

SZAKDOLGOZAT

Sági Bence Károly
Létesítményenergetikai szakmérnök

Gödöllő
2022



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Létesítményenergetikai szakmérnöki szak

**Lejárt szavatosságú élelmiszerek felhasználása energetikai
célokra**

Belső konzulens: Dr. Barótfi István
egyetemi tanár

Külső konzulens: Anka János
üzemvezető

Készítette: Sági Bence Károly
GOLIQ4
Levelező tagozat

Intézet/Tanszék: **Műszaki Intézet**

Gödöllő
2022

**MŰSZAKI INTÉZET LÉTESÍTMÉNYENERGETIKA SZAKIRÁNYÚ
TOVÁBBKÉPZÉSI SZAK**

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Sági Bence Károly (GOLIQ4)

részére

A szakdolgozat címe:

Lejárt szavatosságú élelmiszerek felhasználása energetikai célokra

Feladatleírás:

Szakdolgozatomban a szakirodalmi áttekintést követően ennek megfelelően egy olyan biogáz üzemeltetést mutatok be, amely a lejárt szavatosságú, egyébként hulladék élelmiszerek újra feldolgozásával foglalkozik. Célom, hogy egy napi alapanyag beadagolási terv alapján meghatározzam a kinyerhető gáz mennyiségét, valamint az ebből átalakított, lakossági célokra tovább értékesített villamos energia mennyiségét. Dolgozatomban végén javaslatot teszek annak érdekében, hogy a kinyerhető biogáz mennyiségét növelni lehessen.

Közreműködő tanszék: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Külső konzulens: Anka János, Alteo Nyrt., 2750 Nagykőrös, külterület, 0114/45 hrsz.

Belső konzulens: Prof. emeritus Dr. Barótfi István, MATE, Műszaki Intézet

Beadási határidő: 2023. április 30.

Gödöllő, 2023. április 18.

Jóváhagyom

(tanszékvezető)

(szakfelelős)

Átvettem

(hallgató)

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

Gödöllő, 2023. 04. hó 18. nap

(külső konzulens)

NYILATKOZAT

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

A hallgató neve: SÁGI BENCE KÁROLY
A Hallgató Neptun kódja: GOLIQ4
A dolgozat címe: LEJÁRT SZAVATOSSÁG ÉLELMISZEREK FELHASZNÁLÁSA
A megjelenés éve: 2023 ENERGETIKAI CÉLOKRA
A konzulens tanszék neve: ÉPÜLETGÉPÉSZETI ÉS ENERGETIKAI TANSZÉK

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

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

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

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

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

Kelt: 2023 év április hó 28 nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

Lejárt szavatosságú élelmiszerek felhasználása energetikai célokra

Szakdolgozatomban egy olyan biogáz üzemet mutatok be, amely lejárt szavatosságú, egyébként kidobásra ítélt élelmiszereket hasznosít energetikai szempontból. Dolgozatom témájának választásakor nem utolsó sorban gondolatébresztő, edukatív célokat is meghatároztam. Meglátásaim szerint egy kis odafigyeléssel sokkal tisztább, még nagyon sokáig élhető maradhatna a Föld. A szakirodalmi áttekintést követően számolásokkal alátámasztva bemutatom, miként lehet hulladékból biogázt kinyerni, és azt villamosenergiává alakítani lakossági célokra felhasználva. Mindezt egy biogáz üzem átlagosnak mondható napi beadagolási tervének elemzésével szemléltetem. Dolgozatom végén javaslatot teszek egy bemutatott kutatás során tesztelt hozamfokozó adalékanyag használatára, további számításokat végezve, hogy még meggyőzőbb legyen a gázkihozatal növekedése.

Összegzésként elmondható, hogy a szakdolgozat elkészítése közben rengeteget tanultam a témaköréről. Remélem, a közel jövőben globális térhódítása fog bekövetkezni a biomassza alapú energiaszolgáltatásnak, növelve ezzel az energiaszuverenitást, valamint a fenntartható, környezetbarát életmódot.

Abstract

Use of expired food for energy purposes

In my thesis, I present a biogas plant that uses expired foodstuffs that would otherwise have been discarded for energy. In choosing the subject of my thesis, I have also set myself the goal of providing food for thought and education. I believe that, with a little attention, the Earth could remain a much cleaner place to live for a very long time to come. Following a literature review, I will present a calculation of how biogas can be extracted from waste and converted into electricity for domestic use. This is illustrated by analysing the average daily feed-in schedule of a biogas plant. At the end of my thesis, I will propose the use of a yield enhancing additive tested in the research presented, with further calculations to make the increase in gas yield even more convincing.

In conclusion, I have learned a lot about the subject while writing this thesis. I hope that in the near future, there will be a global take-up of biomass-based energy services, increasing energy sovereignty and sustainable, environmentally friendly lifestyles.

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés	8
2	Szakirodalmi áttekintés	9
2.1	Globálisan keletkező élelmiszerhulladék.....	9
2.1.1	Hulladék élelmiszer kezelése	11
2.1.2	Hulladék élelmiszer hasznosítása.....	13
2.2	Megújuló energiák	14
2.2.1	Biomassza potenciál Magyarországon.....	16
2.2.2	Biomassza átalakítása.....	18
2.2.3	Mi lehet biomassza?	19
2.3	Biogáz	22
2.3.1	A biogáz helye és szerepe	23
2.3.2	Keletkezése és kémiai összetétele.....	24
2.3.3	Erjedési reakciólánc, fermentálás.....	26
2.3.4	A biogáz üzemek elterjedésének korlátjai Magyarországon.....	27
3	A nagykőrösi biogázüzem bemutatása.....	30
3.1	Üzem felépítése.....	30
3.2	Az üzemben felhasznált összetevők	32
3.2.1	Alapanyagok elemzése gázkihozatal szerint.....	33
3.2.2	Beadagolási terv alapján kiszámított gázkihozatal	34
3.3	Kinyert biogáz villamos energiává való átalakítása.....	37
3.3.1	Végtermék hasznosítás.....	38
3.3.2	Javaslattétel hozamfokozásra	39
4	Következtetések levonása, összegzés	43
5	Irodalomjegyzék	45
6	Mellékletek	46

1 Bevezetés

Napjainkban igyekszünk a környezetünket érintő globális problémák megoldására egyre nagyobb hangsúlyt fektetni. Ennek szükségszerűsége nem vitatott; a környezetszennyezés következményeként az üvegházhatás, a fosszilis energiaforrások kimerülése, az ózonpajzs ritkulása, a globális felmelegedés témája egyre inkább sürgető, megoldandó feladat.

Életünket jelentősen befolyásolja a fennmaradásunkhoz szükséges, környezetünkől kinyerhető energia milyensége, mennyisége. A fosszilis energiahordozók véges készlete miatt lehetőségeink korlátozottak lesznek. Mivel az energia ennyire szerves részévé vált a gazdaságnak és a társadalmi fejlődésnek, annak fenntarthatósága alapvető vizsgálati tényezővé vált, és ideje más alternatívák felé tekinteni.

Véleményem szerint ezt az energetikai korszakváltást az energiatakarékosság, az energia racionális, környezetbarát hasznosítása, a megújuló energiahordozók fokozott mértékű felhasználása kell, hogy jelentse.

Szakdolgozatomban a szakirodalmi áttekintést követően ennek megfelelően egy olyan biogáz üzemet mutatok be, amely a lejárt szavatosságú, egyébként hulladék élelmiszerek újra feldolgozásával foglalkozik. Célom, hogy egy napi alapanyag beadagolási terv alapján meghatározzam a kinyerhető gáz mennyiségét, valamint az ebből következő lakossági célokra tovább adott villamos energia mennyiségét. Dolgozatom végén igyekszem javaslatot tenni annak érdekében, hogy a kinyerhető biogáz mennyiségét növelni lehessen.

2 Szakirodalmi áttekintés

A megújuló energia és a természetes anyagok iránti kereslet növekedésével a szerves hulladékok, mint például a lejárt szavatosságú élelmiszerek, mint nagy mennyiségben rendelkezésre álló energiaforrások, egyre nagyobb teret fognak nyerni a fenntartható energiatermelés területén. A biomasszák energetikai célú felhasználási lehetőségei közül a leginkább környezetbe illő és ökológiailag is helytálló a biogáz előállítása. A modern társadalmakban az egyes fogyasztók által termelt hulladék átlagos mennyisége exponenciálisan növekszik, hiszen egyes előrejelzések szerint 2050-re 10 milliárd főre nő a Föld népessége, ez pedig azt jelenti, hogy a mostanihoz képest mintegy 30 százalékkal több élelmiszer előállítására lesz szükség, ami megnövekedett energiaigénnyel és hulladéktermeléssel is jár. A következő pontokban a globálisan keletkező élelmiszerhulladék mennyiségét, valamint annak kezelési módszereit fogom ismertetni. [1]

2.1 Globálisan keletkező élelmiszerhulladék

Az élelmiszerláncban keletkező hulladékok kérdése több szempontból is a tudományos érdeklődés fókuszába került. A 21. századi ember életvitele felgyorsult, így az étkezései során is a gyorsan elkészíthető ételeket helyezi előtérbe. Az élelmiszerek frissességének, tartósságának megőrzése érdekében speciális, gyakran nehezen lebomló csomagolás szükséges, amelyek újra hasznosítása ma még kihívást jelentő feladat a hulladékfeldolgozással foglalkozó egységek számára. Napjainkban hatalmas áruválasztékkal szembesülnek a magyar fogyasztók is, hasonlóan a fejlettebb nyugati társadalmakhoz. S bár az élelmiszerárak folyamatosan emelkednek, és egyre gyakoribb, hogy valami hiánycikk lesz, mégsem jellemző az élelmiszerek értékelése, mondhatni annyira hozzászoktunk, hogy normálisnak, magától értetődőnek kezeljük, hogy nagy a választék és minden friss.

Éppen ezért a háztartások gyakran indokolatlanul nagy mennyiségű élelmiszerhulladékot halmoznak fel, helytelen vásárlási szokásaik miatt. Továbbá az élelmiszerlánc más folyamataiban (nyersanyag-előállítás, feldolgozás, kereskedelem, logisztika) is jelentős mennyiségű veszteséggel kell számolnunk. Ezek a veszteségek a megújuló és nem megújuló természeti erőforrások felesleges igénybevételét jelentik, hulladékként való elhelyezésük pedig újabb környezetterhelési problémákkal jár együtt. Magyarországon az élelmiszerpazarlás és a hulladékkezelés jelentős problémát jelentenek az áruházakban. Az élelmiszerpazarlás számos tényezőből eredhet, mint például a túlzott

rendelési mennyiség, az élelmiszer lejáratí idejének lejártá, a hibás termékminőség vagy az elégtelen értékesítés. Az áruházakban eladatlan, de még fogyasztható élelmiszereket általában kidobják, ami számos negatív hatással jár.

Egyfelől az élelmiszerpazarlás hozzájárul a szemétteltelepek túlterheltségéhez és a környezetszennyezéshez. Másrészt pedig a kidobott élelmiszerek jelentős gazdasági veszteséget okoznak az áruházaknak, és emellett a társadalom számára is negatív hatásokat okoznak, hiszen az élelmiszerpazarlás közvetetten hozzájárul a társadalmi egyenlőtlenségekhez. Az élelmiszerpazarlás csökkentése érdekében egyes intézkedések már bevezetésre kerültek. Például néhány nagyobb áruházlánc olyan kezdeményezéseket indított, amelyek során a lejárt vagy az eladatlan, de még fogyasztható élelmiszereket jótékony célra ajánlják fel. Emellett számos helyen bevezették a termékfrissesség és a lejáratí dátum jobb nyomon követésére szolgáló technológiákat is.

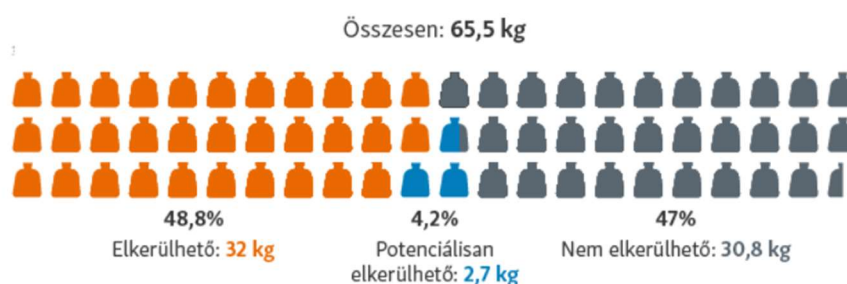
Azonban az élelmiszerpazarlás és a hulladékkezelés problémájának megoldása továbbra is komplex feladat, amely szoros együttműködést igényel az bevásárlóközpont, az élelmiszeripar és a társadalom között. Az egyének szintjén is lehetnek hatékony megoldások, például az élelmiszerhulladék otthoni kezelése vagy a tudatosabb vásárlási szokások kialakítása, amelyek hozzájárulhatnak az élelmiszerpazarlás csökkentéséhez.

Legalább tíz éve folyamatos válságok időszakát éljük az EU-ban (migráció, Covid19-pandémia, orosz–ukrán háború). Az Európai zöld megállapodás (European Green Deal) célja, hogy az EU klímasemlegessé váljon 2050-re, ezzel együtt kiutat mutat azokból a válságokból, amelyekbe az emberiség globálisan sodródott. A világ népessége 2050-ig várhatóan 25%-kal bővül, ami az étrend változásával, azaz a magas hozzáadott értékű élelmiszerek (hús- és tejtermékek) fogyasztásának folyamatos bővülésével párhuzamosan 60%-kal növeli az élelmiszerigényt értékben kifejezve. A növekvő élelmiszer-termelésben eddig elért sikernek nagy ára volt. Az élelmiszer-ellátási rendszerek a kulcsfontosságú erőforrások tekintetében már túllépik a bolygó határait, ráadásul óriási élelmiszer-veszteség és -hulladék keletkezik. Ugyanakkor az élelmiszer-veszteség és -hulladék a teljes élelmiszertermelés 25–30%-át és a globális ÜHG-kibocsátás 8–10%-át teszi ki. Az élelmiszerveszteség és -hulladék csökkentése környezeti szempontból fenntartható módon járulhat hozzá a globális élelmezésbiztonság javításához.

Földünkön a lélekszám emelkedésével közel párhuzamosan nőtt az energiafogyasztás is. Ma a végső energiafogyasztásban a fosszilis energia aránya 80%, a megújuló energiaforrásoké pedig 20% körül alakul az EU-ban és globális szinten egyaránt. Az EU-ban

komoly gazdasági és politikai megfontolás tárgya az 50–60%-os energiafüggőség csökkentése és a fosszilis energiahordozók gyors helyettesítése megújuló energiaforrásokkal, miközben a növekvő energiaárak (és élelmiszerárak) komoly társadalmi feszültséget idéznek elő.

Hazánkban a becsült éves élelmiszer-hulladék fejenként 65,5 kg, ennek feloszlását mutatja a következő ábra.



1.ábra: Magyarországon keletkező hulladék élelmiszer [9]

Látható, hogy az éves hulladék fele egyébként elkerülhető lenne, ezek alatt értem a tárolási problémák miatt megromlott, vagy feleslegesen felhalmozott, megvásárolt élelmiszereket. A legmegdöbbentőbb az, hogy mindezt el tudnánk kerülni, nem kerülne pénzbe, csupán egy kis figyelembe. Potenciálisan elkerülhető élelmiszerek például az almahéj, csirkebőr, kenyérhéj stb, míg nem elkerülhetőek a csontok, tojáshéj. [7,8,9]

2.1.1 Hulladék élelmiszer kezelése

Az élelmiszerhulladékok kezelése kulcsfontosságú a környezetvédelem és a fenntarthatóság szempontjából. Az élelmiszerhulladékok általában az eladatlan, de még fogyasztható élelmiszerek és az elhasznált élelmiszerek maradékai, amelyeket a háztartásokban, az élelmiszeriparban és az áruházakban keletkeznek. Az élelmiszerhulladékok kezelése magában foglalja az újrafeldolgozást, a komposztálást és a hulladéklerakást. Az élelmiszerhulladékok újrafeldolgozása során a hulladékokat először külön választják, majd feldolgozzák, hogy új termékekké alakuljanak. Például az eladatlan, de még fogyasztható élelmiszereket jótékony célra lehet felajánlani, vagy olyan ipari felhasználású élelmiszeripari termékeket lehet előállítani belőlük, mint például az állateledel vagy a bioüzemanyag. A bioetanolt például a benzinhoz adják hozzá, itthon 10%-os adalékként használják a 95-ös benziben (E10).

A technika fejlődésének, az iparosodásnak, a népességnövekedésnek, a városiasodásnak

a fogyasztói szokások megváltozásának köszönhető fokozódó hulladéktermelés már akadályozza a természetes körfolyamatokba való beépülésüket. A hulladék összetétele az idők folyamán nagyon jelentősen megváltozott. A hulladékban új, részben mérgező anyagok is találhatók, melyek évszázadok alatt sem bomlanak le. Sajnos a fejlődés ellenére a hulladékkal való eljárás mód azonban kevésbé változott. A szakszerű és a környezetet nem fenyegető elhelyezés még nem terjedt el a kívánt mértékben. A problémát a szemétszállítás fejlesztésével próbálják meg ellensúlyozni. A valódi megoldást a hulladék keletkezésének csökkentése, megakadályozása jelentené. Biztató jel azonban, hogy az újrahasznosítás napjainkban még nem meghatározó, de egyre jobban terjedő tevékenység.

A komposztálás során az élelmiszerhulladékokat szerves anyaggá alakítják, amely később tápanyagként szolgálhat a növények számára. Az élelmiszerhulladékot komposztálással lehet újra hasznosítani, és a keletkező komposztot lehet használni a kertek, mezőgazdasági területek és parkok tápanyagellátására. Tudni kell azonban, hogy ez ugyanúgy CO₂ kibocsátással jár, mivel a kiszórt hulladékok ahogy elkezdnek rothadni, úgy nő az emisszió is. Illetve az sem elhanyagolható dolog, hogy a földet sem lehet a végtelenségig komposzttal szórni, mert ha túl sokat kap, tönkre teszi a föld minőségét (elsavasodik). Az élelmiszerhulladékot tartalmazó szemétkukák pedig a legkevésbé fenntartható megoldások közé tartoznak, hiszen a hulladéklerakókban az élelmiszerhulladékok rothadása során metán és egyéb káros anyagok keletkeznek, amelyek szennyezik a környezetet és a légkört.

Az élelmiszerhulladék kezelése és csökkentése mindenki számára fontos. Az egyéneknek fontos szerepe van a tudatos vásárlási szokások kialakításában, az élelmiszerek megfelelő tárolásában és az otthoni komposztálásban. Az áruházak és az élelmiszeripari vállalkozásoknak pedig az élelmiszerpazarlás csökkentése és az élelmiszerhulladék kezelése terén kell erőfeszítéseket tenniük.

A hulladékokat keletkezés szerint a következők szerint tudjuk csoportosítani:

települési (kommunális) hulladék

- települési szilárd hulladékok (lakóházi, intézményi, utcai, piaci szemét, kerti hulladék: üveg, papír, fém, műanyag, textil, konyhakerti hulladék),
- települési folyékony hulladékok (a közcsontra nem kötött emberi eredetű szennyvízből származó, valamint a közüzemi csatornák és árkok,
- szennyvíztelepek fenntartásából és tisztításából származó hulladékok
- inert hulladékok (építési és bontási hulladék),

- biohulladékok (olyan növényi és állati eredetű szerves hulladék, amely
- biológiailag lebomlik vagy lebontható),

termelési hulladék

- ipari hulladékok,
- mezőgazdasági hulladékok,
- speciális hulladékok (kórházak, elhullott állatok),
- közlekedési hulladék (közúti, vasúti, légi és vízi közlekedés),

különleges kezelést igénylő (veszélyes) hulladék

- mérgező (toxikus),
- fertőző,
- tűz-és robbanásveszélyes,
- mutagén karcinogén,
- korrozív,
- radioaktív hulladékok

A hulladékkezelés az a tevékenységi rendszer, amely annak megelőzésére irányul, hogy a hulladék a megengedett határérték feletti mértékben a környezetbe kerüljön. Ez azt jelenti, hogy a hulladékkezelés magába foglalja a hulladék veszélyeztető hatásainak csökkentését, termelésbe, fogyasztásba történő visszavezetésére irányuló tevékenységeket. A hulladékkezelés önállóan is alkalmazható eljárásokból áll, melyek a gyűjtés, a szállítás, az előkezelés, az átmeneti tárolás, a hasznosítás, az ártalmatlanítás. Ezeknek az eljárásoknak az összehangolt technológiai rendszere a hulladék kezelés. [10]

2.1.2 Hulladék élelmiszer hasznosítása

A hulladékhasznosítás az a technológiai tevékenység, amelynek során az eredeti rendeltetésük szerint tovább nem használható anyagokat, termékeket (azaz hulladékokat) közvetlenül, tulajdonságaik megváltoztatása nélkül – újrahasználat –, vagy közvetetten, tulajdonságaik fizikai, kémiai, biológiai kezeléssel történő megváltoztatásával – újrahasznosítás – a termelési vagy szolgáltatási folyamatba visszavezetik. Fontos megemlíteni a 3R elvet. A 3R elv vagy más néven "háromrészes hulladékgazdálkodási elv" az újrahasznosítás alapelvét foglalja magában, és a hulladékkezelési hierarchia alapját jelenti.

A 3R mozaikszó jelentése Reduce (csökkenteni), Reuse (újrahasznosítani) és Recycle (újrahasznosítani).

A Reduce azt jelenti, hogy az embereknek csökkenteniük kell a hulladék mennyiségét azzal, hogy kevesebb dolgot használnak fel és kevesebb hulladékot termelnek.

A Reuse azt jelenti, hogy az embereknek lehetőség szerint újra kell hasznosítaniuk a termékeket, például ruhákat, táskákat, palackokat, stb.

A Recycle azt jelenti, hogy az embereknek a lehető legtöbb hulladékot újra kell hasznosítaniuk, így segítve a környezetet és csökkentve a szemétkukákban felhalmozódó hulladék mennyiségét. Hasznosítást követően a hulladék, mint másodnyersanyag, illetve energiahordozó, vagy mint félkész, illetve késztermék kerül vissza a termelési folyamatba, esetleg közvetlen felhasználásra. A hulladékhasznosítás maradék anyagai további kezelést rendszerint égetést vagy lerakást igényelnek.

A különféle hulladékok hasznosítása mind környezetvédelmi, mind gazdasági előnyökkel jár, amik a következők:

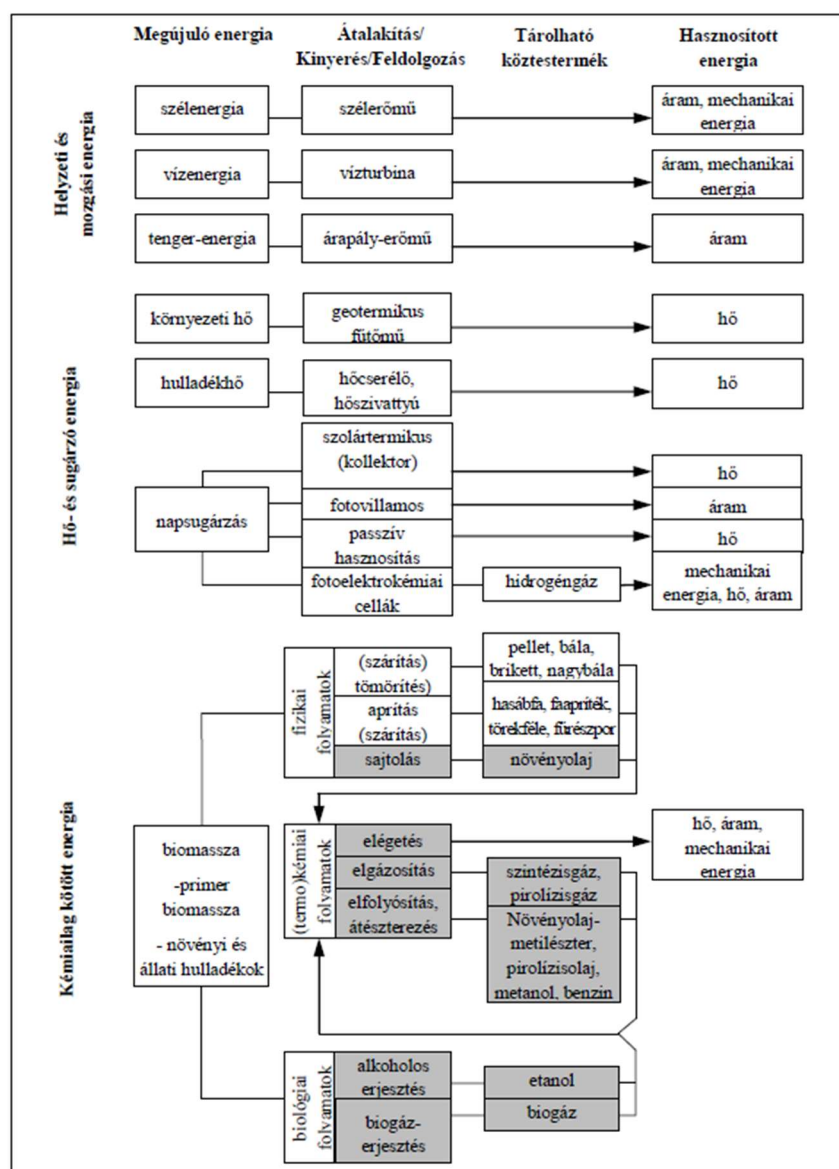
- a hasznosítás elősegíti az eredeti nyersanyagokkal való takarékos gazdálkodást,
- a másodnyersanyagok felhasználásával csökken a termelés energia felhasználása és környezet károsításának mértéke,
- csökken az ártalmatlanítandó hulladék mennyisége és ezáltal mérséklődik a környezet hulladékkal való terhelése. [10]

A hulladék hasznosításban rejlő legnagyobb potenciál a biomasszaként történő feldolgozása, melyeket a következőkben fogok elmagyarázni. Meglátásom szerint, az energetikai korszakváltást a megújuló energiák fontosságán túl, kiemelt szerepet kell, hogy kapjon a 8 milliárd ember által termelt hulladék termelése, illetve annak kezelése is. Ez a téma egyre aktuálisabb, és az éghajlatváltozás elleni küzdelem élvonalába tartozik.

2.2 Megújuló energiák

Megújuló energiaforrásnak nevezzük az energiahordozók azon csoportját, amelyek emberi időléptékben képesek megújulni, azaz nem fogynak el, ellentétben a nem megújuló energiaforrásokkal. Megújulásuk záloga a Napnak a Földre érkező energiája, mely elengedhetetlen termelődésük és felhasználásuk egyensúlyához. A megújuló energiaforrások nagy előnye a fosszilis energiahordozókkal szemben, hogy készleteik folyamatosan vagy periodikusan az ember számára belátható időtávon belül képesek megújulni. A megújuló energiaforrások közös jellemzője, hogy fosszilis energiahordozók kiváltására alkalmasak, ily módon megállíthatják a légkör CO₂ szintjének további növekedését; a kibocsátott anyagokat

tekintve általában is környezetkímélőbbek; eredetüket tekintve pedig erőforrás-kímélők, nem csökkentik a Földön található készletenergiák szintjét. Ilyen energiaforrások a nap-, szél-, víz- és geotermikus energia, valamint a biomasszából nyerhető energia. További előnye a megújuló energiaforrásoknak, hogy használatuk során a fosszilis energiahordozók hasznosításához képest jóval kevesebb szennyező anyag keletkezik, vagyis a megújuló energiaforrások hasznosításakor kevesebb környezetterhelés valósul meg. Az második ábra részletes áttekintés ad a megújuló energiaforrásokról, azon belül a biomassza alapú energiaforrások technológiáiról.



2. ábra: Megújuló energiaforrások, technológiák [3]

Kedvező jellemzőjük az is, hogy hozzáférhetőségük térben lényegesen egyenletesebb,

mint a fosszilis energiahordozóké (például a kőszéné vagy az uránércé), így lokális, decentralizált felhasználásuk egyszerűen megoldható. Bár itt is előfordulnak olyan területi különbségek, amelyek távol esnek a hasznosítástól, és ezért drágábbak (például off-shore szélenergia). Ezért a fenntartható társadalomhoz mindenképpen hozzátartozik a megújuló energiaforrások fenntartható hasznosítása, és elérendő célként fogalmazódik meg a fosszilis energiahordozók és az atomenergia teljes kiváltása a megújulókra támaszkodó technológiákkal. [2,3]

2.2.1 Biomassza potenciál Magyarországon

Az 1970-as évek végén Magyarországon a biomassza főként erdészeti hulladékokból és mezőgazdasági melléktermékekből származott, amelyeket általában csak égettek vagy az erdőgazdaságoknál összegyűjtötték. Azonban az 1985 körül az energiaárak emelkedése és a környezetvédelmi szabályozások szigorodása miatt egyre több figyelem irányult a biomassza energiahasznosítására, erre a korszakra datálható a fénykora.

Az első biomassza erőművet 1993-ban adták át Zalaegerszegen, amely főként fűrészpor és faforgács elégetésével termelt elektromos energiát. Ezt követően számos hasonló erőmű épült Magyarországon, és ma már a biomassza az egyik legfontosabb megújuló energiaforrás az országban. Ma Magyarországon a biomassza legfontosabb forrása az erdészeti melléktermékek, például a fűrészpor, faforgács és a rönk. Emellett a mezőgazdasági hulladékok, például az állati trágya és növényi maradványok is fontos biomassza források.

Magyarország jelentős biomassza potenciállal rendelkezik, amelyet olyan különböző forrásokból lehet előállítani, például az erdőkből, a mezőgazdasági hulladékokból és a szennyvíziszapból. Az országban jelenleg mintegy 2,4 millió hektár erdő található, amelynek a fenntartható módon történő hasznosítása kulcsfontosságú lehet a biomassza előállításában. Az erdők fenntartható használata, azaz a faanyag kitermelése és felhasználása olyan módon, hogy az erdő állapota ne romoljon, fontos az ország biomassza potenciáljának kiaknázása szempontjából. A mezőgazdasági szektorban is találkozhatunk biomasszaként felhasználható alapanyagokkal, például a gabonapehely, a szalma és az állati trágya. A gabonapehely fűtőértéke fajtától és nedvességtartalomtól függ, általában 14-16 MJ/kg közötti fűtőértékkel rendelkezik. A szalmának körülbelül 13-15 MJ/kg fűtőértéke van, a nedvességtartalomtól függően. Az állati trágya fűtőértéke is változó, azonban általában 6-8 MJ/kg körül van, de a fajta, az állatfajta és a trágya összetétele nagymértékben befolyásolhatja a fűtőértéket. Azonban ezt a szektort elemezve fontos szem előtt tartani a biomassza felhasználhatóságának

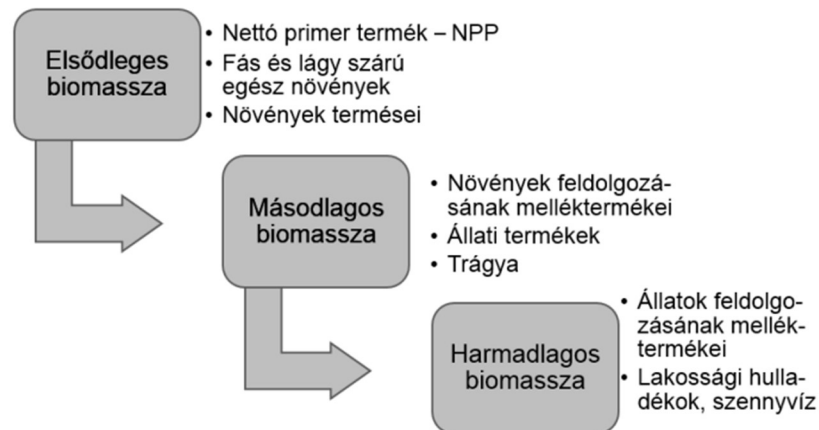
sorrendjét. Elsősorban élelmiszer, másodsorban takarmány, harmadsorban talaj és tápanyagutánpótlás, negyed sorban ipari alapanyag és csak ezek után jöhet az energetikai hasznosítás.

Emellett az ipari és kommunális hulladékokból is előállítható biomassa. Az országban számos biomassa erőmű és biomassa kazán üzemel, amelyek a megújuló energiaforrások közé tartoznak. A biomassa felhasználása nem csak energiát termel, hanem a hulladékok újrahasznosításával csökkenti a szennyezést és a szemétkerakás mennyiségét is.

A biomassa potenciál kiaknázásának további lehetőségei is vannak, például az energianövények termesztése és a bioüzemanyagok előállítása. Ezek a megoldások lehetővé teszik, hogy az ország még nagyobb mértékben hasznosítsa a biomassa potenciált, és csökkentse az energiafüggőségét a fosszilis tüzelőanyagoktól. A biomassa energetikai hasznosítása különös körülményt igényel, hiszen ezen erőforrásunk feltételesen megújuló, ami azt jelenti, hogy megújulási képessége a fenntartható gazdálkodás kereteihez kötött: az energiaforrás megújulási rátáját nem szabad túllépni, valamint fenn kell tartani az erőforrás természeti környezetét is, hogy megújulása biztosított legyen.

Ez egyúttal azt is jelenti, hogy a hasznosított energia mennyisége csak a biomassa esetében befolyásolja a későbbiekben hasznosítható mennyiségeket. Magyarországon a keletkező biomassa 5%-át lehet energetikai célra használni, ha ennél többet használunk, akkor annak nemkívánatos következményei vannak. Például csökken, vagy megszűnik a megújulóképessége. Tehát a biomassa átgondolatlan és mértéktelen felhasználása nemcsak magát az erőforrást, hanem a talajt, annak vízgazdálkodását, a helyi mikroklímát, az élővilág sokféleségét, vagy akár az adott terület teljes ökológiai rendszerét is károsítja.

A biomassza, mint megújuló energiaforrás, keletkezését tekintve három nagy csoportba sorolható, melyet a harmadik ábrán mutatok be, és a továbbiakban elemzek részletesen.



3. ábra: Energetikailag hasznosítható biomassza források [2]

Az első csoportba a növények által termelt alapanyagok, termények tartoznak, mint például az erdőben keletkező faanyag vagy a szemtermés a szántóföldi gabonatermesztés esetében. Ezt elsődleges biomasszának nevezzük. Tulajdonképpen minden növények által létrehozott anyag, termény ide tartozik.

A másodlagos biomassza csoportja tartalmazza mindazon termékeket, amelyek legalább egy átalakítási folyamaton már átestek. Így ebbe a csoportba tartoznak a növények feldolgozási melléktermékei, mint például az ocsú vagy a fűrészüzemi faforgács, valamint az állati termékek és az állattenyésztés melléktermékei, mint például az istállótrágya.

A harmadlagos biomassza körébe tartoznak a többszörösen átalakított anyagok, például az állati termékek feldolgozásakor keletkező melléktermékek, illetve a lakossági hulladékok. A biomassza mint energiatermelésre alkalmas alapanyag tehát igen sokféle módon keletkezhet és használható fel, és általánosságban elmondható, hogy hazánkban egyre nagyobb népszerűségnek, kihasználtságnak örvend. [2]

2.2.2 Biomassza átalakítása

A biomassza átalakítás olyan folyamat, amely során a növényi vagy állati eredetű anyagokat olyan formává alakítják át, amelyek energiaként használhatók. Az átalakítás folyamatában többféle technológiai megoldás használható, mint például a biológiai úton történő lebontás, a gázolaj, az etanol vagy a metanol előállítása.

A biomassza átalakítása során a biomassza előállításához használt anyagokat olyan

formává alakítják, amelyeket könnyebb tárolni, szállítani és felhasználni az energiatermeléshez. Az átalakítás során a biomassza energiátartalmát általában a gáz, folyékony vagy szilárd formába alakítják át, amelyeket különböző célokra lehet felhasználni.

A biomassza átalakításának folyamatai közé tartozik például a biomassza égetése, a biogáz előállítása, az etanol és biodízel gyártása, az élelmiszerhulladékok hasznosítása és a szennyvíziszap felhasználása. A biomassza átalakításának célja, hogy a fenntartható erőforrásokat használjuk fel az energia előállításához, és ezzel hozzájáruljunk a környezetvédelemhez és az energiafüggetlenség csökkentéséhez.

A biológiai (biokémiai) átalakító eljárások során a biomassza átalakítása másodlagos energiahordozókká ill. vég vagy hasznos energiává mikroorganizmusok segítségével történik, vagyis biológiai folyamatokkal. Biokémiai eljárásnak számít az alkohol előállítása cukor, keményítő vagy cellulóz tartalmú biomasszából, valamint a biogáz előállítása anaerob fermentáció által. Az alkoholos lebontás során a cukor, keményítő vagy cellulóz tartalmú biomassza (például élesztő segítségével) etanollá alakul, amit azután desztillációval illetve rektifikációval lehet elválasztani a törkölytől, végül abszolútizálással tiszta formában nyerhető ki. Az etanol ezután hajtó- vagy tüzelőanyagként motorokban vagy kazánokban alakul át vég- vagy hasznos energiává. [3]

2.2.3 Mi lehet biomassza?

Valós fermentorokban a legelterjedtebb üzemanyaga a trágya, ami lehet híg és száraz, minőségét és fajtáját tekintve bármi alkalmas. A magyarországi állattartási struktúra miatt a sertés és marha trágya jelentik a legjellemzőbb felhasznált trágyákat. Ezen kívül bármilyen növényi és állati eredetű hulladék, melléktermék alkalmas fermentálásra.

Az alapanyag kiválasztásának legfőbb tényezői:

- Az ára kedvező legyen
- Álljon rendelkezésre egy helyen megfelelő mennyiség
- A források közel legyenek, hogy ne nagy távolságokból kelljen szállítani
- A minősége (gázkihozatal, lebomlási idő, szárazanyag tartalom)
- Többféle alapanyag
- Az évben mikor áll rendelkezésre, alkalmas-e tárolásra

Alapanyag bármi lehet azzal a feltétellel, hogy szervesanyagot tartalmazzon. Ennek összetétele befolyásolva a gázkihozatal, a lebomlás idejét, valamint a metán tartalmát is. Az alapanyag minősége szerint háromféle csoportosítása lehetséges:

- A gázkihozatal szerinti,
- A lebomlás ideje szerinti,
- A biogáz metántartalma szerinti csoportosítás.

Mivel szakdolgozatom témája a lejárt szavatosságú élelmiszerekből kinyert biogáz, így a következő táblázatban bemutatom a szénhidrát/fehérje/zsír tartalmú biomasszák átlagos gázkihozatalát.

Szubsztrátum alkotó	Gázkihozatal		Metán tartalom	
Szénhidrátok	830	[Nm ³ /t]	50	[%]
Fehérjék	720	[Nm ³ /t]	71	[%]
Zsírok	1430	[Nm ³ /t]	70	[%]

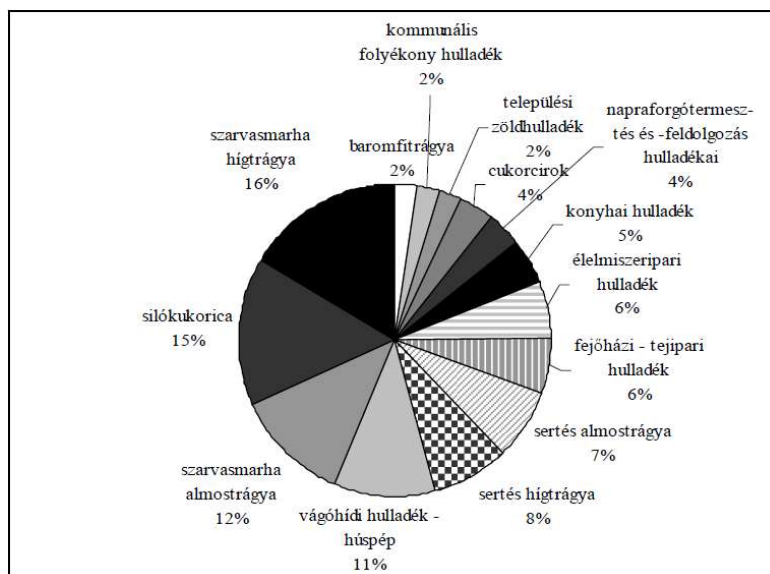
1. táblázat: Alapanyag szerinti gázkihozatal [5]

Jól látszik, ha például egy állati eredetű hulladékot (lejárt, romlott húsrú) használunk fel alapanyagként, akkor a gázkihozatal magas lesz. A gázkihozatal a legfontosabb, mivel ez befolyásolja végül a megtermelt villamos energiát, és ettől függ, hogy a biogáz termelésének folyamata gazdaságos-e. Emiatt érdemes minél jobb minőségű, magas gázkihozatalú nyersanyagot választani, mert így a fajlagos gázkihozatal magas lesz.

A lehetséges alapanyagok alatt tehát gondolhatunk minden olyan, háztartásbeli, és ipari környezetben folyamatosan, nagy mennyiségben termelődő hulladékot, mint például:

- hulladékok agrár-, kerti-, és vízi kultúrákból, vadászati- és halászati anyagok és azok feldolgozott formái
- hulladékok fafeldolgozásból illetve bútortal és fa alapanyagú táblásított termékek előállításából, továbbá papír, papír-pép, és hullámkarton eredetű hulladékok
- hulladékok a bőr-, szőrme-, és textil feldolgozóiparból
- hulladékok az Off-site szennyvízkezelő rendszerekből, és ivó- és ipari víz kezelésből
- települési hulladékokból (háztartási-, egyszerű kereskedelmi-, és intézményi hulladékok) leválasztott, illetve összegyűjtött frakciói [5]

A Magyarországon jelenleg működő biogázerőművek az ábrán látható megoszlásban használják fel az egyes alapanyagfajtaikat.



4.ábra: Alapanyag megoszlás [5]

Trágya:

A trágya teszi ki több mint a felét az összes alapanyagnak. Ennek oka, hogy ebből áll a legtöbb a rendelkezésre, mivel 15-20 millió tonna termelődik évente Magyarországon, és olcsón beszerezhető. Arra a kérdésre, hogy mi adja számunkra az említett anyag legkedvezőbb elhelyezési, feldolgozási, ártalmatlanítási, szagtalanítási módszerét, a válasz: a biogáz előállítás. A trágya tartalmazhat fertőzéseket, és ennek az ártalmatlanítására is képes a fermentor. Az összes trágyának közel a fele marhatrágya, a másik felének nagyobbik részét teszi ki a sertés trágya, és a maradék részét pedig a baromfi trágya. Az anyag lehet száraz és híg, és rengeteg féle szennyező anyag is megtalálható benne. Van, ami a minőségét rontja, ilyenek az inert anyagok, nagyon nehezen lebomló cellulózok, pl. fűrészpor, fa, szőr, szalma, toll, ammónia. Vannak erjedést gátló anyagok, ezek lehetnek fertőtlenítő szerek, antibiotikumok. Az ammónia tároláskor veszélyes hulladék, és környezetszennyező. A hígtrágya kiválasztásának az az előnye, hogy nedves fermentációhoz szükséges alacsony 12% alatti száraz anyag tartalom eléréséhez nem kell vizet hozzáadni, mivel a hígtrágya már tartalmazza. Ezért szokták például a sertés hígtrágyát a fermentor szubsztrátumának hígítására alkalmazni. Általában ez nem jelent problémát, mivel nagyon sokszor szennyvízzel oldják meg a hígítást, de ez nem mindig áll rendelkezésre.

Növényi hulladékok, és e célból termelt energianövények:

A gázkihozatal tekintve sokkal jobb értékeket mutatnak, és ezért a felhasználásuk elterjedt. Ha rendelkezésre áll valamilyen növényi melléktermék, hulladék, akkor érdemes felhasználni. A hátránya az, hogy kevesebb mennyiségben érhető el, szezonális, és ha energianövényről beszélünk, akkor igen költséges. Fontos gazdasági döntés, hogy e célból hasznos termőföldeket használjanak fel, abból a kizárólagos célból, hogy ott termesztessenek energianövényeket. A termőföld igénye egy 2-2,5MW villamos áramú termelésű fermentornak 1000 hektár. A fermentor gázkihozatalának és a gáz metántartalmának szabályozására kiválóan alkalmasak az energianövények. Fontos, hogy szezonális tározásra is kell tervezni, ezt általában silózással oldják meg.

Mezőgazdasági üzemek melléktermékei:

A felhasználása speciális, mivel ha egy nagyobb üzemről beszélünk, akkor a fő alapanyagát jelentheti. De mivel melléktermék, ezért az olcsó, vagy akár még fizetnek is, hogy nekik ne keljen ártalmatlanítási díjat fizetni. A melléktermék lehet szennyvíz, vagy száraz halmazállapotú. Ha szennyvíz, akkor közvetlenül az üzem mellé érdemes telepíteni a biogázüzemet. A minősége nagyon nagy tartományokban változhat. Általában a szennyvíznek magas víztartalma miatt alacsony a gázkihozatala, de ha magas a szénhidrát vagy netán az olaj tartalma, akkor magas is lehet. A termelés lehet szezonális, vagy folyamatos is. A potenciálja nagyon magas, és sokszor az üzemek maguk építenek erre biogáz üzemet. Ekkor akár hőt is lehet értékesíteni az üzemnek.

Vágóhídi melléktermék, hulladék, szennyvíz:

A felhasználása hasonló a mezőgazdasági melléktermékekhez. Az egyik legjobb alapanyag, gyors lebomlása és magas gázkihozatala miatt. Olcsó, mivel az ártalmatlanítás miatt akár még fizetni is kéne az átvételért. A hasznosítása bonyolultabb, mivel a pasztörizálni kell az alapanyagokat, vagy akár még nagyobb hőmérsékleten hőkezelní. Akár nagy távolságból is érdemes beszállítani. [11]

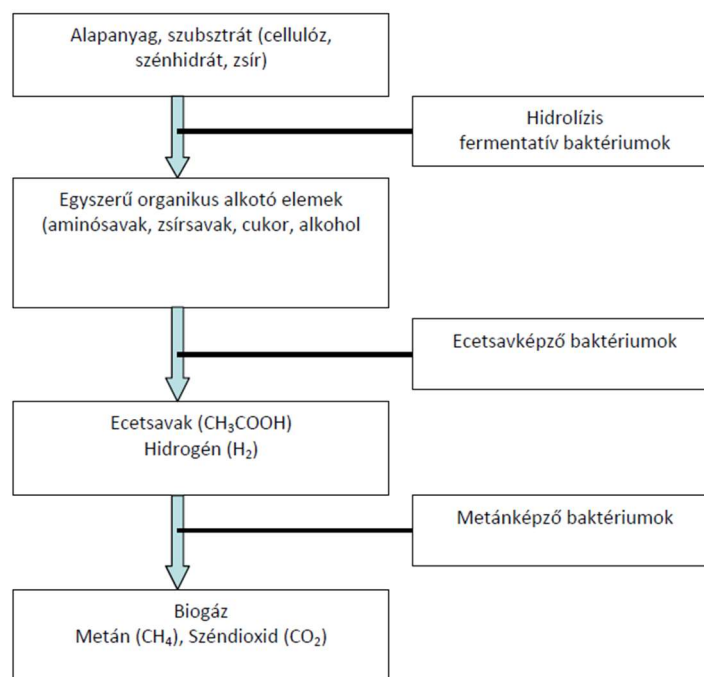
2.3 Biogáz

A biogáz szerves anyagok anaerob erjedése során képződő, légnemű energiahordozó. Biogáz előállítására elsősorban az élelmiszergazdaságban vagy a kommunális területen keletkező szerves anyagok alkalmasak. A biogáz termelés során a biomasszában tárolt kémiai energia nyerhető ki metán formájában.

A biológiai metántermelés három mikrobiológiai tevékenységre vezethető vissza, amelyek egymásra épülnek és természetes körülmények között nem lehet azokat elválasztani.

A folyamat az alábbi lépéseket foglalja magába:

1. a szervesanyagba található fehérjék, zsírok, keményítők, cellulózok stb. hidrolízises lebontása egyszerűbb alkotóelemekre, fermentatív baktériumok terén;
2. az aminosavak, zsírsavak, cukor, alkohol tovább bontása ecetsavakká és hidrogénné, ecetsavképző baktériumok által;
3. az ecetsavakból és alkoholból - metán és széndioxid - biogáz előállítása metánképző baktériumok révén. Az ötödik ábrán szemléltetem a biogázképződés folyamatát. [4]



5.ábra: Biogázképződés folyamata [4]

2.3.1 A biogáz helye és szerepe

A biogáz technológia kitűnően beilleszkedik a fenntartható fejlődés koncepciójába, ezért is kapott kiemelt szerepet az Európai Unió stratégiai célkitűzéseinek megvalósításában. A biogáz technológia egyidejűleg több fontos, az energiapolitikában megjelenő alapvető gyakorlati megvalósítását is szolgálja, tehát nagy potenciál van benne.

- a biogáz megújuló energiaforrás, környezetkímélő, csökkenti a légkörbe kerülő üvegház hatású metángáz mennyiségét,
- a biogáz üzemek alkalmasak a legtöbb szerves hulladék, köztük az állati eredetű anyagok feldolgozására, átalakítására és semlegesítésére egyidejű energiatermelés mellett,
- a szerves (hulladék) anyagok kezelését követően sok esetben jó minőségű, homogén trágya keletkezik, amely talajerő-utánpótlásra kitűnően alkalmas,
- a biogáz üzemekben villamos- és hőenergia állítható elő,
- a biogáz technológia hozzájárul a vidéki foglalkoztatásához és az életforma megőrzéséhez,
- a biogáz megfelelő tisztítás és előkezelés után felhasználható gépjárművek üzemanyagaként, vagy betáplálható a földgáz hálózatba.

A megújuló energiaforrások közül a biogáz már világszerte ismert. Nem csak megújuló energiahordozók palettáját színesíti, hanem stabilizálhatja a mezőgazdaságban élők megélhetését is, az agrárgazdaságokon kívül az építőiparban és a szolgáltató szektorban is teremthet munkahelyet. [6]

2.3.2 Keletkezése és kémiai összetétele

A biogáz keletkezésének feltétele az, hogy a szerves anyagok megfelelő körülmények között lebomoljanak. Az erjedés, más néven fermentáció, vagy rohasztás egy olyan folyamat, amelynél a mikroorganizmusok alakítják át a szénhidrátokat, cellulózt, fehérjét, zsírt és minden szerves anyagot. A kémiai folyamat során metán keletkezik. A bomlás után visszamaradt anyag, az úgynevezett hígtrágya, már bomló anyagoktól mentes és magas a nitrogén tartalma. A magas nitrogén tartalom miatt jó minőségű trágyaként alkalmazható. A mikroorganizmusok olyan élőlények, melyek lehetnek baktériumok, gombák és más alacsonyabb rendű élőlények, amelyek képesek lebontani a szerves anyagokat.

A mikroorganizmusok számára szükséges életfeltételek:

- Hőmérséklet
- Vizes környezet
- anaerob környezet
- megfelelő pH tartomány
- fénytől elzárt
- a kiinduláshoz szükséges minimális organizmus mennyisége

- bizonyos minimális szerves anyag tartalom jelenléte

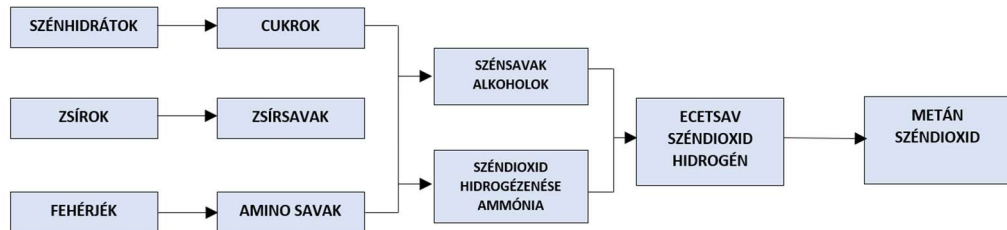
Az erjedéshez szükséges hőmérséklet nagyban függ az organizmusok fajtájától. Például, a pszikrofilok 25 °C alatt élnek, a mezofilok 32-42 °C, és a termofilok pedig 57-70 °C között élnek. Gyakorlatban a mezofil és termofil tartomány a legfontosabb, a biogáz-termelést tekintve.

A két hőmérsékleti tartományt külön-külön és vegyesen is alkalmazható. A mezofil és a termofil tartományban más-más mikrobás közösségek dolgoznak hatékonyabban. A baktériumok megfelelő táplálásához a kedvező metánképződéshez optimalizálni kell a szubsztrát összetételét. Biogáz-termelés szempontjából jó szubsztrát összetevők a cukor, keményítő és a zsírtartalmú alapanyagok, kevésbé jó alapanyag a fehérje. A legfontosabb szubsztrát összetevők az állati hígtrágyák, a gáztermelésük azonban alacsony (30-70 m³/t), a belőlük keletkezett biogáz metántartalma (CH₄) viszonylag magas 60-70%. Magas gázkihozataalt biztosítanak a növényi eredetű (kukorica, cukorcirok, teljes gabonanövény, cukorrépa) szubsztrát komponensek (170-200 m³/t), a metántartalom pedig 53-55 %. Ugyancsak magas gázképződés érhető el különböző élelmiszeripari törkölyökből és vágóhídi zsíros melléktermékekből (250-300 m³/t), amelyeknek a metántartalma is kedvező 65-75 %.

A biogáz-termelésre jelentős kihatással van a hidrolízis fázis sebessége, amelynek során a hidrolizáló baktériumok képesek lebontani a szubsztrát molekulákat és saját anyagcseréjüket fedezik a lebontott összetevőkből. A metán 70 %-a acetátból képződik ebben fontos szerepet kapnak az acetogén baktériumok, amelyek zsírsavakat, monoszacharidokat és a többi szerves savat acetáttá és hidrogénné dolgozzák fel. Ugyanakkor szoros együttműködésben tevékenykednek a metán képző baktériumokkal, amelyek a hidrogénből állítják elő a metánt. A kommunális szennyvíziszapok rothasztásos kezelésére is jól alkalmazhatók a nedves fermentációs eljárások, amelyek az ártalmatlanítás mellett biogáz előállítására is alkalmasak. Az eddigiekből is látszik, hogy a kedvező biogáz-termelés többféle mikroorganizmus hatékony együttműködése során jöhet csak létre, és a különböző technológiáknak ennek optimalizálására kell megoldást találni. [4,5]

2.3.3 Erjedési reakciólánc, fermentálás

Az erjedés reakciólépcsőn keresztül történik, amelyet 6.ábrán mutatok be részletesen:



6. ábra: Erjedési reakciólánc [saját szerkesztés]

A lánc a következő folyamatokból áll:

1. hidrolízis
2. savas erjedés
3. acetogén fázis
4. metánképződés

A hidrolízis reakció során a hidrolizáló enzimek felelősek a szerves anyagok lebontásáért. Ekkor a fehérjéket, szénhidrátokat és a zsírokat a lebontják aminosavakra, glükózzra, zsírsavakra a folyamat során. Ezenkívül szén-dioxid és hidrogén gáz is keletkezik. Az enzimek hatására a nagy molekulájú vegyületek redukálódnak kis molekulájú vegyületekké.

Savas erjedés következtében a szerves anyagok tovább alakulnak szerves savakká: ecetsavvá, hangyasavvá, vajsavvá. Ezenkívül kis szénatomszámú alkoholokká, aldehidekké alakulnak, valamint ekkor kezdődik a számunkra fontos biogáz képződés, amikor hidrogénné, szén-dioxiddá, ammóniává és kénhidrogénné alakulnak a feloldott szerves anyagok. Az anyag acetogén fázisban alakul át teljesen ecetsavakká előző fázis savaiból és egyéb molekuláiból acetogén baktériumok segítségével. Metánképződés folyamán a legnagyobb részben ekkor keletkezik a biogáz, mivel az ecetsavat metanogén baktériumok metánná, széndioxiddá és vízzé alakítják. A hidrogén további reakciók során szén-dioxiddá és metánná és vízzé alakul át. Az erjedési folyamatokat két fő fázisra osztható fel. Az első fázisban történik a fermentáció (hidrolízis, savképződés), a másodikban pedig a metánképződés.

Ezeknek a reakcióláncoknak az ismeretében szükséges kitérni az erjedés körülményeire is. Egy biogáz üzem esetében az erjedés a fermentorban történik. A fermentor vagy fermentációs tartály egy olyan zárt reaktor, amelyben biológiai folyamatokat, például mikrobiális fermentációt végeznek. A fermentáció során mikroorganizmusok - például baktériumok, gombák vagy élesztők - által előidézett enzimatis reakciók révén szerves anyagokat bontanak le vagy szintetizálnak. Például az élesztőgombák a fermentációs tartályokban alkoholt állítanak elő, a baktériumok pedig antibiotikumokat termelnek.

A fermentáció során a mikroorganizmusok egy szubsztrátot (például cukrot) felhasználnak, majd a szubsztrátot alacsonyabb molekulatömegű termékekre bontják. A fermentáció során fontos, hogy a fermentorokban megfelelő körülményeket biztosítsunk a mikroorganizmusok számára, beleértve a hőmérsékletet, a pH-t, a tápanyagokat és az oxigénszintet. Az optimális körülményeket biztosítva a fermentáció hatékonyabbá és gazdaságosabbá válik. A fermentációs technológia tehát nagyon fontos az ipari folyamatok hatékony végrehajtása szempontjából. [5;12]

2.3.4 A biogáz üzemek elterjedésének korlátjai Magyarországon

Általánosságban elmondható, hogy a megújuló energiák elterjedését

- a társadalmi környezettudatosság hiánya,
- az alacsony vagy egyáltalán nem létező állami támogatás
- a megújuló energiaforrások hasznosítását lehetővé tevő eszközök –kis forgalomból adódó -magas fajlagos költsége okozza.

A társadalmi környezettudatosság hiánya a megújuló energiák használatának és a környezeti problémák viszonylagos ismeretlenségéből adódik. Vagyis a közvélemény nincs tisztában a megújuló energiák használatának előnyeivel és azokkal a környezeti problémákkal, melyek megoldására alkalmasak lehetnének ezek a technológiák.

Az előbbi kijelentések nagy része igaz a biogáztermelésre is az alábbi kiegészítésekkel:

- a mezőgazdaság alacsony jövedelmezőségéből adódóan forráshiányosak a mezőgazdasági termelők, melynek következtében nincs pénz a beruházásokra
- bevált és kidolgozott technológiák adaptációja hiányos és lassú,
- a gyakorta kevés illetve nem kellő mennyiségű a közelben lévő nyersanyag és ezen nyersanyagok csak korlátozottan hasznosíthatóak
- a csekély mennyiségű és elszórtan jelentkező nyersanyag csökkenti a biogázüzem kapacitáskihasználtságát és ezen keresztül annak megtérülési idejét.

A biogáztermelés magas költsége az eszközök sorozatgyártásának hiányán túl abból adódik, hogy két jelentős tárolótérfogatot kell kialakítani az eljáráshoz: a fermentort és a gáztárolót. Mindkét térfogat azért költséges, mert az erjesztendő és már kierjesztett szerves anyag és a biogáz is kis energiasűrűségű, ezért már egy háztartás energiaigényének biztosításához is 100 m³-es méretű tárolókapacitással kell számolni, amelyek a beruházási költségek jelentős részét teszik ki. A tárolótérfogat azonban csökkenthető a magasabb hőmérsékleten (termofil) és ezért gyorsabban, intenzívebben megvalósuló erjesztéssel.

A biogázüzemek létesítésekor, ahhoz, hogy a technológia magas ára és a viszonylag kis energiasűrűségű erőforrás mellett is jövedelmező beruházást valósítsunk meg, figyelembe kell venni a gáz hasznosításának lehetőségeit, melyek az alábbiak lehetnek:

- üzemben belüli hasznosítás: pl. saját hőtermelés gazdasági épületek fűtésére
- gázmotorokban történő villamos energiatermelés és értékesítés esetleg kapcsolt hulladékhő hasznosítással,
- külső megrendelők részére közvetlen hőtermelés, hőértékesítés.

Energiahatékonysági és beruházásgazdaságossági szempontból a közvetlen hőtermelés a leghatékonyabb, de ennek hasznosítása a legnehezebb, hiszen a legtöbb hő éppen nyáron keletkezik, amikor nincs rá szükség, illetve a hő szállítása drága hálózat kiépítését igényli. Alternatív megoldás lehetne a gáztartályokban való szállítása és értékesítése, de ennek a metán igen nehéz cseppfolyósíthatósága miatt szintén korlátai vannak. A pusztán villamos energiatermelés rendkívüli előnye azonban a könnyű és szinte korlátlan értékesítési lehetőség, bár a gázmotorok jelentős többletköltséget jelentenek és a megtermelt gáz csupán 25-30 %-át alakítják át villamos energiává. A többi hulladékhő formájában elvész. Nagy mértékben javíthatja a rendszer hatékonyságát, ha a hőt is hasznosítják és ún. kapcsolt energiatermelést valósítanak meg.

A megtermelt gáz hasznosításán túl a melléktermékek hasznosíthatósága is fontos, hiszen a környezetvédelmi előírások betartása kedvezőtlen helyzetben igen megdrágíthatja az eljárást, ha például messzire kell szállítani a nyersanyagot. Általánosságban javasolt, hogy mind a nyersanyag mind a végtermék (gáz, hő, biotrágya) szállítását minimalizálni kell, mivel a nagy szállítási távolság jelentős mértékben ronthatja a jövedelmezőséget és az energiamérleget. Mind a nyersanyag és a felhasználhatóság, mind pedig a szállítási szükséglet minimalizálását megoldja, ha közösségi, önkormányzati szinten kívánjuk a biogázüzemet létesíteni és üzemeltetni. A nyersanyag ilyen esetben származhat a helyi kommunális szerves hulladékból, szennyvízből is, melynek anaerob kezelésével a

hulladéktalmentesítés feladata is megoldható. A higiénés feltételek biztosítása és a költségek minimalizálása érdekében javasolt termofil eljárás alkalmazása a nagyobb sterilitást adó erjesztés és a kisebb tárolókapacitást igénylő fermentor következtében. A keletkező energia pedig helyben, mind hő mind villamos energia formájában hasznosítható. Ilyen körülmények között már megvalósulhat az energetikai szempontból leghatékonyabb kapcsolt villamos-és hőenergia termelés. Fontos előre megtervezni a kieresztett biotrágya végleges elhelyezését is, mely leginkább a szántóföldi növénytermesztésben hasznosul. [4]

3 A nagykőrösi biogázüzem bemutatása

A fenntartható fejlődés kulcsa az lesz, hogy miként hasznosítjuk a növekvő mennyiségű hulladékot nagyipari szinten. Erre a körforgásos gazdasági modell adhatja meg a választ. Ha az anyagcsere-folyamatok zárt körben történnek, a hulladék szinte száz százalékban hasznosul, és a biológiai, illetve technológiai alkotórészek minőségi veszteség nélkül visszakerülnek a körfolyamatokba. A körforgásos gazdaságra való áttéréshez viszont újra kell gondolnunk a piacok, a fogyasztók és a természeti erőforrások közti viszonyt. Ezen kívül pedig felelősen gazdálkodunk a természeti erőforrásokkal. A következő fejezetekben bemutatom a bevezetésben már említett nagykőrösi biogáz üzem működését, és górcső alá veszem a napi és éves gázkihozatait, valamint abból kinyerhető villamos energia mennyiségét.

3.1 Üzem felépítése

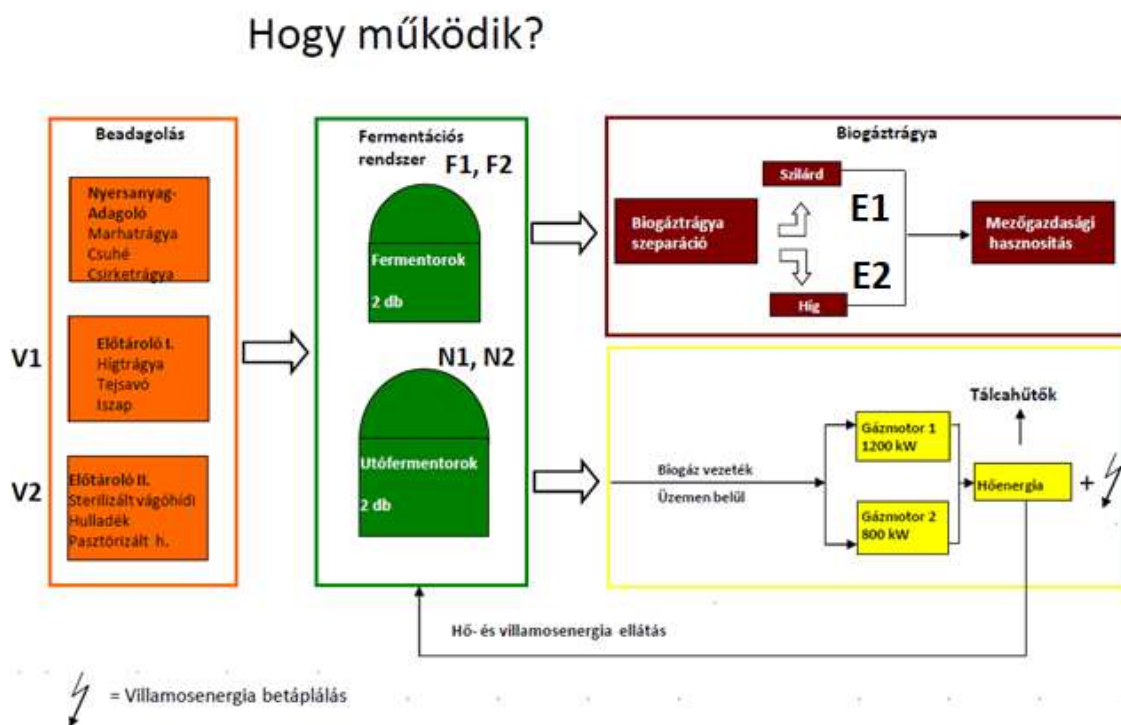
Az ALTEO Csoport jelentős kompetenciákkal rendelkezik a megújuló energiaforrások kiaknázásában, illetve a hulladékalapú energiatermelésben. A vállalatcsoport portfóliójában szinte az összes megújuló energiaforrás hasznosítására akad példa. Négy-négy telephelyen nap-, illetve szélenergia-erőművekkel, két vízerőművel, egy biomasszakazánnal és négy alternatív gázos erőművel rendelkezik.



7.ábra: Nagykovács biogáz üzem [13]

Az ALTEO csoport 2016. január 1-e óta üzemelteti a Nagykovács Biogáz üzemet (7.ábra), ahol évente mintegy 50.000–60.000 tonna mezőgazdasági és élelmiszeripari

hulladékot, mellékterméket, illetve lejárt szavatosságú élelmiszert hasznosít. Ebből a mennyiségű hulladékból 4-5000 háztartás számára elég elektromos energiát termelnek. A homogenizált hulladékból keletkezett biogázt elégetik, az így kapott villamos- és hőenergiából pedig egy teljes üzem működését biztosítják. Ráadásul a felhasznált alapanyagból kiváló minőségű trágyát készítenek, amelyet a mezőgazdasági területek hasznosíthatnak. Működésének elvi vázlatát a nyolcadik ábrán szemléltetem. [14]



8. ábra: Üzem működésének elvi vázlata

Szilárd anyagok tárolására egy 5 kamrás falközi támfalas siló szolgál. Itt a következőket tárolják:

- konzervgyári zöldség hulladék
- kukorica szilázs, cirok
- szilárd szalmás trágya, (szarvasmarha, sertés)
- élelmiszeripari gyártási szilárd melléktermékek

Ez tulajdonképpen egy puffertároló, amit időközönként a szilárd előtárolóból táplálunk. A berendezésen belül egy hidraulikus rendszer tolja előre az anyagot a berendezés egyik végébe, ahonnan egy szállítócsiga egy szállítószagra juttatja az anyagot. Végül szállítószalag rendszeren keresztül gravitációsan történik a szárazanyag beadagolása fermentorokba.

Amennyiben az alapanyag becsomagolt állapotban érkezik a telephelyre, akkor a beadagolást megelőzően egy csigás kicsomagológépen (ecrusor) megy át, szétválasztja a hasznos alapanyagot annak csomagolásától. Működést tekintve az szilárd alapanyag a beadagolón, az anyagmozgató és behordó berendezéseken keresztül az F1-F2 fermentorokba kerül bevezetésre. A V1-V2-es előtározóból a folyékony szubsztrát szivattyúzással a tartályba kerül. Az 1-es előtározóban (V1) gyűjtik a tejsavót. 2-es előtározóban (V2) gyűjtik a sterilizált vágóhídi hulladékot, a zsírt és a csomagolóanyagtól mentesített élelmiszerhulladékot. Mindkét előtározóból lehetséges a fermentorokba F1-től F2-ig és az utófermentorokba N1-től N2-ig történő betárolás.

A gáztermelés túlnyomó része a fermentorokban zajlik. A keletkező biogáz a fermentorokból az utófermentorokba áramlik és onnan a kéneltávolító berendezésbe, majd további előkészítés után a fogyasztókhoz kerül. Az F1, F2 és N2 a Z2-es pumpaházon keresztül egymással össze vannak kötve. A pumpaházakon és csővezetékeken keresztül a fő szivattyúzási útvonalakon kívül (V1/V2-ből F1/F2-be N1/N2-be) számos egyéb kapcsolat lehetséges. A kierjedt szubsztrátokat az utóerjesztő tartályokból rendszerint (N1, N2) kivonják és excenteres csigás szivattyú segítségével a szeparátorokhoz juttatják. Ott történik a folyékony és szilárd frakciók szétválasztása. A szilárd anyag egy talplemezre esik (szeparátormaradék tároló), a folyékony anyag a végtározóban (E1/E2) gyűlik össze. A kierjedt szilárd és folyékony anyagokat, amik a szeparátormaradék tárolóból kerülnek ki, a továbbiakban részletezem. [15]

3.2 Az üzemben felhasznált összetevők

Az üzem működéséhez szükséges alapanyagot első sorban áruházláncok, éttermek, élelmiszeripari üzemek a lejárt vagy már nem fogyasztható élelmiszerek garantálják, akik a termékeik egy részét nem tudják felhasználni, mert lejárt a szavatosságuk, vagy pl. rövid időre kikapcsolt a hűtő, amiben tárolták. Erjedő, bomló termékeket tudnak leginkább feldolgozni, a legegyszerűbb dolguk a könnyen felhasználható folyékony halmazállapotú anyagokkal van. Az évente felhasznált hulladék, hatvan százalékban folyékony, negyven százalékban szilárd állapotban kerül feldolgozásra.

3.2.1 Alapanyagok elemzése gázkihozatal szerint

Biogáz hozam számításához szükségünk van a betöltésre kerülő száraz és folyékony nyersanyagaink sajátosságaira.

Bemenő anyagok	Fajlagos	Fajlagos	Fajlagos	Fajlagos (korrigált)	Metán	Szárazanyag-tartalom (TS)	Szerves szárazanyag-tartalom (oTS)	Metán-tartalom
	gázkihozatal 1 szerves szárazanyagra vetítve	gázkihozatal 1 friss anyagra vetítve	villamos energia kihozatal friss anyagra vetítve	villamos energia kihozatal friss anyagra vetítve	m3 / tonna	[%]	[%]	[%]
	[m3/tonna sz.sz.a]	[m3/tonna friss]	[kWh/tonna]	[kWh/tonna]				
Szarvasmarha almos trágya	350	70	155	149	39	25,0%	80%	55,0%
Kukorica csuhé	550	134	297	285	74	27,0%	90%	55,0%
Gyártási melléktermék, Kutyatáp	800	298	662	648	167	46,0%	81%	56,0%
Kall szeszmoslék	600	330	732	729	188	67,0%	82%	57,0%
Sütőipari melléktermék	590	231	513	448	115	45,0%	87%	50,0%
Zöldség	450	87	193	169	44	22,0%	88%	50,0%
Szeperált trágya, végtermék	150	43	95	80	21	30,0%	95%	48,0%
Hüsliszt	700	478	1 061	1 112	287	91,0%	75%	60,0%
Cukorcirok Kustár	600	144	319	284	73	26,0%	92%	51,0%
Círok saját	600	166	368	328	84	30,0%	92%	51,0%
Sterilizált vágóhídi hulladék / ATEV	850	166	369	375	97	22,0%	89%	58,0%
Élesztő	500	107	237	249	64	24,0%	89%	60,0%
Szerves hulladék, lejárt szavatosságu	332	70	155	168	43	28,0%	75%	62,0%
Moslék	500	79	175	175	45	17,0%	93%	57,0%
Tartályalj	650	93	206	198	51	15,0%	95%	55,0%
Sajthulladék	600	246	545	505	130	45,0%	91%	53,0%
Tejsavó	500	25	55	50	13	6,0%	82%	52,0%
Tejipari iszap	350	29	63	57	15	12,0%	68%	51,0%
Zsíros iszap / ATEVszolg	800	45	99	115	30	8,0%	70%	66,0%
Szarvasmarha hígtrágya	350	16	35	35	9	6,0%	75%	57,0%
Kukorica puding Bonduelle	500	45	100	94	24	12,0%	75%	54,0%

2. táblázat: Nyersanyag táblázat [16]

A fenti táblázatban a tapasztalati értékek láthatóak, amik jellemzik az alapanyagot:

- Száraz anyag tartalom: az alapanyag egyik legfontosabb jellemzője. Mivel ugyan azon alapanyagnál szállítmányonként ez eltérő is lehet, a táblázat az átlagértékeket tartalmazza.
- Szerves anyag tartalom: mennyi a szerves anyag a száraz anyagban. Ez is fontos jellemző, mivel a szerves anyagból keletkezik a gáz. Ez is ingadozhat ugyan azon alapanyagnál, pl. mennyi homok, föld, vagy egyéb inert anyag kerül bele többletként az alapanyagba.
- Lebontás hatásfoka: A hosszú idejű gázkihozatali lefutás miatt, a valós gázkihozatal nem éri el az elméleti gázkihozatal.

- Gázhozam: Mennyi gáz keletkezik egy tonna szerves anyagból, ez is ingadozhat kissé. (pl: a cirok esetén, ha más nemesítésű vetőmagot használtak, ez az érték eltérhet.)
- Metántartalom: A keletkezett gáznak átlagosan mennyi a metántartalma. Egy alapanyagra vonatkoztatva e tulajdonság értékei ingadoznak a legkevésbé.

3.2.2 Beadagolási terv alapján kiszámított gázkihozatal

Az üzemben felhasznált alapanyagok mennyisége, milyensége, összetétele folyamatos biológussal való konzultáció eredménye. Ennek ellenére, dolgozatomban igyekszem egy átlagosnak mondható, napi beadagolási tervet elemezni, és végig számolni. Elsőként, a száraznak mondható alapanyagokkal fogok foglalkozni.

Száraz alapanyag megnevezése	Beadagolás (tonna/nap)	Biogáz (m ³ /t)	Biogáz (m ³ /nap)
Csuhé+ zöldség	4,0	134	536
Kutyatáp	2,0	134	268
Kenyér	1,0	330	330
Egyéb vegyes anyag	2,0	210	420
WDGS-kukorica alapú bioetanol gyártási mellékterméke	3,0	210	630
KALL-takarmány alapanyag	3,0	200	600
BUNGE- olajosmag, gabona feldolgozásának mellékterméke	-	43	-
Egyéb vegyes szilárd	-	480	-
Összesen	15,0		2 784

3. táblázat: Száraz alapanyagok beadagolása

A táblázatot elemezve kivehető, hogy egy nap 15 tonna száraz alapanyagra van szükségünk, amelyből körülbelül 2784 m³ biogázt tudunk kinyerni. Ahová nincs adat beírva, az egy folyamatosan változó mennyiség, amit a biológus határoz meg összetétel alapján. Egyéb vegyes anyag alatt jelenleg Nissin tésztát kell érteni, míg egyéb vegyes szilárd alatt

csoki, élesztő, sajt szükség szerinti kombinációjának mennyiségét.

A V1-es előtározóban található összetevőket a következő táblázat foglalja össze:

V1-es előtározó	Beadagolás (tonna/nap)	Biogáz (m ³ /t)	Biogáz (m ³ /nap)
Mosóvíz	10,0	10	100
Savó	12,0	25	300
Egyéb	-	-	-
Összesen	22,0		400

4. táblázat: V1-es előtározó tartalma

Látható, hogy mosóvízből savóból és egyéb összetevőkből áll a folyékony alapanyagok egy része. Mosóvíz alatt értjük például a csokoládégyárban az átmosott csövekből származó elegyet. Nagyon jó alapanyag, hisz a csoki darabkákkal tele van, ami tulajdonképpen cukorból és zsírból áll, amiben megtalálható a szén, ami pedig nagyon jó hatással van a metán képződésre, így gázkihozatal szempontjából jól hasznosul.

A zsír ezen kívül szolgálja a fermentorokban megtalálható bacilusok termelődését. Mosóvíz lehet ezen kívül például az élelmiszeres szállítótartályokból kimosott elegy.

A V2-es előtározóban található alapanyagok összesítését az 5. táblázat foglalja össze:

V2-es előtározó	Beadagolás (tonna/nap)	Biogáz (m ³ /t)	Biogáz (m ³ /nap)
ATEV (állati eredetű melléktermékek)	10,0	176	1 760
Lejárt szavatosságú - áruházi élelmiszerek	24,0	70	1 680
Moslék	30,0	79	2 370
Viresol szeszmoslék	47,0	185	8 695
Viterra (övényolajgyári maradék)	5,0	185	925
Összesen	116,0		15 430

5.táblázat: V2-es előtározó tartalma

A három táblázatot elemezve az jön ki, hogy 15+22+116=153 tonna beadagolt alapanyagból (száraz és nedves együtt), körülbelül 18 614 m³ gázt nyerhetünk ki naponta. Ahhoz, hogy megkapjuk az 1 év alatt várható kinyerhető gáz mennyiségét, meg kell szoroznunk az előbbi összeget 365-tel.

$$365 \cdot 18\,614 = 6\,794\,110 \, m^3 \frac{\text{gáz}}{\text{év}}$$

Persze, ez elnagyolt érték, ugyanis az üzem nem 24 órában működik. Heti szinten körülbelül 141,5 órával számolhatunk üzemidőt tekintve (hétfőtől vasárnapig), ami átlagosan 20,3 órát jelent egy nap, tehát ha kiszámoljuk az egy évre jutó órák számát:

$$365 \cdot 24 = 8760 \frac{\text{óra}}{\text{év}}$$

valamint az üzemidőnk éves óraszámát:

$$365 \cdot 20,3 = 7409,5 \frac{\text{óra}}{\text{év}}$$

Arányosítva megkapjuk, hogy körülbelül $5\,746\,684\,m^3\frac{gáz}{év}$ keletkezik, tehát az üzem rendelkezésre állása 85% környéki. A rendelkezésre állást sok tényező befolyásolhatja negatív irányba, legyen az például alapanyaghiány, nem várt géphiba, bármilyen logisztikai fennakadás, esetleges leállások. Ezeket is beleszámolva elmondható, hogy a 85%-os rendelkezésre állás megbízhatónak tűnik.

A keletkező gázok mintegy 55%-a ($3\,160\,676\,m^3$) metán (CH_4), a maradék pedig oxigén (O_2), valamint H_2S . A H_2S a hidrogén-szulfid, ez egy két hidrogén atomot és egy kén atomot tartalmazó vegyület, amely színtelen, csípős szagú, mérgező gáz. A H_2S jelentős szerepet játszik az iparban, az élelmiszeriparban és a mezőgazdaságban is, de magas koncentrációban veszélyes az emberi egészségre és károsíthatja a környezetet is. Éppen ezért, a biogáz először a szénhidrogén tartalmú gázok kiszűrésével tisztításra kerül. A biogáz villamosenergiává való átalakítása gázmotorokkal történik, amelyek általában belső égésű motorok, amelyek az égést a gázzal hajtják végre. A biogáz a gázmotorba jutva égési folyamatot indít el, amely hőt és mechanikai energiát termel. Ez a mechanikai energia a motor tengelyét hajtja, amely mozgást ad a generátorhoz, amely a villamosenergiát termeli. A gázmotorok működése során fontos, hogy a biogáz összetétele megfelelő legyen, és a motor beállításai a gáz összetételéhez legyenek igazítva. Ha a biogáz összetétele túlságosan eltér a megfelelő arányoktól, akkor ez negatív hatással lehet a motor teljesítményére és az általa termelt villamosenergia mennyiségére.

A gázmotorok általában számos biztonsági funkcióval és vezérlő rendszerrel vannak felszerelve, amelyek lehetővé teszik a motor hatékony működését és a villamosenergia-termelés ellenőrzését. A gázmotorok által termelt villamosenergia általában a helyi hálózatra kerül, és felhasználható azonnali villamosenergia-igények kielégítésére.

3.3 Kinyert biogáz villamos energiává való átalakítása

Ahhoz, hogy kiszámoljuk, mennyi villamos energia termelhető a megadott mennyiségű biogázból, szükségünk van például a gázmotor hatásfokára. Fontos megjegyezni, hogy a gázmotorok hatásfoka és a biogáz összetétele jelentős hatással lehet az elért eredményre. Ha a biogáz metántartalma például alacsonyabb, akkor kevesebb villamos energia termelhető vele. Az üzemben használt gázmotorok hatásfoka 42% körüli, ez viszonylag hatékonynak számít. A gázmotor hatásfoka általában a motor típusától, a használt technológiától, az éves üzemórától és a karbantartás minőségétől függ. Az iparban általában 30-45% közötti hatásfokkal rendelkező gázmotorokat használnak, míg a legmodernebb technológiával rendelkező, kisüzemi alkalmazásoknál akár 50% feletti hatásfokot is elérhetnek. Az üzemtől

kapott anyagok alapján tudjuk, hogy a két gázmotor fogyasztása a következőként oszlik meg:

gázmotor megnevezése	teljesítmény (MW/óra)	fogyasztás (m ³ /óra)	fogyasztás (m ³ /nap)
TCG2022	1,2	505	15280,5
TCG2016	0,8	330	

6. táblázat: Gázmotorok adatai

Kapott információk alapján általánosan elmondható, hogy 0,45 m³ biogázból 1kWh villamos energiát tud termelni ez a két motor. Ebből kiindulva kiszámolhatjuk, hogy ha az előzetesen bemutatott napi beadagolást vesszük általánosnak az év minden napjára mintaként, akkor az 5 746 684 m³ biogáz mennyiséget elosztva ezzel a 0,45 m³-rel, megkapjuk, hogy éves szinten körülbelül 13 millió kW a megtermelt villamos energia. Ez 55%-os metántartalommal, 2 motorral és 20,3 napi üzemidővel számolt érték. Természetesen itt is fontos megemlíteni, hogy év közbeni leállások, meghibásodás, karbantartás és egyéb előre nem kiszámítható tényezők (alapanyaghiány, vagy annak minőségi változása) erősen befolyásolhatja a megtermelt mennyiséget.

Tehát a 5 746 684 m³ éves mennyiségéből, 55%-os metántartalommal rendelkező biogázból 1746 kW/h villamos energia nyerhető ki 2 darab 42%-os hatásfokon működő gázmotor segítségével. Ez az áram mennyiség ellátja az egész üzemet, valamint az égetés közbeni hőt is felhasználják. A fennmaradó villamos energia részét (92%-ot) eladják, ebből gazdálkodik az üzem. Egy átlagos háztartás éves szinten 2800-3000 kWh-t fogyaszt, és ennek alapján ha leosztjuk a 13 millió kW-ot, megkapjuk, hogy körülbelül 4500 család energiaszükségletét lehetne fedezni csak ebből az egy biogáz telephelyből. Ha figyelembe vesszük, hogy ez kiteszi egy nagyobb falu teljes lélekszámát, és belegondolunk, hogy nagyrészt lejárt szavatosságú, egyébként kidobásra ítélt, átalakított szeméttel látjuk el ezt az óriási igényt, elgondolkodtatja az embert.

3.3.1 Végtermék hasznosítás

Visszamaradt anyagok szemléltetéséhez az alábbi anyagmérleget fogom elemezni. Látható, hogy mind folyékony, mind földnedves halmazállapotú végtermékből rengeteg keletkezik, ezek éves adatok. A fermentorból, bomlás után visszamaradt végtermékeket a szeparátor két részre választja szét. Egyik a híg, míg másik a szilárd végtermék. Előbbi kikerül a földekre, tökéletesen alkalmas öntözésre, míg az utóbbi rész biotrágyaként kerül forgalmazásra és felhasználásra, szintén a mezőgazdaságban. Magas a nitrogén tartalma miatt

kiváló tápanyagnak minősül, illetve ebben az állapotában már bomló anyagoktól mentes. Az ezek eladásából származó bevétel szintén a cég bevételi forrásai közé tartozik.

Ezen kívül szembevetendő az elszállított csomagolási hulladék mennyisége. Ez a hulladék (műanyag, papír stb.) további újra hasznosításra kerül elvitelre.

ANYAGMÉRLEG			
A technológiai folyamatban felhasznált alapanyagok	Mennyiségek	A technológiai folyamatban felhasznált végtermékek	Mennyiségek
Összes hulladék mennyiség (EWC kód alapján átvett) [t]	22.372,984	Biogáz [m ³]	5.431.219 kg 6.034.688 m ³
Összes állati eredetű átvett melléktermék [t]	12.235,594	Kirohasztott folyékony végtermék [m ³]	40.675,566
Összes növényi alapanyag (termék) [t]	8.899,055	Kirohasztott földnedves végtermék [t]	2.140,819
Összes víz [m ³]		Elszállított csomagolási hulladék [t]	6800 kg
- hálózati víz	4528		
- kútvíz	7250		
- csapadékvíz	nincs mérve		

7. táblázat: Anyagmérleg a 2021-es évből

3.3.2 Javaslattétel hozamfokozásra

Szakmai áttekintésem záró fejezetében javaslatot tervezek tenni a biogáz kihozatal növelésének érdekében. A biogáz hozamfokozó adalékok olyan anyagok, amelyek segítenek javítani a biogáz termelés hatékonyságát. Az alábbiakban néhány olyan módszert sorolok fel, amellyel a biogáz hozamfokozó adalékok segíthetnek növelni a biogáz kihozatalát:

- Adalékanyagok hozzáadása: A biogáz hozamfokozó adalékok közé tartoznak olyan anyagok, mint a mikroorganizmusok, enzimek vagy ásványi anyagok. Ezek az anyagok elősegítik a fermentációs folyamatot, javítják a biogáz minőségét és növelik a biogáz kivonatolás hatékonyságát.
- pH szint optimalizálása: A biogáz kihozatal hatékonyságát a pH szint is befolyásolhatja. A megfelelő pH szint elősegíti a mikroorganizmusok növekedését, és javítja az anyagok bomlását. A biogáz hozamfokozó adalékok, mint például a szerves savak, segíthetnek optimalizálni a pH szintet.
- Hőmérséklet szint optimalizálása: A biogáz termelés hatékonyságát befolyásolja a hőmérséklet is. A megfelelő hőmérsékleti tartományban a fermentációs folyamat hatékonyabb lehet. A biogáz hozamfokozó adalékok, például a hőtűrő mikroorganizmusok, segíthetnek optimalizálni a hőmérsékletet.

A témában egy érdekes kísérletet is olvastam, amelyben a lepárlási maradékot használták fel biogáz hozamfokozó adalékként. Ezt a lepárlási maradékot présmaradványnak hívjuk. A lepárlási maradék a fermentációs keverékben olyan anyagokat tartalmaz, amelyek elősegítik a mikroorganizmusok növekedését és aktivitását a fermentációs folyamatban. Ezek az anyagok például a fehérjék, a vitaminok és a mikroelemek, amik javíthatják a biogáz minőségét. A kísérlet elvégzéséhez az összehasonlíthatóság végett az üzem megalapozására kifejlesztett kísérleti fermentorsor minden fermentorában először közel hasonló feltételeket alakítottak ki. A kísérletek összehasonlító fázisában az adalékolt fermentorokban a gázfejlődés intenzitása meghaladta a kontroll fermentorokban mért értéket. A gyümölcstörkölyvel adalékolt, baktériumkezelt fermentor biogáz termelésének a kétszeresét is meghaladta. A kísérleti eredmények alapján megállapítható, hogy a különböző alkohol előállítási melléktermékek, erjesztési maradékok a biogáz üzemben hozamfokozó adalékanyagként alkalmazhatóak. A gyümölcslepárlási maradék esetében a baktériumkezelés pozitív hatása a biogáz összetételének változásában is megmutatkozott. A baktériumkezelés csökkenti a fermentáció időtartamát, valamint annak minőségét -a szerves anyag kiterjedési arányát- is javíthatja. A kezelt fermentorokban a képződött biogáz metántartalma 3%-kal volt magasabb a kezelés nélküli fermentor esetében mért értéknél. Megállapítható volt, hogy az intenzív hozamfokozás nem ment a metántartalom rovására. [15]

Ennek kapcsán gondolkodtam el rajta, hogy vajon a nagykőrösi biogáz üzemnek is lehetne fokozni a kapacitását? Ha igen, mennyivel, mivel? Kimutatható ez az érték, érdemes lenne invesztálni a jövőben a projektbe?

A következőkben erre a kérdésre próbálok választ találni. A biogáz hozamfokozó adalékok hozzáadása általában kis mértékű növekedést eredményez a biogáz kihozatalban, és érdemes hosszútávon kiszámolni megtérülését. Az elvárható növekedési arány általában 5-15% között változik a hozzáadott adalék típusától és mennyiségétől függően. A következőkben megpróbálok egy minimálisnak mondható, 5% környéki hozam növekedést kiszámolni, annak háttérének elemzésével együtt. Az anyagmérlegből tudjuk, hogy éves szinten körülbelül 40-50000 tonna szilárd és folyékony alapanyag kerül be a rendszerbe, ez -ahogy a napi beadagolási terven is látszik- napi szinten 150 tonna környéki. Az általános ajánlás az, hogy az adalékok mennyisége a fermentációs keverék tömegének 5-20%-a legyen. Válasszuk az 10%-os adagolást a számításokhoz.

Ha 10%-os arányban szeretnénk hozzáadni a lepárlási maradékot, akkor átlagos beadagolással számolva:

$$\text{szükséges lepárlási maradék (tonna)} = \frac{45000 \cdot 10}{100}$$

A számolást elvégezve megkapjuk, hogy 4500 tonna lepárlási maradékot kéne használnia az üzemnek éves szinten, ami egy napra leosztva körülbelül 15 tonna. Ezzel a mennyiséggel könnyen kiszámolható, hogy a szakmai áttekintésem elején számolt körülbelüli $18\,614\,m^3$ napi biogáz mennyiség felmenne napi $19\,544\,m^3$ -re. Ez nem tűnik soknak, azonban ha felszorozzuk, éves szinten kiszámolt üzemórával, akkor az $5\,746\,684\,m^3$ helyett $6\,034\,018\,m^3$ -ról beszélünk, ami villamos energiát tekintve évente fél millió kW-tal ad ki többet. Ebből következik az, hogy 180-200 további család éves áramfogyasztását tudná biztosítani az üzem.

Természetesen ez csak egy becslés, és a pontos számításokhoz szakértői vizsgálatra van szükség. Fontos megjegyezni, hogy a biogáz kihozatal hatékonyságát számos tényező befolyásolja, és a hozamfokozó adalék hozzáadás csak egy lehetőség a hatékonyság javítására. Ezek eredményessége több tényezőtől függ, például a fermentációs folyamat paramétereitől, a használt adalékok típusától és mennyiségétől, valamint a kezelési folyamatoktól. Ezért előzetes laboratóriumi és üzembeni vizsgálatok szükségesek a pontos hatás meghatározásához. Nem elhanyagolható tényező, hogy ennek a napi lepárlási maradéknak meg kell oldani a tárolását mind a 4 évszakban, ezen kívül a hőn tartását, a

beszerzését ami tulajdonképpen egy logisztikai problémát is felvet, mégpedig abban a tekintetben, hogyha nincs földrajzilag a közelben egy nagy méretű, folyamatosan működő szeszgyár, akkor az alapanyag beszerzése komplikáltabbá válik. Ebből pedig az adódik, hogyha messziről kell hozatni ilyen alapanyagot, az meg fog mutatkozni a költségeken.

4 Következtetések levonása, összegzés

A szakdolgozatom témájaként szolgáló nagykőrösi biogáz üzem bemutatásának keretein belül, egy átlagos, napi beadagolási terv alapján végig számoltam biogáz kihozatalt, illetve annak villamos energiává való átalakítását. Dolgozatom végén javaslatot tettem hozamfokozó adalékanyag használatára, ez így egyben rendkívül komplex feladatnak bizonyult.

Összegzésként elmondható, hogy a biomasszában sokkal nagyobb potenciál van, mint amennyire jelenleg kihasználjuk. Véleményem szerint vitathatatlan, hogy biogáz potenciálunk kiaknázása kitűnő eszköz lehetne a földgáz és villamosenergia importunk mérséklése terén. Azonban helyén kell kezelni, és nem szabad elfelejteni, hogy a biomassza elsődlegesen élelmiszer, takarmány, és nem utolsó sorban tápanyagutánpótlás, csak ezek után szabad elgondolkozni annak energetikai hasznosításán. Biztos vagyok benne, hogy a nagykőrösi biogázüzem a lejárt szavatosságú élelmiszerek energetikai hasznosításán keresztül -követendő- példát mutat. Nagy öröömre szolgál, hogy a létesítményenergetikai szakmérnöki képzés keretein belül tanultakat ebben a szerteágazó ismereteket követelő témában is hasznosítani tudtam, valamint az is, hogy ennek köszönhetően egy véleményem szerint kifejezetten értékteremtő hazai vállalat mindennapjaiba nyerhettem betekintést. Remélem, szakdolgozatomban leírtak hozzásegítenek ahhoz, hogy a biomassza alapú energetika potenciál végre kellő támogatást kapjon hazánkban is.

Nyilatkozat



Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: <https://godollo.uni-mate.hu>

4. sz. függelék – Hallgatói és konzulensi nyilatkozat minta

NYILATKOZAT

Alulírott SÁGI BENCE KÁROLY, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, SZENT ISTVÁN Campus, LEFESZTŐMÉNYENERGETIKAI SZAKEMBER szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2023 év 04 hó 18 nap

Sági Bence Károly
Hallgató

NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom záróvizsgán történő védelemre javaslok / nem javaslok*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: Budapest 2023. év április hó 19. nap

Danffy László
Belső konzulens

*Kérjük a megfelelő aláírni!

5 Irodalomjegyzék

- (1) Bártfai Zoltán, Tóth László, Oldal István, Szabó István, Beke János, Schrempf Norbert: A keverés modellezése a vegyes anyagokat felhasználó biogázüzemben, Mezőgazdasági Technika, 2015
- (2) Kohlheb Norbert, Munkácsy Béla, Csanaky Lilla, Meleg Dániel: A megújuló energiaforrások potenciáljai és hasznosításuk Magyarországon, Kovász -tavasz-tél 19–50. oldal, 2015
- (3) Dr. Bai Attila, Dr. Grasselli Gábor, Dr. Szendrei János: Biomassza-energetikai technológiák, 2014
- (4) Dr. Hajdú József: Biogázüzemek működése és biogáz üzemi technológiák, OBEKK tudományos szakmai kiadvány, 2009
- (5) Háda Károly: Biogázüzem bemutatása és modellezése, 2017
- (6) Filyó Diána, Olajos István- A biogáz és arra vonatkozó speciális szabályozások, Anyagmérnöki Tudományok, 38/I. (2013), pp. 67-76
- (7) Bódi Barbara, Zsoldos László, Kasza Gyula- Élelmiszerhulladékok csökkentésének lehetőségei- kutatómódszertani megfontolások, Fiatalok az egészséges élelmiszerért, Debrecen, 2013
- (8) Popp József, Oláh Judit: Feláldozzák-e a zöld célokat az energia- és élelmiszerbiztonság oltárán? , Magyar Tudomány, 2022
- (9) <https://www.szabadeuropa.hu/a/elelmiszer-pazarlas-allam/31610551.html> , 2023.01.28
- (10) Szalainé Kovács Eszter- Hulladékok kezelése
- (11) Bai Attila: Biogáz előállításának technológiája, 2013
- (12) Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen: Biogas Handbook, 2008
- (13) <http://www.stallprofi.hu/biogazuzem-referenciak>, 2023.03.17.
- (14) https://hvg.hu/zhvg/20200514_Simon_Anita_A_szemet_aranyat_er , 2023.02.05
- (15) Biogázüzem rendszerterv (Nagykörös biogázüzem)
- (16) Alteo belső anyagok
- (17) Nagy, Valéria és Szabó, Emese (2009) Biogáz előállítási kísérletek hozamfokozó adalékanyagokkal. ECONOMICA (SZOLNOK), 2 (2). pp. 92-96. ISSN 1585-6216

6 Mellékletek

