

MENNYIRE GÁZ A GÁZ? AZ ÜVEGHÁZHATÁST OKOZÓ GÁZOK KIBOCSÁTÁSÁNAK CSÖKKENTÉSE AZ ÁLLATTARTÓ TELEPEKEN

Melicz Zoltán PhD, Oláh József CSc és Juhász János JURA Mérnökiroda

KIVONAT

A Netflixen is nagy sikerrel fut egy sorozat, mely az állattartó telepek felelősségét is taglalja környezetvédelem szempontjából, tehát a téma már nemcsak szakmai berkekben aktuális. Ezen tanulmány célja az állattenyésztésben jelenleg rendelkezésre álló, vagy technikailag kellően megalapozott, az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának mérséklését célzó intézkedések és technológiai ismeretek összegyűjtése volt. A nemzeti és nemzetközi éghajlat-politikai jogszabályok rövid és hosszú távon az üvegház-hatású gázok (ÜHG) és az NH₃-kibocsátás jelentős csökkentését írják elő. Ehhez szükséges a meglévő és az új kibocsátás csökkentő technológiák bevezetése, valamint azok dokumentálása. A jelenlegi becslések szerint a meglévő intézkedések elfogadásával körülbelül 30%-kal csökkenthető az ÜHG kibocsátás, 20–30%-kal a bélben oldódó CH₄-kibocsátás, valamint a talaj CH₄- és N₂O-kibocsátása is mérsékelhető. A szakirodalmi és hazai statisztikai adatok alapján érzékelhető, hogy Magyarország a potenciálisan kiaknázzható állattartó telepi szerves-anyag energetikai hasznosítását tekintve jelentős lemaradásban van.

ABSTRACT

The aim of the study was to gather information on the measures and technological knowledge currently available or technically sound to reduce greenhouse gas emissions from livestock production. National and international climate legislation requires significant reductions in greenhouse gas (GHG) and NH₃ emissions in the short and long term. This requires the implementation and documentation of existing and new emission reduction technologies. It is currently estimated that the adoption of existing measures could reduce GHG emissions by about 30%, gut-soluble CH₄ emissions by 20-30%, and soil CH₄ and N₂O emissions by about 30%. Literature and national statistics show that Hungary is lagging far behind in terms of energy recovery from potentially exploitable livestock organic-matter.

1. BEVEZETÉS

Az állattartó telepeken képződő szerves trágya mezőgazdasági hasznosítása az ókori időkre vezethető vissza. Ennek energia kinyerésére történő felhasználása a 19. században kezdődött el, az első biogáz-üzemekben főként

mezőgazdasági hulladékokat és állati trágyát használtak a biogáz előállításához. Az 1900-as évek közepén Dániában és India egyes részein már jelentős méretű biogáz-üzemek működtek, amelyek az állati trágyát használták energiatermelésre. Az 1970-es évektől kezdve a biogáz előállítása és felhasználása egyre népszerűbbé vált a megújuló energiaforrások körében.

A növekvő népesség és az ipar, növekvő energiaigénye meglévő és új, innovatív technológiák bevezetését igénylik az energiakinyerés fokozása érdekében. Miközben azonban a nyugat európai országokban, sőt még a közép-európai régióban is jelentősen megnőtt az állati eredetű szerves-anyagokra alapozott biogáz termelő üzemek száma, Magyarországon jelentős lemaradás látszik az ilyen célú fejlesztésekben.

Célunk egy olyan tanulmány készítése volt, mely az EU általános irányelveinek és elvárásainak ismertetésén túl, szakirodalmi adatokat bemutatva, a jó gyakorlat példáján keresztül bemutatja az állati eredetű szerves-anyagok energiakinyerésének lehetőségeit és összegzi a hazai biogáz-hasznosításban rejlő potenciált.

2. A METÁN MEGJELENÉSE A KÖRNYEZETBEN

2.1. A légköri metán forrásai

Gelencsér és m társai (2023) szerint a metán eredetének megállapítása ^{14}C izotóp vizsgálatokkal lehetséges. A ^{14}C -izotóp a felső légkörben a nitrogén és a kozmikus sugárzás kölcsönhatásából kis mennyiségben folyamatosan keletkezik, és béta-sugárzással bomlik, felezési ideje 5730 év. Így a bioszférában

mindenütt jelen van és kimutatható, de a fosszilis energiahordozókban már nem őrződik meg. A vizsgálatok szerint a metán közel 90 %-a biológiai eredetű, főként szerves anyag biológiai lebomlásából, iszap anaerob bomlásából és a kérődző állatok bendőjéből szabadul fel. A lebontást ún. metanogén baktériumok végzik. Ezek a szervezetek szimbiózisban élnek a cellulózt és más szerves anyagot fermentáló baktériumokkal, amelyek a szerves anyagot szén-dioxiddá, alkohollá, zsírsavakká és hidrogénné alakítják át. A metanogén baktériumok a szén-dioxidból és a hidrogénből metángázt állítanak elő. A metán az üledékből a vízbe kerül, ahol aerob környezetben más baktériumok oxidálják, így 10 m-nél nagyobb mélységű tavakból és tengervízből a metánkibocsátás elhanyagolható. A fő metánforrások a természetes mocsarak és a rizsföldek. Ez az utóbiról történő kibocsátás különösen hatékony, mert a metán a rizsnövény szárán keresztül is képes a levegőbe kerülni, ezáltal elkerülni az oxidációt. Az óceánok felszíne aerob jellege ellenére metánra nézve kissé túltelített, és innen az óceánok hatalmas kiterjedése miatt nem elhanyagolható mennyiségben jut ki metángáz a légkörbe.

A nem biológiai eredetű természetes források között az állandóan fagyott talajban (permafroszt) illetve a tenger alatt előforduló metán-hidrát (ún. klatrátok) légkörbe jutása szerepel. Napjaikban ezen forrás intenzitása kicsi, mintegy évi 10 millió tonna. Ám tekintettel arra, hogy az ilyen könnyen destabilizálható formában előforduló metán mennyisége hatalmas (kb. 100 ezer milliárd tonna), fennáll a veszélye annak, hogy éghajlatváltozás következtében bekövetkező hőmérsékletváltozás e forrásból rövid idő alatt jelentős

mennyiségű metánt szabadíthat fel. Az így felszabaduló metán üvegházhatása révén további hőmérsékletnövekedést idézhet elő, ami felszabadulás mértékének további növekedéséhez vezethet. Ilyen önmagát erősítő folyamatra, ún. pozitív visszacsatolásra a természetben számos példa akad, amelyek rövid idő alatt hatalmas változásokat képesek előidézni. **Geokémiai kutatások eredményei alapján hasonló már történhetett a Földön mintegy 55 millió évvel ezelőtt**, amikor hatalmas mennyiségű metán-hidrát hirtelen felszabadulása katasztrofális mértékű éghajlatváltozást okozott. Az is tény ugyanakkor, hogy az elmúlt 800 ezer évben a rekonstruált hőmérsékleti és koncentrációadatok alapján ilyen hirtelen változás nem történt.

Az antropogén kibocsátás meghatározó formája a kérődzők emésztési folyamata. Közülük a legtöbb metánt a szarvasmarhák bocsátják ki. A kibocsátott metán mennyisége függ a tartás körülményeitől is: fejlett országokban ridegtartás esetén az éves kibocsátás 54 kg, míg intenzív gazdálkodásban 84 kg jószágonként. Ezzel szemben Indiában és más fejlődő országokban a nem megfelelő táplálás miatt csak 35 kg az éves fajlagos metánkibocsátás. 2004-ben a szarvasmarha állomány háromnegyedét a fejlődő országokban tartották, éves összes kibocsátásuk 61,3 millió tonna volt, a kérődzők összes metánkibocsátásának $\frac{3}{4}$ -e. A szarvasmarhák mellett a másik fő metánforrás a 172 millió egyed számláló vízi-bivaly állomány, elsősorban India, Pakisztán és Kína területén. A vízi-bivaly állomány fajlagos kibocsátása 50–60 kg közötti, hozzájárulásuk a kérődzők globális kibocsátásához jelenleg 10 % körüli.

A juhok fajlagos kibocsátása 5–8 kg/jószág, hozzájárulásuk a globális kibocsátáshoz 5 %

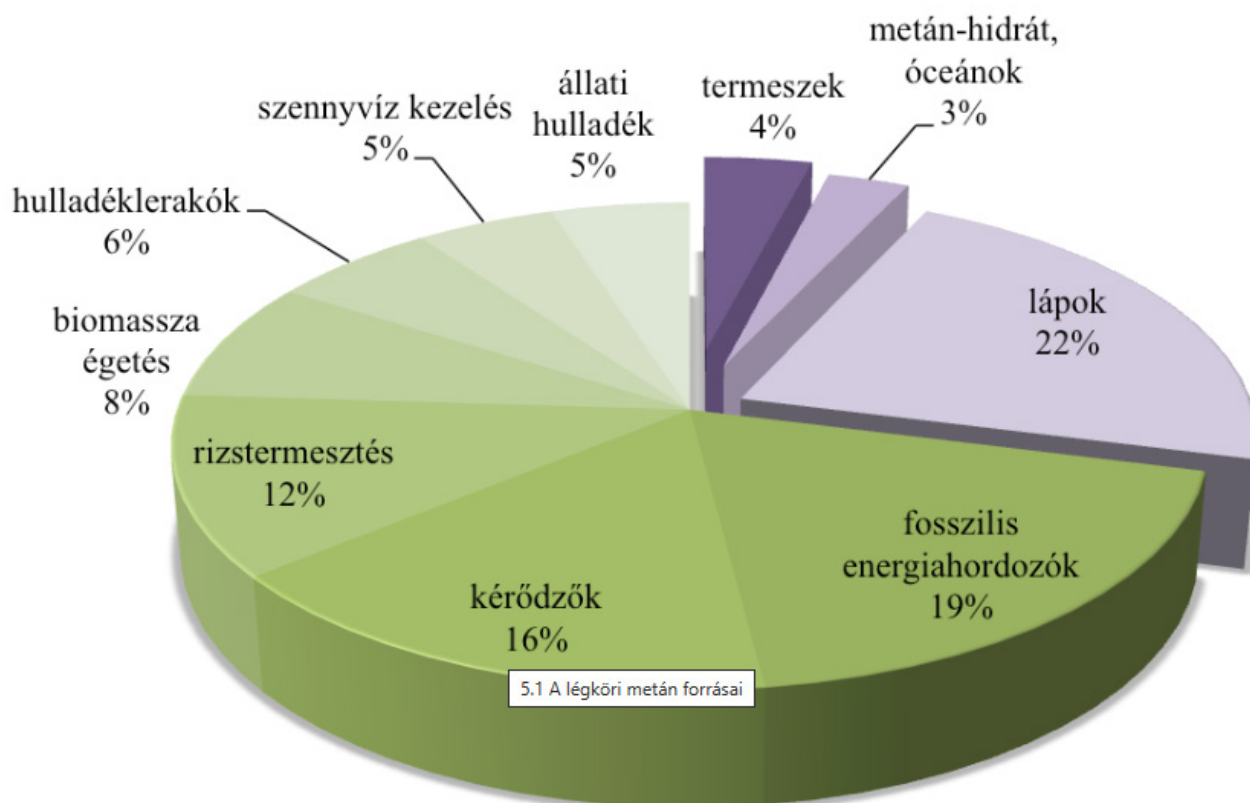
körüli. A juhállomány a fejlett országokban 35 %-kal csökkent, de a fejlődő országokban húsz év alatt 18 %-kal nőtt. A kecskeállomány 96 %-a a fejlődő országokban él, számuk 62 %-kal növekedett, elsősorban Kínában, Bangladesben, Pakisztánban és Indiában. Az 5 kg körüli éves fajlagos kibocsátás mellett a kérődzők globális metánkibocsátásából 4,7 %-kal részesednek. A lóállomány az elmúlt 20 évben mind a fejlődő, mind pedig a fejlett országokban csökkent. A lovak emésztőrendszere eltér a szarvasmarhákétól, ezért fajlagos metánkibocsátásuk lényegesen kisebb, 18 kg év⁻¹.

Metánt nemcsak kérődzők, hanem más állatok, például a sertések is bocsátanak ki, igaz, a kérődzőkhöz képest jelentősen kisebb mennyiségben. A sertések éves metánkibocsátása a tartás körülményeitől függően 1–1,5 kg. A kérődzők éves globális metánkibocsátásának listáját India vezeti, megelőzve Braziliát és Kínát. Az elmúlt 20 évben a kibocsátás globálisan 10 %-kal növekedett, ezen belül a fejlődő országokban 33 %-kal, míg a fejlett országokban csökkent.

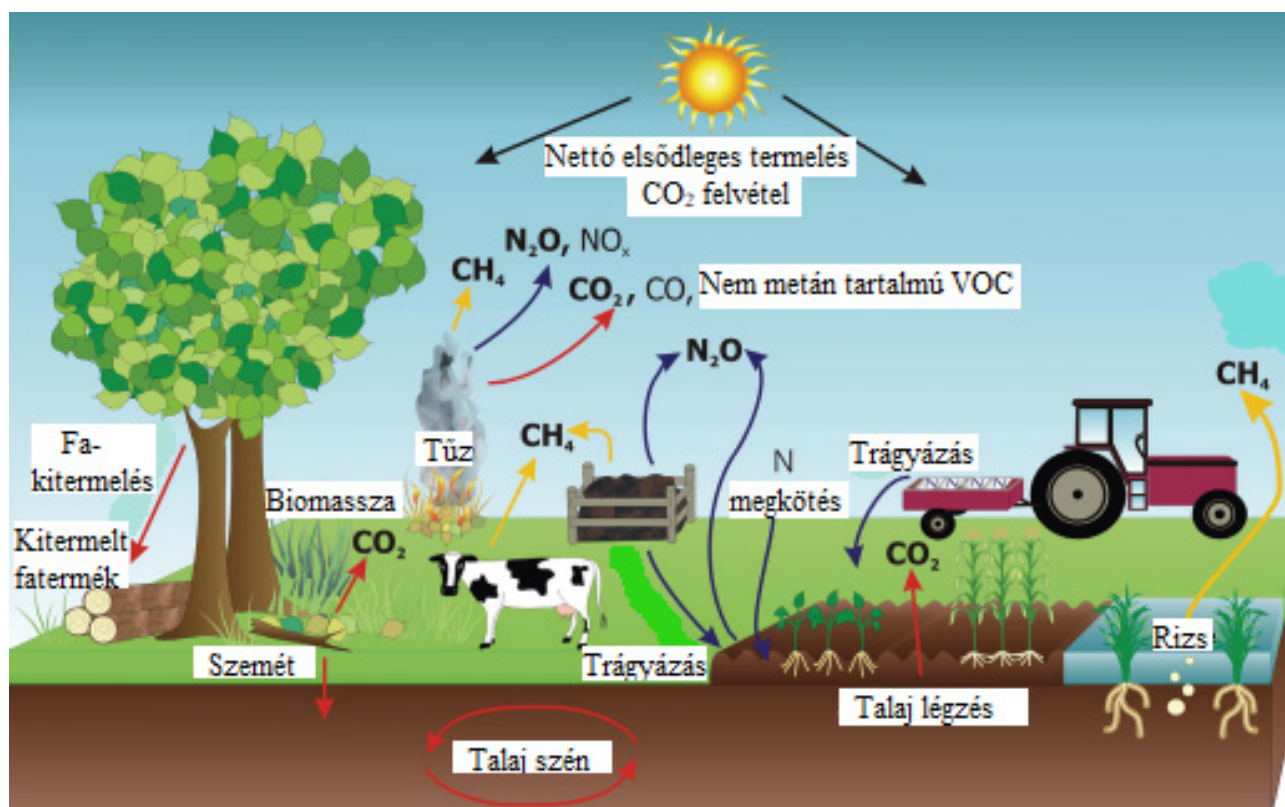
Az antropogén források között a rizstermesztés és a kérődzők mellett fontos a fosszilis energiahordozók kitermelése és felhasználása során a légkörbe jutó metán mennyisége (a földgázkitermelés és –szállítás során fellépő veszteség, az olajkitermelésnél keletkező, el nem fáklyázott metán, valamint a szénbányák szellőztetése során a levegőbe kerülő metán)

2.2. A globális metán emisszió forrásai

Az állatok az anyagcseréje és a trágya tárolása során tekintélyes mennyiségű üvegházhatású gáz kerül a környezetbe (lásd 1. ábra). Nyilvánvaló, hogy az állatállomány üvegházhatást



1. Ábra Az üvegházhatást okozó gázkibocsátási források, elnyelések a mezőgazdasági ökoszisztémában
(Forrás: Gelencsér, A. és mtsai, 2023)



2. ábra A fontosabb üvegházhatású gáz-kibocsátási források, elnyelések és folyamatok a mezőgazdasági ökoszisztémában
(Forrás: MacLeod, M. és mtsai, 2015)

okozó gázkibocsátását nem lehet befolyásolni, így a kibocsátott trágya kezelését és elhelyezését biztosító technológiák javításával lehetséges a kibocsátott gázok mértékét csökkenteni. A 2. ábrán bemutatjuk a fontosabb üvegházhatású gáz-kibocsátási forrásokat, elnyeléseket és folyamatokat a mezőgazdasági ökoszisztémában. A trágyázást követően a N-források egy tekintélyes része megkötődik, más részének hatására a talaj légzésén keresztül N-formák a légtérbe kerülnek. A meghatározó fő folyamat mellett mezőgazdaságban egyéb folyamatok is lezajlanak, pl. a rizs termesztésénél metán képződik (Neue, 1993). Az ázsiai rizsföldek metán kibocsátását 40 és 60 Tg/év-ra (1 Tg = 1 millió tonna metán) becsülik. Az égetési folyamatnál is CO₂, CH₄, N₂O, és NO_x képződik amik szennyezik a légkört. Természetesen a Nap hatására a gázok egy része eloxidálódik, míg a CO₂ nagy részét fotoszintézis révén a növények felveszik.

3. AZ ANAEROB BIOGÁZ-TERMELÉS ÉS KOMPOSZT KÉSZÍTÉS HELYE A HAZAI HULLADÉK-GAZDÁLKODÁSBAN

3.1. Az anaerob biogáz-termelés helye a hazai hulladék-gazdálkodásban

Toldi, és Bera (2022) részletesen elemzik a biogáz-termelés növelés lehetőségeit. Az általuk javasolt intézkedések az alábbiak:

- A körforgásos gazdaság feltételrendszerének megfelelően lehetővé kell tenni, hogy a hulladék alapú biogáz termelés jövedelmező és kiszámítható iparággá váljon. Ebből valamivel több, mint 1 millió tonnát adtak át energetikai hasznosításra és 4 millió tonna került lerakásra, vagyis

négyszer annyi, mint amit energetikailag felhasználtak volna;

- Olyan állami támogatási rendszer bevezetése szükséges, amely a biogáz-üzemek építését elősegíti;
- Ennek részeként meg kell teremteni a földgázhálózatba való biometán betáplálás infrastrukturális és pénzügyi feltételeit;
- Támogatásban kell részesíteni azokat a biogáz üzemeket, amelyek kommunális és mezőgazdasági szerves hulladékot, melléktermék biomasszát dolgoznak fel;
- Erősen ajánlatos a szerves hulladékok/melléktermékek égetéssel való hasznosítását;
- El kell ismerni a biogázt, mint import földgázt kiváltó, környezetvédelmi, hulladékhasznosítási eszközt és a körforgásos gazdaságba illeszkedő technológiaként;
- A körforgásos gazdasági elvek alapján ösztönözni kell az olyan integrált mezőgazdasági üzemek létrejöttét, amelyek növénytermesztésen és állattenyésztésen alapulnak energia-önellátóak.

Az energiaválság kapcsán előtérbe került ellátásbiztonság növelése kívánatos, amit a földgázfogyasztásunk piaci hányadának más energiahordozókkal történő kiváltásával lehetséges. A szerzők számításai szerint optimális esetben a nagyjából a **3 milliárd m³ piaci földgáz szükségletünk 80-83%-át is helyettesíthetnénk biometánnal lényegesen csökkentve az import szükségletünket.** A biogáz-biometán konverzió miatti veszteséget bekalkulálva kb. 118 PJ-nyi biogázzal kb. 2,5 milliárd m³ földgázt, azaz éves fogyasztásunk 25%-át lehetne kiváltani. De ha a legalacsonyabb potenciálbecsléssel számolunk, akkor is 1,62 milliárd m³ importföldgáz mennyiséggel kevesebbre lenne szükség.

Oláh és Juhász (2022) adatai alapján az állati trágyák évente 3,4 Mrd m³, az élelmiszeripari hulladékok 0,7 Mrd m³, a települési szilárd hulladékok pedig 0,4 Mrd m³, együtt 4,5 Mrd m³ biogáztermelést tesznek lehetővé. Ezek együtt 3,15 Mrd m³ földgázt helyettesítenek. Becslés alapján a mezőgazdaságban és az élelmiszeriparban évente mintegy 30 millió tonna hasznosítható biomassza keletkezik. Ennek azonban mindössze 15–20 százaléka hulladék. A Magyar Biogáz Egyesület (MBE) Magyarország biogáz-potenciálját 750 MW-ra becsüli, amely kb. 3,5 milliárd Nm³ (normál köbméter) biogáztermelésnek felel meg évente. Ma már az üzemszerűen alkalmazott technológiákkal a 3,5 milliárd Nm³ biogázból 2,1 milliárd Nm³/év biometán állítható elő, amely a földgáztörvény szerint a földgázhálózatba táplálható. Az MBE becslése viszonylag jó egyezést mutat a hazai biogáz-termelés becsült potenciáljával.

A *Világgazdaság* cikke (2020) szerint hazánkban tavaly 3,2 millió tonna biomasszát használtak fel energetikai célra, amelyből 123,4 ezer tonna volt az import. A biogáz-üzemekben került biomassza mennyiségnek több mint felét két régióban használták fel, ebből Dél-Magyarország 26 százalékkal és Észak-Alföld 26,7 százalékkal részesedett. A Magyarországon lévő biomassza-alapanyagokat felhasználó erőművek és fűtőművek 2019-ben 48,2 százalékba faaprítékot használtak fel energiatermelésükhöz, ez több mint egymillió tonnát jelentett. A működő és adatot szolgáltató biogázüzemek (szennyvíziszap és depóniagáz üzemek nélkül) 57,1 százaléka alapvetően mezőgazdasági állattartással foglalkozó vállalkozásokból került ki. A cégek 28,6 százaléka főtevékenysége szerint a villamosenergia-termelés és gázgyártás

szakágazathoz volt besorolva, míg további 5 biogázüzem (14,3 %) egyéb szakágazatokhoz tartozott. A biogáz-termelés fő alapanyagai a mezőgazdasági termékek 56,1 %-kal (632,3 ezer tonna), amelynek 86,9 %-át az állati trágyák jelentették. Második legfontosabb alapanyag csoport a gáztermelés során a feldolgozóipari alapanyagok 37,7 %-kal (435,8 ezer tonna), amelynek 11,5 %-át a szeszipari melléktermékek tették ki 2019-ben.

Kohout (2020) abból indult ki, hogy Magyarországon 2019-ben 26 működő erőmű és fűtőmű volt, ahol a biomasszát energetikai célra hasznosították, míg biogáz-üzemből 35 működött. A biomasszák energetikai szempontból három csoportba sorolhatók. Elsőként: a tüzelhetők (tűzifa-apríték, fűrészszerű hulladék, szalma, energianövények, magterméshéjak és -pelletek). Másodsor: elgázosíthatók (nagy nedvességtartalmú növényi és állati hulladék, állati szennyvíziszap, trágya, feldolgozóipari melléktermék). Harmadszor: gépjármű-üzemanyagként hasznosíthatók (magas cukor-, keményítő- és cellulóztartalmú növények), melyekből etanolt, illetve olajtartalmú növényekből, amelyekből dízelolaj-szerű anyagokat gyártanak. E biomasszák legfontosabb forrásai a növénytermesztés, az állattenyésztés, az élelmiszer feldolgozás, illetve a kommunális és ipari hulladékok. Ezeket felhasználva különböző technológiai eljárásokkal hő- és villamos energia, illetve üzemanyag állítható elő.

Az erőművek és fűtőművek nyersanyagának 7,3 %-át szalma képezi. Sajnálatos, hogy a mezőgazdasági üzemek a gyors hasznosítás reményében a szalma tekintélyes részét fűtőműveknek értékesítik, holott a komposzt készítésére a szalma, mint lazító keverékanyag kiváló. Az energia árrobbanás miatt

a műtrágya ára nagymértékben nőtt, tehát a komposzt készítés és a talaj termőképességének javítására a mezőgazdaság saját anyagának felhasználásával nagy szükség van. A biogáz-előállítás ezzel együtt a szerves hulladékok, melléktermékek hasznosításával a környezetvédelmi szempontból is előnyös a nemzetgazdaságnak. A trágyák és egyéb hulladékok anaerob kezelésével csökken a környezet szagterhelése, és emellett kiváló tápanyagot biztosít a növénytermesztés számára. (A hazai mezőgazdaságban a folyamatos üzemű, nedves technológiájú, fermentor-tartályos biogáz-előállítás a jellemző.) Összességében a hazai energetikai célú biomassza-felhasználás 3,2 millió tonna volt. A magyar biomassza-erőművek és fűtőművek tavaly legnagyobb, azaz mintegy fele részben faaprítékot (bő 1 millió tonnányit) használtak fel az energiatermeléshez, tűzifát mintegy 15, napraforgóhéjat és gabonaszalmát 8, illetve bő 7%-ban. Mindemellett tavaly hazánkban a biogázüzemek (szennyvíziszap- és depóniagáz-üzemek nélkül) 57%-a alapvetően mezőgazdasági állattartással foglalkozó vállalkozásoknál vagy közvetlenül mellettük működött. A biogáz-termelés fő alapanyagai a mezőgazdasági termékek (56,1%, 632,3 ezer tonna) – ez döntően állati trágya.

Az *ENERGIAINFO* (2020) cikke szerint a megújuló energiaforrások aránya jelenleg Magyarországon minden energiaforrást figyelembe véve nem éri el a 7 százalékot. A magyar kormány vállalása alapján ez az arány 2020-ig legalább 13 százalékra kellett, hogy nőjön. A fent említett 7 százalék legnagyobb részét azonban a fatüzelésű erőművek jelentik, a szél- és biogáz-erőművek összesen ennek alig egyhatodát teszik ki. A Covid 19, világjárvány és a gazdasági válság ezt a tervet

keresztülhúzta, aminek következtében az elképzelésből semmi nem valósult meg.

A *Zöld Ipar magazin* (2021) írása alapján 2020 novemberében több, a hazai fenntarthatósággal és energiapolitikával foglalkozó online fórumon is elemezték a biomassza-termelés témakörét. Éppen ebben az időszakban jelent meg az a közlemény is az Agrártárcától, amely a biomassza-alapú gazdaság élénkítését sürgeti. Mindeközben azonban a térségben nálunk van a legkevesebb ilyen jellegű üzem.

Hazánk egyelőre nem biomassza-nagyhatalom, a 2018-as adat szerint 81 biogáz üzem működik jelenleg Magyarországon, amíg például Csehország 564 ilyen létesítményt működtet. Németországban pedig egy kiugróan magas számú, 11 ezer biogáz-telep üzemel. Magyarország természeti adottságai és mezőgazdasága, valamint az arra épülő élelmiszeripar jelentős mennyiségű biomassza-alapanyagot tud biztosítani különböző felhasználási célokra, így energetikai célra is. Az alapanyag jelentős része a mezőgazdaságból származik. A NAIK Agrárgazdasági Kutatóintézet jelentése (NAIK, 2019) szerint 2019-ben 35 biogáz üzem, valamint 26 fűtőmű és erőmű működött Magyarországon, amely biomasszát használt fel energetikai célra. A biogáz üzemek jelentős része alapvetően mezőgazdasági állattartással foglalkozó vállalkozásoknál, vagy közvetlenül mellettük helyezkedett el. A cégek viszont alig harmada végezte főtevékenységként a villamosenergia-termelést és gázgyártást. A biogáz-termelés alapanyagainak legnagyobb részét (közel 60%-át) mezőgazdasági termékek tették ki, ezek elsősorban állati trágyákat jelentettek.

A szerves trágya nemcsak a biogáztermelés fontos alapanyaga, hanem a mezőgazdaság számára is fontos melléktermék,

amire szükség van a termőföldeken is tápanyag-utánpótlási céllal. Például a műtrágyahasználat jelentős csökkentését várják el, ami várhatóan a szerves trágya iránti igény növekedését eredményezi a gazdák körében, ezért az energetikai és a mezőgazdasági igények összehangolása szükséges.

A *Very Important Planet* (2021) folyóirat a hazai biogáz-üzemek kevés száma miatt fogalmazott meg kritikát. Nehezményezi, hogy még azt sem tudjuk kellő pontossággal, hogy Magyarországon hány biogáz-üzem, és milyen kapacitással működik. A meglévő adatokból csak azt tudjuk, hogy számuk kicsiny ahhoz képest, hol tartanak tőlünk nyugatra, északra, sőt még keletre is. A biogáz-üzem létrehozása költséges beruházás és ehhez szűkmarkú a hazai támogatás. A hazai hulladékgazdálkodási rendszer sem elég ösztönző, itthon inkább hulladéklerakókat létesítünk. A Nemzeti Energiastratégia (2012) eredetileg – 2030-ra – a hazai biogáz-termelés felhasználásával földgázfogyasztásunk 1 százalékának kiváltására adott reális lehetőséget, ami évi 85 millió köbmétert jelent. A biogáz-termelésben azonban ettől sokkal nagyobb potenciál van, a termelés felfuttatásával a fosszilis földgázimportunk akár 25 százaléka is kiváltható (lásd fentebb).

A *Klímapolitikai Intézet* elemzése (Toldi és Bera, 2022) rámutat, hogy a földgázhálózat nem rendelkező vagy a meglévő hálózatot nagyon alacsony szinten kihasználó települések költséghatékony, helyi erőforrásokra alapozott és klíma-semleges energiaellátását is képes biztosítani. Az elemzés nem talált választ arra a kérdésre, hogy miért nem történt meg eddig a benne rejlő lehetőségek kiaknázása, és milyen intézkedések kellenek, hogy Magyarország ezt a mennyiséget tudja

előállítani. Az elemzés szerint jelenleg 38 biogáz üzem működik az országban. Ezek jelentős részét nem úgy tervezték, hogy a villamos áram mellett a termelt hőenergiát is teljes egészében hasznosítani lehessen. A fejlesztés iránti hajlandóságot továbbá csökkenti a biometán termelés támogatásának teljes hiánya is. Olyan állami támogatási rendszerre van szükség – írják a Klímapolitikai Intézet munkatársai – amely a biogáz-üzemeket a zöld áram termeléstől eltereli a biometán termelés irányába. Az első egyben a legfontosabb, hogy a kormány elismeri a biogázt, mint az import földgázt kiváltó eszközt a körforgásos gazdaságba illeszkedő alternatívaként. A *Világgazdaság* 2008-as cikke szerint az egy főre jutó hasznosított biogáz mennyiségét tekintve Magyarország még mindig az utolsó helyen áll Európában, miközben az országnak kiváló adottságai vannak ennek a megújuló energiaforrásnak a hasznosítására. A Magyar Biogáz Egyesület becslése szerint Magyarországon gazdaságilag racionális módon a teljes energiafelhasználás 10–25 százalékát lehetne biomassza-alapú energiatermeléssel kiváltani, amelynek egytizedét lehetne biogázból fedezni, nagyjából 300 megawatt biogáz-erőművi teljesítmény kiépítésével.

Az *Agrárágazat* (2022) megállapítása szerint az országban több 300 kW–4,0 MW névleges teljesítményű úgynevezett kis és nagy biogáz-erőmű működik, melyek segítségével településenként 1000–4000 lakás energiaigényét elégíthetik ki. Ilyen, és ehhez hasonló erőmű működik többek között Tiszavasváriban, Szarvason és Bicsérdén. A cikk szerint összesen közel 40 biogáz-üzem van jelenleg Magyarországon, melyeket többségében mezőgazdasági melléktermékkel (pl. trágyával), élelmiszeripari szerves hulladékkal

vagy épp szennyvíziszappal táplálnak. A napjainkban tapasztalható energiaár-robbanás az alternatív energiaforrásokra irányította a figyelmet. Az anaerob rothasztás előnye, hogy a trágyákban lévő patogén, fertőző baktériumok elpusztulnak, és a gyomnövények csírázóképesége lecsökken. Szakértők szerint egy hektáron termesztett energianövényből (kukoricasiló, nád, fű, cukorcirok stb.) akár 5500–6000 m³ metángáz, azaz földgáz is előállítható. Egészen a közelmúltig a kisebb biogáz-erőművek nem rendelkeztek annyi bevétellel (pl. a keletkezett energia értékesítéséből), hogy kifizetődő legyen az üzemük fenntartása. A biogáz-technológiával megoldódik az állattartó telep energiaellátása, Egy 1000 állattal dolgozó sertéshizlalda évi 3000 m³ hígtrágyájával is kiváltható akár napi 150 m³ földgázfelhasználás, ami a jelenlegi földgázárakon számolva akár 3-4 év alatt is megtérülővé teheti egy vasbeton hígtrágyatárolóból átalakított kisebb biogáz-üzem létesítését.

Ahlberg-Eliasson és társai (2021) a szarvasmarhatrágya rothasztását vizsgálták. A trágyából történő biogáztermelés különösen fontos az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának csökkentése szempontjából. A szarvasmarhatrágyát mono-rothasztással és baromfitrágyával kombinálva végezték el. A reaktorának hőmérsékletét 37–42 °C-ról 52 °C-ra emelték. A szarvasmarha trágya és baromfitrágyát együtt emésztő reaktor hőmérséklet-emelkedése azonban a zsírsavak enyhe felhalmozódását (2 g/L) okozta, és csökkentette a fajlagos metántermelést, valószínűleg az ammóniagátlás miatt (0,4–0,7 g NH₃/L). Nagyobb OLR-nél (szerves-anyag terhelési arány) a termofil rendszerben a mezofil rendszerhez képest nőtt a fajlagos metánhozam.

Végső soron a megnövekedett hőmérséklet és terhelés növelheti a trágya metánhozamát, de kevésbé hatékony lebomlást és a metánkibocsátás kockázatának növekedését eredményezheti.

Oláh és Juhász (2022) tanulmánya szerint Magyarország természeti adottságai és ezen keresztül mezőgazdasága, valamint az arra épülő élelmiszeripara jelentős mennyiségű alapanyagot tud biztosítani biomassza-felhasználás céljára. A biomasszába tartoznak az energetikailag hasznosítható növények, termékek, melléktermékek, növényi és állati hulladékok, trágyák. A biomassza jelentősége abban rejlik, hogy anaerob kezelés során képződött biogázzal fosszilis energiahordozók válthatók ki. A jelenleg üzemelő biogáz-üzemek száma 40, és ezen kívül 8 nem üzemelő berendezés alkotja a sort. A biogáz-termelés fő alapanyagai a mezőgazdasági termékek 56,1 százalékkal (632,3 ezer tonna), amelynek 86,9 százalékát az állati trágyák jelentették. Második legfontosabb alapanyagcsoport a gáztermelés során a feldolgozóipari alapanyagok 37,7 százalékkal (435,8 ezer tonna), amelynek 11,5 százalékát a szeszipari melléktermékek tették ki 2019-ben. A biogázüzem a legalkalmasabb és legjobb megoldás a trágya tárolására és kezelésére, majd

A magyar biogázipar fejlődését jogi, technikai és gazdasági nehézségek hátráltatják. Minimum 24-25 engedélyt kell beszerezni a biogázüzem-építőnek a létesítmény létrehozásához, az üzemeltetéshez és a zöldáram hálózatra táplálásához szerződést kell kötni a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatallal. A szerződésben előre megadott betáplálási tervet kell rögzíteni, az ettől való – bármilyen irányú – eltérést a Hivatal bünteti. A gyorsabb fejlődés legfőbb gátja anyagi

természetű, meglehetősen sokba kerül egy biogáz-üzem megépítése. Ennyi forrást a magyar gazdaság az adófizetők pénzéből nem tud egykönnyen és gyorsan kitermelni. A biogáz ígéretes terület lenne a befektetők számára, de őket ma még elriasztják a hazai finanszírozási feltételek, és még inkább a barátságtalan jogi környezet. Európában közvetlen összefüggés figyelhető meg a biogáz-üzemek száma és a kormányok gazdaságpolitikája között. A biogáz-ipar elsősorban azokban az országokban fejlett, ahol a kormányzat hatékonyan támogatja a megújuló energiahordozók fokozott felhasználását és a környezetvédelmet. A magyarországi helyzetre az jellemző, hogy a kormányzati támogatás jelen van, azonban annak formája és mértéke nem elegendő a lényegi előrelépés eléréséhez. Meg kell jegyezni, hogy a mezőgazdasági kombinátok sem nagyon „lelkesednek” a biogáz-üzemek létesítéséért, mert az üzemeltetés sok nyúggal és bajjal jár, és a mezőgazdasági üzem nem akar szennyvíz-technológiával bajlódni.

A hazai energetikai célú biomassza-felhasználás 3,2 millió tonna volt. Az adatgyűjtésben részt vevő biogáz-üzemek jelentős része alapvetően mezőgazdasági vállalkozás. A biogáz-termelés alapanyagának legnagyobb részét (közel 60%-át) mezőgazdasági termék tette ki, ez elsősorban állati trágyát jelentett. A biogáz-üzemek alapanyagaként a jövőben a lakossági zöldhulladék, a kommunális hulladék és az élelmiszeripari melléktermékek felhasználásával érdemes számolni.

A mezőgazdaságban mintegy 40 biogázüzem működik ma 30 MW teljesítménnyel (Magyarország teljes felhasználása 6000–6500 MW). Az élelmiszeripari feldolgozásból származó biomassza-kapacitás 25 MW, de ennek zöme

kihasználatlanul marad napjainkban. A számított teljes biogáz-kapacitás 1600–1700 MW teljesítményt képvisel.

A hazai hulladékgazdálkodási rendszer sem elég ösztönző, itthon inkább hulladéklerakókat létesítünk. Nem elég ambiciózusok a döntéshozók, szükség lenne továbbá a potenciális szereplők bevonására.

A biogáz előállítására alkalmas biomassza-alapanyag a következő csoportokba sorolható:

- növénytermesztési fő- és melléktermékek (energianövények);
- állattenyésztési melléktermékek (higtrágya, vágóhídi hulladék);
- kommunális hulladékok (ide értendők a települési szilárd hulladékok, a szennyvíziszap és a szerves ipari hulladékok);
- az élelmiszeripar hulladékai.

3.2. Anaerob kezelésre javasolt egyszerűbb technológiai megoldások

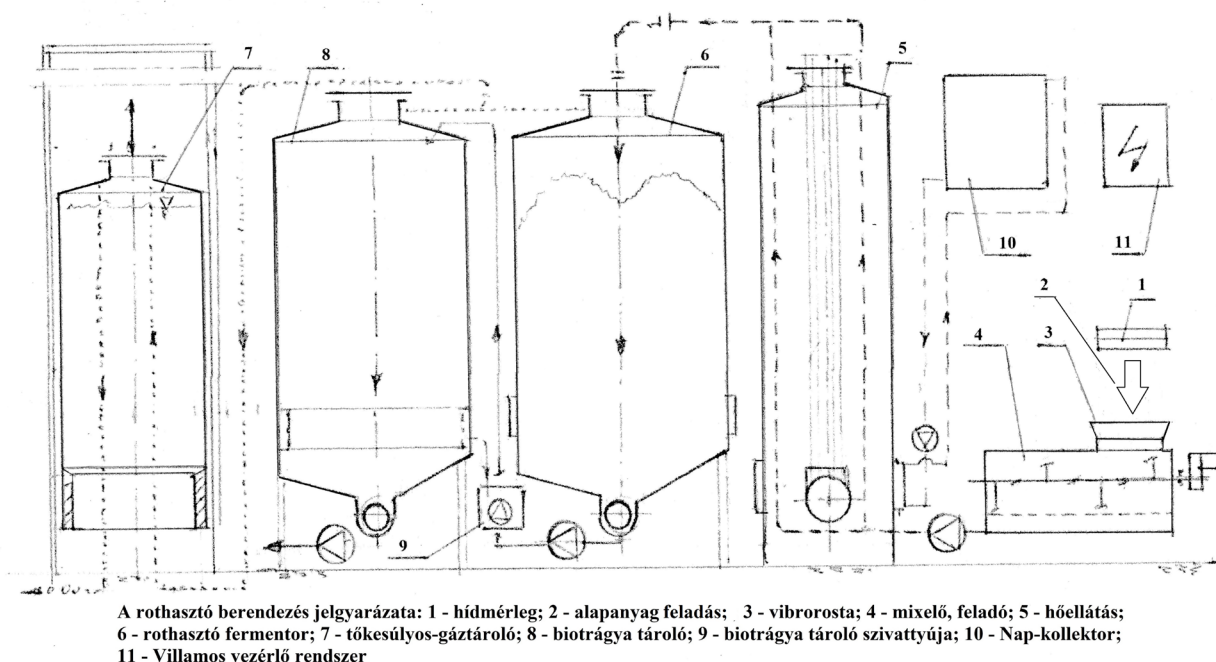
3.2.1. A „csúszó-massza” rendszerű trágyarothasztó működése

Az egyszerűbb kivitelű, de a tapasztalatok alapján hatékony megoldást jelent az ún. „csúszó-massza” rendszerű higtrágya-rothasztó (Juhász, 2023). A 3. ábrán szemléltetett trágya-rothasztónál a rothasztásra kerülő trágya (1 és 2) (higtrágya sűrű frakciója, almos-trágya) a vibrorostára kerül (3), mely a technológiát zavaró idegen anyagokat (madzag, drót darabok, ködarabok) leválasztja, majd ezt követően homogén zagyot a keverő berendezés (4) biztosítja. A keverő berendezés után a rothasztásra előkészített anyag a hőcserélőbe (5) jut, ahol az anyagot 40 °C-ra melegítik, majd a trágyát a rothasztó

fermentorba (6) szivattyúzzák, ahol a rothasztási folyamat és biogáz termelési folyamat lejátszódik. A rothasztóban keverés nincs, hanem a felmelegített és a beadagolt trágya egyenletesen csúszik le a reaktorban („csúszó-massza”). A rothasztó fermentorban keletkező biogáz összetételének a mérése és a tárolása a tökesúlyos gáztárolóban történik (7). A kirothasztott trágya a tárolótartályban tárolható (8), ahová a rothasztó berendezésből a trágya szállítását a trágya szivattyú (9) biztosítja. Az alapanyagokat, az előzőekben rothasztott töltetből visszamaradt oltólével együtt fűtött kiegyenlítő tartályba adagolva, keverve, nagyméretű melegvítartalóban utó-fűtve 40 °C-ra melegítik, majd felmelegített trágya a fermentorba jut, ahonnan 21 (14-28) nap után alul távozik kitároló-csiga, csavarszivattyú segítségével a zárt, a fermentorhoz hasonló, legalább 120 napos tárolókacitású trágyatárolóba, innen igény szerint

a trágya a felhasználó területekre kerül. A rothasztó fermentor alsó 1/3-ban hőcserélő van beépítve, amely biztosítja az egyenletes hőmérséklettartást. A rothasztó berendezés és kezelési technológia kialakítását a JURA MÉRNÖKIRODA végezte.

A naponta keletkező trágyát, a kísérő 10 - 15 cm-es szecskázott almot, az állattartó telepről napi kétszeri alkalommal el kell távolítani a gázzáró fedeles szállító tartályba. A jellemzően magángazdasági méretek miatt, legalább 10 km-s körzetben gazdálkodóknak, településeknek össze kell fogni és közösen kell építeni rothasztó berendezést. A rothasztó végterméke 2/3 részben sűrűiszap biotrágya, 1/3 részben biogáz száraz-szervesanyag. 1 tonna szervesanyag lebontása esetén 800 m³/t, 5500 kcal fűtőértékű, biogáz képződik. A biogáz a hőt igénylő gabona, gomba, gyógynövény, lucerna szárítására, vagy



3. ábra A "csúszó-massza" rendszerű trágya-rothasztó működési vázlata (forrás: Juhász, Jura Mérnökiroda, 2023)

zöltség termelésnél használt üvegházak fűtésére, és még számos területen felhasználható. A javasolt csúszó-massza rendszerű fermentorok keverést nem igényelnek. A KORABE-TON falszerkezetű fermentor, a trágyatároló, a melegvíz tartály, és az úszó-harangos gáz-tároló számára hagyományos, 12 cm-s keménypoliuretán, salakpaplan, hőszigeteléssel és trapézlemezcs héj-szerkezet kialakítással történik a hőszigetelés.

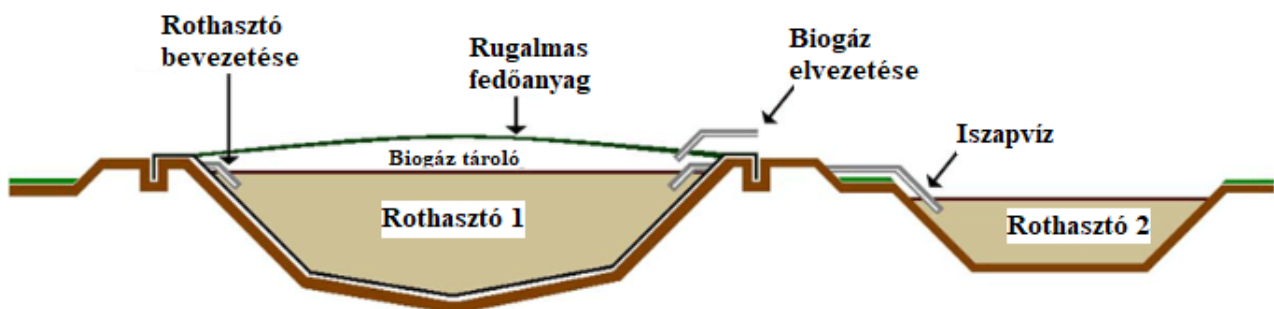
A jelenleg általánosan alkalmazott települési szennyvíz iszaprothasztók általában 5 %-os, a javasolt csúszó-massza rendszerű fermentor pedig 15-20 %-os szárazanyag tartalmú töltettel üzemel. A csúszó-massza rendszerű berendezésnek beruházási és üzemelési költsége a hagyományos rothasztóknak kb. a fele, élettartama pedig kétszerese a szénacél anyagú rothasztóknak. A rothasztandó alapanyag nem tartalmazhat szivattyú meghibásodását okozó alakos, szálcs komponenseket. A trágya homogenizálását, az oltó fermentlé, alakos anyag (trágya) összekeverését lassúfordulatú dagasztógép végzi folyamatosan. Az így előkészített masszát gumiházcs csigaszivattyú tolja fel a nagyméretű hőcserélőn keresztül a fermentorba. Legalább két önálló sort kell alkalmazni, hogy az időben nagyon változó alapanyag mennyiség

kezelhető legyen. A számítás 21 napos tartózkodási idővel célszerű figyelembe venni. Mezőgazdasági üzemekben a „csúszó-massza” rendszerű rothasztókat az US-ban sok helyen eredményesen alkalmazzák.

3.2.2. Fedett anaerob lagúna rendszerű rothasztó

A fedett anaerob lagúna kialakítására tesz javaslatot a US EPA: Anaerobic Digester Designs. Covered Lagoon (4/1. és 4/2. ábra) leírás. A metánt visszanyerik és egy rugalmas fedéllel ellátott lagúnából a gázhasznosító berendezésbe vezetik. Egyes rendszerek egyetlen reaktort használnak a kombinált emésztéshez és tároláshoz. Gyakori az olyan rendszer, amikor az iszapvizet külön rothasztóba, majd tárolóba vezetik. Itt lefedést már nem alkalmaznak.

Egy fedett anaerob lagúna ábrája, amely 2 reaktort mutat, ahol az első összegyűjti a befolyó nyers hígtrágyát és tárolja a képződött gázt, a második reaktor pedig összegyűjti a rothasztóba táplált hígtrágya iszapvizét. A rothasztókat általában nem fűtik, tehát pszichrofil üzem-módban üzemelnek. A talajba való lesüllyesztés viszonylag jó szigetelést biztosít.



4/1. ábra Két reaktort alkalmazó anaerob lagúna
(Forrás: US EPA: Anaerobic Digester Designs. Covered Lagoon, 2011)



4/2. ábra Egy fedett anaerob lagúna fotója (Forrás: US EPA: *Anaerobic Digester Designs. Covered Lagoon*, 2011)

Miután az alapanyagot összegyűjtötték és elkészítették, azt beviszik az anaerob emésztőbe, amelyet anaerob reaktornak is neveznek. A rothasztót úgy tervezték, hogy optimális feltételeket biztosítson a szerves hulladék biogázzá történő átalakításához. A biogáz akkor keletkezik, amikor az állati hulladék vagy a trágya bomlik. A szarvasmarha-, sertés- és baromfigazdaságokból származó biogáz befogása csökkentheti az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását, a metán biogázból való visszanyerése pedig költséghatékony megújuló energiaforrást biztosíthat. A visszanyert biogáz energiaforrás lehet a villamos energia, a fűtés vagy a közlekedési üzemanyag számára.

A biogáz-visszanyerés bevált technológia, amelyet széles körben használnak olyan ágazatokban, mint az élelmiszer-feldolgozás és a szennyvízkezelés. A mezőgazdaságban a biogáz-visszanyerő rendszereket már több száz gazdaságban használják, és több ezer további szarvasmarha-, sertés- és baromfitelepen lehetne használni.

3.3. A KOMPOSZT KÉSZÍTÉS SZEREPE A HAZAI HULLADÉK-GAZDÁLKODÁSBAN

Sáez és m társai (2017) szerint a fejlett technológiák segíthetnek a trágya kezelésében, különösen a nitrogéntöbblettel rendelkező területeken. A szilárd-folyadék szétválasztáson, a folyadék aerob kezelésén és a szilárd frakció komposztálásán alapuló integrált hígtrágya-kezelési rendszert értékelték egy dél-spanyolországi sertéstelepen (kocák és malacok). A szilárd frakciót szalagszűrővel víztelenítették. A kapott komposztok érettek, stabilak voltak, és szerves anyaguk nagyfokú humoszodást, a hígtrágya-szilárd anyagokból származó egyéb komposztokhoz hasonló tápanyag koncentrációkat mutatott. A hígtrágya szétválasztása, majd a szilárd frakció komposztálása és a folyékony fázis levegőztetése a leginkább ajánlott eljárás az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának csökkentésére. Juhász és Oláh (2022) a komposztálás jelenlegi helyzetét tárgyalja. A mezőgazdasági nagyüzemek hozzáállását jól jellemzi az alábbi idézet: „Sajátos ellentmondás ugyanakkor

– s ez is napjaink jellemzője –, hogy komposztálás reneszánszát elsősorban nem a talajerő-gazdálkodás igénye hívta életre, hanem a hulladékok nagymértékű növekedése”. Sőt olyan képtelen ötlet is felmerült a hazai hulladék-gazdálkodásban, hogy a komposztot el kell égetni. Ez azt jelenti, hogy a biológiailag bontható nedves szerves-anyagot (szennyvíziszap; élelmiszeripari hulladék) adalékanyag segítségével félszáraz (60 - 65% szárazanyag) komposzttá alakítjuk, majd elégetjük energianyerés céljából. Számos mezőgazdasági üzem a bálázott szalmáját fűtőművekben értékesíti, holott a komposzt egyik anyaga a lazító anyag már rendelkezésre állna. Kétségtelen, hogy a lazítóanyaghoz szerves anyag (trágya; törköly stb.) is szükséges a komposzt-készítéshez. Nagyon kevés mezőgazdasági üzem foglalkozik komposztálással. A trágyakezelésnek egyik jól bevált formája a komposzt-készítés. E módszer alkalmazása a hazai mezőgazdaságból teljesen hiányzik. Zömmel műtrágyázást alkalmaznak, ami „rabló gazdálkodást” jelent.

Az állattartás esetében ugyanakkor igen nagy fajlagos trágyamennyiségek keletkeznek, részben „száraz” (almos), részben „nedves” (hígtrágya) formában. Az állattenyésztés trágyahulladékánál az almos trágyák és a hígtrágyák esetében pedig a besűrített (15–20 %-os szárazanyag) frakció adalékanyagokkal együtt komposztálható. A trágyák komposztálása és mezőgazdasági hasznosítása természetesen egy reális lehetőség.

Jelenleg a nagyüzemi takarmánynövények termesztésénél a talajerő kimerülése fenyeget. Ennek megakadályozása miatt a komposzt nagyobb mértékű felhasználásával kell számolni. A talaj-degradációs folyamatokkal érintett talajok „rehabilitációjára” a hulladék

anyagokból készült komposztok tűnnek legalkalmasabbnak. A komposzt természetesen nem csak a leromlott talajok esetében alkalmas a talajerő pótlására, hanem általános tápanyag és humusz kiegészítőnek is tekinthető.

Az agrárszakemberek szerint az intenzív, modern mezőgazdaság a vesztébe rohan a túlzott vegyszer- és műtrágyahasználattal. Az intenzív gazdálkodásban használt növényvédő szerek, gyomirtó szerek és más vegyi anyagok károsítják a talaj biodiverzitását. A Kárpát-medencében, s benne Magyarországon a legfontosabb talaj-degradációs folyamatok a víz és szél okozta erózió, a talajok savanyodása, só felhalmozódás, szikesedés, talajszerkezet leromlása, tömörödés, a talaj vízgazdálkodásának szélsőségessé válása, kedvezőtlen mikrobiológiai folyamatok, és a szerves-anyagkészlet csökkenése.

A talaj-degradációs folyamatokkal érintett talajok „rehabilitációjára” és a talajerő pótlására hulladék anyagokból készült komposztok tűnnek a legalkalmasabbnak. A komposztálásra elsősorban élelmiszer-ipari, települési hulladékok, trágya, energianövények, zöld-hulladékok és ligno-cellulóz tartalmú mezőgazdasági hulladékok jöhetnek számításba. A kész komposzt humin-anyagokat (~5 %) tartalmaz, amelyek a szerves anyagok nagyon stabil formái, és az egészséges talaj fontos összetevői. A kutatások egyértelműen kimutatták, hogy a huminsavak javítják a gyökértömeg fejlődését és a növekedést, javítják a tápanyagok felvételét, és hozzájárulnak a magasabb terméshez és a jobb termés minőség eléréséhez.

A fontosabb komposztálható hulladékok becslött értéke a következő: az élelmiszer-ipari hulladékok 1,6; állati trágyák 9,2; a települési

szilárd hulladék 3,0 és ezek együtt 13,8 millió tonna/év mennyiséget tesznek ki. Jelentős még a mezőgazdasági ligno-cellulóz (szalma; kukorica-csutka; kukoricaszár; venyige) hulladék 6,2 – 8,4 és a szennyvíziszap (rothasztott; aerob stabilizált) 0,23 millió tonna/év mennyisége. A komposztálásra nagymennyiségű, és megfelelő minőségű hulladék áll rendelkezésére. A komposzt üzemek beruházási költsége viszonylag kicsiny, és a komposzt-üzemek gyorsan üzembe állíthatók, ezek a tényezők arra mutatnak, hogy a komposzt iparszerű termelése reális alternatíva.

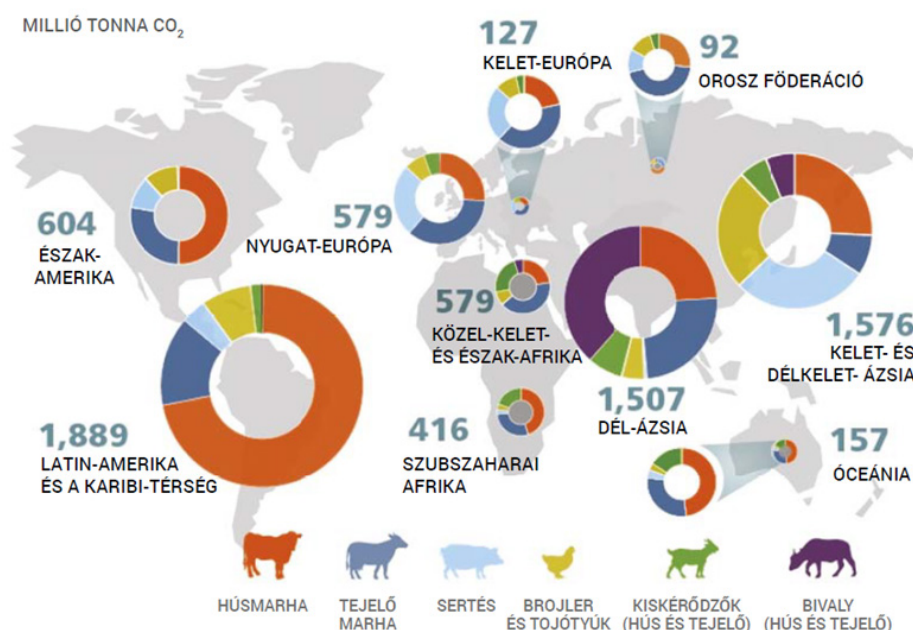
4. A NEMZETKÖZI ÉS EU-S TAPASZTALATOK ÖSSZEFOGLALÁSA

A NAK. Nemzeti Agrárgazdasági Kamara (2023) közleménye szerint az „Animal Task Force” elnevezésű szervezet az Európai Állattudományi Szövetséggel közösen szervezett konferenciasorozat keretében tette közzé az állattenyésztési ágazathoz köthető üvegházhatású gázok kibocsátására vonatkozó legfrissebb kutatási eredményeket. Kiemelt hangsúlyt fektetve a metán emisszióra, és a kibocsátást mérséklő eszközökre.

Társadalmi szempontból az élelmezésbiztonság az egész világon stratégiai kérdéssé vált, a klímaváltozás kedvezőtlen hatásai pedig újabb és újabb kihívások elé állítják a gazdálkodókat. Bár a mezőgazdasági termelés – és ezen belül az állattenyésztés – csak kisebb mértékben felelős a negatív környezeti változásokért. Az állattenyésztésben tevékenykedőkre tehát egyidejűleg több teher is nehezedik, egyrészt meg kell felelniük a klíma- és környezetvédelmet szolgáló újabb előírásoknak, más részről alkalmazkodniuk kell az éghajlatváltozás kihívásaihoz, mindemellett

pedig hozzá kell járulniuk a biztonságos, minőségi és fenntartható élelmiszerellátáshoz. Napjainkra tehát az állattenyésztéshez köthető üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátása mind a gazdálkodók, mind pedig a döntéshozók számára az egyik legjelentősebb kérdésé vált. Az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátásának indikátora hét üvegházhatású gáz (CO₂ – szén-dioxid, CH₄ – metán, N₂O – dinitrogén-oxid, HFC – fluorozott szénhidrogén, PFC – perfluor-karbon, SF₆ – kén-hexafluorid mérésével történik. „Animal Task Force” (ATF) az Európai Állattudományi Szövetséggel (EAAP) közösen konferencia sorozatot indított nemzetközi szakmai szervezeteket, kutatóintézeteket, gazdálkodók, ipari szereplők, civil szervezetek és politikai döntéshozók bevonásával. A rendezvénysorozat keretében felvázolásra kerültek az állattenyésztéshez köthető ÜHG-kibocsátásokra vonatkozó legfrissebb kutatási eredmények, kiemelt hangsúlyt fektetve a metán szerepére, továbbá a különböző mérséklési eszközökre.

Az ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Világszervezetének (FAO) adatai szerint az ember által okozott teljes üvegházhatású gázkibocsátás 14,5%-a tulajdonítható az állattenyésztésnek. Az állattenyésztési ágazat globális kibocsátásának több mint 4/5-ért Ázsia (41%, 3 083 millió tonna CO₂ egyenérték), Amerika (33%, 2 493 millió tonna CO₂ egyenérték) és Afrika (13%, 995 millió tonna CO₂ egyenérték) felel. Az európai állattenyésztés teljes kibocsátása mindeközben 706 millió tonna CO₂ egyenértéket ért el, mely a globális kibocsátás mindössze 9,4%-át jelenti. **Egyértelmű tehát, hogy a világ legnagyobb üvegházhatású gázkibocsátói első sorban Dél- és Délkelet-Ázsia, valamint Dél-Amerika, nem pedig Európa** (5.ábra).

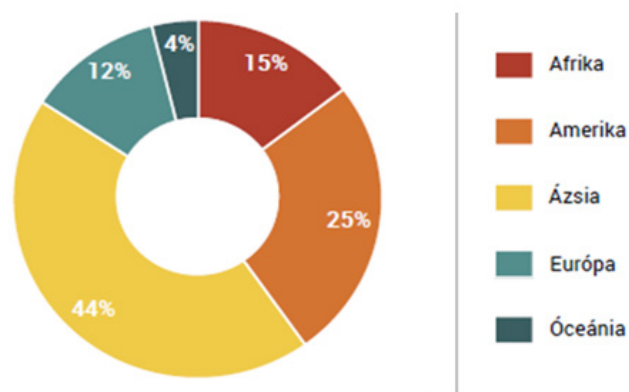


5. ábra Az állattenyésztési ágazat globális kibocsátása kontinensenként, fajonkénti bontásban, (Forrás: FAO, 2019)

Az állattenyésztést érintő káros anyag kibocsátások tekintetében az ammónia és a metán rendelkezik a legjelentősebb környezeti terheléssel, és a légköri szennyezők között ezek járulnak hozzá leginkább a klímaváltozás előidézéséhez és fokozásához. Nem vitatható, hogy a kérődző állatok emésztőrendszerében lejárló fermentációs folyamatok -, valamint a trágyában lévő szerves anyagok anaerob baktériumok általi bontása során keletkező – CO₂-egyenértékben a mezőgazdaság összes kibocsátásának 44%-át adó – metánkibocsátás jelentős. Hangsúlyozandó azonban, hogy az állattenyésztéshez köthető globális kibocsátás tekintetében regionális szinten, valamint az enterális fermentációból származó kibocsátások esetében állatfajonként jelentős eltérések figyelhetők meg.

Az Európai Unió több évtizede tudatosan és hatékonyan dolgozik az állattenyésztés környezetre gyakorolt káros hatásainak mérséklésén, az ágazat ÜHG-kibocsátás csökkentésén, valamint az erőforrások fenntarthatóbb és hatékonyabb felhasználásán. A megtett

intézkedéseknek köszönhetően Európa enterális fermentációból származó kibocsátása az elmúlt évtizedekben jelentősen csökkent, miközben a metán kibocsátás Afrikában, Ázsiában és Amerikában jelentősen nőtt. Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség legfrissebb adatai szerint az unió teljes kibocsátásának már csak alig 6%-a származik az állattenyésztés ÜHG kibocsátásából (6. ábra).



6. ábra Enterális fermentációból származó kibocsátások alakulása alágazatonként, valamint a kibocsátások éves változási rátája kontinensenként, 2001-2011 (Forrás: FAO, Agriculture, Forestry and Other Land Use Emissions by Sources and Removals by Sinks)

Mindenképpen kiemelendő tény, hogy az unió állattenyésztésének ÜHG kibocsátását úgy csökkentette, hogy az állatállomány létszáma 1990 óta a nagykerődzők tekintetében 18%-kal, a kiskerődzők tekintetében 30%-kal, az ágazat termelékenysége a húsmarha szektorban 16%-kal, a tej szektorban 70%-kal, a sertés szektorban 17%-kal bővült. A húsfogyasztás tekintetében 24%-os, a tejtermékek fogyasztás tekintetében pedig 22%-os emelkedés volt, mely termékek fogyasztása

várhatóan 2029-ig további 14%-kal növekedik majd.

Az Unió az Európai klímarendelethez vállalta, hogy 2050-re eléri a karbon-semlegesítést, azaz, hogy a kibocsátott szén-dioxid, illetve a légkörből kivont és szénelnyelőkben tárolt szén-dioxid mennyisége közötti egyensúlyt megteremti. A klímasemlegesség elérése felé tett közbülső lépésként pedig fokozta a 2030-ra vonatkozó éghajlatvédelmi törekvését, és vállalta, hogy legalább 55%-kal



7. ábra A légszennyező anyagok kategóriáinként az EU-ban (2019) (Forrás: EU EEA, 2023)

– 2014-ben ez a vállalat még csak 40% volt – csökkenti a nettó ÜHG kibocsátását.

Az állattenyésztésben még igen jelentős mérséklési potenciál rejlik, a korszerű, innovatív gazdálkodási gyakorlatok alkalmazásával ugyanis körülbelül további 30%-kal csökkenthető az állattenyésztési rendszerek kibocsátása. Azonban a nyugati világ vezetői annak érdekében, hogy 2050-ig elérjék az elvárt klímasemlegességet a hatékony és gazdaságos mezőgazdasági termelés – és ezen belül kiemelten az állattenyésztés és az állati termék előállítás – ellehetetlenülését eredményező döntések meghozatalának küszöbén állnak. A mezőgazdasági termelésnek, az élelmiszer- és takarmány előállításnak kényszerűen követnie kell a Föld népességének növekedését, mely az utóbbi 40 évben több mint 57%-kal emelkedett, és amely 2050-re elérheti a 9,7 milliárdot. **Az EU célul tűzte ki, hogy 2020-ra az 1990-es kibocsátási szinthez képest legalább 20, 2030-ra legalább 40%-os csökkentést ér el az ÜHG-kibocsátásban 2050-re pedig karbon-semlegességet kíván elérni.**

Az Európai Unió mely tagállamai és iparágai bocsátják ki a legtöbb üvegházhatású gázt, és mely országok a világ legnagyobb légszennyezői? A 7. ábra infografikáján (EU EEA (2023) bemutatjuk a főbb tudnivalókat. Jól látható, hogy a légszennyező anyagok között a szén-dioxid aránya a legjelentősebb, 81,2%-os, ami jellemzően emberi tevékenységből származik. Más üvegházhatású gázok jóval kisebb mennyiségben kerülnek a légkörbe, ugyanakkor ezek a szén-dioxidhoz képest hatékonyabban tartják vissza a Föld felszínéről távozó hőt. A metán például egy 20 éves

időszak alatt több mint 80-szor károsabb hatású, mint a szén-dioxid.

4.1. Az üvegházhatású gázok kibocsátása iparáganként

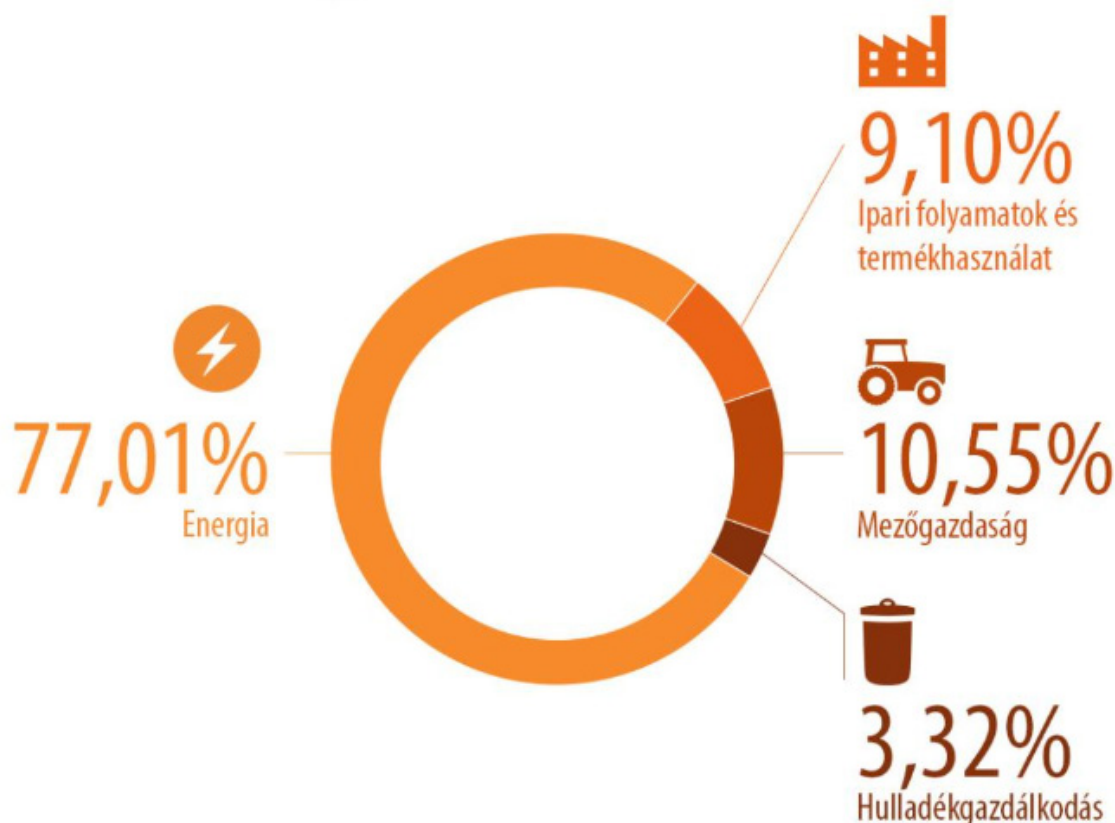
Az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testületének (IPCC) hatodik értékelő jelentése szerint az emberi tevékenységből származó üvegházhatású gázok kibocsátása a 20. század eleje óta körülbelül 1,1°C-os felmelegedésért felelős. E tevékenységek közé tartozik például a szén-, olaj- és gázégetés, az erdőirtás és a mezőgazdaság.

A 8. ábra az EU 28 uniós tagállamában az üvegházhatású gázok kibocsátást mutatja be ágazatonként. A kibocsátás 77,01%-áért volt felelős az energiaszektor, amelynek nagyjából harmadát teszi ki a közlekedés. A mezőgazdaság 10,55%-át adja az uniós kibocsátásnak, az ipari termelés 9,10%-ot, a hulladékkezelés pedig 3,32%-ot.

4.2. Üvegházhatású gázok EU-s országonként és világszinten

A 8. és a 9. ábra az uniós tagállamok teljes 2019-es kibocsátását, illetve a világ legnagyobb szennyezőit mutatják be 2015-ös adatok alapján. Az Európai Unió a világ harmadik legnagyobb kibocsátója Kína és az Egyesült Államok után, majd ezt követi India és Brazília. Az Unión belül Németország a legnagyobb kibocsátó több mint 900 millió tonnával, míg Magyarország kibocsátása 61 millió tonna. Ugyanakkor mivel egyes üvegházhatású gázok akár évezredekig is a légkörben maradhatnak, így globális hatásuk van attól függetlenül, hogy eredetileg mely ország területén kerültek a légkörbe.

Az üvegházhatású gázok kibocsátása az EU-ban ágazatonként* 2019 -ben



* Minden ágazat, kivéve a földhasználatot és az erdőgazdálkodást
A kerekítés miatt a százalékokat összeadva nem pont 100%-ot kapunk

Forrás: Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA)



Üvegházhatású gázok kibocsátása az EU-ban ágazatonként (2019)

Üvegházhatású gázok EU-s országoként és világszinten

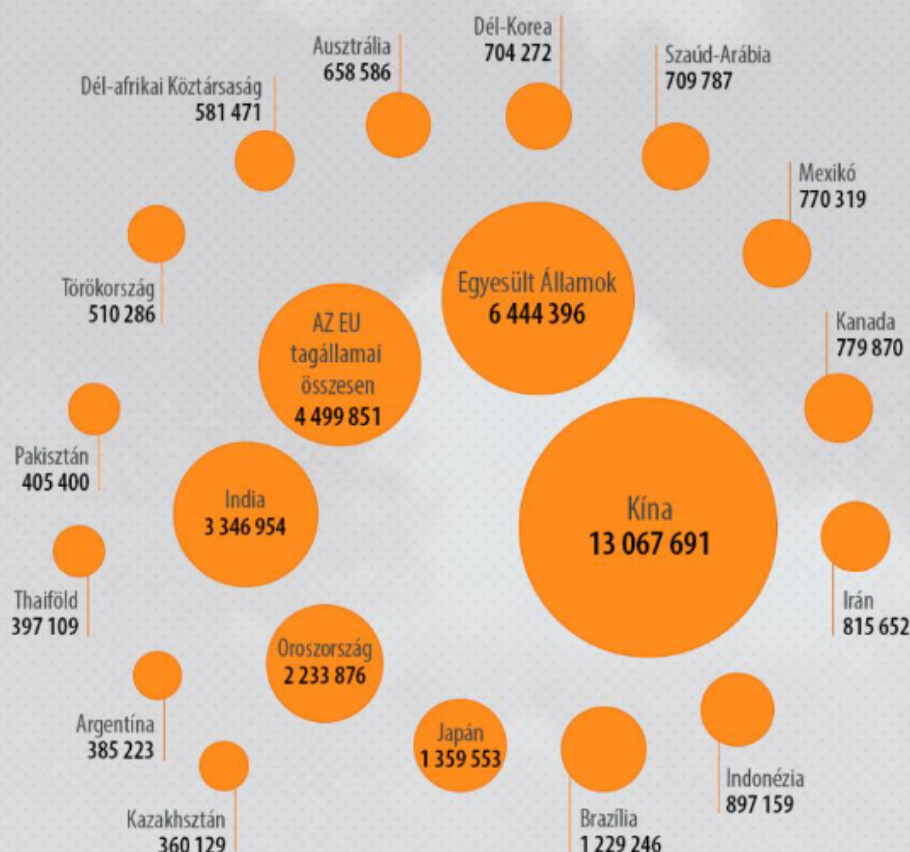
8. ábra Üvegházhatású gázok kibocsátása az EU-ban ágazatonként (2019) (Forrás: EU EEA, 2023)

A Greenpeace European Unit (2020) szerint **az EU-ban az állattenyésztésből származó üvegházhatású gáz-kibocsátás az EU teljes kibocsátásának 17%-át teszi ki, ami több kárt okoz az éghajlatban, mint az összes személygépkocsi és kisteherautó**

együttvéve (ami 704 millió tonna CO₂-nek felel meg). Az elemzés bemutatja a lehetséges kibocsátás csökkentés mértékét is, ahol az állattenyésztés 50%-os csökkentése 250 millió tonna CO₂-nek megfelelő kibocsátást takarítana meg. Az EU nem tudja elkerülni

A legtöbb üvegházhatású gázt kibocsátó országok a világon

[2015., kilotonna CO₂ egyenérték]



Forrás: a Közös Kutatóközpont (JRC) jelentése az országok fosszilis eredetű szén-dioxid, illetve üvegházhatású gázok kibocsátásáról (2019)



© EU/EP

9. ábra A legtöbb üvegházhatású gázt kibocsátó országok (2015) (Forrás: EU EEA, 2023)

az éghajlatváltozás legrosszabb hatásait a haszonállatok számának csökkentése nélkül - mondja a Greenpeace. A Szervezet azt is megállapította, hogy az állattenyésztésből származó éves kibocsátások 2006 és 2007 között 18%-kal nőttek. A növekedés, amely 39 millió tonna CO₂-nek felel meg olyan lenne, mintha 8,4 millió autóval bővítenénk az európai utakat.

Az EU jelenleg új éghajlat-politikai jogszabályt dolgoz ki, aktualizálja éghajlat-politikai célkitűzéseit, valamint dönt a következő hét évre vonatkozó uniós mezőgazdasági politikáról. Ezek az új számítások azt mutatják, hogy a hiteles éghajlat-politikai fellépésnek magában kell foglalnia az ipari állattenyésztés állami támogatásának megszüntetését az EU közös agrárpolitikájában, és inkább közpénzeket kell

felhasználnia a tenyésztett állatok csökkentésének támogatására. A Greenpeace azonban nem foglalkozik azzal, hogy a Föld lakossága elérte 8 milliárdot és így EU-nak is részt kell venni e megnövekedett lakosság élelmezésében. Kétségtelen, hogy az EU-ban a mezőgazdaság támogatását komoly lobbierdek tartja fenn. Kétségtelen, hogy az állattenyésztés visszaszorításával az EU-ban sok ember megélhetése kerülne veszélybe.

5. A TRÁGYATÁROLÓK FONTOSÁGA

A 2015-ben megjelent Kormányhivatalok közleménye szerint (2015) a határidő 2015. december 22 volt, miszerint minden állattartó telepnek rendelkeznie kell megfelelő trágyatárolóval. Állattartó telepnek minősül az a telep, ahol a magánszemélyek háztartási igényeit meghaladó mértékű állattartási tevékenységet folytatnak. A közlemény szerint hígtrágya, trágyalé kizárólag olyan, megfelelő műszaki védelemmel ellátott tartályban, vagy medencében tárolható, amely 6 havi hígtrágya befogadására alkalmas. Az istállótrágya tároló kapacitásának is legalább 6 havi trágya tárolására elegendőnek kell lennie, szivárgásmentes, szigetelt alappal és a trágyalé összegyűjtésére is alkalmas gyűjtőcsatornákkal, illetve aknákkal kell felszerelni. Amennyiben mélyalmos tartás esetén képződött trágya, illetve karámföld közvetlenül termőföldre kerül, akkor trágyatároló építése nem szükséges abban az esetben, ha a trágya felhalmozódása az istállóban vagy az ideiglenes szálláshelyen legalább 6 hónapig biztosított. A trágyatárolók lehetnek:

- fóliabéléses tározók vagy műanyag bevonattal ellátott tározófelületek,
- beton trágyatárolók (híg- és istállótrágya tározóknál egyaránt), amelyek csak

vízzáró, tervezői méretezéssel kiszámított szilárdságú (vastagságú és minőségű), szulfátálló betonból készíthetők,

- fém vázszerkezetű, szerelt hígtrágya tárolók, ahol kiemelt jelentősége van a korrózió elleni védelemnek, az előírt 20 év élettartam biztosításának.

A Rutgers NJAES (2023) a trágyatárolókkal kapcsolatos műszaki elvárásokat tárgyalja. A trágya tárolásának képessége csökkenti vagy kiküszöböli a trágya napi elhelyezésének szükségességét. A trágya tárolásának elsődleges oka az, hogy lehetővé tegyék a trágyát fogadó földterület éghajlati és növénytermesztési alkalmazásokat. A telített, nedves, fagyott, vagy hóval borított talajviszonyok nem alkalmasak trágya szárazföldi kijuttatására. A lótrágya tápanyagait a növény akkor hasznosítja a legjobban, ha a növény vegetációs időszaka előtt vagy alatt kapja a trágyát. A trágyatároló létesítmények azt is lehetővé teszik a gazdaság tulajdonosa számára, hogy tárolja a trágyát, amíg azt más gazdálkodók el nem tudják távolítani és fel nem használhatják. Az állandó trágyatároló létesítményeknek vízzáró fenékkal kell rendelkezniük, és lehetnek tömör falaik a szilárd anyagok befogására, valamint egy „nyomó” fal a szilárd anyagok egymásra rakásához és betöltéséhez. A trágyatároló létesítményekből származó szennyezett lefolyás, vagy csurgalékvíz szűrő megépítését teheti szükségessé annak érdekében, hogy csökkentse annak lehetőségét, hogy a szennyezett hulladék víz bejusson a víztestekbe.

A trágyatárolás típusától vagy méretétől függetlenül van néhány alapelv, amelyet mindig be kell tartani:

1. *Tartsuk tisztán a felszíni vizeket.* Ez azt jelenti, hogy a tetőtérivagy felszíni lefolyásokat

el kell vezetni a trágyatárolóktól, vagy más állatkoncentrációs területektől. Az ereszcsonatornak és a lefolyók gyakran a legjobb módja annak, hogy összegyűjtsék és továbbítsák a tetőtéri lefolyást egy földalatti tárolóba.

2. *Kezeljük a szennyezett vizet.* A trágyahalomra vagy az állatállomány területeire lehulló csapadéknak egy kezelési területre kell vezetni. A füvek elnyelik és csökkentik a lefolyás során lévő szennyező anyagok nagy részét.
3. *A trágyát árvízveszélyes területen kívül kell tárolni.* Azok az árvizek, amelyek eljuthatnak egy trágyatároló helyre, és kiterjedt vízminőségi problémákat okoznak.
4. *A trágyát ott tárolja, ahol könnyen hozzáférhető a be- és kirakodáshoz.* A hatékonyság fontos a trágya létesítmény megfelelő kezeléséhez
5. *Kerülje a meredek lejtőket, a tárolási helyeknél.* Minél meredekebb a lejtő, annál nehezebb kezelni a tárolóterületet.
6. *Kövesse a tápanyag-gazdálkodási tervet.* Ha a tárolt trágyát a saját földjére teríti, tegye ezt egy tápanyag-gazdálkodási terv alapján, amely meghatározza a hektáronkénti kiszórási sebességet, hogy a trágyában rendelkezésre álló tápanyagokat a növény igényeihez igazítsa.

6. MELS – AZ ÁLLATTENYÉSZTÉSI RENDSZEREKBŐL SZÁRMAZÓ ÜVEGHÁZHATÁSÚ-GÁZKIBOCSÁTÁS MÉRSÉKLÉSÉVEL FOGLALKOZÓ PROJEKT

A MELS nemzetközi projekt (2023) az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását

csökkentő intézkedésekkel kapcsolatos ismereteket gyűjt az állattenyésztésben, amelyek jelenleg rendelkezésre állnak vagy műszakilag jól beváltak. Különös hangsúlyt kap a trágyakezelés. Kezelési módszereket fejlesztenek, tovább a kezelési módszerek országos szintű alkalmazását és dokumentálását felügyelik.

A MELS-ben található DATAMAN adatbázis fejlesztése forrást biztosít a nemzeti nyilvántartások előállítási korlátainak és bizonytalanságainak csökkentéséhez. Nemzeti szinten a továbbfejlesztett kibocsátási módszerek csak akkor hasznosak, ha azokat megfelelő és dokumentált tevékenységi adatok kísérik. A mezőgazdaság szétszórott jellege megnehezíti és költségessé teszi az ilyen adatokhoz való hozzáférést. A MELS meghatározza majd, ez hogyan érhető el a meglévő és az új technológiák felhasználásával, különös tekintettel arra, hogy a mezőgazdasági üzemek szintjén rendelkezésre álló adatokat hogyan lehetne felhasználni.

A mezőgazdasági üzemek szintjén az ÜHG-kibocsátással kapcsolatos elszámolás felhasználható olyan politikák támogatására, amelyek a tájékoztató kampányoktól kezdve a támogatásokon, az adózáson és a kibocsátás intenzitást növelő piaci mechanizmusokon át terjednek. Minden esetben a MELS segít fenntartani a számítások integritásába vetett bizalmat azáltal, hogy jelzi, hol van szükség a szabványosításra, és meghatározza az átláthatóság fenntartására szolgáló módszereket.

A döntéshozatal javítása nemzeti szinten állattartó gazdaságban

Tekintettel a munkaerő- és anyagköltségek regionális eltéréseire, a kockázatcsökkentő intézkedések költségei valószínűleg

országokként eltérőek lesznek. A MELS általános módszereket dolgoz ki annak érdekében, hogy a mérséklő intézkedések hatékonyságát azok költségeihez kösse, lehetővé téve a megalapozottabb döntéseket a mezőgazdasági üzemekben. A MELS a Global Research Alliance (GRA) DATAMAN projektjére épül, amely magában foglalja a meglévő adatbázisokat (pl. ALFAM2, AEDA, ELFE), valamint a fejlett és fejlődő országok adatkészleteit. A MELS összegyűjti az állattenyésztésben a trágyakezeléshez kapcsolódó CH₄, N₂O és NH₃ kibocsátási adatkészleteket a meglévő szakirodalomból és a nemzetközi projekt partnerektől, valamint a kiegészítő adatokat. A kapott adatok elemzése lehetővé teszi a projektcsapat számára, hogy empirikus és/vagy folyamatorientált kapcsolatokat hozzon létre az ÜHG-kibocsátás és számos változó között, mint például a trágya összetétele, kezelése, éghajlati adatai. Ez lehetővé teszi az állattenyésztési rendszerekre vonatkozó jobb ÜHG-kibocsátási kataszter módszerek kidolgozását, figyelembe véve az ÜHG-kibocsátás regionális eltéréseit. A teljes rendszeren alapuló megközelítést kell alkalmazni, amelyben mind a C, mind az N tömegáramát követik, lehetővé téve az egyes mérséklő intézkedések különböző kibocsátási forrásokra gyakorolt hatásainak számszerűsítését. A MELS javasolni fogja az ÜHG- és NH₃-emissziókataszter javítását. Nemzeti szinten a MELS által elért módszertani fejlesztéseket fogják felhasználni az ÜHG- és NH₃-emissziókataszter javítására vonatkozó ajánlások megfogalmazására, különös tekintettel a javító intézkedések hatásainak dokumentálására. E fejlesztések előnyeit olyan módszerek kidolgozásával fogják támogatni, amelyek javítják a rendelkezésre álló tevékenységi

adatok mennyiségét és minőségét a nemzeti nyilvántartások támogatása, a nyilvántartások átláthatóságának fenntartása céljából.

6.1. Esettanulmányok

A MELS konzultálni fog az érdekelt felekkel annak érdekében, hogy értékelje a meglévő mezőgazdasági üzemek szintjén működő ÜHG-döntéstámogató rendszerek (DSS-ek) funkcionalitását és használhatóságát, és felmérje, hogyan lehetne ezeket a rendszereket javítani. Azon országok számára, amelyek jelenleg nem rendelkeznek mezőgazdasági méretű ÜHG DSS-sel, a MELS egy teljesen működőképes prototípust fog biztosítani az alapvető ÜHG-kibocsátásértékelés és a gazdasági számítások elvégzéséhez.

Uludag-Demirer és társai (2005) szerint az ammónia az egyik legfontosabb szennyező anyag, amely rontja a hígtrágyák minőségét. Amennyiben ezt figyelembe vesszük a nitrogéntartalmú műtrágyák iránti globális kereslet folyamatosan növekszik. A nitrogén (ammónia) visszanyerésének és eltávolításának egyik módja, hogy az ammóniát nagyon hasznos lassan oldódó N-műtrágyává (struvit: MgNH₄PO₄ · 6H₂O) alakítsuk át. Az anaerob, reaktorok szennyvizében a struvit-képződés kikényszerítése érdekében Mg²⁺ iont adtunk hozzá Mg(OH)₂ és MgCl₂ · 6H₂O felhasználásával, hogy ne korlátozzuk a struvit képződését, többlet PO₄³⁻ (0,14 M) mennyiséget adtunk hozzá Na₂HPO₄ formájában. Különböző sztöchiometriai Mg²⁺; NH₄⁺; arányokat teszteltek, hogy meghatározzák a maximális NH₄⁺ eltávolításhoz szükséges Mg²⁺-koncentrációkat az NH₄⁺:PO₄³⁻ arány állandó értéken tartása mellett. Az eredmények azt mutatták, hogy nagyon magas (95% feletti) NH₄⁺-eltávolítási hatékonyság érhető

el 0,06 M-nál nagyobb Mg^{2+} koncentráció hozzáadása esetén. Azt is megfigyelték, hogy a kezdeti pH 8,50-re történő beállítása NaOH segítségével nem eredményezett jelentős növekedést az NH_4^+ eltávolításában, és az NH_4^+ eltávolítása az $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ -val kezelt reaktorokban magasabb volt, mint a $Mg(OH)_2$ -vel kezettekben, azonos Mg^{2+} koncentráció mellett. A szennyvíz kezdeti pH-értékében megfigyelt eltérés nem befolyásolta az NH_4^+ eltávolítását jelentősen. Ezért nincs szükség a pH-értékek beállítására a pH-t kezdetben a struvit-képződés elősegítése érdekében, ami a folyamatot költséghatékonyabbá teszi, mivel nem szükséges a NaOH használata.

Rico és m társai (2011) a tejtermelő szarvasmarhák trágyájának feldolgozásával laboratóriumi méretekben vizsgáltak egy átfogó kezelési eljárást a nitrogén eltávolítására, a metántermelésre és az értékes műtrágya (Struvit) nyelés céljából. A szilárd frakció 50°C-on történő szakaszos anaerob lebontása 29,0 L CH_4 /kg metántermelést eredményezett. A szuszpendált szilárd anyagoktól mentes folyékony frakciót 35 °C-on kielégítően kezelték egy feláramló anaerob iszap reaktorban, amely 40,8 g KOI/(L·d) szerves terhelési sebességgel stabilan működött, és 10,3 L CH_4 /(L · d) metántermelést ért el. Illékony zsírsavak felhalmozódását nem tapasztalták. Az anaerob szennyvízben az ammónium-nitrogén koncentrációja 850-1170 mg NH_4^+-N /L között ingadozott, és struvit-kicsapással $NH_4^+ -N$ /L koncentráció 100 mg/L alatti értékekre csökkent.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az állattartó telepeken képződő trágya energetikai hasznosítására vonatkozó szakirodalmi adatok, valamint a jó gyakorlatok bemutatása

rámutatott, hogy a szerves-anyagban rejlő energia kihasználásában rengeteg lehetőség van. A hazai, a témában készült elemzések alapján a nyugati, de akár a közép európai szinthez történő felzárkózás rengeteg feladatot jelentene. A megújuló energiaforrásokra történő áttéréshez segítséget adhatna a jelentős egyedszámmal rendelkező állattartó telepeken képződő trágya biogázzá alakítása és energiájának felhasználása. Az energiakinyerésen, és az import energiafüggőség csökkentésén túl mérsékelhető volna az üvegházhatású gázok emissziója is.

Ahogy azt a hazai elemzések is mutatják, az állattartó telepi biogáz kinyeréséről még igazán pontos adatbázisok sem állnak rendelkezésre, pl. a biogáz üzemek számára vonatkozó adatok is ellentmondásosak. A korábban kidolgozott ágazati célkitűzések csak lassan haladnak, mérsékelten látszik az érdeklődés a fejlesztésekre. A Nemzeti Energiastratégia az ilyen típusú bioenergia-hasznosítást ugyan fókuszba helyezi, és hangsúlyozza a mezőgazdasági melléktermékekkel dolgozó decentralizált energiatermelő egységek (például biogáz üzemek) létesítésének fokozását, azonban a kézzel fogható eredmények egyelőre elmaradtak. A trágyából történő energiakinyerés kétségtelenül komplex kezelőrendszerek kiépítését, és az ehhez kapcsolódó műszaki és logisztikai feladatok környezetkímélő módon történő megoldását, valamint a jogi szabályozásnak és az ösztönző erőknél (támogatási rendszer) a megalkotását igényli. A bemutatott szakirodalmi példák alapján azonban egyértelműen látszik, hogy léteznek, és hozzáférhetőek azok technológiák és műszaki megoldások, melyek alkalmazásával Magyarországon is megvalósítható lenne a megújuló energiaforrások jelenleginél hatékonyabb kiaknázása.

Az állattartótelepeken képződött trágya kezelésére alapvetően két módszer jöhet szóba egyik az anaerobrohasztás, másik komposztálás. Rothasztásnál a híg és iszapfázis együtt kezelhető, a komposztálásnál egy előzetes fázis szétválasztás szükséges, hogy a híg fázistól megszabaduljunk, mely a technológiát zavarja. A komposztálásnál csak az iszap-fázis (trágya) kezelése jöhet szóba. Tehát szükséges egy fázis-szétválasztás ahol híg (vizes) fázist és szilárd trágyát gravitációs sűrítéssel szétválasztják. A híg fázisnál szennyvíztisztítási módszereket alkalmazhatunk, de ennél sokkal egyszerűbb a betárolás és öntözéssel történő hasznosítás.

A review of the literature on the energy recovery of manure from livestock farms and the presentation of good practices has shown that there is a great potential for harnessing the energy of organic matter. Analyses on the subject in Hungary suggest that catching up with Western and even Central European levels would be a major challenge. A switch to renewable energy sources could be helped by the conversion of material from livestock farms with a significant number of animals into biogas and its use as energy. In addition to energy recovery and reducing dependence on imported energy, greenhouse gas emissions could be reduced. As shown by domestic analyses, there are still no really accurate databases on biogas extraction from livestock farms, e.g. data on the number of biogas plants are inconsistent. Previously developed sectoral targets

are progressing only slowly, and interest in their development seems to be limited. While the National Energy Strategy focuses on this type of bioenergy use and emphasises the need to step up the establishment of decentralised energy production units (e.g. biogas plants) using agricultural by-products, tangible results are still lacking. Energy recovery from manure undoubtedly requires the establishment of complex management systems and the related technical and logistical tasks in an environmentally sound manner, as well as the creation of legal regulations and incentives (subsidy schemes). However, the examples presented in the literature clearly show that technologies and technical solutions exist and are available which could be used in Hungary to exploit renewable energy sources more efficiently than is currently the case. There are two main methods for treating manure from livestock farms: anaerobic digestion and composting. In the case of digestion, the sludge and sludge phases can be treated together. In the case of composting, a preliminary phase separation is necessary to get rid of the sludge phase, which interferes with the technology. In composting, only the sludge phase (manure) can be treated. A phase separation is therefore required where the dilute (aqueous) phase and solid manure are separated by gravity compaction. For the dilute phase, wastewater treatment methods can be used, but it is much simpler to store and recycle by irrigation.

IRODALOMJEGYZÉK