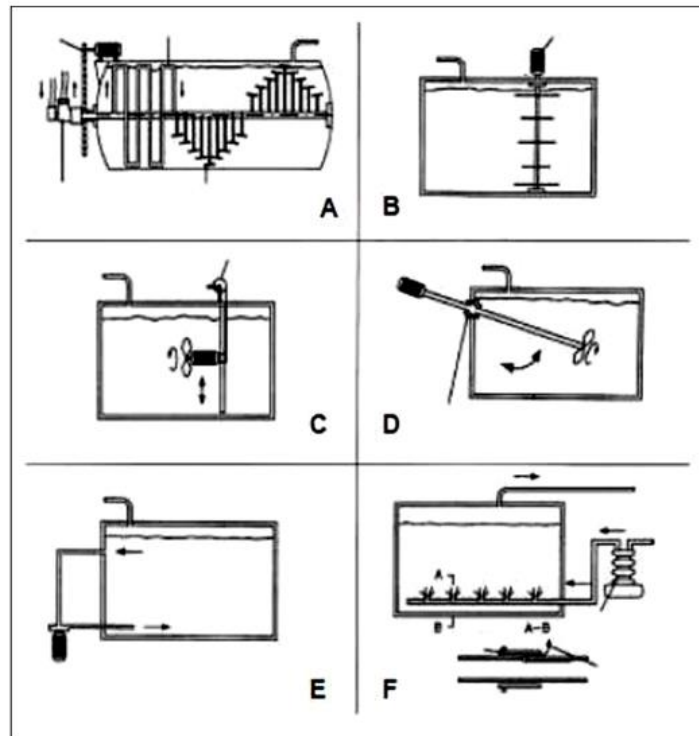


villamos teljesítmény igénye. Előfordulhat a gázbefűvő csövek korróziója, valamint eltömődése, csapágya meghibásodása.

Az 5. ábra a leggyakrabban alkalmazott keverési módokat ábrázolja:

**5. ábra:** A leggyakrabban alkalmazott keverési megoldások

(forrás: dr. Tóth László-Biogáz előadás jegyzet)



- A) Viszszintes tengelyű lapátozás
- B) Függőleges tengelyű keverő
- C) Állítható magasságú és irányú propelleres keverő
- D) Propeller keverő lengő karon
- E) hidraulikus keverés
- F) Légbefűvós keverés

Lapos fenékű-, ill. 3000 m<sup>3</sup>-nél nagyobb fermentorok estén alkalmazhatók oldal-propeller keverők, hogy a fermentor aljában a leülepedett iszap által okozott holtterek kialakulása minél hatékonyabban kiküszöbölhető legyen. (Oláh J., 2010)

### 2.4.1.9 A habképzés okai és hatásai

A fermentorban időnként előforduló habzást a fonalas metántermelő baktériumok megjelenése okozza. Ezek termofil körülmények között kisebb mennyiségben fordulnak elő, így a habzás mértéke is kisebb. Emellett habzást idézhetnek elő a növényi gyanták, alkáli sók, olajok, zsírok, fehérjék, polimerek, szintetikus detergensek. További, a habzás kialakulását segítő tényező a hőmérséklet ingadozása, a ciklikus, gázzal történő átkeverés, az ipari szennyvizek lökészerű terhelése, a nem azonos összetételű szubsztrát, nem megfelelő pH, ill. C/N arány, a nem hatékony átkeverés, sok, vagy kevés gázelvétel. A felhabzásnak az üzemeltetés szempontjából komoly következményei lehetnek:

- szagproblémák
- a fermentor iszap tartalmának csökkenése
- a hab átbukása a torló lemezen
- a fermentor fedelének megemelése
- a hab bejutása a gázgyűjtő rendszerbe
- a recirkulációs szivattyú eltömődése
- az iszap felúszása
- a gázképződés csökkenése

A gázkeverésű fermentorok esetében nagyobb mértékű felhabzás figyelhető meg, mint a manuális keverésűek esetében. A habzás okozta problémák kiküszöbölésére az alábbi megoldások jöhetnek szóba: a fermentor iszapszintjének csökkentése, és/vagy mechanikus hab-szeparátorok, ill. vízpermetező rendszerek kiépítése. (Oláh J., 2010)

Magyarországon elsősorban a folyamatos üzemű nedves eljárás terjedt el. Általánosságban elmondható, hogy a termelődő gázmennyiséget a megfelelő receptúra alapján összeállított szubsztrát mennyisége, ill. a fermentorok összes térfogata határozza meg, mindez a korszerű technológiák alkalmazása mellett. A hazai üzemek általában 2-3 fermentorral működnek, folyamatos üzemben, átlagosan 4500-5000 m<sup>3</sup> befogadóképességgel. (Hajdú J., 2013)

## 2.5 A biogáz hasznosítása gázmotorral

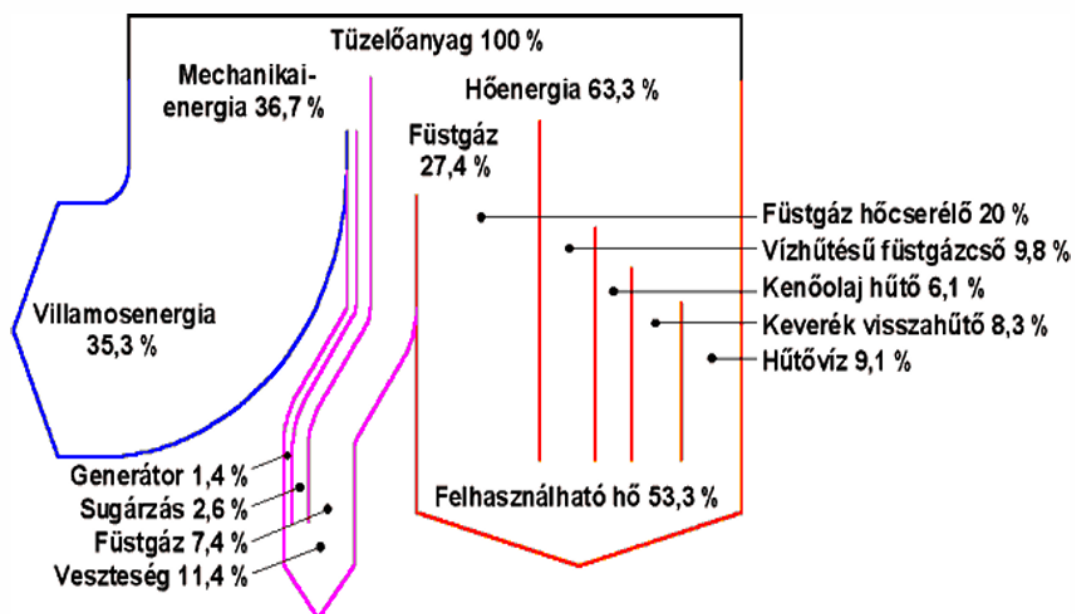
Az előállított biogáz hasznosításának legelterjedtebb módja a gázmotorban való elégetés. A gázmotor a villamos energia mellett fűtési energiát is képes előállítani, ebben az esetben beszélünk kapcsolt hő- és villamos energiatermelésről. Ezeket a berendezéseket nevezik CHP (Combi Heat and Power) berendezéseknek, melyek a tüzelőanyag elégetésével villamos energiát termelnek és hasznosul a gázmotor által termelt hő és füstgáz is. Ezen berendezések összhatásfoka átlagosan 83-85 %, köszönhetően a villamos- és hőenergia együttes felhasználásának. A megfelelően méretezett gázmotor kielégíti a fogyasztó villamos energia igényét, a megtermelt többletenergia betáplálható a hálózatba, az energiatermelés során keletkező hő pedig fűtési, ill. használati meleg víz előállítására felhasználható.

A gázmotorok üzembiztos működésének feltétele a komprimált, 55-60% metántartalmú, 200 ppm alá csökkentett kéntartalmú biogáz használata. Minél magasabb a biogáz metántartalma, annál magasabb hatásfok érhető el.

A biogáz üzem energia folyamatábráját az 6. ábrán szereplő Sankey-diagram szemlélteti.

**6. ábra:** A biogáz üzem energia folyamatábrája

(forrás: dr. Tóth László Biogáz előadás jegyzet)



A gázmotor részét képezik:

- gázanalizátor: folyamatosan analizálja és ellenőrzi a biogáz összetételét
- kéntelenítő: 200 ppm alá csökkenti a kéntartalmat, annak korrozív tulajdonsága miatt
- Biogáz sűrítő: biztosítja a gázmotor egyenletes és szabályozott gázellátást. (Hajdú J. 2013)

A biogáz kéntelenítése módszerei:

- szulfid eltávolítás: még a fermentorban, vagy a homogenizáló tartályban vas-kloridot, vagy vas-szulfátot adagolnak. Az eljárás azon alapul, hogy a fémsók a kén-hidrogénnel oldhatatlan vas-szulfid sókat alkotnak. A reakciótermék a fermentlével együtt távozik.
- biológiai mosás: mikroorganizmusok oxidációjával történik meg a kén-hidrogén tartalom csökkentése. Az oxidációhoz tiszta oxigénre van szükség. Gyakran alkalmazott technológia, mert egyszerű és vegyszermentes.
- kémiai oxidatív mosás: a kén-hidrogén oxidációja nátrium-hidroxid oldószerben valósul meg. Közepes-, vagy magas-, ill. ingadozó kén-hidrogén-tartalom esetén alkalmazzák
- membrántechnológia: a gáz alkotóinak szétválasztása a membrán két oldala közti parciális nyomáskülönbségen alapul.
- fizikai abszorpció - nagynyomású vizes mosás: a leggyakrabban alkalmazott biogáz tisztítási módszer Európában. (Galyas A. B., 2018.)

## 2.6 Ko-szubsztrát fermentáció

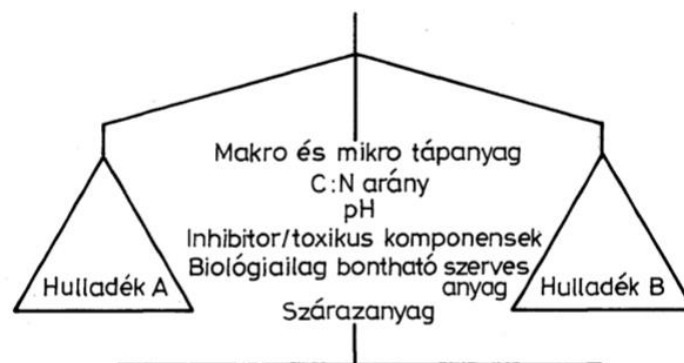
A biogáz képződés mennyisége jelentősebb, ha különböző alapanyagokat közösen rothasztunk. Pl. mezőgazdasági termékeket szennyvíziszappal. A fermentor hasznos térfogata is jobban kihasználható. Ha a könnyebben és nehezebben bontható anyagokat együtt adagoljuk a fermentorba, valamennyi anyag nagyobb hatásfokkal bomlik le. Ko-fermentáció alatt két, vagy több alapanyag homogén keverékének rothasztását értjük, amikor az alap szubsztráthoz (pl. szennyvíziszap) kiegészítő anyagokat (zöldhulladék, konyhai hulladék) keverünk. Az alapvető tápanyagokat az alap szubsztrát biztosítja (N,P), valamint a mikroelemeket. (Ca, Fe, Mg, Mn, Co stb.) A ko-fermentációs eljárás hatékonyabb, mint a mono-fermentáció, a jobb mikro- és makro tápanyagoknak köszönhetően.

A ko-szubsztrát rothasztás elvi tápanyagmérlege a 7. ábrán látható. Fontos, hogy a makro és mikro tápanyagokat olyan arányban biztosítsuk, hogy „A” és „B” komponensek közös

rothasztása szempontjából a lehető legkedvezőbb legyen. A megfelelő C:N:P arány beállítása a legfontosabb a makro tápanyag ellátás szempontjából. A C:N:P arány 100:5:1 arány körül optimális. További feltétel, hogy a rothasztást gátló anyagok koncentrációja minimális mértékű legyen.

### 7. ábra: A ko-szubsztrát rothasztás tápanyagmérlege

(forrás: Oláh J.,2010)



Az ország biogáz potenciáljának közel 78%-át a élelmiszeripari hulladékok és az energianövények (siókukorica, gyepnövények, cirok) teszik ki, a szennyvíziszap, állati trágya, állati- és kommunális hulladékok pedig 22%-át. A növényi alapanyagok biogáz termelésben való szerepe meghatározó. A ko-fermentációhoz felhasználható szubsztrátok lehetnek könnyen bontható- (zsírok, fehérjék, szénhidrátok) és nehezen bontható szubsztátok (lignin, cellulóz, hemicellulóz) (Oláh J., 2010)

### 2.6.1 Konyhai hulladékok rothasztása

A konyhai hulladékok fő komponensei a zsírok, fehérjék, szénhidrátok. Ezen hulladékok komponenseinek aránya, azaz a minőségi paraméterei változóak, ami megnehezítheti a stabil működést. Kísérletek során megállapították, hogy ezen hulladékok egy része könnyen bontható, 15-21 órán belül, másik része nehezebben, 24-28 óra elteltével. A konyhai hulladékok gázkihozatali értéke a betáplált szerves anyagra vonatkoztatva magas, valamint a képződött biogáz metán-tartalma is jellemzően 60-65% között van, viszont kizárólag ko-fermentációval lehet rothasztani ezeket a hulladékokat. Kísérletek megállapították, hogy a konyhai hulladékok vízzel való keverése esetén a rothasztás nem, vagy csak hosszú idő után indul meg, ezért szükséges oltóanyaggal, azaz szennyvíziszappal keverni. E hulladék nagy része darabos, a

homogenizálás szempontjából ez kedvezőtlen. A homogenizálást tovább nehezíti a magas zsírtartalom, ami meleg időjárási körülmények között felúszik, hidegben pedig lerakódik a tartály falára. A pH értéke meglehetősen alacsony, <4. A rothasztáshoz szükséges optimális pH:7,5 értékig a konyhai hulladékot semlegesíteni szükséges, esetleg nagyobb mennyiségű mész felhasználásával (Oláh J., 2010)

### **2.6.2 A szennyvíziszap rothasztása**

A szennyvíziszap fő komponensei: zsírok, fehérjék, szénhidrátok. A rothasztás során a zsírok 35%-a, a fehérjék 40%-a, a szénhidrátok 52%-a bontható le. Nyersiszap esetében a lebontási hatások zsíroknál 80%, fehérjéknél: 60%, szénhidrátoknál: 74%. Általában a szerves anyagok nagy része az iszap betáplálása után lebomlik. Utórothasztott iszap vizsgálata során kiderült, hogy az összes gázmennyiség 10-25 %-a az első napon keletkezik, 10 napot követően 40-70%, 60 nap alatt a teljes gázmennyiség kinyerhető. A szennyvíziszapban lévő szerves anyagok teljes mértékű eltávolítása hosszú időtartamú utórothasztás után sem következett be. A maradék szervesanyag-tartalom 35-45% között van. A rothasztott iszap szervesanyag-tartalmának 40% alatt kell lennie, ha elhelyezésre kerül. (Oláh J., 2010)

## **3. Alkalmazott módszerek a szerves anyagok biológiai bonthatóságának meghatározására**

### **3.1 A biogáz-előállítás hatékonyságának laboratóriumi vizsgálata**

A szakirodalmak szinte valamennyi szerves anyag biológiai bonthatóságáról és biogáz hozamáról szolgáltatnak információkat. Ezek az adatok segítséget nyújtanak a legfontosabb üzemi paraméterek meghatározásában új üzemek létesítésekor, vagy új alapanyagok feldolgozásakor.

Németországban, a Szövetségi Mezőgazdasági Kutatóközpont (Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft) fejlesztette ki a FOS/TAC elemzést. Az elemzés segítségével lehetőség van előre jelezni a biogáz képződési folyamatok esetleges problémáit, kritikus pontjait, így lehetőség adódik ezek megelőzésére, kiküszöbölésére. A FOS/TAC arányszám széles körben elfogadott a fermentációs folyamat értékelésére.

A FOS (Flüchtige Organische Säuren) az illékony szerves savak rövidítése, mértékegysége: mg ecetsavegyenérték/dm<sup>3</sup>, a TAC (Totales Anorganisches Carbonat) pedig az összes szerves szén rövidítése (bázisos pufferkapacitás), mértékegysége: mg CaCO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup>. A vizsgálat tehát a savkoncentráció és a pufferkapacitás hányadosát fejezi ki a fermentációs folyamat során.

A FOS/TAC arány meghatározása történhet kézi titrálással, vagy titrátor használatával, mely gyorsabb és pontosabb információval szolgál. A megfelelő mennyiségű és minőségi mintát desztillált vízzel elkeverjük, feltesszük egy mágneses keverőre és pH= 5-ig 0,05 M-os kénsavval, majd pH=4,4-ig 0,05 M-os kénsavval titráljuk és mindkét esetben feljegyezzük a hozzáadott sav térfogatát, majd a tapasztalati képlettel kiszámoljuk a két érték arányát. Az optimális FOS/TAC arány 0,3-0,4 között van, ebben az esetben a biogáz termelés a maximumon van. Ha az arány kisebb, 0,2-0,3 közötti, esetleg 0,2 alatt van, emelni kell a biomassza bevitelt. 0,5-0,6 között, ill. 0,6 fölött túl magas a biomassza bevitel, csökkenteni kell. Az egyes üzemek optimális arányszáma változhat, és az elemzés segítséget nyújt ezen arány meghatározásában. Az optimális működési pont megtalálásához azonban hosszabb távú megfigyelésekre van szükség. A feldolgozott anyagok mennyiségének és koncentrációjának legmegfelelőbb beállítását megtalálni időigényes folyamat lehet. (Lossie, U., [N.a.]

### 3.2 A szakirodalom által meghatározott bonthatósági értékek ismertetése

A szakdolgozat készítése során nem volt lehetőségem a fent ismertetett FOS/TAC vizsgálat elvégzése, így a szakirodalmak által meghatározott értékekkel számoltam, melyeket az alábbi táblázatokban gyűjtöttem össze:

Az élelmiszer hulladékok összetételét az 1. táblázat foglalja össze:

#### 1. táblázat: Élelmiszer hulladékok összetétele

(forrás: Oláh J., 2010)

Paraméter	Élelmiszer hulladék
Összes szárazanyag, %	19-37
Szervesanyag, %	88-96
Só, %	8-11
Nitrogén, %	3,2-4,0
Foszfor (P), %	0,5-0,7
Metán hozam, nL/kgVS	600-790

A bio hulladékokból nyerhető biogáz mennyiségét a 2. táblázat foglalja össze:

#### 2. táblázat: Bio hulladékokból nyerhető biogáz mennyiségek

(forrás: Oláh J., 2010)

Hulladék fajta	Biogáz-hozam betáplált szervesanyagra vonatkoztatva, L/kg	Metán %
Biohulladék	300-400	60-70
Kerti zöldhulladék	500-600	55-60
Piaci zöldség-hulladék	550-600	55-65

Gáz kihozatal 30 nap alatt szervesanyag-tartalomra vonatkozóan néhány növényi eredetű anyag vonatkozásában a 3. táblázatban látható:



**3. táblázat:** Gáz kihozatal 30 nap alatt szervesanyag-tartalomra vonatkozóan

(forrás: Tóth L, 2012)

<b>Anyag Zöld növények</b>	<b>Fajlagos gázmennyiség (m<sup>3</sup>/kg org.sz.a)</b>
Fű	0,56
Lóhere	0,45
Kukorica növény	0,75
Cokorrépa levél	0,5
Burgonyaszár	0,57

## **4. A tervezett biogáz üzemben felhasználásra szánt alapanyagok**

### **4.1 Zöldhulladék**

Zalaegerszegen és vonzáskörzetében 113 településen látja el a hulladékszállítási közszolgáltatást a Zalai Közszolgáltató Nonprofit Kft., továbbá üzemeltetése alá tartozik Zalaegerszegen egy hulladékudvar, egy szelektív- és egy kommunális hulladékkezelő üzem és egy komposztálómű.

A ZKN Kft-t 2013-ban alapította a Zalaegerszeg Megyei Jogú Város Önkormányzata, mivel 2014. óta csak nonprofit cégek végezhetnek közszolgáltatást.

2023.07.01-én új hulladékgazdálkodási rendszer lépett életbe, a MOHU MOL Zrt. által koordinált koncessziós rendszer. A ZKN Kft. az ebben a rendszerben konzorciumra lépett a Kaposvári Hulladékgazdálkodási Kft-vel és a MOHU MOL Zrt. ezt a konzorciumot bízta meg a Dél-Dunántúli régió régiókoordinátori feladataival.

A Zalaegerszegi Hulladékkezelő Központba évente közel 4 000 t szelektív hulladék, a komposztáló üzembe pedig 3 100 t biológiailag lebomló hulladék érkezik.

A beszállított biológiailag lebomló hulladék megoszlása:

- házhoz menő gyűjtés Zalaegerszegen: 82%
- Hulladékudvarból történő beszállítás: 2,6%
- Városgazdálkodási Kft. beszállítása közterületekről: 14%
- egyéb beszállítások: 1,4%

A zöld hulladékok mennyisége és összetétele szezonálisan változó. Tavasztól őszig folyamatosan és nagy mennyiségben érkezik, de elérő az összetétele, a legkevesebb pedig a téli időszakban várható.

A komposztálóba érkező hulladékok fajtái: falevelek, növények, növényi részek, fűnyírás hulladéka, lágyszárú növények, gyomnövények, konyhai zöld hulladékok, melyek jellemző keletkezési idejük egy évben

- Fűfélék, fűnyírás hulladéka: 04-10 hónap
- Falevelek: 09-12 hónap
- Kerti hulladékok: 03-12 hónap

- Konyhai zöld hulladékok: 01-12 hónap

A növényi eredetű hulladékok bontható szerves anyag tartalma elérheti a 90%-ot.

A lágyszárú növényi maradványok legjellemzőbb összetevői: 25-32% cellulóz, 15-25% hemicellulóz, 5-10% lignin, 15-16% extrakt anyagok, 3-6% fehérje. (Kocsis I., 2011)

A 8. ábrán a zalaegerszegi Hulladékkezelő komposztálójába beszállított zöld-hulladék látható:

**8. ábra:** A zalaegerszegi komposztálóba érkező zöld hulladék

(forrás: saját kép)



## 4.2 Konyhai hulladék

2024.01.01-én Magyarországon is életbe lépett az az Európai Unió törvény, mely szerint minden bio hulladékot, ezen belül a konyhákban képződő élelmiszerhulladékot külön kell gyűjteni. (Bobák Zs., 2023) A törvény értelmében 2035-ig a települési hulladékok 2/3-át kötelező feldolgozni, tilos a depónián való elhelyezése, ill. égetése. Ennek leghatásosabb módja ezen hulladékok házhoz menő gyűjtése.

Az Unióban jelenleg a szerves hulladékok mindössze 16%-át gyűjtik és kezelik elkülönítve. Magyarországon a teljes települési hulladék mennyiségének 17-29%-a biológiailag lebomló anyag, ezen belül az élelmiszerhulladék 220-384 ezer t/év.

Az UNEP (az ENSZ Környezetvédelmi Programja) 2021-es adatai szerint az egy főre eső élelmiszer hulladék Európában legmagasabb értéke Görögországban és Máltán van (142, ill. 129 kg), Magyarországon 94 kg. Európában az élelmiszer-pazarlás legfőbb helyszínei a lakosok otthonai: 54%-a az élelmiszer-hulladéknak itt keletkezik. Az éttermekkel és boltokkal együtt ez az arány 70%. (Bobák Zs., 2023)

A MOHU MOL Zrt. 2024. elején 14 város társasházi övezetében indította el a szolgáltatást, mely során azon társasházak részére, amelyek igénylik, 120 l-es hermetikusan zárható hulladékgyűjtő edényeket, a társasházi lakások részére pedig 5 l-es zárható gyűjtőedényeket osztanak ki, mely szag- és kifolyásmentes. A kukák ürítése hetente, nyári időszakban pedig hetente két alkalommal történik. A konyhai hulladék gyűjtése a közszolgáltatók számára kötelező, a társasházak részére a szolgáltatás igénybevétele önkéntes.

A hulladékgyűjtőkben az alábbi szerves anyagok gyűjthetők:

- zöldség- és gyümölcsmaradékok
- főtt ételmaradékok, pékáruk
- húskészítmények, feldolgozott élelmiszerek
- tejtermékek
- kávézacc, teafű (teafilter nem)
- tojáshéj, fűszerek
- konzervek, befőttek tartalma

Nem dobható az edényekbe:

- csontok
- élelmiszercsomagolás
- porszák, porszűrő, használt egészségügyi termékek (pelenka, papírzsebkendő)
- kerti zöld- és kommunális hulladék
- cigarettacsikk

A házhoz menő gyűjtés a MOHU Zrt. előrejelzése szerint 460 000 embert fog érinteni 2024-ben. Az edényekben elhelyezhető hulladékok néhány fajtáját a 9. ábra szemlélteti.

## 9. ábra: A konyhai hulladék

(Tóth L.L., 2023)



Megfelelő előkészületek után az élelmiszeripari hulladékok nagy része mind szilárd, mind folyékony állapotban megfelelő alapanyag biogáz előállításához.

### 4.3 Szennyvíziszap

A Zalavíz Zrt. Zala- Vas és Veszprém vármegye 162 településén végez vízközmű szolgáltatást.

Alaptevékenységei: ivóvíztermelés-, kezelés-, elosztás, szennyvízelvezetés- és tisztítás, csatornatisztítás. A zalaegerszegi szennyvíztisztító telep naponta 17 000 m<sup>3</sup> szennyvíz fogadására és megtisztítására alkalmas, továbbá szennyvíziszap és vágóhídi hulladékok felhasználásával biogázt is előállítanak.

A szennyvizek eredet szerinti csoportosítása:

- csapadékvíz: szennyíznek tekintjük a környezetből bemosott szennyeződések miatt.
- kommunális szennyvíz: az emberi élettevékenységből származó anyagokkal szennyezett víz
- ipari szennyvíz: a tevékenységi kör határozza meg a szennyezőanyagokat.
- használt víz
- hűtővizek, technológiai használt vizek
- üzemi területekről elvezetett csapadékvizek, mezőgazdasági szennyvizek

A szennyvizekben a szennyező anyagok túlnyomó részben szerves anyagok, kisebb részben szervetlen anyagok. A tisztíthatóságot, tisztítási folyamatot meghatározza a szerves szennyeződés. A szennyvizek szervesanyag tartalmát ún. összegparaméterekkel jellemzik, azok magas száma, eltérő mértékű bonthatósága és változatok kémiai jellegük miatt.

BOI: (biológiai oxigénigény) a szerves anyag biológiai úton, aerob körülmények közötti bonthatóságát fejezik ki.

KOI: (kémiai oxigénigény): nedves körülmények közötti oxidálhatóságot mutatja meg.

TOC (teljes organikus széntartalom): a szerves anyag teljes széntartalma (Kocsis I., 2015)

A szennyvíztisztítás melléktermékét nevezzük szennyvíziszapnak. Az iszap minősége a szennyvíz minőségének-, szennyvíztisztítási- és az iszapkezelési technológiának függvénye. A szennyvíziszap hasznosítása, valamint ártalmatlanítása történhet komposztálással (az érett komposzt mezőgazdasági területeken történő felhasználásával), biogáz előállítással, égetéssel. Jelentős szervesanyag tartalma miatt megújuló energiaforrásként célszerű számontartani, depóniákon lerakással való ártalmatlanítását háttérbe kell szorítani. Európában egyre nagyobb mértékben terjed a szennyvíziszap termikus hasznosítása, melynek környezetvédelmi szempontból előnye a komposztálással szemben, az energiatermelésen túl, hogy a komposztálás során lejátszódó rothadás során képződő metán nem jut ki a légtérbe.

A szennyvíziszapok előkezelési technológiái közé sorolhatjuk a sűrítést, szárítást, víztelenítést, fertőtlenítést, stabilizálást, kondicionálást. (Uri Zs., 2015)

A szennyvíziszapkezelés célja a fertőzőképesség- és a térfogat csökkentése, ezáltal a hasznosítási lehetőségek növelése. A szennyvíziszapok szárazanyagtartalmának 40-60%-a szervesanyag. A növényi tápanyagtartalom szárazanyag tartalom 5-6%-a, ezen belül a nitrogén: 3-4%, foszfor: 1-1,5%, kálium: 0,2-0,3%. További alkotóelemek: mikrobák (baktériumok, vírusok, egysejtűek, gombák), mikroelemek, ezen belül is toxikus nehézfémek (Zn, Cu, N, Cd, Pb, Cr). Ezek kis mennyiségben nem okoznak problémát, mert képesek a talajban átalakulni. A megfelelően kezelt szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználásával növekszik a talaj tápanyagellátása, víztartóképesége, porozitása. (Tasnádi G., 2022)

A 10. ábrán a Zalavíz Zrt. zalaegerszegi szennyvíztelepén működő biogáz üzem fermentorai láthatóak, előtérben a szapsűrítő medencével

**10. ábra:** A Zalavíz Zrt. szennyvíztisztító telepén működő biogáz üzem

(forrás: Boda J. 2015)



## 5. A zalaegerszegi Biogáz üzem

### 5.1 A biogáz üzem felépítése

A biogáz üzem létesítésének helyszínéül a Zalaegerszeg-Búslakpusztán lévő Hulladékkezelő telepen jelenleg komposztálóként működő területet szeretném kijelölni. Az üzem létesítésének kulcsfontosságú szempontja, hogy a felhasználni kívánt alapanyag minél nagyobb hányada saját alapanyag legyen, melynek rendelkezésre állása folyamatos, összetétele és tisztasága ismert, így alacsonyabb a termelési kockázat. A zöldhulladék fogadása és komposztálása jelenleg is ezen a területen történik, ill. a konyhai hulladékok gyűjtését is a Zalai Közszolgáltató Kft. végzi, ezáltal ezen hulladékokat tekinthetjük a létesítmény területén képződő hulladéknak. A ko-fermentációhoz, vagyis a több alapanyagból készült homogén keverék együttes rothasztásához a Zalavíz-Zrt. külső beszállításaiból származó szennyvíziszap mennyisége biztosítja a hatékonyabb lebontást végző, tápanyagban gazdag alapanyagot.

Az alapanyagok jelenlegi felhasználása:

- a zöldhulladék jelenleg is a kijelölt területre kerül beszállításra, komposztálás céljából
- a konyhai hulladékok Zalaegerszegtől 25 km távolságra, egy szarvasmarha telepen működő biogáz üzembe kerülnek elszállításra.
- a különböző településekről származó szennyvíziszapok egy része átmeneti tározóba kerül (Zalaegerszegen és Türijén), majd mezőgazdasági kihelyezésre, másik része víztelenítés után komposztálást végző vállalkozás részére kerül átadásra.

A tervezett technológia 2 fermentoros, soros kapcsolású, folyamatos üzemű, mezofil tartományú nedves eljárás, mely technológia felépítése a következő:

1. Zöldhulladék tároló
2. Konyhai hulladék tároló
3. Szennyvíziszap tároló medence
4. Aprítógép a zöldhulladék, konyhai hulladék fajlagos felületének növelése céljából
5. Homogenizáló tartály a háromféle alapanyag bekeveréséhez és egyenletes adagolásához
6. 1. fermentor
7. 2. utófermentor
8. Utótároló a kiejedt szilárd- és folyékony fázis részére szepartátorral
9. Gáztartály
10. Gázfáklya



11. Gázmotor
12. Csurgalékvíz tároló medence
13. Vezérlés/monitoring (központi számítógép, távfelügyeleti rendszer, érzékelőszenzorok, automatikus beavatkozási egységek)

Az üzem létesítéséhez a jelenleg rendelkezésre álló terület 2 209 m<sup>2</sup>, melyhez tartozik a 450 m<sup>3</sup>-es csurgalékvíz tároló medence.

A biogáz előállításához felhasználható alapanyagok éves mennyisége:

- zöldhulladék: 3 100 t
- konyhai hulladék: 144 t
- szennyvíziszap: 8 640 t

A zöldhulladék és a szennyvíziszap mennyiségét 2023-as tényadatok alapján határoztam meg. A konyhai hulladékok gyűjtése egyelőre kezdeti fázisban van, a jövőbeni várható éves mennyiséget a MOHU MOL Zrt. által kiosztott hulladékgyűjtő edények darabszáma, ürítési gyakorisága és átlagos súlya alapján becsültem 144 t/évre.

## 5.2 A hulladékok jellemző paraméterei a biogáz előállítás szempontjából

### Zöldhulladék:

A nedves eljárás megvalósításához a zöld hulladékok esetében a 10 %-os koncentráció elérését határoztam meg, éves mennyiségre vetítve 11 160 t víz + 1 240 t szárazanyag ennek az összetétele.

**4. táblázat:** A zöldhulladék éves mennyisége alapján a 10%-os koncentrációjú alapanyag mennyisége

(forrás: saját szerkesztés)

Mennyiség:	3 100	t/év
Szárazanyag-tartalom:	40	%
Szárazanyag-mennyiség:	1 240	t/év
10 %-os koncentrációban:	12 400	t/év

**5. táblázat:** A naponta beadagolásra kerülő mennyiségek száraz- és szervesanyag-tartalma:

(forrás: saját szerkesztés)

Összes mennyiség (10%-os koncentrációban):	33,97	t/nap
Szárazanyag-tartalom:	3,40	t/nap
Szervesanyag-tartalom:	3,06	t/nap

A szakirodalom által feltüntetett értékek alapján 0,56 m<sup>3</sup>/kg biogáz-hozammal számoltam.

**6. táblázat:** A zöldhulladék várható biogáz-hozama:

(forrás: saját szerkesztés)

Biogáz hozam:	0,56	m <sup>3</sup> /kg/nap
Szervesanyag-tartalom alapján:	1 712,22	m <sup>3</sup> biogáz/nap

### **Konyhai hulladék:**

A konyhai hulladék viszonylag kis mennyisége miatt a beérkező szennyvíziszapban történik meg az alacsonyabb koncentráció beállítása.

**7. táblázat:** A konyhai hulladékok legfontosabb paraméterei:

(forrás: saját szerkesztés)

Mennyiség:	12	t/hó
Szárazanyag-tartalom:	30	%
Naponta felhasználható mennyiség:	0,4	t/nap
Szárazanyag-tartalom:	0,12	t/nap
Szervesanyag-tartalom:	0,11	t/nap
Metán tartalom:	90,00	m <sup>3</sup>
Biogáz hozam:	138,46	m <sup>3</sup> /nap

## Szennyvíziszap:

**8. táblázat:** A különböző településekről beérkező szennyvíziszapok legfontosabb paraméterei:

(forrás: saját szerkesztés)

	t/hó	szárazanyag %	szervesanyag %
Gellénháza	100	2,5	75
Pacsa	400	4	74
Zalalövő	40	16,5	76
Zalaszentgrót	80	16,5	75
Nova+Páka	100	2,5	75

A biogáz hozam a Zalavíz Zrt. által elvégzett laboratóriumi vizsgálatok alapján 0,3 m<sup>3</sup>/kg (szervesanyag) biogáz hozamot eredményez. A feltüntetett száraz- és szervesanyag tartalom szintén a Zalavíz Zrt. saját mért adata.

**9. táblázat:** A naponta beadagolásra kerülő mennyiség száraz-és szervesanyag-tartalma:

(forrás: saját szerkesztés)

Település	t/nap	szárazanyag (t/nap)	szervesanyag (t/nap)
Gellénháza	3,33	0,08	0,06
Pacsa	13,33	0,53	0,39
Zalalövő	1,33	0,22	0,17
Zalaszentgrót	2,67	0,44	0,33
Nova+Páka	3,33	0,08	0,06
Összesen:	24	1,36	1,02
Biogáz hozam		305,06	m <sup>3</sup> /nap

### A naponta elérhető biogázhozam:

A fenti 3 érték összesítésével a naponta keletkező biogáz várható mennyisége: 2 155,74 m<sup>3</sup>, ami óránként: 89,82 m<sup>3</sup>.

## 5.3 A technológia részei

### A hulladékok tárolása

Mindhárom hulladék estében egy heti mennyiség tárolására alkalmas méretű tárolót terveztem. Ennek oka, hogy a fermentorok folyamatos adagolása és a hulladékok beszállítási üteme alapján normál üzemmenet mellett nem szükséges egyidejűleg több hulladékot letárolni.

Amennyiben feldolgozásuk folytonossága megszakad pl. üzemzavar, karbantartás miatt, a szennyvíziszap átvétele szüneteltethető, a zöld- és konyhai hulladékok begyűjtése viszont nem, mivel a közszolgáltatás tárgyát képezik, de szükség esetén ideiglenes tárolásuk a telephely melletti területen megoldható.

Ennek megfelelően a zöldhulladék tároló szükséges mérete:  $250 \text{ m}^3$  (alapterülete:  $84 \text{ m}^2$ ), a konyhai hulladék tárlója:  $15 \text{ m}^3$ , (alapterülete:  $9 \text{ m}^2$ ), a szennyvíziszap tárolására pedig  $127 \text{ m}^3$ -es medencére van szükség, (alapterülete:  $42,5 \text{ m}^2$ ).

A beszállítást követően szükséges a zöld-, ill. konyhai hulladékok szemrevételezéssel történő ellenőrzése, az esetleges szennyezőanyagok eltávolítása miatt.

### Keverő (homogenizáló) tartály

A keverőtartályban egyidejűleg valósul meg az aprított zöldhulladék hígítása és a három alapanyag homogenizálása, majd a megfelelő koncentráció elérése után meghatározott időközönként betáplálása a fermentorba. A keverőtartály biztosítja a fermentorok homogén anyaggal történő egyenletes terhelését.

A homogenizáló tartályban hőcserélő által a keverés mellett az anyag felmelegítése is megtörténik a fermentorban lévő mezofil tartományra jellemző  $37 \text{ °C}$  körüli hőmérsékletre. A felmelegítés elősegíti a zsíros anyagok könnyebb oldódását is.

A homogenizálás eredményeként a három alapanyag együttes koncentrációja  $8,36 \%$ .

**10. táblázat:** Az alapanyagok együttes koncentrációjának értéke:

(forrás: saját szerkesztés)

	Összes súly (t/hó)	Szárazanyag (t/hó)	Szárazanyag (%)
Szennyvíziszap	720	40,8	5,67
Szennyvíziszap + konyhai hulladék	732	44,4	6,07
Zöldhulladék	1019,18	101,92	10,00
Összesen	1751,18	146,32	8,36

A naponta beadagolásra kerülő 10 % koncentrációjú zöldhulladék 33,97 t, térfogata 30,88 m<sup>3</sup>, a konyhai hulladék szennyvíziszappal együttes tömege 24,12 t, térfogata 22,97 m<sup>3</sup>.

Az összes mennyiség 58,09 t, térfogata 53,85 m<sup>3</sup>.

A fermentorok adagolása óránként történik a homogenizáló tartályból, melynek szükséges űrtartalma 6 órányi mennyiség tárolására és keverésére alkalmas. Ennek megfelelően a térfogata 15 m<sup>3</sup>, alapterülete 4,5 m<sup>2</sup>, az óránként a fermentorba betáplált anyagmennyiség: 2,24 m<sup>3</sup>.

A zöldhulladékot aprítani szükséges, melynek napi mennyisége: 8,5 t.

A keverőtartályba az aprítógépből szállítócsiga szállítja a zöldhulladékot, ahova a 10 %-os koncentráció eléréséhez szükséges víz is egyidejűleg beadagolásra kerül. A keverőtartály másik csatlakozásán keresztül a szennyvíziszap, a harmadikon pedig a konyhai hulladék érkezik. A keverő aljába beépített mérőcellák segítségével ellenőrizhető, hogy a keverék a megfelelő koncentrációban kerül átszivattyúzásra az első fermentorba, ill., ha a tartályban az anyag mennyiség a maximális szintet eléri, a további feladást letiltja a rendszer.

### **A fermentorok**

Az üzembiztos működés alapfeltétele a megfelelő minőségű és koncentrációjú szerves anyag egyenletes, nem lökésszerű betáplálása, a hőmérséklet megfelelő tartományban tartása és az egyenletes keverés.

A fermentorkba a naponta beadagolt mennyiség: 53,85 m<sup>3</sup>, a tartózkodási idő: 30 nap.

Ebből adódóan a fermentorban egyidejűleg tartózkodó mennyiség: 1615,67 m<sup>3</sup>. A fermentor megközelítőleg 85 %-os telítettségével számolva a teljes térfogat: 1915 m<sup>3</sup>.

Geometriai mérete: átmérője: 13,2 m, magassága: 14 m. Az alapterülete 136,8 m<sup>2</sup>, a két fermentor összes alapterülete: 274 m<sup>2</sup>.

A fermentorok keverését függőleges tengelyű keverő látja el, valamint mindkét fermentorban 1-1 szivattyú végzi az iszap recirkuláltatását a gyorsabb keveredés, ill. a leülepedések elkerülése érdekében. A szivattyúk a felső rétegekből a már képződő gázbuborékokkal együtt juttatják le az anyagot az alsóbb rétegekbe, ez is fokozza a keveredést.

A fermentorok fűtését rozsdamentes acélból készült hőcserélők látják el, melyek a fermentorok külső falán futnak körbe, a karbantartás könnyebb megvalósítása érdekében. A betonmodulokból felépített fermentorokat szükséges hőszigeteléssel is ellátni.

A képződő biogáz az erjedő anyag feletti gáztérben gyűlik össze és onnan kerül elvezetésre. Az első fermentor teteje hermetikusan lezárt fóliakupolával, a második betontetővel rendelkezik. Tapasztalatok alapján a biogázhozam 70%-a az első-, 30%-a a második fermentorban képződik.

Az első fermentorból a másodikba, ill. a második fermentorból a kiejert anyag túlfolyón keresztül távozik az utótárolóba, ahol egy szeparátor ebből kiválasztja a 25-35% szárazanyagtartalmú biotrágyát, ill. a folyadék fázist. A folyékony fázis tárolójából a folyadék szivattyú segítségével visszajuttatható a homogenizáló tartályba, ahol felhasználható az aprított zöldhulladék hígítására, ezáltal a hálózatból kivett vízmennyiség megspórolható. Ezen folyadékfázis felhasználásának gyakorisága laboratóriumi vizsgálatokkal ellenőrizhető, hogy az erjedési folyamat kimenetelére pozitív, vagy negatív hatással van-e.

### **Maradékanyag tároló és szeparátor**

A szeparátor szilárd és folyékony fázisra választja szét a kiejert anyagot. A naponta a fermentorokba bekerülő anyagmennyiség alapján a szeparátor által leválasztott 25-35% szárazanyagtartalmú biotrágya mennyisége 20 t, a folyékony fázis mennyisége pedig 37 t (hozzávetőleg 37 m<sup>3</sup>). Amennyiben a biotrágya értékesíthető, a november és február közötti termőföldre történő kiszállítás tilalma alatti időszakban a keletkezett mennyiséget tárolni kell. 6 havi mennyiség tárolásához – amely hozzávetőleg 2 400 t – 1200 m<sup>2</sup> nagyságú területre van szükség.

A 37 m<sup>3</sup> (~37t) naponta keletkező fermentlé, amennyiben felhasználható az aprított zöldhulladék hígításához, a homogenizáló tartályhoz visszavezethető. A hígításhoz szükséges vízmennyiség ~30,6 m<sup>3</sup>/nap, így ~ 7 m<sup>3</sup> folyadék napi szinten megmarad. 1 heti mennyiség

letárolásához 60 m<sup>3</sup>-es tartállyal lehet számolni, mely alapterülete 20 m<sup>2</sup>. Laboratóriumi vizsgálatok alapján kell meghatározni, hogy ezen folyadékfázis a leválasztás állapotában, esetleg vízzel keverve bizonyos koncentrációban mennyi ideig forgatható vissza a rendszerbe, vagy esteleg egyáltalán nem javasolt, mivel kedvezőtlen hatással lenne a gázképződésre. A fermentlé visszavezetésével a keverő fűtése is elhagyható, mivel frissen visszajuttatva nem jelentős a hővesztesége, így várhatóan a fermentorba visszakerülve sem okoz hőmérsékletingadozást. A 450 m<sup>3</sup>-es jelenlegi csurgalékvíz medencét mindenképp bővíteni kell.

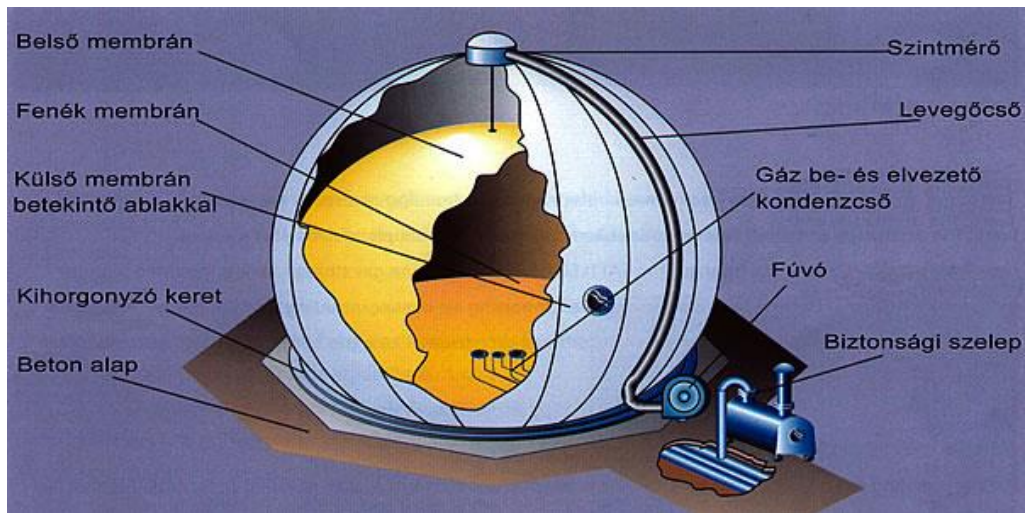
### **Biogáz tároló és gázfáklya**

A biogáz tároló pufferként működik a gáztermelés és a gázmotorban való elégetés között. A képződött gázt a termelés egyenletlensége miatt ideiglenesen letároljuk. Feladata, hogy a gázmotorok folyamatos gázellátását biztosítsa. Ha a képződő biogáz nem hasznosítható üzemzavar esetén, a többletet el kell égetni gázfáklyában.

A biogáz tároló 1 napi termelés tárolására alkalmas, így a szükséges térfogata a naponta termelődő 2 156 m<sup>3</sup> biogáznak megfelelően 2 500 m<sup>3</sup>. A gáz tárolásra az országban elterjedten alkalmazzák az Ausztriai SATTLER-Group által gyártott és forgalmazott gömb formájú duplamembrános tárolót. Ennek fő részei a külső és belső membrán, a támlevegő, ahogy a 11. ábra szemlélteti.

## 11. ábra: SATTLER biogáztároló felépítése

(forrás: http2)



A gáz elvezetése mindkét fermentorból KPE vezetékben történik. A csövet a földbe vezetik, ahol a fermentorból begyűjtött 30-35 °C-os gáz a talaj hőmérsékletére lehűl (téli 1-2 °C-ra, nyáron 8-15 °C-ra)

A nagy hőmérsékletkülönbség hatására a víz kicsapódik, a csőben összegyűlik és onnan a csurgalékvíz-medencébe kerül.

Mielőtt a képződő biogázt a gázmotorba vezetjük és elégetjük, a kén-hidrogént el kell távolítani, mivel ez hozzájárul a motor korróziójához, hatásfokának csökkenéséhez és élettartamának rövidüléséhez. A kénhidrogén eltávolításának egyik megoldása, hogy a fermentor gázterébe 3-5% levegőt juttatunk, így az oxidáció hatására a kén az alapanyag aljára süllyed és a túlfolyókon keresztül a kiejert anyagba kerül.

### **A biogáz hasznosítása gázmotorban**

Az óránként termelődő biogáz hozam tehát: 89,82 m<sup>3</sup>, mely 60-65% metánt tartalmaz.

A szakirodalmak szerint 1 m<sup>3</sup> biogáz 6 kWh energiával egyenértékű, a gázmotorok átlagosan 34 %-os villamos hatásfokával számolva a megtermelt biogázból 179 kWh villamos energiát tudunk előállítani.

Az átlagosan 50 %-os termikus hatásfok figyelembevételével az előállítható hőenergia 274 kWh.



A biogáz hasznosítása 2 db 100 kW-os motor telepítésével történik. Ha a gáz mennyisége csökken, a motorok továbbra is működnek, de csökkentett üzemmódban. Szükség esetén az egyik motor leállítható, de ebben az esetben is a hatásfok megfelelő marad.

A motorok önfogyasztása 3-5 kWh, amit a kényszerhűtők és a szellőző rendszer elektromos berendezéseinek motorjai használnak el. A kényszerhűtők azért kellene a rendszerben, mert amennyiben nem hasznosul az összes hőmennyiség, abban az esetben azokon keresztül hűti le a motort 70 °C-ra azért, hogy a motor továbbra is működni tudjon és a villamos energiatermelés folyamatos legyen.

A motor hőenergiáját a füstgáz hőcserélőn keresztül nyerjük ki. A kilépő víz hőmérséklete 90 °C, a visszatérő hőmérséklete 70 °C. Ezt a fermentorok felé egy lemezes hőcserélőn keresztül kell leadni.

A Szelektív Válogatócsarnok területén korábban a depóniagáz hasznosítását az NRG-Agent Kft. által üzemeltetett gázmotor látta el. Az akkor még működő, most már bezárt lerakón a gáztermelődés szinte teljesen megszűnt, emiatt 2014-ben elszállításra került a gázmotor. A szervizkonténer, ill. a Válogatócsarnok szociális részét ellátó fűtési rendszerre való csatlakozás, valamint a transzformátor a hálózatra való rátápláláshoz nem került felszámolásra, ezáltal a gázmotor(ok) újbóli letelepítése egyszerűbben és alacsonyabb költséggel megoldható.

A gázmotort emiatt az NRG-Agent Kft. katalógusából választottam, melynek legfontosabb technológiai adatai:

- Motor típusa: NRG 100 G6LTI
- Hengerek elrendezése: soros
- Hengerek száma: 6 db
- Szelepek száma hengerenként: 4 db
- Löket: 127 mm
- Lökettérfogat: 6 l
- Fordulatszám: 1500 1/min
- Működtető feszültség: 24 V
- Mechanikai teljesítmény: 100 kW
- Elektromos teljesítmény: 96 kWe
- Elektromos hatásfok: 36,2 %
- Hasznosítható hőteljesítmény: 124 kW
- Hőhatásfok: 47,06 %

- Teljes hatásfok: 83,3 %

## **5.4 A megtermelt energia felhasználása**

### **5.4.1 A villamos energia felhasználása**

A havonta elérhető biogáz alapú villamos energiatermelés 129 344 kWh, az éves várható termelés: 1 573 MWh. Ez a mennyiség az év minden napján 24 órán át tartó termelésre vonatkozik, karbantartással és egyéb leállásokkal kalkulálva ennek a 90%-a lehet reális, azaz 1 415 MWh /év.

A Hulladékkezelő Központ 2023-as villamos energia felhasználása -mely magában foglalja a válogatósor és a bálázógép működését, szociális rész, irodák, hídmérleg áramfelhasználást, a csarnok- és a telepi térvilágítást-: 146 847 kWh, bruttó 12,6 millió Ft volt. A havi átlagos villamosenergia fogyasztás: 12 237 kWh.

Az villamos energia a válogatócsarnokban működő válogatósor berendezéseinek és a bálázógép működtetésére fordítódik túlnyomó részben, munkanapokon 8 órában átlagosan 550 kWh a fogyasztás. A válogató gépsor és a bálázógép működése teszi ki ezen mennyiség döntő hányadát, melyek összes beépített teljesítménye ~ 280 kW, de az áramszolgáltató által kérésünkre két alkalommal megmért egyidejű fogyasztás értéke 74 kWh-nál nem volt magasabb.

A biogáz előállítását megvalósító technológia beépített teljesítménye (szivattyúk, keverők, daráló, szállítócsiga, szeparátor) ~ 200 kW, melyek meghatározott időközönként, meghatározott ideig működnek. A fermentorok függőleges keverője (2\*20 kW) működne folyamatosan, lassú keveréssel.

Az óránként keletkező 89,82 m<sup>3</sup> biogázból a gázmotor a villamos hatásfoknak megfelelően 179 kWh villamos energia előállítására képes, ami a hulladékválogatás és a biogáz termelés egyidejű működésének energiaigényét képes lehet fedezni.

A megtermelt villamos energiát tehát a telep saját működésére felhasználja, a megtermelt többletenergiát értékesíti, a saját termelés szünetelése esetén pedig a hálózatról vételezi az energiát.

#### 5.4.2 Hőhasznosítás

A Hulladékkezelő Központ szociális épületének fűtése, valamint a használati melegvíz ellátás föld feletti 8 m<sup>3</sup>-es PB gáztartályból történik, melyet évente átlagosan 4 alkalommal szükséges feltölteni. A 2023-as gázfogyasztás költsége bruttó 6,3 millió Ft volt. Ez az összeg a mindössze 300 m<sup>2</sup> összterületű szociális rész, ill. kézi válogatósor fűtésére fordítódik évente.

A biogáz előállításában abban az esetben gazdaságos, ha a villamos energia termelése mellett a keletkező hő is hasznosításra kerül, mely a gázmotor teljes hatásfokának több, mint a felét kiteszi.

A gázmotor hűtőköréből kilépő 90 °C-os víz a fermentorok fűtését, valamint a Válogatócsarnok szociális épületének melegvíz ellátást, ill. téli időszakban a radiátorok fűtését látja el. A fermentorba, ill. az épületbe való bevezetéskor a 90 °C-os vizet lehűtjük. A fermentorok esetében a vezérlőprogram segítségével folyamatosan ellenőrizhető, ill. szabályozható a fűtés a mezofil tartomány fenntartása érdekében, szükség esetén időben változtatható a fűtővíz hőmérséklete, nyári időszakban bizonyos időszakokra le is kapcsolható.

A szociális rész fűtését ellátó 2 db 24 kW-os kazán teljes egészében kiváltásra kerülhet, a biogáz termelés szünetelése esetén tartalékként funkcionálhat, amely mellett a 8 m<sup>3</sup>-es tartályt akár 1 évet meghaladó időközönként elég egyszer feltölteni.

#### 5.5 A beruházás költsége

Egy 2013-as tanulmány szerint: „A magyarországi biogázüzemek többsége 1,0-1,2 millió Ft/kWe fajlagos költség szinten valósult meg”. (Bai A., 2013) 2024-ben ez az érték hozzávetőlegesen 1,68-2,016 millió Ft/kWe, az üzem tervezett 179 kWe teljesítménye alapján: ~360 millió Ft.

Ez az összeg csak kiindulási értéknek tekinthető, a beépített technológia, a felhasznált alapanyagok, a vezérlés, a gázmotor, a szükséges engedélyek beszerzése, a tervezés költségeinek végösszege nagyobb mértékben eltérő lehet.

A szakdolgozat tárgyát képező biogáz üzem megépítéséhez a rendelkezésre álló területet is bővíteni kellene. A 2 209 m<sup>2</sup> területen összesen ~ 520 m<sup>2</sup>-t foglalnak el a biogáz előállítás berendezései, melyek számára funkciójuk ellátáshoz a szükséges távolságokat biztosítani kell,

ill. 1 200 m<sup>2</sup> nagyságú tárolóra van szükség a biortágya tárolására, emiatt a területet ~1 600 m<sup>2</sup>-rel növelni szükséges, mely tovább növeli a beruházás költségét.

A megtérülés idejének számításához ismerni kell a beruházás révén elérhető bevételeket, ill. az ezzel kapcsolatos költségeket is. Az felhasznált anyagok elméleti gázkihozatala és az abból előállítható villamos energia – melyek korábban kiszámításra kerültek – a megfelelő tervezés, méretezés és a fermentorban uralkodó optimális körülmények összehatásaként elérhető érték, amely a méretezés alapjául szolgálhat, de a rendszer működésének tényleges határfoka ettől eltérhet. A tervezési hibák az üzemeltetés során jelentkeznek, amikor kiderül, hogy a konstrukció adta lehetőségektől a rendszer működése mely berendezéseknél, milyen mértékben és minek a következményeként tér el. A több fajta alapanyag együttes rothasztása több hibalehetőséget tartogat: az alapanyag minőségi változása (eltérő fizikai, kémiai összetétel), változó C/N arány, pH ingadozás, felhabzás. Az üzemeltetés során szükséges a szubsztrát jellemzőit rendszeresen, legalább hetente vizsgálni. Monitoring rendszer segítségével folyamatosan nyomon követhető a keletkező gáz mennyisége, összetétele, a lúgosság, a pH érték, illékony zsírsavak, ammónia, a szárazanyag mennyisége stb. Minél több paramétert tudunk ellenőrizni, annál gyorsabban és hatékonyabban lehet beavatkozni a rendszerbe. A tervezett biogáz üzemben a zöldhulladék és a szennyvíziszapok összetétele is változó, előbbi a különböző időszakokra jellemző egyes anyagok dominanciája miatt (tavasz-nyár: fűfélék, ősz-tél: falevelek). Az alapanyagok változó tulajdonságai a lebontó baktériumok élettevékenységét befolyásolják, ezért nagyon fontos a közel állandó összetételű receptúra beállítása. Az általam felhasználni kívánt alapanyagok ko-fermentációjának bizonytalan kimenetele miatt az elméletileg elérhető biogáz-, ill. villamosenergia termelés megvalósulásának 75 %-át tartom reálisnak.

## **5.6 A megtermelt villamosenergia várható bevétele**

A 2024. 01.01-től érvényes KÁT árak a következőképpen alakulnak: csúcsidőszakban: 49,30 Ft/kWh, völgyidőszakban: 33,97 Ft/kWh, mélyvölgy időszakban: 17,73 Ft/kWh, átlagban pedig: 38,40 Ft/kWh.

A generátor elméleti 179 kW-os teljesítménye helyett annak 75%-ával, azaz 134 kWh-val számoltam. A zöldáram átvételi árai, a csúcs-, völgy-, mélyvölgy időszakban elérhető termelés

és vele párhuzamosan a várható fogyasztás értékeinek összevetésével a megtermelt villamos energiából származó bevétel várhatóan: 19,261 millió Ft/év, 1,605 millió Ft/hónap.

A korábban ismertetett, éves 12,6 millió Ft-os áramfogyasztás és 6,3 millió Ft-os gázfogyasztás 90 %-ának (~10 % állásidő karbantartás és egyéb okok miatt) megtérülését reálisnak tartom, mivel a gépek egyidejű áramfelvételét a 134 kWh fedezni tudja, ill. a szociális rész és a fermentorok fűtési körében a gázmotor hűtővizet a motor leszállítása esetén is képes a megfelelő hőmérsékletű víz cirkuláltatására.

A ~10% állásidő figyelembevételével az energiatermelés éves bevétele várhatóan 17,01 millió Ft-ra csökken. Az energiatermelés bevétele ennek megfelelően az értékesítés és a villamos energia- és földgáz költségeinek megtérülése alapján évente 34,34 millió Ft-ra tehető.

A rendszer fenntartási költségei az alábbiakból adódnak: gázmotor szakszerviz, monitoring rendszer/vezérlés licenc-díja, labor költségek, 2 fő munkabére (1 fő a rendszer felügyeletére, 1 fő az anyag rakodására), karbantartási költségek, meghibásodott gépek/alkatrészek javítása, vagy cseréje. Ennek költségét havonta 2 millió Ft-ra, éves szinten 24 millió Ft-ra tenném.

A beruházás megtérülésének számításában jelentős szerepe van még a felhasznált anyagok bekerülési értékének, kezelési költségének, ill. a kiejedt biortágya és fermentlé hasznosításából származó bevételeknek.

## 6. Következtetések és javaslatok

- A várható biogáz-hozamot a szakirodalmakban feltüntetett értékek alapján határoztam meg, természetesen – amennyiben a ZKN Kft. fontolóra venné a biogáz üzem létesítését-, fontos lenne a felhasználásra szánt alapanyagok együttes laboratóriumi vizsgálata a várható gáztermelésre vonatkozóan, mely a tervezés további fázisait megalapozza.
- A zöld hulladékok összetétele szezonálisan eltérő - többek közt a tavaszi-nyári időszakra jellemző fűfélék, ill. az őszi-tél elejei falevelek magas aránya miatt-, így nem biztosított az azonos összetétel. Ez a gáztermelés ingadozását okozza. Ennek ellenére az alapanyagtároló bővítését nem javasolnám ahhoz, hogy pl. télen is tudjunk fűféléket adagolni a frissen beérkező anyaghoz, mivel a lebontási folyamatok a zöldhulladéknál hamar beindulnak, hosszabb tárolást követően emiatt csökkenne a gázhozam.
- A konyhai hulladékok magas gázkihozatali értéke miatt ösztönözni kell a lakosságot ezen hulladék minél nagyobb mértékű külön gyűjtésre. Ez történhet tájékoztatókkal, előadásokkal, a szelektív gyűjtés kiterjesztésével legalább Zalaegerszeg teljes területén, esetleg másik településeken is. A nagyobb mennyiségek egyidejű szállításával a fajlagos szállítási költségek is csökkennek.
- Fel kell tárnai a végtermék, a biotrágya és a felesleges fermentlé értékesítési lehetőségeit, ezek ismerete alapvető fontosságú az üzem gazdaságossági tervezéséhez. A Hulladékkezelő Központ Zalaegerszegtől 5 km-re található, a közelében szántóföldekkel, mezőgazdasági ültetvényekkel. Az ő részükről kedvező lenne a talaj javítására alkalmas anyagokat a lehető legkisebb szállítási távolságról beszerezni.
- A konyhai hulladékokat jelenleg Zalaegerszegtől 25 km-es távolságra szállítják a ZKN Kft. járművei, a szennyvíziszapok pedig a keletkezési helyüktől számítva kisebb-nagyobb távolságra átmeneti tározót követően, vagy víztelenítés után kerülnek mezőgazdasági kihelyezésre, komposztálásra. Előnyösebb lenne, ha ezen hulladékok is egy telephelyre kerülnének és ugyanazon eljárással kerülnének hasznosításra.
- A ZKN Kft. nonprofit jellege miatt egy ilyen volumenű beruházást nem lenne képes megvalósítani, kizárólag támogatások igénybevételel lenne ez lehetséges. Az üzem létesítésnek megpályázáshoz elsőként a hulladék tulajdonosától és a kezelés tevékenységét finanszírozó MOHU MOL Zrt. engedélyére lenne szükség. Az Európai Unió 65%-os újra hasznosítási kvótája - mely teljesítése a MOHU célja-, anyagában való újra hasznosításra vonatkozik, nem pedig energetika hasznosításra. Bár vita tárgyát képezheti, hogy a biogáz előállítás minek minősül, hiszen a hulladékok energetikai hasznosítása után visszamaradó

biotrágya és fermentlé termőföldeken való elhelyezésével az anyagában való hasznosítás is megvalósul.

- A komposztálás elhagyásával a metán légkörbe jutása is megszűnik, a biogáz előállítás során a gázmotorok leállása esetén a keletkező gáz elfáklyázható.

## 7. Összefoglalás

A biogáz előállítás a szerves hulladékok hasznosításának környezetkínélő megoldása, mely során hőt és elektromos áramot nyerhetünk. A szakdolgozat célja volt megvizsgálni, hogy a ZKN Kft. telephelyére évente beérkező 3 100 t zöldhulladékból előállított biogáz képes-e fedezni a telephely villamos energia- és fűtésigényét. A zöldhulladék önmagában és ekkora mennyiségben nem eredményezne magas gázhozamot, ezért a Zalavíz Zrt-vel történt egyeztetésem alapján néhány vidéki település szennyvíziszap mennyiségével kalkulálhattam, melyek számukra is előnyösebb kezelési költségeket eredményeznének a ZKN Kft. telephelyére szállítva. Ennek éves mennyisége kb. 8 600 t, 3-16% közötti szárazanyagtartalommal. A harmadik hulladék a 2024-ben bevezetett házhoz menő gyűjtésből származó konyhai hulladék, melyet egyelőre Zalaegerszeg társasházi övezetéből gyűjt a ZKN Kft. és jelenleg 25 km-es távolságra szállít. A szállítási költségek miatt célszerű lenne helyben felhasználni, valamint magas gázkihozatali értéke miatt is előnyös biogáz előállításra, 144 t-ra becsültem a jövőbeni éves mennyiségét.

A biogáz előállításához az alábbi technológiát terveztem: nedves eljárás mezofil tartományban, elő- és utófermentorral, folyamatos üzemben. A mezofil technológiát annak stabilabb üzeme miatt választottam, a 2 fermentort a hosszabb tartózkodási idő-, vagyis a minél biztosabb gázképződés miatt. A nedves eljárás együttes szárazanyagtartalmának értéke a számítások eredményeként 8,36% lett, melyhez a szennyvíziszapok koncentrációja adott volt, a zöldhulladék esetében pedig 10%-os koncentráció elérését céloztam meg. A konyhai hulladék kis mennyiségét a szennyvíziszaphoz lehet adagolni. A 8,36%-os koncentrációt folyamatosan biztosítani kell a megfelelő keveréssel és adagolással. A fermentorok első feltöltésekor az aprított zöldhulladék higításához jelentős mennyiségű vízre van szükség. Ha elérjük a stabil és folyamatos működést, a második fermentorból a túlfolyón keresztül távozó kiejert anyag folyadék fázisa visszavezethető a zöldhulladék higításához, ezáltal jelentős mennyiségű víz spórolható meg. A kiejert anyagot szeparátor választja szét 25-35% szárazanyagtartalmú szilárd fázisra - mely mezőgazdaságban talajjavításra felhasználható-, és folyadék (fermentlé) fázisra. A gázképződés mindkét fermentorban zajlik, onnan a gáztároló tartályon keresztül érkezik a gázmotorhoz. A számításaim szerint óránként 89,82 m<sup>3</sup> gázhozam várható, mely 179 kWh előállításra képes. Ehhez 2 db 100 kW-os gázmotort célszerű letelepíteni. A zöldhulladék változó összetétele miatt az elméletileg elérhető gázhozam 75%-ával számoltam a tényleges energiatermelést, mely biztosítja a biogáz előállítás technológiájának elektromos energia- és hőigénye mellett a szelektív hulladék feldolgozását végző üzem energiaigényét, fűtését és



melegvíz ellátását. A zöldáram átvételi árával számolva, figyelembe véve 10% állásidőt és az elméleti gázhozam 75%-át, a megtermelt villamos energia éves bevétele 17,01 millió Forintra tehető. Ha ehhez hozzáadjuk a jelenlegi villamos energia- és gázfelhasználás értékét, mely megtérül a megtermelt biogázt hasznosítása révén, az éves bevétel 34,34 millió Forint lehet.

A szakirodalmakból felhasznált biogázhozamok értékei alapján számításaim szerint elérhető akkora biogázhozam, hogy a fedezze a villamos energia fogyasztást, és az irreálisan magas fűtési költségeket. Természetesen a technológia pontos megtervezése, a szükséges engedélyek megszerzésének feltételei, az üzemeltetési és fenntartási költségek pontos ismerete, a felhasznált anyagok kezelési költsége és a belőlük elérhető árbevétel alapján lehet csak kijelenteni, hogy érdemes-e egy ilyen volumenű beruházást megvalósítani. Egy biogáz üzem létesítésekor – mint minden beruházásnál – a költségek mellett a vele elérhető bevételek képezik a komplex döntési folyamat alapjait. Fontos azonban szem előtt tartani, hogy a jelentős mennyiségben keletkező szerves hulladékok kezelésre a biogáz előállítás egy igen kedvező alternatíva, mely a hulladékok hasznosítását mind környezetvédelmi-, mind közegészségügyi szempontból optimálisan valósítja meg, szemben a komposztálással és a depóniákon való lerakással.

## 8. Irodalomjegyzék

- Bai A. (2013) *A biogáz előállításának technológiája* - Debreceni Egyetem - Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma. Letöltés dátuma: 2024.03.16. Forrás: [https://dtk.tankonyvtar.hu/bitstream/handle/123456789/12161/2011-0085\\_biogaz\\_eloallitasanak\\_techologiaja.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://dtk.tankonyvtar.hu/bitstream/handle/123456789/12161/2011-0085_biogaz_eloallitasanak_techologiaja.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Barabás Gy, Gyarmati I., Oláh J., Palkó Gy., Szilágyi M.- Tuba L.- [N.a.] *Rothasztók üzemeltetése- Jegyzet* - Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. 1-10. o.
- Bera P., Toldi O. (2022) *A biogáz-termelés helyzete és jövője Magyarországon – szakpolitikai elemzés*. Letöltés dátuma: 2024.04.01. Forrás: <https://klimapolitikaiintezet.hu/elemzes/biogaz-termeles-magyarorszag-szakpolitikai-elemzes>
- Bobák Zs. (2023) *Kiderült, hogyan zajlik majd az élelmiszerhulladék-gyűjtés Magyarországon januártól*. Letöltés dátuma: 2024.04.02. Forrás: <https://raketa.hu/kiderult-hogyan-zajlik-majd-az-elelmiszerhulladek-gyujtes-magyarorszagon-januartol>
- Boda J. (2015): *Rothasztós iszapkezelés és ko - fermentáció a nagyobb szennyvíztisztító telepeken. Víz és szennyvíztechnológiai továbbképzés -Pannon Egyetem 2015. február 17.-18. előadás. 52. fólia*
- Galyas A. B., Szunyog I.: (2018.) *Biogáz-előkészítés I.* Miskolci Egyetem, Oktatási segédlet. Letöltés dátuma: 2024.03.25. Forrás: <https://bei.uni-miskolc.hu/files/7832/Biogaz%20oktatasi%20segedlet%20I%20Publ%2020180903.pdf>
- Gómez, F. (2023) *Biogas is once again at the heart of our future*. Letöltés dátuma: 2024.03.29. Forrás: <https://euro-funding.com/en/blog/biogas-is-once-again-at-the-heart-of-our-future/>
- Hajdú J. (2009) *Biogázüzemek működése és biogáz üzemi technológiák*, Gödöllő. Szent István Egyetemi Kiadó. Letöltve: 2024.04.10. Forrás: <https://www.medgyesegyhaza.hu/adat/htmlfiles/Biog%C3%A1z%20tech%20le%C3%ADr%C3%A1s.pdf>
- Hajdú J. (2013) *Biogáz, a környezetbarát megújuló energiahordozó*. Letöltés dátuma: 2024.04.26. Forrás:

[http://technika.gmgi.hu/uploads/termek\\_50/biogaz\\_a\\_kornyezetbarat\\_megujulo\\_energiahordozo\\_13\\_03.pdf](http://technika.gmgi.hu/uploads/termek_50/biogaz_a_kornyezetbarat_megujulo_energiahordozo_13_03.pdf)

Kocsis I., dr. (2011) *Komposztálás, biogáztermelés* Szent István Egyetem. Letöltés dátuma: 2024.03.29. Forrás: <https://docplayer.hu/4623032-Komposztalas-biogaztermeles-dr-kocsis-istvan.html>

Kocsis I. (2015) *A szennyvíz és a szennyvíziszap fogalma fajtái* TÁMOP- 4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0018 számú projekt. Letöltés dátuma: 2024.02.10. Forrás <https://alternativenergia.hu/elkeszult-a-zold-tananyag/69455>

Lossie U. [N.a.] *A biogáz üzemek tervezett irányítása* Letöltés dátuma: 2024.04.02. Forrás: <https://dk.hach.com/asset-get.download.jsa?id=25593611198>

Oláh J., Öllös G., Palkó Gy.: (2010) *Rothasztás*, Magyar Vízközmű Szövetség (Budapest). 15-32. o., 665-1025.o.,

Papp L. (2021): *Üvegházhatású gázok: ezek a legszennyezőbb szektorok*. Letöltés dátuma: 2024.03.29. Forrás: <https://villanyautosok.hu/2021/08/02/uveghazhatasu-gazok-ezek-a-legszennyezobb-szektorok/>

Sipos G. (2020): *Az átmeneti leállás javította a levegőminőséget, de nem oldja meg a klímaváltozás problémáját*. Letöltés dátuma: 2024.04.12. Forrás: [https://mta.hu/tudomany\\_hirei/karanten-jarvany-kornyezeti-hatasok-110606](https://mta.hu/tudomany_hirei/karanten-jarvany-kornyezeti-hatasok-110606)

Tasnádi G. (2022) *Szennyvíziszap-kezelés, -elhelyezés és -hasznosítás*. Letöltés dátuma: 2024.03.30. Forrás: <https://www.nak.hu/tajekoztatasi-szolgaltatas/ontozes/104178-szennyviziszap-kezeles-elhelyezes-es-hasznositas>

Tóth L, (2012): *Alternatív energiaellátási rendszerek az agrárgazdaságban*. Budapest Magyar Agrárkamara (Budapest) 144-155.o.

Tóth L. L. (2023): *Az élelmiszer-hulladékokat is szelektíven gyűjthetjük 2024-től*. Letöltés dátuma: 2024.04.14. Forrás: <https://www.magyarhirlap.hu/gazdasag/20230328-az-elelmiszer-hulladekokat-is-szelektiven-gyujthetjuk-2024-toi>

Uri Zs. (2015) *A szennyvíziszap kezelése hasznosítás előtt* TÁMOP- 4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0018 számú projekt. Letöltés dátuma: 2024.02.10. Forrás: <https://alternativenergia.hu/elkeszult-a-zold-tananyag/69455>

### **Internetes források:**

http1: Digitális Tankönyvtár [N.a.] *Agrár-környezetvédelem, agrotechnológia*. Letöltés dátuma: 2024.04.02. Forrás: [https://dtk.tankonyvtar.hu/bitstream/handle/123456789/8260/131\\_agrar.pdf?sequence=131&isAllowed=y](https://dtk.tankonyvtar.hu/bitstream/handle/123456789/8260/131_agrar.pdf?sequence=131&isAllowed=y)

http2: ávm kft. Letöltés dátuma: 2024.04.10. Forrás: <https://www.avmkft.hu/index.php/hu/biogaz/gaztartaly>

http3: Directorate-General for Energy (2023) *Bioenergy report outlines progress being made across the EU*. Letöltés dátuma: 2024.04.02. Forrás: [https://energy.ec.europa.eu/news/bioenergy-report-outlines-progress-being-made-across-eu-2023-10-27\\_en](https://energy.ec.europa.eu/news/bioenergy-report-outlines-progress-being-made-across-eu-2023-10-27_en)

http4: VGF. szaklap (2010). *Biogáztermelés szennyvízből* Letöltve: 2024.04.12. Forrás: <https://www.vgfszaklap.hu/lapszamok/2010/marcius/1719>

http5: Első Magyar Biogáz és Szolár Kft. (2009) *Mi a biogáz?* Letöltés dátuma:2023.03.16 Forrás: <http://embs.hu/mi-a-biogaz>

http6: skylineenergy.ca (2022) *The history and technology of biogas: All About Biogas*. Letöltés dátuma: 2024.03.30. Forrás: <https://www.skylineenergy.ca/blog/the-history-and-technology-of-biogas-all-about-biogas-article-2/>

## 9. Ábrák és táblázatok jegyzéke

- 12. ábra:** A kibocsátott üvegházhatású gázok megoszlása szektoronként: 9.o.
- 13. ábra:** A kibocsátott üvegházhatású gázok megoszlása szektoronként 2016-ban Magyarországon: 10.o.
- 14. ábra:** A biogáz előállítás- és hasznosítás folyamata: 19.o.
- 15. ábra:** Észak-pesti Szennyvíztisztító telep fermentorai: 22.o.
- 16. ábra:** A leggyakrabban alkalmazott keverési megoldások: 25.o.
- 17. ábra:** A biogáz üzem energia folyamatábrája: 27.o.
- 18. ábra:** A ko-szubsztrát rothasztás tápanyagmérlege: 29.o.
- 19. ábra:** A zalaegerszegi komposztálóba érkező zöld hulladék: 35.o.
- 20. ábra:** A konyhai hulladék: 37.o.
- 21. ábra:** A Zalavíz Zrt. szennyvíztisztító telepén működő biogáz üzem: 39.o.
- 22. ábra:** SATTLER biogáztároló felépítése: 48.o.
- 
- 11. táblázat:** Élelmiszer hulladékok összetétele: 32.o.
- 12. táblázat:** Bio hulladékokból nyerhető biogáz mennyiségek: 32.o.
- 13. táblázat:** Gáz kihozatal 30 nap alatt szervesanyag-tartalomra vonatkozóan: 33.o.
- 14. táblázat:** A zöldhulladék éves mennyisége alapján a 10%-os koncentrációjú alapanyag mennyisége: 41.o.
- 15. táblázat:** A naponta beadagolásra kerülő mennyiségek száraz- és szervesanyag-tartalma: 42.o.
- 16. táblázat:** A zöldhulladék várható biogáz-hozama: 42.o.
- 17. táblázat:** A konyhai hulladékok legfontosabb paraméterei: 42.o.
- 18. táblázat:** A különböző településekről beérkező szennyvíziszapok legfontosabb paraméterei: 43.o.
- 19. táblázat:** A naponta beadagolásra kerülő mennyiség száraz-és szervesanyag-tartalma: 43.o.
- 20. táblázat:** Az alapanyagok együttes koncentrációjának értéke: 45.o.

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

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

4.1. sz. melléklete: Konzulensi nyilatkozat

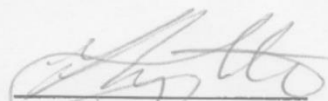
## NYILATKOZAT

SZALAI ESZTER (név) (hallgató Neptun azonosítója: ZACSUG)  
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a  
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót<sup>1</sup> 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 javaslom<sup>2</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*3</sup>

Kelt: Gödöllő év 2024.04. hó 20 nap

  
belső konzulens

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendő.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendő.

### NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió<sup>1</sup> nyilvános hozzáféréséről és  
eredetiségéről

A hallgató neve:

SITÁLYI ESZTER

A Hallgató Nép.un kódja:

ZACSU9

A dolgozat címe:

ÁLLATTÉRSÉGI HULLADÉKKEZELŐ KÖZPONT BIOGAZ  
ALAPÚ VILÁGOS ÉRŐKÉNTIA TERHELTÉSEK MEGTERVEZÉSE  
2024 ÉS FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEI

A megjelenés éve:

2024

A konzulens intézetének neve:

MŰSZAKI INTÉZET

A konzulens tanszékének a neve:

ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI ÉS ENERGETIKAI TANSZÉK

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió<sup>2</sup> egyéni, eredeti jellegű, saját szerzem a köztársaságban. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozával valótlant 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 nyomatását engedélyezem.

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

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitóri 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 repozitóri rendszerében.

Kelt: 2024. év 10. hó 15. nap

  
Hallgató aláírása

