

ZÁRÓDOLGOZAT

Fügedi Zsolt

2024



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Károly Róbert Campus
Növénytermesztési-tudományok Intézet
mezőgazdasági felsőoktatási szakképzési szak**

**Komposztálás a Haefeli AG komposztáló és hulladékkezelő
üzemegységben**

Belső konzulens:	Dr. Bélteki Ildikó egyetemi adjunktus
Belső konzulens intézete/tanszéke:	Növénytermesztési- tudományok Intézet/ Agronómia Tanszék

Készítette:	Fügedi Zsolt
--------------------	---------------------

**Gyöngyös
2024**

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	3
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	5
2.1. A komposzt, komposztálás fogalma	5
2.1.1. A komposzt fogalma	5
2.1.2. A komposztálás fogalma	5
2.2. A komposztálás folyamata	6
2.2.1. A komposztálás szakaszai	6
2.2.2. A komposztálás szakaszainak jellemzői	7
2.3. A komposztálás feltételei	8
2.3.1. A mikroorganizmusok szerepe	8
2.3.2. Hőmérséklet.....	8
2.3.3. A C/N arány optimalizálása	9
2.3.4. Nedvességtartalom	9
2.3.5. Levegőellátottság	9
2.4. Komposztálási technológiák	10
2.4.1. Nyitott rendszerek.....	10
2.4.2. Félig zárt rendszerek.....	12
2.4.3. Zárt rendszerek	12
2.5. A komposztálás gépei	12
2.5.1. Előkészítés, idegen anyagok kiválasztása	13
2.5.2. Aprítás.....	13
2.5.3. A komposzt oxigénnel való ellátása	13
2.5.4. A komposzt rostálása.....	13
2.5.5. A komposzt zsákolása	14
2.6. A komposzt nyersanyagai	14
2.6.1. Komposztálható anyagok.....	14
2.6.2. Komposztálásra korlátozottan alkalmas anyagok	16
2.6.3. Komposztálásra alkalmatlan anyagok	16
3. A GYAKORLATI HELY BEMUTATÁSA	17
3.1. A helyszín ismertetése	17
3.2. A gyakorlati hely tulajdonosi szerkezete, felépítése, tevékenységei	17
4. A TÉMA KIFEJTÉSE	21
4.1. A cég alapítása, működése	21

4.2. A komposztáló kialakítása, működése.....	21
4.3. Metángáz előállítása.....	23
5. SZAKMAI ÖSSZEGZÉS.....	25
IRODALOMJEGYZÉK	27
ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	29
MELLÉKLETEK.....	30

1. BEVEZETÉS

A komposztálás egy hatékony módja a szerves anyagok újrahasznosításának a mezőgazdaságban. A megfelelően kezelt komposztálási folyamat során a szerves anyagok lebomlanak és átalakulnak tápanyagban gazdag, stabil humusztartalmú komposzttá, amelyet kiválóan lehet felhasználni a talaj tápanyagtartalmának javítására és a növények táplálására.

Az élet számos területén kimutathatóan megjelenik a komposztálás pozitív hozadéka, mely hozzájárul a fenntarthatóbb világ eléréséhez. Az alábbiakban felsorolt területek csak egy része azoknak a területeknek, melyekhez a komposztálás pozitívan hozzájárulhat, befolyásolhat.

1. Környezetvédelem: A komposztálás segít csökkenteni a hulladéklerakókba kerülő szerves hulladék mennyiségét, ezzel pedig csökkenti a környezeti terhelést és a szemétlerakók méretét.
2. Talajtáplálás: A komposztálás során létrejövő humuszban és tápanyagokban gazdag talaj segít a növények egészséges növekedésében és a termőföld minőségének javításában.
3. Pénztárcabarát: A komposztálás segít csökkenteni a kerti hulladék elszállítási költségeit, és minimalizálja a talajjavító anyagokra és műtrágyákra fordított kiadásokat.
4. Fenntartható talajművelés: A komposztálás összhangban van a fenntartható életmód alapelveivel, mivel csökkenti az emberi tevékenység környezeti hatásait, és növeli a növénytermesztés önellátó képességét.
5. Egészségesebb növények: A komposztált talajban gazdagabb tápanyagok találhatók, ami segít az egészségesebb növények növesztésében, ellenállóbbak lesznek a kártevőkkel és betegségekkel szemben.
6. Kreativitás és öröm: A komposztálás folyamata önmagában is izgalmas lehet, és kreatív lehetőségeket kínál a kertészeknek. A saját komposztáló készítése, a különböző anyagok kombinálása és az új növények gondozása mind-mind örömet okozhat.
7. Oktatás és közösségépítés: A komposztálás lehetőséget ad arra, hogy másokat is megtanítsunk a fenntartható kertészkedés és a hulladékcsökkentés fontosságára, így közösséget építhetünk és másokkal megoszthatjuk a tudásunkat és tapasztalatainkat.

Szakmai gyakorlatomat a svájci Bio-Landbau-nál töltöttem, mely cég együttműködik a Haefeli AG komposztáló és hulladékkezelő üzemegységgel.

Mindig is érdekelt a mezőgazdaságban keletkezett és felgyülemlett szervesanyag felhasználása és újrahasznosítása, melynek Svájcban nemcsak a jogi, hanem a gazdasági feltételei is adottak. Ahhoz, hogy ezeket hogyan lehet átültetni a magyarországi társadalmi és gazdasági környezetre, egészen a gyökerekig kell visszanyúljunk, és különböző struktúrákon megvizsgálni, hogy megfeleljenek az itthoni adottságoknak és követelményi rendszereknek.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A komposzt, komposztálás fogalma

2.1.1. A komposzt fogalma

A komposzt latin eredetű szó, a „compositus”, azaz „összetett” szóból származik (Pregun és Juhász, 2019).

A komposzt fogalmát az 559/2023. (XII. 14.) Korm. rendelet, értelmező rendelkezések 2§, 11. pontja határozza meg, mely szerint *„komposzt: az 1. melléklet szerinti hulladék, továbbá háztartásokban képződő zöldhulladékból és a konyhai zöldhulladékokból, segédanyagok felhasználásával, házi és közösségi vagy telepi komposztálás során előállított, magas szervesanyag-tartalmú, növényi tápanyagban gazdag – külön jogszabályban meghatározott – humuszszerű anyag, amelynek megszűnt a hulladékstátusza”*.

A komposzt mivel humuszképző szervesanyag- és növényi tápanyagtartalommal rendelkezik, ezért többek között a talaj termőképességének növelésére hasznosítható (Zimler, 2003).

2.1.2. A komposztálás fogalma

Vermes (1998) a komposztálást egy olyan biológiai folyamatként fogalmazta meg amely a különböző szennyező anyagok, hulladékok, valamint melléktermékek szerves anyagait stabil, könnyen tovább már nem bomló humuszszerű terméké alakítja.

Részletesebben kifejtve a szilárd fázisú szerves anyagok elsősorban aerob folyamatban biológiai úton, különböző mikro- és makroorganizmusok segítségével történő lebomlását jelenti, mely során a rendszernek a hőmérsékletét a lebomlási folyamat során képződő hő tartja fenn. A folyamat során a szerves anyagok egyszerű alapvegyületekre, szén-dioxidra, szulfátra, nitrátra és vízre bomlanak, a nem mineralizálódott szerves anyagokkal együtt humuszanyagokat alkotnak. A folyamat végeredménye egy stabil, földszerű anyag, a komposzt, mely 40-50% nedvességtartalommal rendelkezik (Dobóné és Tarján, 1999; Hartman et al., 2001; Zimler, 2003).

A komposztálás annyiban tér el a természetes talajképződéstől, hogy egy általunk irányított folyamatról van szó, tehát egy irányított humuszgyártási folyamat (Pregun és Juhász, 2019).

Az így keletkezett komposzt felhasználható többek között a mezőgazdaságban, termőterületen elhelyezve, mely a következő kedvező hatásokkal rendelkezik:

- növeli a talaj kationcserélő képességét,
- a talaj szerkezetét javító talajszemcséket képez,

- csökkenti a talajeróziót,
- javíthatja a talajok vízmegtartó képességét,
- lassítja a tápanyagok felszabadulását,
- olyan pufferhatással rendelkezik, mely által lassítja a tápanyagok kilúgozódását,
- gátolja a gyors pH-változásokat,
- a termés hozamot növelheti,
- egészségesebb termés előállítását teszi lehetővé (Zimler, 2003).

A mezőgazdasági hasznosítás mellett alkalmas rekultiválandó területeken történő felhasználásra, szemét-depóniák fedésére, városi parkok, út- és vasút menti részsűk gyepterületeinek felújítására is (Vermes, 1998).

A nyersanyagok szennyezettsége vagy a komposztálási folyamat tökéletlen lezajlása esetén azonban kedvezőtlen hatásokkal is találkozhatunk:

- A *nehézfém-szennyezettség* főleg a kommunális hulladékok komposztálásakor fordulhat elő.
- A *szerves szennyező anyagok* (pl.: poliaromás szénhidrogének, klórozott szénhidrogének) jelentős része a komposztáláskor lebomlik.
- A tökéletlen érés esetén fellépő *rothadás termékei* (pl: SO₂, NH₃, NO₂) növekedésgátló hatással rendelkeznek a növények számára, továbbá vonzzák a kártevőket is.
- *Közegészségügyi kockázat* csak ritkán, ellenőrizetlen érés esetén jelentkezik (Hartman et al., 2001).

2.2. A komposztálás folyamata

2.2.1. A komposztálás szakaszai

Biermaier és Wrbka-Fuchsig (2012) szerint a komposztálás folyamata három, egymástól élesen nem elválasztható fázisban történik, melyek a nyersanyag felbontása, leépítése és átalakítása új kötésekké, valamint a laza szerkezetű homogén komposztföld létrejötte és átkeverődése. Bonnyai (2000), valamint Hartman et al., (2001) ezzel szemben a szervesanyag-lebontó és transzformáló folyamatot a következő négy szakaszra bontja:

- *iniciáló, kezdeti szakasz* (gyors felmelegedés, valamint a kedvező körülmények közé kerülő mikroorganizmusok gyors szaporodása jellemzi)
- *mezofil szakasz* (lassú felmelegedéssel)
- *termofil szakasz* (lassú lehüléssel)

- utóérlelő szakasz (teljes lehűléssel).

Mivel az első, bevezető szakasz hossza nagyon rövid, csupán néhány órától 1-2 napig terjed, a gyakorlat és az elmélet szempontjából egyaránt elhanyagolható, ezért több szerző nem is említi külön szakaszként (Alexa, 2005).

2.2.2. A komposztálás szakaszainak jellemzői

Bevezető szakasz: Az első, rövid ideig tartó szakasz során az intenzív anyagcsere hatására a komposzt hőmérséklete meredeken emelkedik, és a legkönnyebben bomló anyagok, mint például fehérjék és szénhidrátok kezdenek lebomlani.

Lebontási vagy hőszakasz: Ez a második szakasz 1-3 hétig tart, és a hőmérséklet akár 70°C fölé is emelkedhet. Ebben az időszakban folytatódik az alapanyagok bontása, miközben a magas hőmérséklet hatására a gyommagvak elvesztik csírázókéességüket, és a patogén mikroorganizmusok elpusztulnak. A szakasz kezdetén a szerves anyag lebontását végző mezofil mikroorganizmusok tevékenysége zajlik, melyek hőmérsékleti optimuma 25-30 °C, azonban az intenzív anyagcseréjük miatt a hőmérséklet tovább emelkedik. A mezofil mikroszervezetek száma 45 °C-ig még növekedik, 50 °C felett azonban már nagy számban elpusztulnak, mellyel egyidőben a termofil mikroorganizmusok szaporodása gyorsul, melyek bizonyos fajai még 75 °C-on is aktívak. 75 °C felett már elsősorban a tisztán kémiai, autooxidatív és pirolitikus folyamatok zajlanak a biológiai folyamatok helyett.

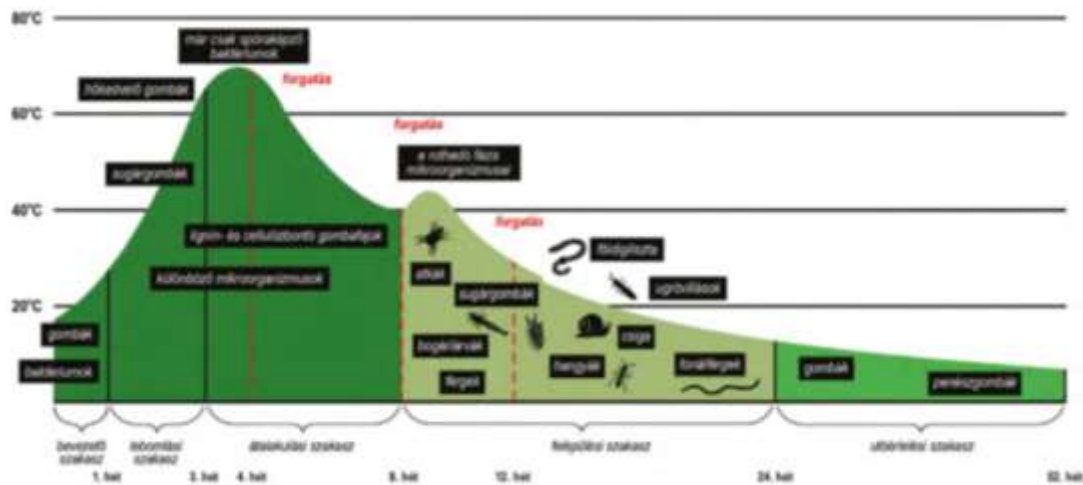
Átalakulási-felépítési szakasz: Ez a harmadik szakasz 3-5 hétig tart, és a hőmérséklet csökkenése jellemzi. Ebben az időszakban intenzívvé válik a lignin és cellulóz bontása, és az új vegyületekből elkezdődik az értékes humuszanyagok felépülése.

Érési szakasz: A komposzt anyaga összeesik, és megjelennek a makroszervezetek, jelölve a negyedik szakaszt, azaz az érési szakaszt. Ebben az időszakban a komposzt további átalakuláson megy keresztül, és részt vesznek benne a talajlakó állatok is. Ennek eredményeképpen a komposzt sötét színűvé válik, azonban még "nyers", és nem alkalmas azonnali felhasználásra.

Utóérlelési szakasz: A komposzt további néhány hónapig érik, miközben folytatódnak a mineralizációs és humuszképződési folyamatok (1. ábra). Végül ásványi anyagokban gazdag, jó minőségű komposztot kapunk (Alexa, 2005; Béres et al., 2017).

1. ábra: A komposztálás folyamata

(Forrás: Béres et al., 2017)



2.3. A komposztálás feltételei

A komposztálás folyamatában jelentős szerepet játszanak a mikroorganizmusok, a hőmérséklet és a nedvességtartalom (Bozsik et al., 2001). A komposztálást befolyásoló fontosabb tényezők pedig az anyagösszetétel, a nedvességtartalom, a levegőellátottság, a tápanyagarány, az anyagok keveredése, szemcseméret (Bonnyai 2000).

2.3.1. A mikroorganizmusok szerepe

A komposztálásban szerepet játszó mikroorganizmusok közé tartoznak baktériumok, gombák, valamint sugárgombák egyaránt. A mikroorganizmusoknak a komposztálás mindhárom fázisában szerepe van, mely az alábbiakban foglalható össze:

- Az első fázisban a baktériumok fogyasztják el a könnyen elbontható cukrokat, mellyel a hőmérséklet gyors emelkedését okozzák.
- A második fázisban a cellulóz elbontása történik a baktériumok és a sugárgombák által,
- míg a harmadik szakaszban a gombák bontják el a lignint, mindeközben a komposzt lehűlik (Zimler, 2003).

2.3.2. Hőmérséklet

A hőmérséklet fontos paramétere a komposztálási folyamatnak. Szerepe a kórokozók életképességének csökkentésében, elpusztításukban jelentkezik. A patogén mikroorganizmusok elpusztításának feltétele a termofil fázisban elért magas hőmérséklet. Az a

komposzt, amelyben a hőmérséklet nem érte el az 55 °C-ot komoly egészségügyi kockázatot jelenthet (Bonnyai, 2000; Alexa, 2005).

2.3.3. A C/N arány optimalizálása

Az optimális C/N arány az egyik legfontosabb tényező, ezzel biztosítható a mikroorganizmusok számára a megfelelő tápanyag-összetétel, ezáltal a kedvező életfeltételek (Bozsik et al. 2001), a komposztálási folyamatok sebességét is döntően befolyásolja ez az arány (Bonnyai, 2000). A különböző kutatók véleménye megoszlik a helyes arányról, egyesek szerint a 30:1, míg mások szerint 26-30:1 a legkedvezőbb (Dömsödi, 1989). Förstner (1993) a komposztáláshoz szükséges arányt 35:1-től 20:1-ig értékek közé teszi, alacsony nitrogéntartalmú házi szemet esetén az arány módosítására nitrogénben gazdag szennyvíziszapot javasol. Amennyiben a nitrogén fölöslegben van, a C/N arány túl szűk, a fölösleges nitrogén ammónia formájában távozik, míg túl tág C/N arány esetében a komposztálási folyamat lassan indul be, miután a fölösleges szén már eltávozott CO₂ formájában. A C/N arány könnyen meghatározható, minél öregebb, fásabb, barnább az alapanyag, annál több szenet tartalmaz, a frissebb, lédúsabb, zöldebb pedig nitrogénben gazdagabb (Alexa, 2005).

2.3.4. Nedvességtartalom

A víz fontos szerepet játszik a komposztálási folyamatban, mivel az optimális nedvességtartalom szükséges a mikroorganizmusok életéhez és a lebomláshoz. A víz segíti a szerves anyagok lebontását és a hőmérséklet szabályozását. A mikroorganizmusok számára a komposztálás folyamatában megfelelő mennyiségű vizet is biztosítani szükséges. Az optimális nedvességtartalom 40-60% közé tehető. Alacsony nedvességtartalom esetén nem indul be vagy abbamarad a lebomlás, míg magas víztartalomnál a víz kiszorítja az anyagrészek között levő levegőt és ezáltal a lebomlás anaerob formában korhadásba, rothadásba megy át (Dömsödi, 1989).

2.3.5. Levegőellátottság

A lebontás folyamatában résztvevő aerob mikroorganizmusok nagy mennyiségű oxigént igényelnek, ezért állandó vagy időszakos levegőztetés szükséges a komposztálás során. Irányítástechnikával ellátott komposztálási mód esetén a levegőtartalmat folyamatosan mérik, és az adatok alapján szabályozzák a levegőztető rendszert. Korszerű berendezések esetén folyamatos levegőztetést alkalmaznak, 0,6-2,0 m³ levegőt adagolva 1 kg szerves szárazanyagra

számítva. Kiskerti komposztálás esetén egy könnyen használható szabályt alkalmaznak, mely szerint, ha a komposztban megfelelő mennyiségű struktúraanyag található és a nedvességtartalom is optimális az jó levegőellátottságot jelent (Bonnyai, 2000; Alexa, 2005).

2.4. Komposztálási technológiák

A komposztálásnak többféle típusa létezik, az egyes komposztáló eljárások a technológia körülményeitől és az alkalmazási helyzettől függően is csoportosíthatók:

- nyílt rendszerek (az egész komposztálási folyamat nyílt területen történik)
- félig zárt rendszerek (a folyamat egy részét végzik zárt térben)
- zárt rendszerek (a teljes folyamat zárt térben zajlik).

Üzemméret alapján történő csoportosítás szerint:

- házi komposztálás (kerti komposztálók, halom- és réteges módszerek)
- nagyüzemi komposztálás (kormányzati és vállalati szintű projektek, városi komposztálók)
- kereskedelmi komposztálás (biogázüzemek, zöldhulladék feldolgozó üzemek).

2.4.1. Nyitott rendszerek

A *házi komposztálást* különféle kerti komposztálókkal, halom- és réteges módszerekkel valósítják meg. A kerti komposztálók olyan konténerek vagy szerkezetek, amelyeket speciálisan a komposztálásra terveztek és készítenek. Ezek elérhetőek különböző méretekben és anyagokból, például műanyagból, fából vagy akár dróthálóból. A kerti komposztálók előnye, hogy rendezettek és jól szabályozhatóak, könnyen hozzá lehet férni a komposzthoz és lehetőség van a levegőzésre is. A komposztálóba helyezett szerves anyagokat időről időre meg lehet keverni, hogy elősegítsük a lebomlási folyamatot. Fontos, hogy a komposztáló ne legyen túl száraz vagy túl nedves, és rendszeresen ellenőrizni kell a hőmérsékletet is. A házi komposztálók többféle anyagból és megoldással készülhetnek, lehetnek műanyag-, fa-, hálós- és hőszigetelt kerti komposztálók.

A *passzív komposztálást* növényi eredetű, nagy C/N arányú, nem rothadó hulladékok esetében alkalmazzák. Az érés nagy méretű, általában 5-10 m széles és 2-4 m magas, trapéz alakú prizmákban történik. A halom összerakásán kívül további beavatkozást nem végeznek, legfeljebb az érési idő során kétszer átforgatják, amennyiben szükséges nedvesítik. A komposztálási folyamat időtartama 6 hónap és 3 év közé tehető. A passzív komposztálási

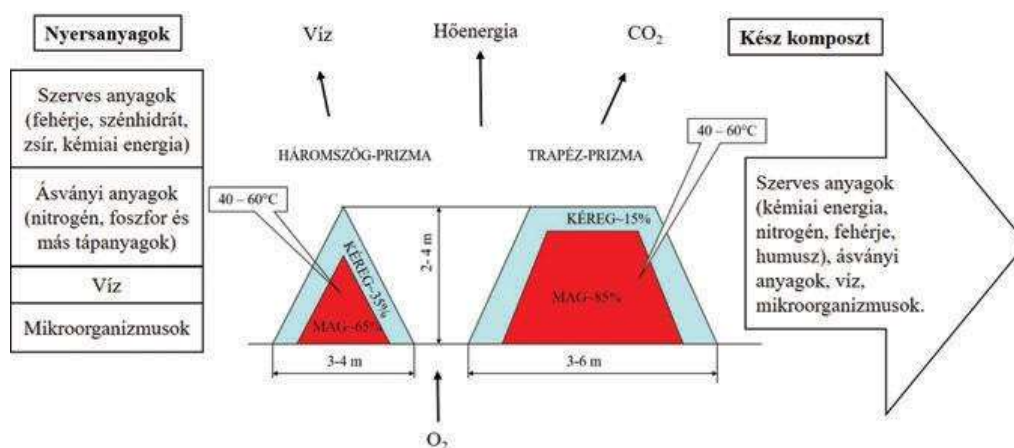
módszer lassú és nagy helyigénye van, előnye viszont az alacsony munkaerő- és gépesítési igénye.

A *forгатásos prizmakomposztálás* a legősbب módszer. A nyersanyagokat háromszög vagy trapéz keresztmetszetű prizmákba halmozzák (2. ábra) és meghatározott időnként átforgatják. A háromszög keresztmetszetű prizmák szélessége 2-6,5 m, magasságuk 0,8-3,0 m közötti általában. A forgatással keverést, homogenizálást végeznek, mellyel az aerob feltételeket, az úgynevezett „csapdázott” hő, a keletkezett vízgőz és a gázok távozását segítik elő, a hőmérséklet és a nedvességtartalom folyamatos ellenőrzése szükséges (Alexa, 2005; Alexa, 2016). Nagyobb mennyiség esetén a keverést, prizmázást markolóval végzik, vagy őnjáró forgató berendezést használnak (Bonnyai, 2000). Kedvező feltételek esetén 8-12 hét alatt készül el a jó minőségű komposzt.

A *levegőztetett prizmakomposztálás* (ASP- aerated static pile) során a levegő bejuttatására többféle megoldás ismert, melyek közül a leggyakrabban perforált merev csöveket ágyaznak be vagy levegőztető csatornákat süllyeszthetnek be. A levegő bejuttatása ventilátor vagy pumpa segítségével történik, mely lehet nyomott vagy szívott rendszerű. Nyomott rendszerűnél a levegőt a prizmába fűjják, a gázcseretermékek pedig a környezetbe távoznak. A szívott rendszerűnél a gázcseretermék kiszívásra kerül, a friss levegő pedig a prizma felületén keresztül jut be a prizmába (Alexa, 2005; Alexa, 2016).

2. ábra: A komposztálás elvi vázlatja

(Forrás: Pregun és Juhász, 2019)



2.4.2. Félig zárt rendszerek

Félig zárt rendszereknél a komposztálást vízszintes silófolyosók belsejében végzik, melyeket perforált csövekkel vagy levegőztető csatornákkal és beépített forgatóval látnak el. Környezetvédelmi szempontok miatt a silófolyosókat általában csarnokokban, fólia- vagy üvegházakban helyezik el, a keletkező gázokat pedig biofilterek segítségével felfogják (Alexa, 2005; Alexa, 2016).

2.4.3. Zárt rendszerek

Zárt rendszerek esetén a komposztálás teljesen zárt térben történik. Gyakrabban használt változata a zárt reaktorteres megoldás, melynek a következő módjai ismertek:

- Dobkomposztálás
- Kamrás (boks) vagy konténerkomposztálás
- Brikollare komposztálás
- Toronykomposztálás.

A módszerek az intenzív szakasz hosszában és a keletkezett komposzt érettségi fokában különböznek egymástól. A zárt technológiák bonyolult és kifinomult műszaki megoldást igényelnek és magas beruházási és üzemeltetési költséggel rendelkeznek. Olyan lakott területeken használják, ahol nagy mennyiségű szerves hulladék keletkezik, a komposztálásra rendelkezésre álló terület kicsi és a szaghatást teljes mértékben ki szeretnék zárni.

A zárt technológiák szintén elterjedt változata a *szemipermeábilis membránnal takart, levegőztetett komposztálási technológia*. Az aktív levegőztető egység a mikroorganizmusok számára biztosítja a megfelelő oxigént. A komposztálás zárt rendszerét speciális membrántakaró biztosítja. A prizmákat 2-3,5 m magasra rakják, szélessége 6-12 m, hossza pedig 18-48 m között változik. A komposzt érési ideje 4 hét, mely során a levegőztetés, a hőmérséklet és az oxigéntartalom számítógépes irányítástechnikával működik (Alexa, 2005; Alexa, 2016).

2.5. A komposztálás gépei

A komposztálás gépesítési megoldásainak célja, hogy a folyamatban résztvevő mikroorganizmusok számára optimális feltételeket tudjunk biztosítani a különböző szakaszokban.

2.5.1. Előkészítés, idegen anyagok kiválasztása

A nyersanyag típusától függően különböző lehet az idegenanyag-tartalom, biohulladékok esetében akár a 10%-ot is elérheti, míg zöldhulladékoknál jóval alacsonyabb. Az idegen anyagok elválasztására különböző módszerek állnak rendelkezésre:

- rostálás (dobrosták, hengerrosták),
- mágneses fémkiválasztó,
- manuális kiválasztás, válogatókabinok (Hartman et al., 2001).

2.5.2. Aprítás

A hulladék mennyiségét csökkenthetjük, valamint a mikróbák számára nagyobb felületet biztosítunk az aprítással. Az aprítás mértékét az alkalmazott technológia, valamint a komposzt felhasználási területe határozza meg. Aprításra az alábbi gépek használatosak:

- kalapácsos aprítók,
- késes aprítók, hengeres törők,
- rostaköpenyes aprítók (Hartman et al., 2001).

2.5.3. A komposzt oxigénnel való ellátása

Az aerob körülmények biztosításához szükséges. Nyitott rendszerű prizmakomposztáláskor a forgatásra az alábbi technikák alkalmazhatóak:

- trágyaszóró+homlokrakodó,
- önjáró komposztforgató gép,
- traktorra szerelhető komposztforgató adapter (Hartman et al., 2001).

2.5.4. A komposzt rostálása

Rostálással kiválaszthatóak az idegen anyagok, a le nem bomlott szerves hulladékok. A rostaméretet a komposzt felhasználási területe alapján választják ki, talajtakarás esetén 40 mm-nél nagyobb, szántóföldi felhasználásnál 20 mm-nél kisebb, míg kertészeti célokra 10 mm-nél kisebb szemcseméretű komposztot használnak. A komposzt rostálására általában mobil dobrosták használatosak, mivel ezek nem érzékenyek a nagyobb darabokra, továbbá nagy teljesítménnyel rendelkeznek és könnyen tisztíthatóak (Hartman et al., 2001).

2.5.5. A komposzt zsákolása

A komposzt értékesítése történhet ömlesztve vagy zsákosan. A zsákolásra többféle gép választható a félig automatától az adagolóval, zsákcserélővel rendelkező teljesen automatáig. A zsákolás során a komposzt nedvességtartalmának ellenőrzésére kiemelt figyelmet kell fordítani, 35% feletti nedvességtartalmú anyagot nem szabad zsákolni (Hartman et al., 2001).

2.6. A komposzt nyersanyagai

A komposztálandó nyersanyagok megítélése különböző, célszerű az anyagokat alkalmas, korlátozottan alkalmas és alkalmatlan csoportokba sorolni (Biermaier és Wrbka-Fuchsig, 2012).

2.6.1. Komposztálható anyagok

Napjainkban a komposztálásra felhasznált alapanyagokat három fő csoportba sorolják:

- települési szennyvíziszapok,
- mezőgazdasági hulladékok,
- kertészeti, városüzemeltetési hulladékok.

A komposzt alapanyagok főbb jellemzői az 1. táblázatban láthatóak.

1. táblázat: A komposzt-alapanyagok főbb jellemzői

(Forrás: Pregun és Juhász (2019))

Nyersanyagok		Izzítási vesztesség (%)	C/N (-)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)
Kommunális hulladék	Konyhai hulladékok	20-80	12-20	0,6-2,2	0,3-1,5	0,4-1,8	0,5-4,8	0,5-2,1
	Biohulladék	30-70	10-25	0,6-2,7	0,4-1,4	0,5-1,6	0,5-5,5	0,5-2,0
	Zöldhulladék	15-75	20-60	0,3-2,0	0,1-2,3	0,4-3,4	0,4-12	0,2-1,5
	Szennyvíziszap	20-70	15	4,5	2,3	0,5	2,7	0,6
	Kartonpapír	75	170-800	0,2-1,5	0,2-0,6	0,02-0,1	0,5-1,5	0,1-0,4
Istállótrágya	Szarvasmarha	20,3	20	0,6	0,4	0,7	0,6	0,2
	Ló	25,4	25	0,7	0,3	0,8	0,4	0,2
	Juh	31,8	15-18	0,9	0,3	0,8	0,4	0,2
	Sertés	18-25	14-18	0,8	0,9	0,5	0,8	0,3
Hígtrágya	Szarvasmarha	10-16	8-13	3,2	1,7	3,9	18	0,6
	Sertés	10-20	5-7	5,7	3,9	3,3	3,7	1,2
	Baromfi	10-15	5-10	9,8	8,3	4,8	17,3	0,7
Mezőgazdasági melléktermék	Szalma		50-100	0,4	2,3	2,1	0,4	0,2
	Répalevél	70	15	2,3	0,6	4,2	1,6	1,2
	Friss fakéreg	90-93	85-180	0,5-1,0	0,06	0,06	0,5-1,0	0,04-0,1
	Fakéreg mulcs	60-85	100-300	0,2-0,6	0,1-0,2	0,3-1,5	0,4-1,3	0,1-0,2
	Szőlő törköly	80,8	25-35	1,5-2,5	1,0-1,7	3,4-5,3	1,4-2,4	0,21
	Gyümölcs törköly	90-95	35	1,1	0,62	1,57	1,1	0,21

A nagyüzemi komposztálás egy olyan biotechnológiai folyamat, melyet szakemberek irányítanak, kiindulási szerves anyaga származhat a mezőgazdaságból, a kertészet és parkfenntartásból, a könnyűiparból, az élelmiszeriparból, lehetnek ezek melléktermékei, kommunális hulladékok, szennyvíziszap egyaránt. Tekintettel arra, hogy itt a folyamatot megfelelő képzettséggel rendelkező szakemberek irányítják, üzemi körülmények között bizonyos kockázatos hulladékok is szóba kerülhetnek a komposztálás során. Fontos azonban, hogy azok toxikus szerves anyagokat, antibiotikumokat, nehézfémeket nem tartalmazhatnak (Pregun és Juhász, 2019).

A szennyvíztelepeken keletkező iszapok elhelyezése önálló telephelyen vagy adott hulladék lerakóhelyeken történik általában (Bonnyai, 2000).

A mezőgazdasági, kerti hulladékok többféle forrásból származhatnak, fontos azonban figyelembe venni a tulajdonságaikat. A szalmás szárrészek alacsony, míg a zöldségfélék magas nedvességtartalommal rendelkeznek, így célszerű őket keverve használni. A gyomnövényeket még a felmagzás előtt célszerű a komposztba tenni, ezáltal csökkenthető annak esetleges gyomosító hatása. Amennyiben már felmagzottak, akkor a komposzthalom közepébe kell helyezni, ahol a magasabb hőmérséklet és a mikroorganizmusok tevékenységének köszönhetően a csírázókéességüket valószínűleg elvesztik. Fontos ismerni a komposztálandó anyagok C/N arányát is. Kiváló alapanyagok a komposzt készítéséhez a lombok, falevelek, melyek jelentős szervesanyag- és nitrogéntartalommal rendelkeznek. A tiszta fahamu is kitűnő növényi tápanyagforrás a benne található foszfor és kálium miatt, továbbá mésztartalma segít a komposztálás során kialakuló savanyú kémhatás semlegesítésében. Szintén alkalmazhatóak a gyümölcs- és szőlőtörkölyök. A levágott fűvet azonban vékony rétegben kell a komposztthalomba tenni, mivel a magas nitrogéntartalma gyorsan felmelegíti azt.

A szerves konyhai- és háztartási hulladékok közül elsősorban a konyhai hulladék figyelemreméltó a tavaszi, nyári és őszi időszakokban, mivel a friss zöldség- és gyümölcsfogyasztás is ezekben az időszakban növekszik jelentősen.

A háztáji trágyaféleségek a komposztban alap- adalék-, valamint keverőanyagként is hasznosíthatók, elsősorban száraz hulladékkal keverve célszerű elhelyezni azokat (Dömsödi, 1989; Biermaier és Wrbka-Fuchsig, 2012). A háztartásban keletkező, veszélyes anyagokat, nyomdai festéket nem tartalmazható papírhulladékok, pl.: papír zsebkendő, fehér papír, felaprított karton, tojásos doboz szintén bekerülhet a komposztba (Pregun és Juhász, 2019).

A szelektív hulladékgyűjtésnek köszönhetően remélhetőleg a háztartásokban keletkezett hulladékoknak egyre nagyobb aránya kerülhet komposztálásra, melyben a hulladékgyűjtési

rendszer szervezése, a gyűjtésbe bekapcsolt lakosokkal kötött megállapodások, megfelelő gyűjtőedénnyel történő ellátása kiemelt fontosságú. Több működő gyakorlat van már arra, hogy a farmgazdálkodásba is beillesztették a házi komposztálást, mely során a központi komposztáló telepeken előállított komposzttal azonos minőségű végtermék kapható (Zimler, 2003).

2.6.2. Komposztálásra korlátozottan alkalmas anyagok

A *beteg növényeket* a komposzthalom közepébe helyezve komposztálhatjuk, a magas hőmérséklet miatt. Egyes vírusbetegségekkel, a káposzta gyökérgolyvával, moníliával, tűzelhalással fertőzött növényi részeket nem szabad komposztálni.

A *gallyak és nyesedékek*, ha nem vastagabb a kisujjnál, akkor aprítva bekerülhetnek a komposztba, előnyük, hogy segítenek a halom átszellőztetésében. A tujanyesedék viszont csak kis mennyiségben használható, mivel a mérgező thujon anyag nagyon lassan bomlik.

A *vásárolt, vágott virágok* peszticidekkel kezelték lehetnek, ezek a komposzt közepébe kerüljenek.

A *fűrészpör* szintén csak vékony rétegben, nitrogénben gazdag anyaggal keverve, nedvesen kerülhet a komposztba (Biermaier és Wrbka-Fuchsig, 2012).

2.6.3. Komposztálásra alkalmatlan anyagok

- A műanyagot, üveget, fémeket tartalmazó hulladékok.
- Kövek.
- Csontok, bőr, aprítatlan fa.
- Főtt ételmaradékok, mivel rágcslókat, kártevőket vonzanak.
- Főző- és sütóolaj.
- Cigaretta- és cigarettamaradékok.
- Színes nyomású, fényes papír.
- A porszívózsák tartalma.
- Kis állatok ürüléke, mivel gyakran tartalmaz kórokozókat, melyek kitartó képletei akár magasabb hőmérsékleten sem pusztulnak el (Biermaier és Wrbka-Fuchsig, 2012; Pregun és Juhász, 2019).

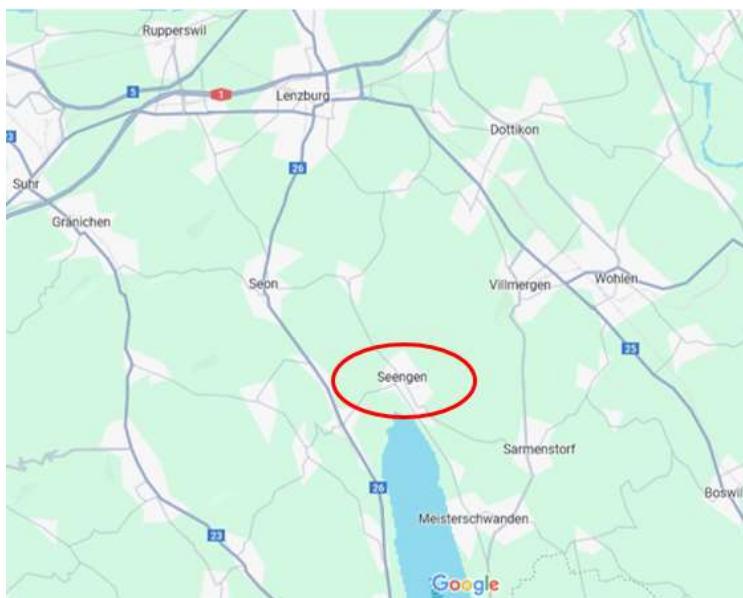
3. A GYAKORLATI HELY BEMUTATÁSA

3.1. A helyszín ismertetése

A gyakorlati hely: Bio-Landbau és Haefeli AG komposztáló és hulladékkezelő üzemegység, mely Svájc északi részén, a Baasel és Zürich közötti kisvárosban, Seengenben található (3. ábra).

3. ábra: Seengen

(Forrás: <http1>)



3.2. A gyakorlati hely tulajdonosi szerkezete, felépítése, tevékenységei

A Bio-Landbau családi vállalkozást 1959-ben alapították és indították, mely kezdetektől fogva biogazdálkodás. Mindig a szigorú svájci bio törvényeknek és bio követelményeknek megfelelően üzemeltek. A cég több lábon áll, nemcsak termelő és szolgáltató, hanem kereskedelmi, fejlesztő és innovatív tevékenységet is folytat a saját területein.

A céget a nagyszülők alapították és ma a harmadik generáció irányítja. Töretlen sikerük titka az együttműködés az élet minden területén, a közösségépítés és kapcsolataik ápolása, a családi összefogás.

Fő tevékenységeik: kertészet, szántóföldi növénytermesztés, állattenyésztés, biobolt üzemeltetés, étterem, szálloda üzemeltetés.

A mezőgazdasági, a kereskedelmi és vendéglátóipari tevékenységet is folytató vállalkozásban a „földtől az asztalig” mindent maguk termelnek meg, állítanak elő, forgalmazznak és saját tulajdonú éttermükben a maguk által megtermelt és előállított élelmiszerekből elkészített ételeket szolgálgják fel a vendégek számára.

A kertészeti tevékenységeik közé tartozik: zöldség- és gyümölcstermesztés. Üvegházakban, fóliasátrakban és szabadföldön egyaránt termesztik a növényeket (4. ábra). Téli időszakban az üvegházakban termelt zöldséggel, gyümölccsel látják el a vendéglátóipari szegmenst és a környék élelmiszer boltjait. Március, április tájékán a palántákat, salátákat, zöldségeket, fűszernövényeket értékesítenek.

4. ábra: Brokkoli termesztés

(Forrás: Saját fotó, 2024. február 10.)



A szántóföldi növénytermesztés során (5. ábra) gabonaféléket és takarmánynövényeket termesztnek, mint a kukorica, búza, napraforgó, árpa, komló, tritikálé. Gyepterületek biztosítják a szénát és a silót. A gabonaféléket nemcsak saját felhasználási célra termesztik, hanem a környékbeli malmoknak, és a helyi sörgyárnak biztosítanak alapanyagot.

5. ábra: Talajlazítás

(Forrás: Saját fotó, 2024. március 20.)



Állattartás: csirke, angus marha (6. ábra), és a napi friss tej kezelése.

6. ábra: Angus marha tartás

(Forrás: Saját fotó, 2023. október 21.)



A saját tulajdonukban lévő *biobolt* (7. ábra) közvetlen elérhetőséget biztosít, illetve közvetve 20 km-es körzetben kiszállítást vállal a környékbeli lakosság számára. A termékpalettájukon különböző termékcsoportokat találhatunk, gabonafélék és abból készült nyers, félkész, és késztermékeket: lisztek, müzlik, kalácsok, kenyerek. Az állattartás biztosít számukra angus marha és baromfi különlegességeket, háztartási kiszerelésben friss és fagyasztott termékeket,

illetve ebből készült konzerveket, pl: szószoikat, ragukat és készételeket. Szabadtartású tyúkok biztosítják a tojást, nyers és felhasznált készítmények tésztafélék formájában frissen, fagyasztva, szárítva. A tejtermékek értékesítése friss formában tej és joghurt, feldolgozott formában sajtok, túró történik. Kínálatukban megtalálhatóak továbbá a saláták, zöldségek, szezonális gyümölcsök, édes, sós és ropogós finomságok, ivólevek.

7. ábra: Biobolt

(Forrás: Saját fotó, 2023. szeptember 04.)



Szolgáltatási tevékenységükhöz a saját tulajdonban lévő étterem és szálloda üzemeltetése tartozik, továbbá rendezvényeket és cateringet vállalnak.

4. A TÉMA KIFEJTÉSE

Dolgozatom választott témája a komposztálás folyamata a Haefeli AG komposztáló és hulladékkezelő üzemegységben (8. ábra).

8. ábra: Haefeli AG. Komposztáló telep, Rostáló

(Forrás: Saját fotó, 2024. március 28.)



4.1. A cég alapítása, működése

A cég gyökerei a múlt századra nyúlnak vissza, családi vállalkozásként üzemel. A II. Világháború után is hulladék gyűjtéssel, feldolgozással, tárolással foglalkoztak. Több telephellyel rendelkeznek a régióban. 70 településről gyűjtik össze a hulladékot. A különböző telephelyek elősegítik, hogy a lakosság és az üzemek letehessék a hulladékot. A telephelyeken megtörténik a válogatás, szeparálás és gyűjtés optimalizálása. A XXI. században kiépítették azt a komposztáló üzemegységet (1. melléklet), melyben energiát állítanak elő, mellyel 400 háztartás energiaellátását biztosítják.

4.2. A komposztáló kialakítása, működése

Az üzem területe nagyjából 2 hektárt foglal magában, amely biztosítja a komposztáláshoz szükséges területet. A területet körbekerítették, hogy biztosítsák a biztonságos működést és megakadályozzák az illetéktelen behatolást.

A területet több zónára osztották:

1. befogadás,
2. előkezelés,
3. fermentáció,

4. érés.

Elsők között ki kellett alakítani a megfelelő komposztkészítő területet. Egyik költséges beruházásuk volt a betonterület kialakítása, mely lehet:

- *teli*: sík beton betonterület, a széle felé enyhe lejtéssel vagy vízelvezető kialakításával,
- *kétféle rétegelt*: alulról levegő beáramlása biztosított, illetve kompresszorral felszerelt.

Fontos a terület vízgyűjtőjének kialakítása, csurgaléklé tárolása, mely későbbiekben meghatározó szerepet játszik az újrakeverés és a komposzt érlelésében, nedvesség biztosításában.

A beérkezésnél egy mérlegelőt építettek ki, hogy a területre beérkező anyagot mérlegeljék, ez alapján történik az elszámolás. Mérlegelés után szelektálják, majd darálják, rostálják a beérkező hulladékot.

A befogadó és előkezelő épületbe érkeznek a különböző szerves hulladékok, például zöldség- és gyümölcsmaradékok, növényihulladékok, zöldhulladékok stb. Az előkezelő területen a szerves hulladékot aprítóval darabolják és keverik össze (9. ábra), hogy egységes keveréket kapjanak a komposztálási folyamathoz.

9. ábra: Durva átdarált zöldhulladék

(Forrás: Saját fotó, 2024. március 28.)



A fermentációs területen és kezelő épületben az előkezelt szerves anyagokat halomba rakják vagy tartályokba helyezik, ahol a biológiai lebomlási folyamatok zajlanak. Az épületben

található gépek segítik a komposztfordítást és a levegőztetést, hogy optimális körülményeket biztosítsanak a lebomlási folyamatokhoz.

Az *érési és tároló területen* a komposztot tárolják és érlelik, hogy a teljes érési folyamat végbemenjen. A komposztot tartályokban és halomházakban tárolják, ahol a megfelelő páratartalom és hőmérséklet biztosítja a komposzt optimális érését.

A komposztáló üzemhez tartozik egy *géppark*, melyben találhatunk traktorokat, darálókat, forgatókereket, prizmaforgatót (10. ábra), szállítószalagokat és egyéb berendezéseket, amelyek segítik a szerves anyagok kezelését és a komposztálási folyamatokat.

A gépeket rendszeresen karbantartják és javítják, hogy biztosítsák a folyamatok zavartalan működését és a hatékony üzemeltetést.

10. ábra: Prizma komposztkeverő

(Forrás: Saját fotó, 2024. március 28.)



4.3. Metángáz előállítása

Az üzemben metángázt állítanak elő, a komposzt érlelését használják fel ehhez.

A metángáz henger (11. ábra) felépítése és működése hasonló a hagyományos gáztárolókhoz, néhány speciális jellemzővel rendelkezik a komposztálási folyamatból származó metán tárolására és felhasználására.

A metángáz henger acélból készült, szigeteléssel bevont, amely zárt és nyomásálló környezetet biztosít a gáz tárolásához (2. melléklet). A tartályon szelepek és csatlakozók találhatók, amelyek lehetővé teszik a gáz be- és kiáramlását, valamint a hengerhez történő csatlakozást más eszközökkel, gázkazánokkal és generátorokkal. A hengeren nyomásmérők és egyéb biztonsági eszközök találhatók, amelyek figyelik a gáz nyomását és biztosítják a biztonságos

tárolást és kezelést. Túlnyomás vagy üzemzavar esetén a víztartály biztosítja a visszahűtést (3. melléklet) a rendszer túlmelegedése ellen. Üzemzavar esetén a túlnyomás kialakulása elkerülése végett elégetik a metán gázt, hogy a légkörbe jutva ne károsítsa a környezetet (4. melléklet). A keletkező metángázt gyűjtik, és energiatermelésre használják. Az elégetett gázból nyert elektromos áramot betáplálják a hálózati rendszerbe.

11. ábra: Metángáz tartály

(Forrás: Saját felvétel, 2024. március 28.)



A komposzt metángáz hengerben a nyomás kezelése kulcsfontosságú a biztonságos tárolás érdekében. A megfelelő karbantartás és ellenőrzés elengedhetetlen a robbanásveszély és más balesetek elkerülése érdekében. Számítógéppel szabályozott folyamatok könnyítik meg a biztonságos felhasználást.

A tartályból kivezetik az iszapos komposztot, fizikailag ketté választják nedves és száraz tartalom szerint (5. melléklet). A nedves részt újra keverve újra használják a metángáz fejlesztésére.

Amikor a komposzt teljesen lebomlott és érett állapotba került, szemcsenagyság szerint válogatják, felhasználásuk szerint adalékanyagokat (bentonit, láva, köliszt, mészt) kevernek hozzá. A kész komposztot (6. melléklet) ömlesztve vagy kiszerelve forgalmazzák.

Az üzem érdeke a CO₂ zárt rendszer kialakítása. Az ökolábnyom csökkentése érdekében, illetve a karbonsemlegesség eléréséhez az előállított energiát újrahasználik az üzem teljes energetikai ellátásához, illetve elektromos hulladékbegyűjtő autók, feldolgozó gépek üzemeltetéséhez.

A komposztáló telep bevétele az üzem által előállított energia, a komposzt értékesítése és a hulladék begyűjtésből származó bevétel biztosítja.

5. SZAKMAI ÖSSZEGZÉS

A komposztálás az egyik leghatékonyabb módszer a szerves hulladék kezelésére és újrahasznosítására, hozzájárulva ezzel a környezetvédelemhez és a fenntarthatósághoz.

Környezetvédelmi előnyei között megemlítenéd, hogy a komposztálás segítségével a szerves hulladék újrahasznosítható, csökkentve ezzel a lerakott hulladék mennyiségét és a környezeti terhelést. A komposztált anyagok használata talajjavításra és növénytáplálásra elősegíti a termőföld minőségének javulását és a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatokat.

Gazdasági előnye, hogy a komposztálás lehetőséget kínál a hulladékkezelés költségeinek csökkentésére és a termelékenység növelésére a mezőgazdaságban. A minőségi komposzt előállítása és értékesítése gazdasági lehetőséget jelenthet a komposztáló üzemek és a mezőgazdasági termelők számára.

A komposztálásnak azonban számos kihívással is szembe kell néznie. Az egyik fő kihívást jelentik a komposztálásban az infrastrukturális hiányosságok. Sok területen hiányoznak a megfelelő komposztáló üzemek és a hulladékgyűjtési rendszerek, ami korlátozza a komposztálás elterjedését és hatékonyságát. Emellett az anyagok megfelelő elkülönítése és a szennyeződések kiszűrése további kihívást jelenthet a komposztálási folyamatokban.

A technológiai fejlesztések és az innovációk azonban lehetőséget kínálnak a komposztálás hatékonyságának növelésére és a kihívások leküzdésére. Az okos technológiák, a gépi automatizáció és az alternatív energiaforrások használata lehetővé teszik, hogy a komposztálási folyamatok még hatékonyabbak és környezetbarátabbak legyenek.

Az államnak és más érintett feleknek is fontos szerepe van a komposztálás előmozdításában és támogatásában. Az állami szabályozások, a támogatások és az infrastrukturális beruházások segíthetik a komposztálás terjedését és elterjedését, míg az oktatás és a tudatformálás segíthet a lakosság és a vállalkozások számára megérteni a komposztálás fontosságát és előnyeit. Ezen kihívások leküzdése érdekében fontos, hogy a komposztálási folyamatokat megfelelően tervezzék és felügyeljék. Ez magában foglalhatja az anyagok elkülönítését és előkészítését, a megfelelő mikrobiológiai körülmények biztosítását, valamint a folyamatok szigorú ellenőrzését és monitorozását. A megfelelő oktatás és tudatformálás is kulcsfontosságú lehet annak érdekében, hogy a lakosság és a vállalkozások megértsék a komposztálás fontosságát és megfelelően alkalmazzák a komposztálási gyakorlatokat.

Összességében a komposztálás fontos szerepet játszik a hulladékkezelésben és a környezetvédelemben, és jelentős potenciállal rendelkezik a fenntartható fejlődés elősegítésében.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Alexa L. (2005): A biohulladék -kezelés szerepe a hulladékgazdálkodásban. In: Nagy Gy. (szerk.): *Hulladékgazdálkodási kézikönyv II.* Budapest: KJK-KERSZÖV Jogi és Üzleti Kiadó Kft., pp. 71-108.
2. Alexa L. (2016): A komposztban rejlő lehetőségek. *Kertmagazin*. 2016 ősz. http://www.komposzt.hu/documents/Kertvilag_2016_osz.pdf Letöltés dátuma: 2024.04.10.
3. Béres A. – Csiffáry N. – Gadácsi R. – Laczkó B. – Márton Zs. (2017): A komposzt is érték. A helyben végzett komposztálás elmélete és gyakorlata. Budapest: Adu-Press Nyomda Kft., 40 p.
4. Biermaier, M – Wrška-Fuchsig, I. (2016): Komposztáljunk! Budapest: Mezőgazda Kiadó. 82 p.
5. Bonnyai Z. (2000): A hulladékok komposztálása. In: Barótfi I. (szerk.): *Környezettechnika*. Budapest: Mezőgazda Kiadó. pp. 745-754.
6. Bozsik A. – Hartman M. – Percze A. (2001): Környezetvédelem – Mit tehet a mezőgazda? Budapest: Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, p. 23.
7. Dobóné Tarai É. – Tarján A. (1999): Környezetvédelmi praktikum tanároknak. Budapest: Mezőgazda Kiadó, p. 180.
8. Dömsödi J. (1989): Talajjavítás, komposztálás a házikertben. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó, 125 p.
9. Förstner, U. (1993): Környezetvédelmi technika. Budapest: Springer Hungarica Kiadó Kft., pp. 347-348.
10. Hartman M. – Alexa L. – Dér S. – Schád P. (2001): Hulladékok a mezőgazdaságban, az erdészetben, a gyümölcsösben, és a szőlészetben. Budapest: Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, pp. 11-31.
11. Pregun Cs. – Juhász Cs. (2019): Kis és nagyüzemi komposztálás- zöld és biohulladékok fenntartható hasznosítása. <https://agrarium7.hu/cikkek/1499-kis-es-nagyuzemi-komposztalas-a-zold-es-biohulladekok-fenntarthato-hasznositasa> Letöltés dátuma: 2024. 04. 01.
12. Vermes L. (1998): Hulladékgazdálkodás, hulladékhasznosítás. Budapest: Mezőgazda Kiadó, p. 136.

13. Zimler T. (2003): Települési szilárd hulladék biológiai kezelése: számok és tények. In.: Zimler T. (szerk): *Hulladékgazdálkodás*. Budapest: Tertia Kiadó, pp. 157-164.
14. 559/2023. (XII. 14.) Korm. rendelet a biológiailag lebomló hulladék képződésének megelőzésére vonatkozó tevékenységekről, a biológiailag lebomló hulladékkal kapcsolatos hulladékgazdálkodási tevékenységek részletes szabályairól és a biohulladékból előállított komposzt osztályozásának szabályairól.
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a2300559.kor> Letöltés dátuma: 2024.04.01.

Egyéb felhasznált források

http1: <https://www.google.com/maps/@47.3512042,8.2136631,11.92z?entry=ttu> Letöltés dátuma: 2024.04.20.

ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

Ábrák jegyzéke

1. ábra: A komposztálás folyamata	8
2. ábra: A komposztálás elvi vázlata	11
3. ábra: Seengen	17
4. ábra: Brokkoli termesztés	18
5. ábra: Talajlazítás	19
6. ábra: Angus marha tartás	19
7. ábra: Biobolt.....	20
8. ábra: Haefeli AG. Komposztáló telep, Rostáló.....	21
9. ábra: Durva átdarált zöldhulladék	22
10. ábra: Prizma komposztkeverő	23
11. ábra: Metángáz tartály	24

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: A komposzt-alapanyagok főbb jellemzői	14
--	----

MELLÉKLETEK

1. melléklet: Haefeli Komposztáló telep, prospektus

(Forrás: Saját felvétel, 2024. március 28.)



2. melléklet: Metángáz fejlesztő tartály

(Forrás: Saját felvétel, 2024. március 28.)



3. melléklet: Visszahűtő víztartály

(Forrás: Saját fotó, 2024. március 28.)



4. melléklet: Metángáz elégetése rendszerhiba esetén

(Forrás: Saját fotó, 2024. március 28.)



5. melléklet: Csigahenger, a híg és a szárazanyag szétválasztására

(Forrás: Saját fotó, 2024. március 28.)



6. melléklet: Haefeli Komposztáló telep, kész komposzt

(Forrás: Saját felvétel, 2024. március 28.)



NYILATKOZAT

a záródolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Fügedi Zsolt
A Hallgató Neptun kódja:	U9MKBX
A dolgozat címe:	Komposztálás
A megjelenés éve:	2024.
A konzulens intézetének neve:	Növénytermesztési -tudományok Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Agronómia Tanszék

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

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

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

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

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. 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 MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: Budapest, 2024. év április hó 18. nap


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Fügedi Zsolt (hallgató Neptun azonosítója: **U9MKBX**) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot a záróvizsgán történő védeésre **javaslom** / **nem javaslom**.

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

Kelt: Gyöngyös, 2024.04.22.



belső konzulens