

Hírsatorna

A MAGYAR VÍZ- ÉS SZENNYVÍZTECHNIKAI SZÖVETSÉG LAPJA
2024/1. szám



**VÍZ VILÁGNAPJA 2024:
VÍZ A BÉKÉÉRT
SZENNYVÍZTISZTÍTÁS,
TECHNOLÓGIAI ÚTKERESÉS**

A legfontosabb erő- forrásunkért: a jövőért

Üdvözljük az IFAT München kiállításon - a világ vezető
környezetvédelmi technológiai vásárán!

A globális környezetvédelmi ipar legfontosabb mozgatórugójaként az IFAT München átfogó betekintést és innovatív megoldásokat kínál.

Célkitűzésünk, hogy elkötelezettségét a lehető leghatékonyabbá és fenntarthatóbbá tegyük pozitív hatással a környezetre, a globális erőforrásokra – és mindenekelőtt: a jövőnkre.

2024. május 13-17. | Messe München | Online jegyvásárlás: ifat.de/tickets/en

Információ: Promo Kft., Müncheneri Vásárképviselő +36 1 224 7764, messemunichen@promo.hu



ifat.de

IFAT
Munich

TARTALOM

Beköszöntő	4
SZAKMAI - TUDOMÁNYOS ROVAT	
4. fokozatú szennyvíztisztítás. A mikroszennyezők eltávolítása - <i>Garai György</i>	5
Új biobányászati módszerek fejlesztése hazánkban – Honnan lesz fémünk a jövőben? - <i>Dr. Fleit Ernő</i>	19
Mennyire gáz a gáz? Az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának csökkentése az állattartó telepeken - <i>Melicz Zoltán PhD, Oláh József CSc és Juhász János JURA Mérnökiroda</i>	28
„A hígrágyára is figyelni kell”. De muszáj is, vagy csak érdemes? - <i>Gubó Eduárd, Molnár Tibor, Pordán-Háber Dóra, Szakál Pál</i>	53
MASZESZ HÍREK, AKTIVITÁSOK	
Víz a Békéért - Áldozat a Vízért A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség Víz Világnapi Sajtóközleménye	66
A Hidrológiai Közlöny megújult!	69
Dulovics Junior Szimpózium 2024. április 18.	70
Víz Világnapi sajtótájékoztató. Toronymagasan tornyosuló kihívásokról, értékes beszélgetésekkel	71
Megalakult a Mentor Egyesület. Vízre tesszük a jövőt – Segíts Te is!	73
„A Szakma dicsérete – 2023.”	74
ÁGAZATI HÍREK	
NKE-Víztudományi Kar - Szakkollégiumi tájékoztató	75
MTA Víz-és Csatornaellátás Szakbizottsága 2024. február 14-én tartott ülésén elhangzott előadások szakmai összefoglalói	78
Megjelent a Zöldgazdaság 2023/24. című tanulmánykötet	80
A Magyar Hidrológiai Társaság XLI. Országos Vándorgyűlése - Szolnok, 2024. július 3. és 5. között	82
Adaptív, szenzorikán alapuló tisztítási eljárás kutatása az élelmiszeriparban	83
NEMZETKÖZI KITEKINTÉS	
A HWP nemzetközi eseményei – 2024. január-február	86
IWA 14. Szakkonferencia a nagy szennyvíztisztító telepek tervezéséről, üzemeltetéséről és gazdaságosságáról, Budapest 2024.	88
VÍZ a békéért	90
IFAT München 2024.	91
TÖRTÉNETI VISSZATEKINTÉS	
A napsugárzás hatása és alkalmazhatósága a szennyvíziszap szárítás múltjában és jelenében – <i>Dr. Juhász Endre</i>	92
KÉPZÉSI AJÁNLÓ - ESEMÉNYEK	
Az Óbudai Egyetem hirdetménye	100
A Miskolci Egyetem hirdetménye	101

A megjelentetésre szánt írásművek, hirdetések, csak nyílt (nem minősített) információkat és adatokat tartalmazhatnak. Ezek minősített voltát a Szerkesztő Bizottság nem vizsgálja, ennek felelőssége a cikk szerzőjé, valamint a hirdetőt terheli.

BEKÖSZÖNTŐ

KEDVES OLVASÓK!



Az Európai Unió 1991-ben adta ki a **91/271/EGK irányelvet** a települési szennyvíz kezeléséről, de az utóbbi évtizedek környezet

változása és fejlődése indokoltta teszik a szennyvízelvezetésre és szennyvíztisztításra vonatkozó követelmények szigorítását, **negyedik fokozatú szennyvíztisztítást**. A bevezető cikkben a szerző foglalkozik mindazon tényezőkkel, melyek szükségessé teszik a **szennyvíztisztítás hatékonyságának javítását**.

A továbbiakban egy új technológiával ismerkedhetünk meg: A „**Biohidrometallurgia** (BHM) technológiája **fémek kivonását** jelenti **mikroorganizmusok felhasználásával** a fémek különböző ásványi formáiból”.

Magyarország a potenciálisan kiaknázható **állattartó telepi szerves-anyag energetikai hasznosítását** tekintve **jelentős lemaradásban** van. A cikk szerzői a szakirodalmi adatokat bemutatták, a jó gyakorlat példáján keresztül bemutatják az állati eredetű szerves-anyagok energiaki-nyerésének lehetőségeit és összegzik a **hazai biogáz-hasznosításban rejlő potenciált**.

A **hígtrágya az intenzív állattartás mellékterméke**, a mezőgazdaságban fontos növényi tápanyag (N, P, K), ugyanakkor a kezelése és a felhasználása komoly kihívásokat okoz.

A cikk szerzője felteszi azt a kérdést, hogy **„mit keres egy hígtrágyás kutatás egy szennyvízkezeléssel foglalkozó folyóiratban?”** A válasz: *„a két anyag között rengeteg hasonlóság van, ezért néha érdemes egyszerre vizsgálni azokat”.*

A Történelmi rovatunkban olvashatunk arról, hogy a szennyvíztisztítás során keletkezett iszap szárítása, a Nap energiáját felhasználva, mint egy 20 éve történik. Ez a szárítási alternatíva az utóbbi években egyre nagyobb karriert futott be. A másodlagos anyagként jelentkező iszap kezelési technológiájának ez az egyik lehetséges, sőt **olcsóbb víztelenítési módszere**.

Március 22-én ünnepeljük a Víz világnapját. Az ez évi jelmondat **„Víz a békéért!”** Víz nélkül nincs élet, a víz békét teremthet, de olykor számos konfliktus forrása is. Világszerte több mint 3 milliárd ember függ az országhatárokat átszelő vizektől. Az éghajlatváltozás hatásai egyre jobban érezhetőek, szükség lenne az országhatárokon belüli, és az országok közötti összefogásra **legfontosabb erőforrásunk** védelme és megőrzése érdekében.

A további híreket is olvasva reméljük, hogy minden kedves Olvasónak hasznos időtöltést tudunk nyújtani a Hírcsatorna ez évi első számának olvasásával.

Dr. Papp Mária
főszerkesztő

4. FOKOZATÚ SZENNYVÍZTISZTÍTÁS. A MIKROSZENNYEZŐK ELTÁVOLÍTÁSA

Garai György

BEVEZETŐ GONDOLATOK

Az utóbbi évtizedek környezeti változásai, a mérési és kezelési technológiák fejlődése indokoltá teszik a szennyvízelvezetésre és szennyvíztisztításra vonatkozó követelmények szigorítását, egyebek között negyedik fokozatú szennyvíztisztítás előírását. A negyedik fokozatú szennyvíztisztításról jelenleg kevés tapasztalattal rendelkezünk, és számos kérdés merül fel az alkalmazható technológiákkal kapcsolatban. Jelen írásban áttekintjük a várható új elvárásokat és azok hatását a hazai szennyvíztisztító telepekre és üzemeltetőikre. Sok technológia alkalmas a mikro szennyező - tartalom csökkentésére, bemutatunk ezek közül néhány ismert, elterjedően lévő módszert.

Jelen cikk az MTA Vízellátási és Csatornázási Bizottsága 4. fokozatú szennyvíztisztítással foglalkozó előadóülésén 2023. november 29-én elhangzott hozzászólás alapján készült, felhasználva az ott elhangzott előadások egyes részleteit.

ELŐZMÉNYEK

Az Európai Unió 1991-ben adta ki a 91/271/EGK irányelvet a települési szennyvíz kezeléséről. Az eltelt három évtized alatt jelentős javulás következett be a települési szennyvizek gyűjtésében, kezelésében és a felszíni vizek

állapotában. Az irányelv hatásának 2019-ben zárult értékelése szerint az Unióban a vízi környezetbe történő szennyezőanyag kibocsátás jelentősen csökkent. A szennyvíz 98%-át megfelelően gyűjtik és 92%-át megfelelően kezelik. Mintegy 22 000 város 520 millió lakos egyenértéknek megfelelő szennyvizét központosított rendszerekben kezelik. A kibocsátott kezelt szennyvíz biokémiai oxigénigénye, nitrogén- és foszfortartalma 1990 és 2014 között Unió-szerte 61 %-kal, 32 %-kal, illetve 44 %-kal csökkent. Ez egyértelműen javította az uniós víztestek minőségét.

A kedvező változások mellett továbbra is tapasztalunk kedvezőtlen hatásokat, eseményeket, folyamatokat.

A nagyvárosok régi, egyesített rendszerű csatornahálózatából történő szennyvízzel kevert záportúlfolyások rontják a felszíni vizek állapotát. Súlyosbító hatás, hogy a klímaváltozás egyik következménye az, hogy a szélsőséges csapadékesemények – bár talán ritkábban – de egyre növekvő intenzitással jelentkeznek.

A felszíni vizek minőségének további javítása érdekében jobb hatásfokú nitrogén- és foszforeltávolítás szükséges. Fokozódik az igény a szennyvíz nitrogéntartalmának és főleg foszfortartalmának kinyerésére és hasznosítására.

A mérés technika fejlődése lehetővé tette a vizekben igen alacsony, literenként mikro- vagy nano grammokban kifejezhető koncentrációban lévő mikro szennyezők észlelését. Ezek jelentős része emberi tevékenység következtében kerül a környezetbe. Összefüggéseket találtak a mikro szennyezők jelenléte és a vízi élővilágban és az emberi egészségügyben tapasztalt kedvezőtlen jelenségek között.

A mikro szennyezők közé tartozó vegyületek száma százazres nagyságrendű.

Nem érvényesül kellő mértékben a környezetszennyezéssel kapcsolatos „a szennyező fizet” alapelv. Gyógyszer gyártók, kozmetikumgyártók termékeiből származó szennyezőanyagok, különösen a mikro szennyezők eltávolításának és környezeti kárai elhárításának költségeit nem a gyártók térítik meg.

A jelenleg érvényes szabályozás csak a 2000 LE feletti agglomerációkra vonatkozóan tartalmaz elvárásokat. A kisebb lakóközösségek szennyvizének megfelelő kezelésével tovább lehetne javítani a környezet állapotát.

A biogáz felhasználásával villamos energiát termelő szennyvíztisztító telepek eddig is sokat tettek a klímasemlegességért és fosszilis eredetű villamos energia-felhasználás csökkentéséért. További javulás lenne érhető el többek között külső szerves anyag fogadás révén a biogáz termelés növelésével, napelemes villamosenergia-termeléssel, geotermikus energia felhasználásával.

A fent leírtak indokolják a 91/271/EGK irányelv átdolgozását. Elkészült a szövegjavaslat egy új, szigorított irányelvre. Jelen cikk írásakor

(2024 február) várható az új irányelv hivatalos kiadása. A tervezet fő célkitűzései a következők:

- egyesített rendszerek záportúlfolyásai által okozott környezeti hatás mérséklése
- decentralizált szennyvíztisztító létesítmények hatásának alaposabb ismerete
- a kezelési kötelezettség alsó határának csökkentése 2000 lakos egyenértékről 1000 lakos egyenértékre
- növényi tápanyagok eltávolítási határfokának javítása
- mikro szennyezők megfelelő határfokú eltávolítása
- a „szennyező fizet” elv érvényesítése
- szennyvíztisztító telepek energia-hatékonyságának javítása
- körforgásos gazdaságba történő illeszkedés
- nagy szennyvíztisztítók energiasemlegessége

A legfontosabb célkitűzéseket foglalja össze a határidők megadásával az 1. táblázat

Magyarországon az érintett telepek száma a nagyságrendi kategóriákban durva becslés szerint az alábbiak szerint alakul:

- 100 000 LE feletti telep kb.: 30 db, összes kapacitás 1 400 000 m³/nap
- 10 000 – 100 000 LE közötti telep kb.: 180 db, összes kapacitás 600 000 m³/nap
- 10 000 LE alatti telep kb.: 700-800 db, összes kapacitás 200 000 m³/nap

Jelen írás a mikro szennyezők eltávolítását célzó negyedik fokozatú szennyvíztisztítási eljárásokkal kíván foglalkozni.

1. táblázat az átdolgozott települési szennyvízkezelési irányelv fő célkitűzései és a határidők

	2025	2030	2035	2040
Záporvíz túlfolyás és városi lefolyás (esővíz)	Nyomon követés alkalmazása	Integrált tervek a 100 000 LE feletti agglomerációk + a kockázatnak kitett azonosított területek esetében	Integrált tervek alkalmazása a 10 000 és 100 000 LE közötti, kockázatnak kitett agglomerációkban	Minden 10 000 LE feletti agglomerációra érvényes indikatív uniós célérték
Egyedi vagy más megfelelő rendszerek	Rendszeres ellenőrzés valamennyi tagállamban + jelentéstétel a magas számú egyedi vagy más megfelelő rendszerrel rendelkező tagállamok esetében	Az egyedi vagy más megfelelő rendszerekre vonatkozó uniós szabványok		
Kis agglomerációk	1 000 LE új küszöbérték	Minden 1 000 LE feletti agglomeráció az előírásoknak megfelelő		
Nitrogén és foszfor	A kockázatnak kitett területek azonosítása (10 000–100 000 LE agglomerációk)	A 100 000 LE feletti létesítményekben a nitrogén/foszfor eltávolítására vonatkozó köztes célkitűzés + Új szabványok	Nitrogén/foszfor-eltávolítás minden 100 000 LE feletti létesítményben + Köztes célérték a kockázatnak kitett területekre vonatkozóan	Nitrogén/foszfor-eltávolítás a (10 000 és 100 000 LE közötti) kockázatnak kitett területeken
Mikro-szennyező anyagok	Kiterjesztett gyártói felelősségi rendszerek kialakítása	Kockázatnak kitett, azonosított területek (10 000–100 000 LE) + Köztes célérték a 100 000 LE feletti létesítményekre	Minden 100 000 LE feletti létesítmény további kezelésre alkalmas + Köztes célértékek a „kockázatnak kitett” területekre	Valamennyi kockázatnak kitett valamennyi létesítmény magasabb követelményeket kielégítő kezelésre alkalmas
Energia	100 000 LE feletti létesítmények energetikai auditja	Valamennyi 10 000 LE feletti létesítmény auditja Köztes célérték	Az energia-semlegesítésre vonatkozó köztes célérték	Megvalósult energiasemlegesség és kapcsolódó ÜHG-kibocsátás-csökkentés

Forrás: AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS IRÁNYELVE a települési szennyvíz kezeléséről (átdolgozás) 2022/0345 (COD) Javaslat:

MIKRO SZENNYEZŐK

A 2. táblázat teljesség igénye nélkül igyekszik felsorolni a mikro szennyezők főbb csoportjait. A mikro szennyezők nagy száma (százazres nagyságrend) és eltérő tulajdonságai miatt számolni kell azzal, hogy a technológiák többsége az egyes mikro szennyezőket

széles határok között változó hatásfokkal kezeli.

Mikro szennyezők eltávolítására alkalmas technológiák

Az eleveniszapos tisztítás a mikro szennyezők koncentrációját vegyületenként változó

2. táblázat Mikro szennyezők

Humán és állati gyógyszerek	Antibiotikumok, Fájdalomcsillapítók, Antidiabetikumok, epilepsziaellenes szerek, Pszichiátriai szerek, Vérlipid szabályozók, Gyulladáscsökkentők, Röntgen kontraszt anyagok (iopromid), Szív-, érrendszeri gyógyszerek (β -blokkolók), vérnyomáscsökkentők, szintetikus hormonok
Antibiotikum rezisztencia gének	
Kábítószer	Kokain, Heroin, morfin
Kozmetikai és testápoló szerek (PCP)	Illatanyagok és szintetikus pézsma, Élénkítőszer, UV/napvédők, fertőtlenítő szerek, antioxidánsok, tartósítószer, Rovarriasztók
Peszticidek	Gyomirtók (alaklór, glifozát), rovarirtószer (DDT, klordén, aldrin, dieldrin, endrin, heptaklór, mirex, toxafén, klórdekon, lindén), gombaölőszer (hexaklórbenzol), Rágcsálóirtók (arzén-trioxid), Talajfertőtlenítő szerek (etilén-dibromid)
Felületaktív anyagok	Nonol-fenol (NP)
Ipari kemikáliák	Műanyagalapanyagok, pl. BPA, Poliklórozott bifenilek (PCB), pl. alaklór, furánok, Lágyítószer, pl. dietil fatalát (DEP) Poli és perfluorozott alkilizett anyagok (PFAS) , pl. PFOS, PFOA, Égésgátlók, pl. polibromozott difenil-éterek (PBDE)
Élelmiszer adalékanyagok	Koffein, aszpartám
Mikro és nanoműanyagok	
Nanorészecskék	Szén nanocsövek, arany, titánium nanorészecskék, fullerének
Fertőtlenítési melléktermékek (DBP-k)	Trihalometán,
Égési melléktermékek	Dioxinok, furánok, PAH,
Üzemanyag adalékok	Metil-terc-butil-éter
Algatoxinok	mikrocisztin

Forrás: SZERVES MIKROSZENNYEZŐK A TISZTÍTOTT SZENNYVÍZBEN ÉS SZENNYVÍZISZAPBAN Nemzeti Közzolgálati Egyetem Víz tudományi Kar EFOP-3.6.1-16-2016-00025 „A vízgazdálkodási felsőoktatás erősítése az intelligens szakosodás keretében” Knisz Judit tudományos főmunkatárs, Vadkerti Edit, PhD egyetemi docens

mértékben csökkenti. Általában elmondható, hogy magasabb iszapkor jobb eltávolítási hatásfokot biztosít. Az eltávolítás hatásfoka azonban nem elegendő. További kezelés, egy negyedik tisztítási fokozat szükséges a mikro szennyezők koncentrációjának számottevő mértékben történő csökkentéséhez.

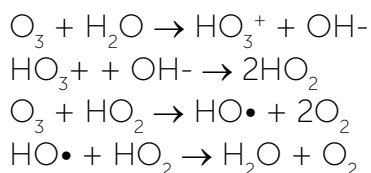
A negyedik tisztítási fokozat bevezetésének előfeltétele

A negyedik fokozatú technológiák közös jellemzője az, hogy hatásuk nem szelektív a mikro szennyezőkre vonatkozóan. Hatásuk

érvényesül a szennyvízben lévő egyéb, nem mikro gramm és kisebb nagyságrendben lévő szennyezőkre is. Amennyiben az első három fokozat nem működik hatékonyan és oldott vagy partikuláris formában a szenny vízben marad szerves szennyezés, akkor a negyedik fokozat hatékonysága romlik vagy a kellő hatás eléréséhez szükséges adagok növekednek. A negyedik fokozat bevezetése előtt ezért az érintett telep működését felül kell vizsgálni és a megfelelő működéshez szükséges felújításokat, bővítéseket végre kell hajtani. Minél kisebb legyen a negyedik fokozatra jutó oldott szerves szén és lebegőanyag.

Ózonos kezelés

Az ózon (O_3) közvetlen módon hat a mikro szennyezőkre vagy hidroxil és más gyökök által.



Az ózon (O_3) nem stabil. ezért helyben állítják elő nagyfeszültségű elektrosztatikus kisülés segítségével levegőből vagy tiszta oxigénből. Tiszta oxigénből kisebb villamos energiafogyasztással lehet ózont előállítani, de számolni kell a tiszta oxigén beszerzési költségével is. Az ózon előállítás villamos energiaigénye magas. Az ózonizálás egy tisztítótelep villamos energiaigényét 20-30%-kal növelheti. A fajlagos villamos energia költség tiszta oxigén felhasználás esetén az oxigén előállítás energiaigénye nélkül kb. 20-25 kWh/kg ózon, levegő felhasználás esetén 25-30 kWh/kg ózon tartományban várható

Az ózonos kezelés során keletkezhetnek ártalmas reakciótermékek. Például, a magas bromid-tartalom az ózonos kezelés során rákkeltő bromátokká alakulhat. A káros bomlástermékek eltávolítására az ózonozás után célszerű homokszűrőt vagy granulált aktív szén szűrőt alkalmazni. További biztonságot adhatnak természet közeli eljárások. Például utótisztító-megfigyelő tó lehetővé teszi a természetes életközösség és az UV sugárzás általi további tisztítást és a kedvezőtlen minőség korai észlelését.

A mikro szennyezők lebontási hatásfoka vegyületenként változó. Számos mikro

szennyező esetében elérhető 80%-os lebontási hatásfok 0,5 – 1,0 g O_3 /gDOC adagolással. A szükséges ózonadagot növeli a kezelendő víz oldott szerves szén, nitrogéndioxid és lebegőanyag tartalma. A kontaktidő csúcsidőben 10-14 perc tartományban lehet. Az ózonreaktorból távozó gázt ózon mentesíteni kell. Ez vegyszeradagolással (hidrogén peroxid, nátrium biszulfít, calciumtioszulfát), UV besugárzással vagy aktív szénnel tehető meg.

EGYÉB ELJÁRÁSOK

Szerves anyag eltávolításra és fertőtlenítésre alkalmazott eljárások a mikro szennyezőkre eljárásonként és mikro szennyezőnként változó mértékben hatnak. Ezek egy része az AOP (advanced oxidation process) néven ismert fejlett oxidációs körébe tartozik, más részük nem oxidáció alapján hat. Példaként sorolunk fel néhányat:

- UV ultraibolya besugárzás
- Hidrogén peroxid (H_2O_2) adagolás
- Elektronsugaras kezelés
- Ultrahangos kezelés
- Természet közeli eljárások

Gyakran alkalmazzák ezek kombinációit, esetleg katalizátor segítségével.

AKTÍV SZÉN

Az aktívszenet szénttartalmú anyagokból pirolízissel majd magas hőmérsékleten gőzzel, vegyszerrel történő aktíválással gyártják. A nyersanyag lehet fa, lignit, bitumen, dióhéj, mandulahéj, kókuszdióhéj stb. A por alakban történő adagolás

(PAC, powderedactivatedcarbon,(az angol nyelvű szövegekben a polialumínium-kloridra is ugyanezt a rövidítést alkalmazzák)) céljára 0,074mm (#200 szitatípus) alatti szemcseméretet gyártanak. Fixágyas szűréshez (GACgranularactivatedcarbon) 0,1mm feletti (#140szitatípus) szemcse méretet állítanak elő.

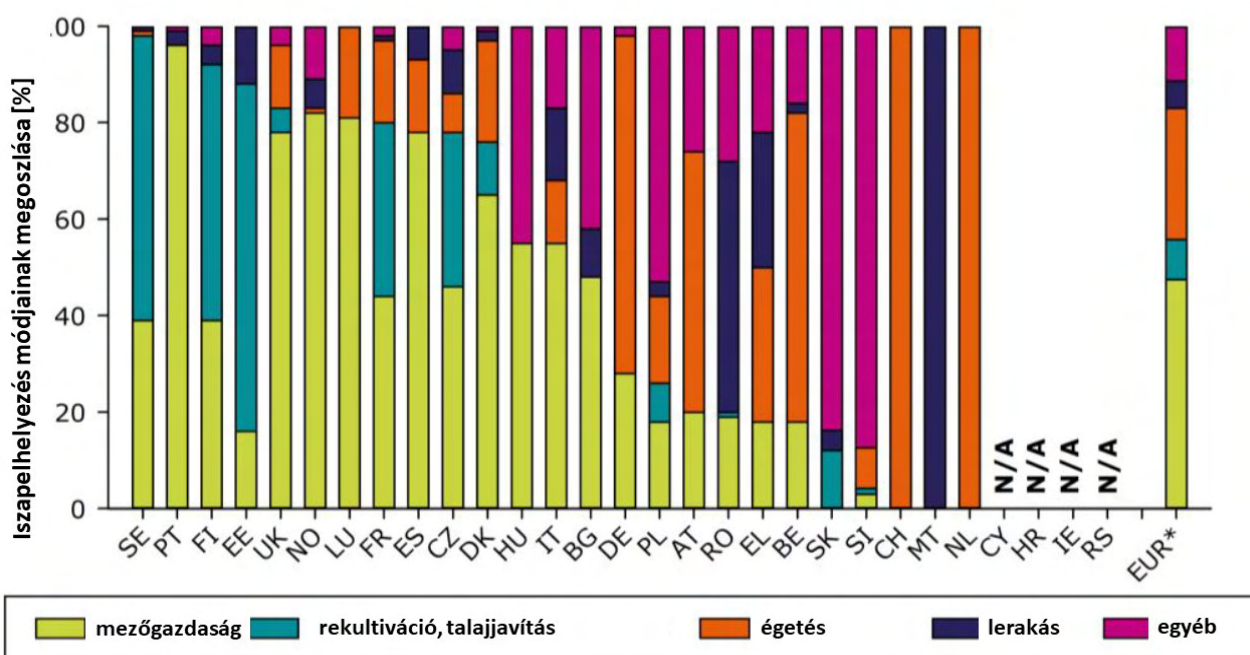
A fajlagos felület igen nagy, több száz vagy több ezer négyzetméter grammonként. Az aktívszenes technológiák elsősorban a mikro szennyezők megkötése, adszorpciója révén hatnak. A szennyezők az aktív szénhez kötődve eredeti formában maradnak. Ezért, ha a mikro szennyezőket tartalmazó aktív szén az iszapba épül, akkor az iszap általános mezőgazdasági termésjavító célra történő felhasználása legalábbis megkérdőjeleződik. Az 1. ábra mutatja be a vízi közmű üzemeltetők nemzetközi szakmai szövetségének (EU-REAU) 2021-ben végzett felmérését az egyes európai országok iszapelhelyezésének

módjairól. Az országok között jelentős eltérések vannak. Egyes országok minden iszapot égetnek, ezekről feltételezhetjük, hogy van kellő mértékű égetési kapacitás az országban. Mások a közel teljes mennyiséget talajon helyezik el. Az utóbbiak számára a talajon történő hasznosítás/elhelyezés ellehetetlenülése – égetőkapacitás hiánya esetén - jelentős változás lenne és legalábbis kezdeti nehézségeket okozna. Ezek közé tartozik Magyarország is.

AKTÍV SZÉN POR ADAGOLÁS

A por alakú aktívszenet lehet közvetlenül az eleveniszapos medencébe adagolni (2. ábra), vagy a biológiai tisztítás, utóülepítés után külön reaktorba, amit fázisszétválasztás követ (3. ábra).

Az eleveniszapos medencébe történő adagolás esetén a fölös iszap mennyisége mintegy



1. ábra. Európai országok iszapártalmatlanítási módszerei

Forrás: Wastewatertreatment – sludge management EurEauBriefingnote 2021 május

POR ALAKÚ AKTÍVSZÉN ADAGOLÁS 1.

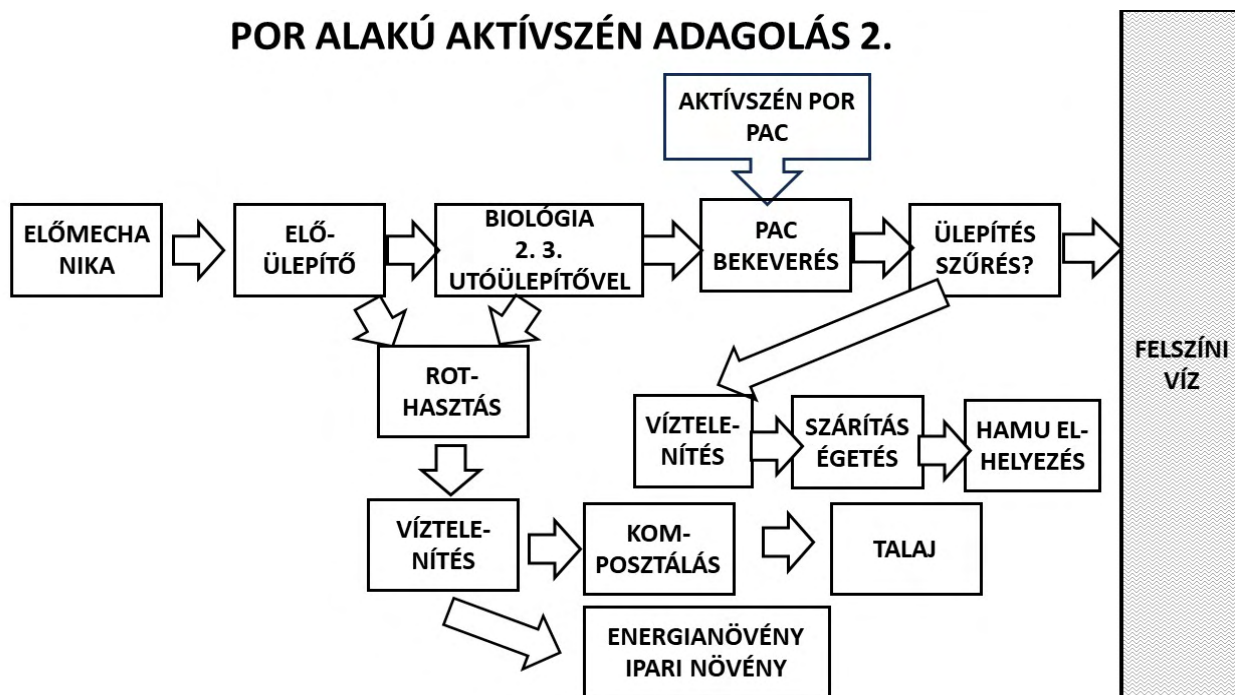


2. ábra Por alakú aktív szén adagolás 1.

20-30%-kal megnő. Vizsgálandó, hogy a rothasztókban az aktív szén szemcsék által nehezített iszap nem okoz-e a szokványosnál intenzívebb kiülepedést. Az eleveniszapba

épülő aktív szén az emberi vagy állati fogyasztási célú mezőgazdasági iszaphasznosítást ellehetetleníti. Az égetés során a széntartalom előny, mert növeli az iszap energiatartalmát.

POR ALAKÚ AKTÍVSZÉN ADAGOLÁS 2.



3. ábra Por alakú aktív szén adagolás 2.

A biogén eredetű aktívszenek klíma semlegesnek mondhatók, ellentétben a fosszilis nyersanyagból készült aktívszenekkel.

Ha az aktívszenet az utóülepítő után beépített reaktorba adagolják, az iszapminőség nem romlik. Az aktívszenes reaktor után ülepítés/szűrés szükséges. Kérdéses, hogy a telített aktív szén gazdaságosan regenerálható-e.

GRANULÁLT AKTÍV SZÉN

A granulált aktívszenet a tisztítási folyamat végén elhelyezett töltetes reaktorokban alkalmazzák (4. ábra). A töltet lehet nagy szemcseméretű fixágyas vagy kisebb szemcseméretű fluid ágyas (lebegő) töltet.

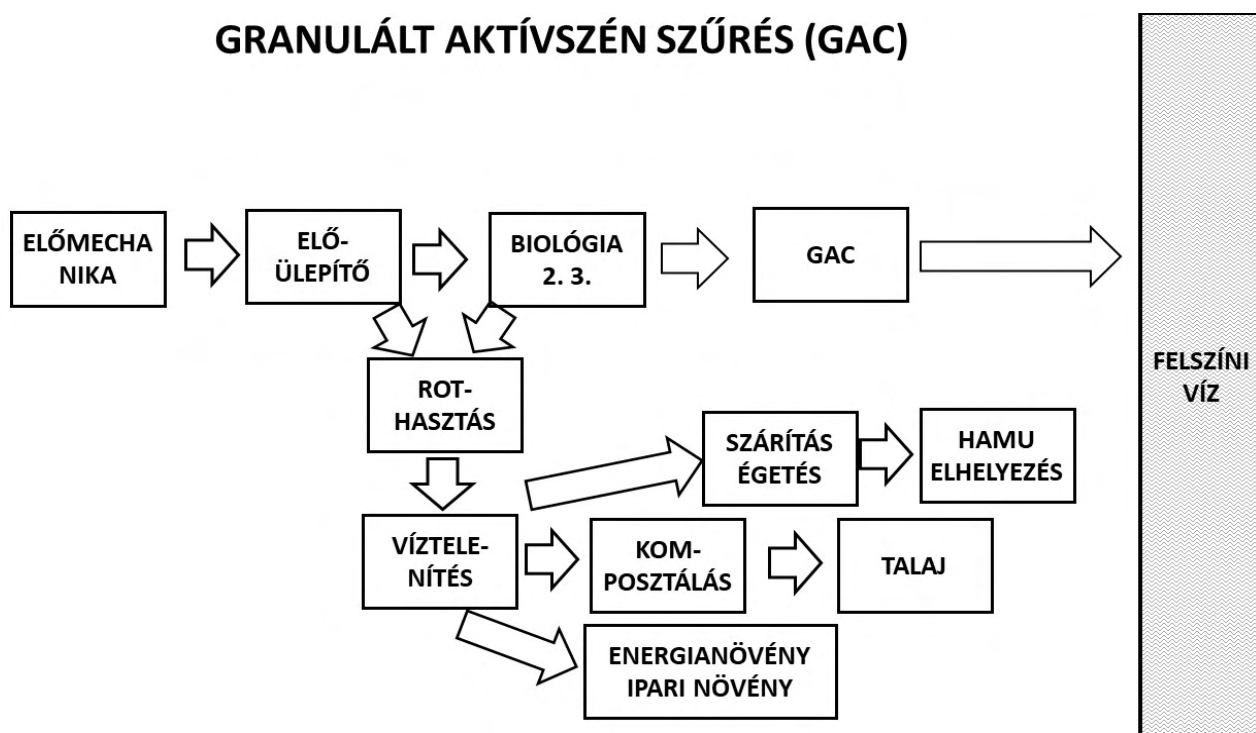
A rávezetett kezelendő szennyvíznek a lehető legkevesebb lebegőanyagot kell tartalmaznia és az oldott szerves szén (DOC) célszerűen

10mg/l alatt lehet. A reaktorban a szokványos tartózkodási idő hézagterfogatra számítva 6-10perc, reaktortérfogatra számítva 20-30 perc. A töltet hatékonysága, a mikro szennyező eltávolítás hatásfoka használat közben csökken. Az élettartam 20 000–30 000 feltöltés körül várható. A kimerült töltet erre szakosodott üzembe szállítva magas, 1200 °C hőmérsékleten, némi veszteséggel regenerálható. Ha ez a művelet teljes töltet kitermelésével, ezért a szűrő üzemszünetével jár, párhuzamos tartalék egység szükséges a folyamatos üzemmenet fenntartásához. Olyan megoldás is van, amikor a töltet kis részét rendszeresen lecserélik friss töltetre és így a teljes leállás elkerülhető.

FORDÍTOTT OZMÓZIS

A membrántechnológiák közül a fordított ozmózis és bizonyos összetevők esetében

GRANULÁLT AKTÍVSZÉN SZŰRÉS (GAC)



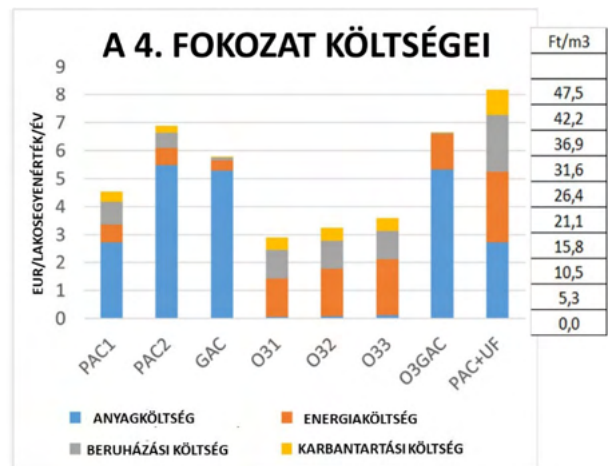
4. ábra Granulált aktív szén szűrés

a nano szűrés alkalmas a mikro szennyezők eltávolítására. Magas költsége miatt hazai alkalmazása jelenleg nem tűnik aktuálisnak. Nemzetközi kitekintésben láthatunk példákat arra, hogy a szennyvíztisztítás végső lépésében fordított ozmózist alkalmaznak. Ilyen példa Szingapur, ahol a tisztított szennyvíz fordított ozmózisos kezelés és fertőtlenítés után a vízellátó hálózatba kerülhet. A városállam vízigényének 40%-át elégíti ki ez a NEWater nevű termék. Természetesen, a membrántechnológiák a mikro szennyezőket nem bontják le. A kiszűrt iszapban a mikro szennyezők változatlan formában vannak jelen. Megfelelő kezeléséről, ártalmatlanításáról gondoskodni kell.

A KÖLTSÉGEKRŐL

Hazai tapasztalatok hiányában szakirodalmi források európai tapasztalatai alapján teszünk kísérletet durva becslésekre. Az 5. ábra por alakú (PAC) és granulált (GAC) aktív szén, ózonos (O₃) eljárások évi lakos egyenértékre eső költségeit mutatja. Az ábra jobb oldalához illesztettünk egy Ft/m³ dimenzióra átszámított skálát. Jól látható, hogy ózonizálás esetén a villamos energia költség magas, aktív szén eljárásnál pedig az anyagköltség. Az O₃1, O₃2 és O₃3 oszlopok alacsony értékeit a szűrés elhagyása okozhatja.

Egy más megközelítés szerint a hazai adatok alapján a szennyvíztisztítás önköltségét 100 – 150 Ft/m³ tartományba helyezzük. 12-15 g/m³ aktív szén adag esetén a szennyvíztisztítás költsége 18-30%-kal nő (forrás Dr. Patziger Miklós), vagyis 120 – 200 Ft/m³ tartományba emelkedhet.



5. ábra A 4. fokozatú szennyvíztisztítás költségei

Forrás: Treatment of micropollutants in wastewater: Balancing effectiveness, costs and implications A. Pistocchi, H.R. Andersen, G. Bertanazac, A. Brander, J.M. Choubert, M. Cimbritzf, J.E. Drewes, C. Koehler, J. Krampe, M. Lauenay, P.H. Nielsen, N. Obermaierl, S. Stanev, D. Thornberg

ÜVEGHÁZHATÁSÚ GÁZ KIBOCSÁTÁS

A 4. fokozatú szennyvíztisztítás együtt jár üvegházhatású gáz kibocsátással, egyebek között az ózongyártáshoz szükséges villamos energia előállítása vagy az aktív szén-gyártás miatt. Egyes források ezt 0,15 – 0,3 kg CO₂ egyenérték/m³ kezelt szennyvíz tartományba helyezik.

ENERGIAFELHASZNÁLÁS

A 4. tisztítási fokozat bevezetése a tisztítótelep energia fogyasztása 15-30%-kal nőhet. Az ózonizálás energiaköltsége a tisztítótelepen helyben jelentkezik. Az aktív szén kezelés energiafelhasználásának nagy része a gyártásnál jelentkezik.

SZAKKÉPZÉS

Az új technológiákat a tervezőknek, kivitelezőknek, üzemeltetőknek alaposan meg kell

ismerniük. Létre kell hozni a különféle technológiákra vonatkozó tervezési segédleteket. A költségek elfogadható szinten tartása érdekében fontos, hogy már tervezéskor elkerüljük az alul- vagy túlméretezést. Az üzemeltetők számára olyan oktatási dokumentációt kell készíteni, amely a vállalatvezetés legfelső szintjéig bemutatja és érthetővé teszi a tennivalókat. Jelenleg nem áll rendelkezésre olyan módszer, ami online módon mutatja az elfolyó víz mikro szennyező tartalmát. Fontos a pontos adagolást lehetővé tevő gépészet és automatika beépítése és automata mintavevők üzembe állítása. Az üzemeltető személyzetnek el kell sajátítania az új technológiákhoz kapcsolódó biztonságtechnikai tudnivalókat.

KITERJESZTETT GYÁRTÓI FELELŐSSÉGVÁLLALÁS

Az Európai Unió új szabályozása előírja, hogy bizonyos gyógyszerek, egyéb vegyi anyagok előállítói viseljék az általuk gyártott termékből keletkező mikroszennyező szennyvízből történő eltávolításának költségeit. A költségvállalás mértéke vita tárgya volt, jelen (2024. február) állás szerint a szennyvíztisztítási és adatgyűjtési/adminisztrációs költségek 80%-át kell a felelősségi körbe vont gyártóknak fedezniük. Az egyes gyártókra eső költséget egy erre a célra létrehozott adatgyűjtő-feldolgozó hivatal fogja meghatározni.

A SVÁJCI ALAP CÉLKITŰZÉSEI

A Svájci - Magyar Együttműködési Program, azaz a Svájci Alap II. időszakára vonatkozó keret megállapodás magyarországi szennyvízkezelési beruházásokra több mint 6 milliárd forint értékű forrást biztosít. A program

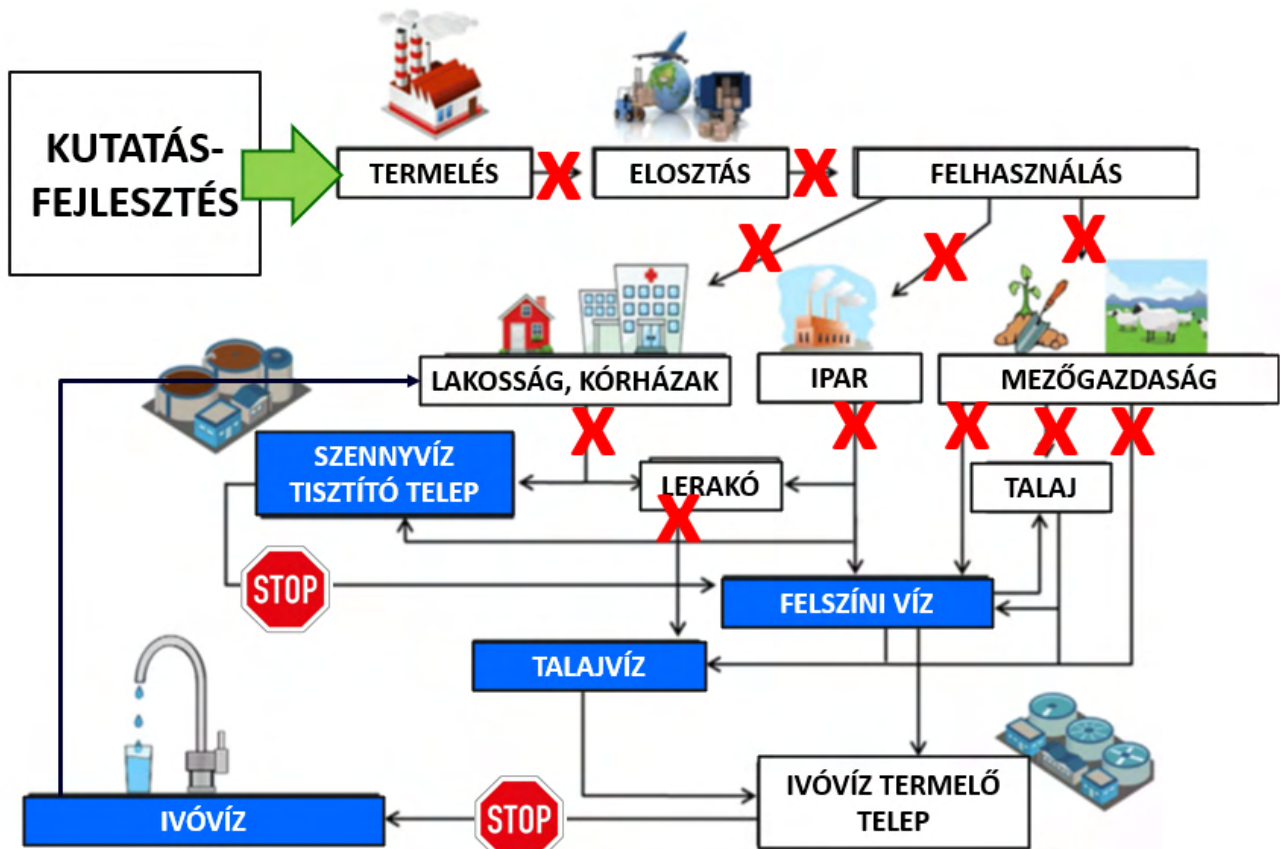
keretében megtörténik 1. szakaszban 40-60 szennyvíztisztító telep állapotfelmérése, mely alapul szolgál a 4. tisztítási fokozat megvalósítására vonatkozó „Fehér könyv” elkészítéséhez. A Fehér könyv Szakértői Testület bevonásával készül. Javaslatokat fog tartalmazni ésszerű tisztítási célkitűzésekre és remélhetőleg gazdaságosan üzemeltethető technológiákra és mérési módszerekre.

A 2. szakaszban két-három szennyvíztisztító telepen megvalósításra kerül a 4. tisztítási fokozat. Az itt szerzett üzemeltetési tapasztalatokat fel lehet majd használni 4 fokozatú szennyvíztisztítás tervezését és üzemeltetését segítő útmutatók készítésére

KINEK A DOLGA?

A 6. ábra vázlatosan illusztrálja a mikro szennyezők útját. A stopptábla jelek mutatják a jelenleg uralkodó általános elvárást, mely szerint a víziközművek feladata, hogy a vízfogyasztókat megóvják a mikroszennyezőktől, és a szennyvíztisztítók feladata lesz a negyedik tisztítási fokozatban elviselhetőszintre csökkenteni a kibocsátott szennyvíz mikroszennyező tartalmát.

Álláspontunk szerint viszont az ábrázolt folyamat minden szereplőjének van feladata. A piros X jelek jelzik a folyamat szemléletváltást vagy legalább megfontolást, változtatást vagy megerősítést igénylő pontjait. Tisztában vagyunk azzal, hogy az alábbiakban leírt elvárásokat könnyű néhány mondatban leírni, de nehéz végrehajtani. Nem is várunk azonnali jelentős változásokat, de szükségesnek tarjuk egy új, környezettudatos szempontokkal kiegészített szemléletmód elterjedését.



6. ábra A mikro szennyezők útja

Forrás: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/8/2969>

Removal of Organic Micro-Pollutants by Conventional Membrane Bioreactors and High-Retention Membrane Bioreactors

Kiemelten fontosnak tartjuk a témában a kutatást-fejlesztés erősítését. Nem szabad megelégedni azzal, hogy sikerül előállítani egy vegyszert, gyógyszert, kozmetikumot, amely egy bizonyos feladat teljesítésére alkalmas, hanem vizsgálni kell azt, hogy a feladat teljesítése után mi a sorsa a környezetben vagy gyógyszerek esetében az emberi/ állati testben is. Olyan új termékeket kell előállítani, amelyek megfelelő sebességgel ártalmatlan bomlástermékekké alakulnak át.

A termelők felelőssége abban állhat, hogy egy adott cél tekintetében a környezetre kevésbé ártalmas termékek előállítását

preferálják. A termelőktől elvárható, hogy a felhasználók számára adjanak információt a termékek összetételéről, a bennük lévő összetevők stabilitásáról, bomlási folyamatairól, arról, hogy a természetbe jutásuk esetén milyen sebességgel, milyen vegyületekre bomlanak le.

A felhasználók a felhasználásra kerülő nyersanyagok, segédanyagok kiválasztására vonatkozó döntéseik során vegyék figyelembe azt is, hogy elsődleges céljuk elérése mellett a vizekbe, talajba, levegőbe milyen ártalmas anyagokat bocsátanak ki. Ebben fontos szerepet kell kapnia a tájékoztatásnak, oktatásnak, ismeretterjesztésnek.

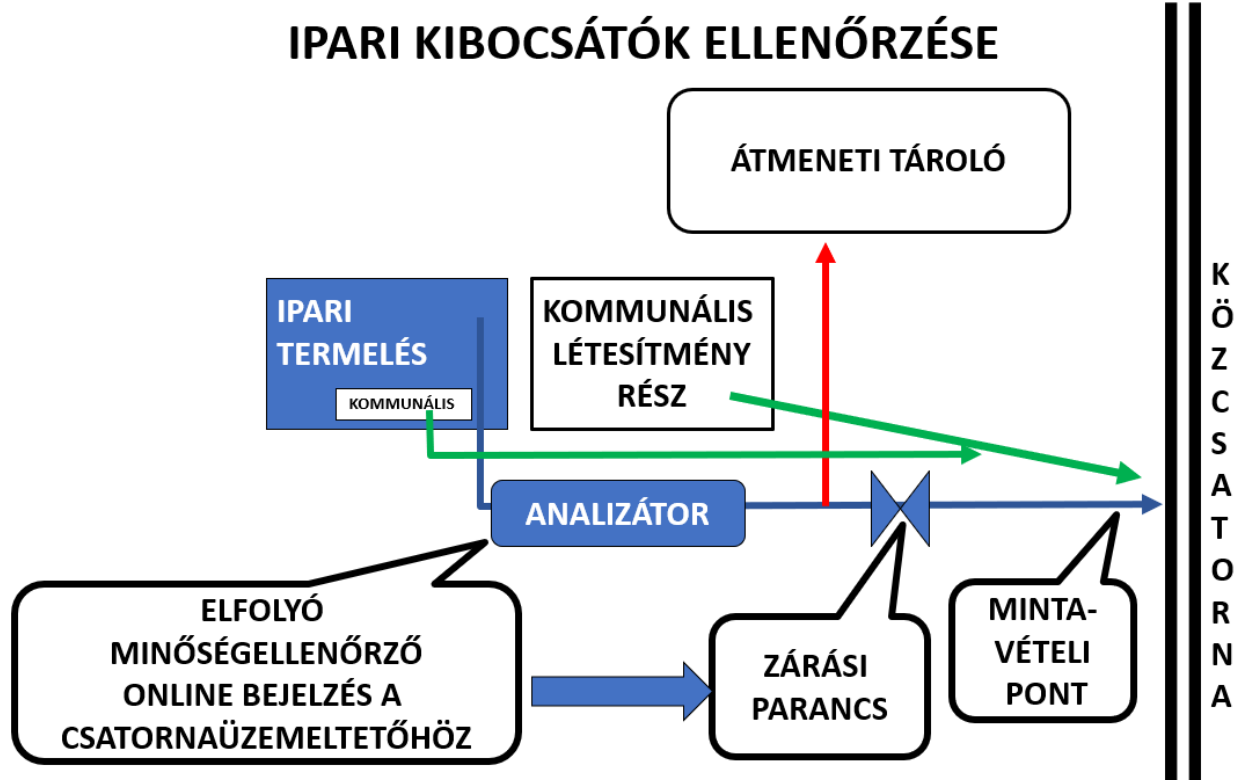
A vízi közművek számára lehetővé kell tenni, hogy a csatornába történő ipari kibocsátások fogadását határérték feletti szennyezés esetén megtagadják. Jelenleg ez az eszköz jogilag nem áll rendelkezésre. A kibocsátók kommunális szennyvizeit a csatornaműnek kötelessége fogadni. Egy technológiai szennyvizet kibocsátó üzem belső hálózatát célszerű úgy kialakítani, hogy a telekhatárig elkülönített csatornába jusson a kommunális szennyvíz és a technológiai szennyvíz. Ilyen rendszer esetén a csatornaüzemeltető a szennyező technológiai kibocsátást lezárhatná anélkül, hogy a kommunális szennyvíz elvezetése korlátozás alá esne. További lépés lehet a technológiai szennyvízre online mérőeszköz telepítése egy jellemző paraméterre (ha van ilyen) és túllépés esetén a szennyvíz átmeneti tárolóba terelése. Az átmeneti tárolóban összegyűlő határérték feletti szennyvíz elszállítható megfelelő

kezelő telepre. Egy ilyen rendszer illusztrál a 7. ábra

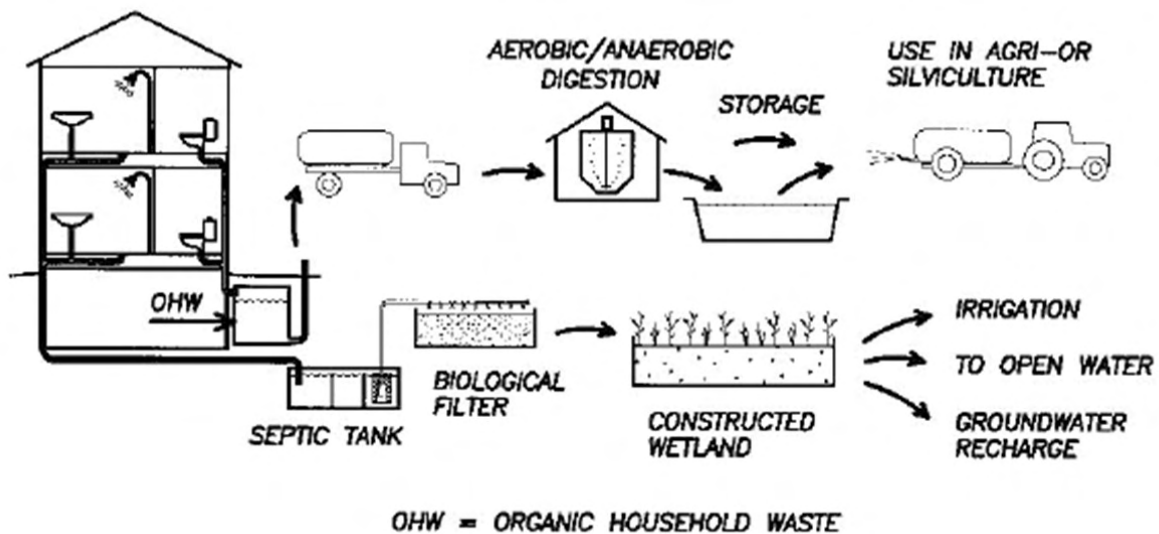
Tisztában vagyunk azzal, hogy egyik szereplő helyzetét sem könnyíti meg, ha a kevésbé ártalmas termék előállítás, beszerzése, alkalmazása a hagyományos termékénél költségesebb.

MERRE TARTUNK?

Az ókor mérnökei tudtak vízellátó rendszereket és szennyvízelvezető csatornákat építeni. Akkor jó megoldásnak tűnt a „víz elviszi” elv alkalmazása a városiakok hulladékától történő megszabadulásra. Kétezer év elteltével, a későbbi korok városaiban is ezt megoldást követték, de az utóbbi 150-200 évben rá kellett jönnünk arra, hogy károsítottuk a környezetünket, beszennyeztük az ivóvíznyerő lehetőségeinket. Meg kellett oldanunk az első-



7. ábra Ipari kibocsátók ellenőrzése



8. ábra Alternatív szennyvízkezelési rendszer

második-, harmadik fokozatú tisztítást, de ez sem bizonyult elegendőnek. Tervezzük a negyedik fokozatú szennyvíztisztítás bevezetését. Nem kerülhetjük el a kérdés feltevését: jó úton járunk? Ne gondoljuk át újra az egészet az elejétől kezdve? Minden ember szennyezzen be napi 1-2 kilogrammnyi hulladékával 100-150 liter vizet, hogy azután ezt a vizet egyre bonyolódó technológiákkal megtisztítsuk? Nincs más megoldás?

Egy példát mutatunk be egy rendszerről, amelyet Oslo egyik városrészében valósítottak meg. Klosterenga területén egy kisebb lakóközösség szennyvizét a 8. ábra szerinti módon kezelik.

A WC öblítést igen kis mennyiségű vízzel végzik. A sűrű anyagot további, egyebek közt anaerob kezelésre elszállítják és talajra kihelezve hasznosítják. A szürkevizet helyben szűrőrendszerben kezelik és használják fel. Természetesen, a megoldás sok kérdést vet fel, egyebek között azt, hogy mennyire valószínűsíthető meg nagyszámú lakos ellátására, de

mindenképpen jó példa arra, hogy van más lehetőség.

Nem állítjuk azt, hogy tudunk a jelenlegi szennyvízgyűjtési és szennyvíztisztítási rendszernél jobbat, gazdaságosabbat. Különösen nem mondhatjuk azt, hogy tudunk olyat, ami egyszerűbben, kényelmesebben használható és nagy településeken is megvalósítható. Mégis úgy gondoljuk, hogy jelenkori tudományos és technológiai ismereteink felhasználásával, érdemes átgondolni azt, hogy a víz és a hulladékok kezelése terén vannak-e olyan megoldások, amelyek jobb választ adnak olyan kérdésekre, mint a klímaváltozás, vízi környezet állapotának javítása, emberek egészségi állapotának javítása, az emberiség élelmiszerellátása, a körforgásos gazdaság fenntartása.

ÖSSZEFOGLALÁS

A környezet állapota, a mikro szennyezők jelenléte a vízi környezetben szükségessé teszi szennyvíztisztítás hatékonyságának

javítását. Az Európai Unió ezt felismerve lakos számtól függő végrehajtási határidővel szigorítja a települési szennyvizek tisztítására vonatkozó előírásokat. A szennyvízgyűjtés, kezelés kötelezettségét kiterjesztik az ezer és kétezer lakos egyenérték közötti agglomerációkra. Szigorítják a foszfor és nitrogén eltávolításra vonatkozó elvárásokat. El kell érni a tisztítótelepek energiasemlegességét a villamos energia helyben történő megtermelésével. Be kell vezetni a mikro szennyezők eltávolítására alkalmas negyedik tisztítási fokozatot. Az utóbbihoz hasznos támogatást ad a svájci alap, mely lehetővé teszi negyedik tisztítási fokozattal működő kísérleti telepek kialakítását Magyarországon. A tapasztalatok segíthetik hazai tervezési útmutató és szakmai oktatási dokumentáció elkészítését, amelyek nélkülözhetetlenek az előírt bővítések megvalósításához és üzemeltetéséhez. Meg kell találni a mérési és adagolási módszereket, annak érdekében, hogy ezek a technológiák az elvárják az elvárt eltávolítási hatásfokot anélkül, hogy költséges túlادagolás következzen be.

EGY TANULÁSI FOLYAMAT ELEJÉN VAGYUNK. SZÁMOS KÉRDÉS MERÜL FEL.

- Mekkora az egyes technológiák beruházási és üzemeltetési költségei?
- Milyen szabályok segítik a méretezést? Milyen tárolási, adagolási kapacitást építsünk be?
- Milyen tartózkodási időket tervezzünk, mekkora reaktortérfogatokat létesítsünk?
- Hogyan optimalizálhatjuk a mintavételi és mérési módszereket?
- A kivont, mikro szennyezőkkel szennyezett szilárd fázist, hogyan és hol tudjuk ártalmatlanítani, elhelyezni?
- Hogyan biztosíthatók a beruházásokhoz szükséges pénzügyi források, különös tekintettel arra, hogy a vízi közművek régóta forráshiánnyal küzdenek és számos más feladatot is meg kell oldaniuk?

Reméljük, hogy a következő évek megadják a megfelelő választ kérdéseinkre.

► IRODALOMJEGYZÉK



ÚJ BIOBÁNYÁSZATI MÓDSZEREK FEJLESZTÉSE HAZÁNKBAN – HONNAN LESZ FÉMÜNK A JÖVŐBEN?

SZERZŐ: DR. FLEIT ERNŐ, projektvezető
CasterBronz Kft.
1211 Budapest Transzformátorgyár u. 3/a.
office@casterbronz.hu

BEVEZETÉS

A biohidrometallurgia (BHM) technológiája a fémek kivonását jelenti mikroorganizmusok felhasználásával ezek különböző ásványos formáiból, függetlenül attól, hogy a szilárd fázisú anyag érc, meddő, salak, esetleg valamilyen szilárd hulladék. A BHM fogalmát gyakran szűkítik le a pirites/szulfidos ásványos anyagokból történő fémkinyerésre, amely mikroorganizmusok közvetítésével zajlik, vizes közegben és aerob körülmények között. Az angol nyelvű szakirodalom megkülönböztet továbbá biológiai kimosást (bioleaching) és az ehhez kapcsolódó biooxidációs folyamatot is (biooxidation), mely utóbbinál azonban nemcsak a célként meghatározott fém (pl. a réz), hanem más egyéb fémek is oldatba kerülnek, vagy kerülhetnek.

Mindezeket a folyamatokat azonban környezeti kármentesítési célokra is alkalmazhatjuk, így például alkalmasak lehetnek toxikus nehézfémekkel szennyezett fölös iszapok megtisztítására is, megkönnyítve a jövőben a szennyvíziszapok mezőgazdasági elhelyezését.

A biológiai kimosás, ami lényegében a biohidrometallurgiai technológiák zömét alkotja, a réz, nikkel, cink és urán bányászatára használatos, míg a biooxidáció (szulfidos ásványokból történő kivonás) Napjainkra elmondható, hogy a 2000-es évektől kezdődően már nagyléptékű BHM alkalmazásokkal találkozhatunk szerte a világban. Ezek során különböző módszereket alkalmaznak. Jellemzően az évezred elején a világ legnagyobb rézexportőre (Chile) a rézkitermelésének több, mint 10%-át már a BHM alapú technológiákkal érte el.

Magas réztartalmú vizek, illetve bánya eredetű csurgalékok felhasználása fémkinyerésre már az ókori Kínában, Cipruson és az Ibériai félszigeten is említést nyert. A folyamat lényegét azonban, hogy tudniillik ezt mikrobiológiai háttérhez köthetjük, csupán a II. Világháborút követően ismerték fel. A kezdeti kiindulást azt adta, hogy rájöttek, vannak olyan baktériumok, amelyek képesek a vasszulfidokat oxidálni és ferri-szulfátot, illetve kénsavat termelni (ami aztán oxidálja és kioldja a réz-szulfid tartalmú anyagokat az ércekből) vezetett a ma is használatos mikrobiológiai taxon nevekhez: ferrooxidans illetve thiooxidans.

Üzemi léptékben a BHM technológiának több típusát is alkalmazzák, kezdve a hagyományosnak tekinthető atmosztatós rendszereken, a prizmákba rakott érceken át, egészen a különböző kevert tartályreaktoros technikákig.

A közvetlen bányászati alkalmazásokon túlmenően az elmúlt évtizedekben erősödött meg a BHM technológia környezetre meddiációs célú (kármentesítés) alkalmazása. Ennek elsődleges célterületei az elhagyott meddők, salakterek, szennyezett édesvízi és tengeri üledékek, amelyek nagy (a környezeti határértéket sokszorosan meghaladó) koncentrációban tartalmazznak különböző fémeket, illetve toxikus nehézfémeket is. A 2018-ban indult A „Fémek visszanyerése hulladékokból biohidrometallurgiai eszközökkel” elnevezésű hazai projektben az egyik vizsgálni kívánt terület éppen ezért a szennyezett földtani közegek, üledékek rehabilitációjának/kármentesítésének módszerfejlesztése volt.

A BHM technológiák térnyerése az elmúlt néhány évtizedben annak volt köszönhető, hogy az alacsony fémtartalmú ércekből (néhány ppm fémkoncentráció mellett is) lehetséges a folyamat gazdaságos megvalósítása. A globális fémtartalékok gyors ütemben fogynak (több fémspeciesz előbb fog elfogyni, mint a fosszilis tüzelőanyagok), és a könnyen, a hagyományos bányászati, érc-kohászati eszközökkel gazdaságosan kitermelhető fémtartalékok még ennél is gyorsabb ütemben fognak kimerülni. Jó példa erre a kobalt, amelyet a világon csak néhány helyen bányásznak nagyobb mennyiségben (Kongó, Kína), vagy a lítium, amely a gépjármű üzemanyag cellák elterjedésével gyorsan fogyni kezdett (Ausztrália, Kanada).

A BHM technológiák térhódításában nem utolsó szempont az sem, hogy lényegesen környezetkímélőbb eljárások, mint a hagyományos olvasztásos fémkinyerési módszerek, amelyek nemcsak nagy mennyiségű energiát igényelnek, hanem környezetszennyezők is (légszennyezés, ÜHG gázok kibocsátása, potenciálisan toxikus fémeket tartalmazó szilárd maradványok kezelési és elhelyezési költségeinek megjelenése, stb.).

Az egyre megszorítóbb környezetvédelmi előírások, a hulladékgazdálkodásban megfigyelhető erősödő törvényi szigor jelentősen megnövelték a hagyományos bányászati módszerekkel történő fémkinyerés költségeit. Ezért a szakmai és a befektetői figyelem egyaránt az alternatív módszerek felé fordul, mint amilyen a BHM technológia.

A BHM technológia korlátai között említhető, hogy önmagában, közvetlenül nem alkalmas a nemesfémek (arany, ezüst) kinyerésére, illetve az olyan ércek esetében, amelyeknek alacsony a szulfid tartalma, vagy a képződő szulfátokat bizonyos komponensei megkötik, akkor a BHM technológia nem, vagy csak korlátozottan – és lassan – lesz alkalmazható. A nemesfémeknél még érdekes tudnivaló, hogy az arany kinyerése arzenopiritből bakteriális lépésekkel indulhat, amelyet követően egy cianid extrakciós (komplexálási) stáció is. A cianidos kivonási technológiát ma már csak kevés helyen alkalmazzák, mivel munkaegészségügyileg és környezetvédelmileg is jelentős aggályokat vet fel, ahogyan azt a sajnálatos nagybányai (Románia) esemény is bizonyította a 2000. évben.

A globális piacon tapasztalható növekvő igény a réz esetében már ma is odavezetett, hogy a réz világpiaci ára meredek emelkedésbe kezdett, melynek következtében

a rézbányászati, mind pedig a rézkohászati módszerek is átalakultak.

A BHM módszerekben bekövetkezett legnagyobb változást az jelentette, amikor a spontán zajló folyamatokat (a réztelérekből származó savas csurgalékokban megjelenő különböző oxidációs fokú rézásványok felhasználását kohászati folyamatokban), felváltották azok az in-situ bányák, ahol a mikroorganizmusok felhasználása tervezetten, és a mikrobiológiai kényszerfeltételek (hőmérséklet, redoxipotenciál viszonyok, stb.) tudatos manipulációjával zajlott. Előbbire példa a Kennecott Bingham Rézbánya, Salt Lake City (Utah állam) mellett, míg utóbbira az egyik korai példa a Dennison Urán Bánya Ontario provinciában (Kanada).

A korai BHM próbálkozások után a fejlesztések a réz, arany, urán, a platinacsoport elemei és a ritkaföldfémek felé fordultak, elsősorban a folyamatok mikrobiológiai alapjainak jobb megértésével és a különböző fejlettebb reaktortechnológiai folyamatok és reaktorkonfigurációk kísérleti bevezetésével. A legújabb kutatások már a nanotechnológiai és géntechnológiai eszközök felhasználásáról is beszámolnak BHM célokkal.

Azt is megfigyelhetjük, hogy a BHM technológiákban különösen „erős” országok mellé (pl. Ausztrália, Dél-Afrikai Köztársaság, USA), ma már újabb régiók (pl. Kína, India) is felzárkózni igyekeznek, és nem utolsósorban az Európai Unió is. Ez utóbbi ugye a gazdaságosan kibányászható bányái kimerülése miatt függő viszonyba került a fémtermelő országoktól. Ezért az EU már az FP7, és újabban a HORIZON2020 program keretében is kiemelt, nagyprojektekben kutatja a BHM technológiák alkalmazási lehetőségeit, illetve a nagymélységű bányák (1500 m

alatti területek) kitermelésének mikrobiológiai módszereit.

A fémek és nemesfémek érceiből történő kivonását mikroorganizmusok segítségével a Rawlings és Johnson (2007) által javasolt nomenklatúra nyomán gyakran nevezik bio-bányászatnak (biomining) is. Az elemzésünkben BHM-ként nevezett technológia azonban, szemben az egyéb széleskörűen alkalmazott biotechnológiai eljárásokkal, mint amilyenek például a fermentációs technológiák, a gyógyszeripari alkalmazások, stb., nem alkalmaz speciálisan szelektált, BHM célokra kitenyésztett baktérium, gomba vagy élesztőtörzseket, hanem a spontán módon jelenlévő ubikvitermikroflóra tevékenységét hasznosítja. Ezért, az újabb BHM kutatásokban már azt célozzák, hogy a speciálisan a fémkioldási célokra fejlesztett mikroorganizmusok alkalmazásával, és a környezeti körülmények szabályozásával a fémkitermelés hatékonyságát igyekeznek megemelni.

Ez egyben körvonalazza a jövő kutatási prioritásait is, nevezetesen, hogy olyan robotizált BHM rendszereket kell terveznünk és működtetnünk, ahol – bár ha csupán közvetett eszközökkel is – de szabályozni tudjuk a mikrobiális fémkioldási folyamatokat és azokat a környezeti tényezőket, amelyek alapvetően befolyásolják a folyamat hatékonyságát.

A BIOHIDROMETALLURGIA RÖVID TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉSE

Hagyományos metallurgiai módszerekkel gazdaságosan nem hasznosítható, gyenge minőségű ércek és koncentrátumok feldolgozására egyre gyakrabban alkalmaznak biológiai rendszerekre épülő technológiákat

(Johnson, 2014). Ezekkel a módszerekkel gyenge minőségű alapanyagok felhasználása során is hatékony fémkinyerés valósítható meg (Brierley, 2008).

A fémek kinyerése szilárd szerkezetéből biológiai folyamatok segítségével bioleaching (biológiai kioldás), vagy biomining (biobányászat) néven ismert a nemzetközi szakirodalomban. Mivel a mikroorganizmusok életműködése által katalizált elektrokémiai (oxidációs-redukciós) folyamatok eredményeként megvalósuló fémkkioldás vizes közegben játszódik le, a metallurgián belül ezeket az eljárásokat a biohidrometallurgia (biohydrometallurgy) csoportjába sorolják. A biológiai folyamatok által történő fémkkioldás hatékonyan alkalmazható remediációs célokra is (Gadd, 2000).

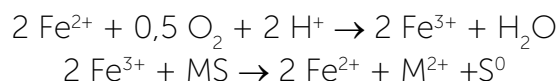
Annak ellenére, hogy az ókori görögök, rómaiak és kínaiak már az időszámításunk előtt biohidrometallurgiai módszereket alkalmaztak, amikor a bányavizekből rezet nyertek ki, mindössze ~70 éve ismert tény, hogy az érctelepek és bányák vizeiben tapasztalt fém-feldúsulásért elsősorban baktériumok felelősek (Bosecker, 1997). A felfedezés azért váratott magára egészen a XX. század közepéig, mert a baktériumok létezésének megismerésére csak a XVII. század közepén került sor, Anton van Leeuwenhoek munkássága révén. A mikrobiológiai vizsgálatokat célzó analitikai technikák rohamos fejlődése az ezt követő évszázadokban lehetőséget biztosított a baktériumok és egyéb mikroszkopikus élőlények széleskörű vizsgálatára.

MIKROBIOLÓGIAI FOLYAMATOK

A biohidrometallurgia nagy áttörése az 1950-es évek elején történt, amikor Colmer, Temple

és Hinkle a mélyművelésű szénbányák bányavizének savas jellegét a feketekőszénben lévő pirit zárványok bakteriális oxidációjaként írták le (Colmer és mtsai., 1950; Temple és Colmer, 1951). A pirit oxidációja aerob és vizes közegben játszódott le, *Acidithiobacillus ferrooxidans* baktériumok életműködésének köszönhetően. Nem sokkal ezt a felismerést követően világszerte számos tanulmány készült a fémek biológiai kioldásának lehetőségeiről. Számos külszíni fejtéssel működő rézbánya bányavizében izoláltak *Acidithiobacillus* baktériumokat, továbbá laboratóriumi vizsgálatokkal bizonyították, hogy az *A. ferrooxidans* képes réz-szulfid, cink-szulfid, molibdén-szulfid, nikkel-szulfid és ólom-szulfid kioldására különböző ásványokból (Bryner és. Jameson, 1958).

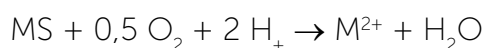
A fémek szulfidos ércekből történő biológiai kioldásának fő folyamata a fém összetevők mobilizálása, amely mikroorganizmusok életműködése által elősegített oxidáción keresztül valósul meg. Silverman és Ehrlich (1964) a bakteriális folyamatok által katalizált oxidáció indirekt és direkt módját különböztette meg. Az indirekt oxidáció során a Fe^{3+} az oxidálószer, míg a direkt oxidáció esetében az O_2 tölti be ezt a szerepet. Az indirekt oxidáció során lejátszódó reakciók a következők:



Az indirekt oxidáció esetén a mikroorganizmusok legfontosabb szerepe a Fe^{2+} ionok Fe^{3+} ionokká alakítása és „regenerálása”, miközben a fém szulfidokból (MS) divalens fém ionok keletkeznek (M^{2+}). A Fe^{2+} oxidálása mellett az *Acidithiobacillus* baktériumok részt vesznek a kén oxidációjában is:



Silverman és Ehrlich egy másik oxidációs mechanizmust is feltételeztek, mely során a folyamatban résztvevő baktériumok a fém-szulfidok felszínéhez kapcsolódnak és azt enzimatis úton oxidálják, azaz elektronokat továbbítanak az ásványok redukált részeiről. Ezt a modellt nevezték el direkt oxidációnak.



A direkt oxidáció mechanizmusának részleteiből leírására csak később került sor, miután egyértelmű bizonyítást nyert, hogy az *Acidithiobacillus* baktériumok megfelelően képesek kapcsolódni a fém-szulfidok felszínéhez. A későbbiekben Sand és mtsai. (1995) feltárták, hogy a fentebb ismertetett két mechanizmus között nincs különbség, mivel a Fe^{3+} ionokhoz köthető a fém-szulfidok oxidációja mindkét esetben. Sand és munkatársainak elmélete hangsúlyozza a Silverman és Ehrlich által bevezetett indirekt és direkt modelljeinek hasonló kémiáját.

A korai tanulmányokban a fémek biológiai kioldásért felelős szervezeteknek kizárólag az *A. ferrooxidans* baktériumokat jelölték meg és csak a későbbi munkákban írtak le az *A. ferrooxidans*-hozfilogenetikailag nem kapcsolódó, a fémek biológiai kioldásában aktív szerepet betöltő egyéb szervezeteket. Ezek között nem csak autotróf, vagy mezofil szervezetek fordulnak elő, hanem heterotróf, vagy termofil szervezetek is megtalálhatók (Bacelar-Nicolau és Johnson, 1999). A fémek biológiai kioldásáért felelős élőlények közös jellemzője, hogy acidofilek és Fe^{2+} oxidálók. A legújabb tanulmányok arra utalnak, hogy

a különböző baktériumok, gombák, vagy protozoák alkotta közösségek hatékonyabban a fémek kioldásában, mint a baktériumok egyedül alkalmazva (Latorre és mtsai., 2016).

A BIOLÓGIAI FÉMKIOLDÁS MÓDSZEREI

A fémek biológiai kioldása egyszerű és hatékony módszer a szulfidos ércek feldolgozására. Ezek kémiai és ásványtani összetételén túl, a fémek kioldásának mértéke nagymértékben függ a mikroorganizmusok hatékonyságától. Magas hozamok a baktériumok optimális növekedési körülményeinek megteremtésével valósíthatók meg. Általánosan elmondható, hogy az optimális állapot előfeltétele a megfelelő mennyiségű szerves tápanyag jelenléte (pl. foszfát), megfelelő oxigénellátás, valamint a kémhatás és hőmérséklet. A technológia ipari léptékű alkalmazása elsősorban a réz és az urán kiaknázásában valósult meg, azonban számos egyén fém kinyerésére folynak kutatások laboratóriumi és félüzemi léptékben (Zhuang és mtsai., 2015).

A laboratóriumi vizsgálatok során leggyakrabban folyamatosan kevert tartályreaktorokat alkalmaznak, illetve a perkolációs lúgozást (Bosecker, 1997). A perkolációs lúgozás során a nagyobb ércdarabokat tartalmazó tartályokat baktériumokkal oltott és tápanyagokkal ellátott oldatokkal öntözik. A csurgalékvizet visszaforgatják és újra az ércre juttatják, ami által a kívánt fémek feldúsulnak az oldatban. A perkolációs lúgozás során az oxigénellátás gyakran nem megfelelő és a fajlagos felület is kicsi. Emiatt a fémek kinyerése ezzel a módszerrel általában rendkívül lassú, hónapokat vesz igénybe. Ezzel szemben a folyamatosan kevert tank reaktorokban finom

szemcseméretű (<100 µm) ércet alkalmaznak és kevertetéssel tartják lebegésben. Emellett a levegőztetés és az egyéb paraméterek pontosabban állíthatók be a perkolációs lúgozáshoz képest. Mindez hatékonyabb fémm kioldást eredményez és az eljárás időigénye jelentősen rövidül. Mindkét módszer ipari méretben is hatékonyan alkalmazható (Watling, 2015). A K+F projekt során ilyen reaktor-típusokat alkalmaztunk mi is munkánkban.

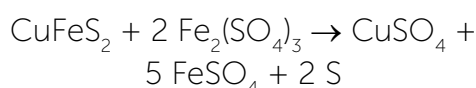
Az iparban biológiai módszereket az általában 0,5%-nál (w/w) kevesebb fémet tartalmazó ércek esetén alkalmaznak. A leg-egyszerűbb megoldás, hogy a halmokba rendezett ércet baktériumokkal oltott vízzel öntözik (vagy elárasztják), az átszivárgó oldatot recirkuláltatva (dumpleaching, heapleaching). A csurgalékvíz visszaforgatására a lassú kioldási folyamat miatt szükséges, hogy az oldat megfelelően feldúsuljon a kívánt fémmel (Bosecker, 1997). A fémeket a feldúsulást követően hagyományos módszerekkel extrahálják. További lehetőségek jelen-tenek a felhagyott bányák, melyeket el lehet árasztani. Az elárasztást követően a bánya alsó szintjein összegyűlt csurgalékvizet addig szivattyúzzák vissza a felsőbb szintekre, amíg a kiaknázandó fém nem éri el a megfelelő koncentrációt. Hasonló módszerrel aknáz-ható ki a gyenge minőségi ércet tartalma-zó területek is, ahol korábban nem történt bányaművelés. Ebben az esetben a baktéri-umokkal oltott vizet fúrásokat követően jut-tatják a kőzetbe. Az oldatok áramlása a ku-tak szivattyúzásával oldható meg. Az utóbbi két módszer során a kőzetnek megfelelő áteresztőképesség kell rendelkeznie a haté-kony fémm kinyerés érdekében. Az imént be-mutatott módszerek kiválóan alkalmasak réz és urán kinyerésére (Groudev és Groudeva,

1993; Zaynitdinova és mtsai., 2016), de arany, nikkel és cink esetében is hatékonyak lehet-nek (Logan és mtsai., 2007; Lizama és mtsai., 2003).

A BIOLÓGIAI FÉMKIOLDÁS IPARI ALKALMAZÁSAI

Réz biológiai kioldása

A biohidrometallurgia modern ipari alkalma-zásának története az 1950-es években kez-dődött az USA-beli Salt Lake City közelében lévő Bingham Canyon-nál, ahol nagy meny-nyiségű réz kitermelése zajlott biológiai kiol-dással. Az első ipari léptékű alkalmazást kö-vetően világszerte számos helyen létesültek hasonló üzemek. A technológia napjainkban is alacsony költségű módszert biztosít a réz kinyerésére. Az eljárás során az A.ferrooxi-dans vizes közegben és levegő jelenlétében a vas(II)-szulfátot vas(III)-szulfáttá oxidálja, ami a kalkopirittal reakcióba lépve réz-szulfátot eredményez:



A réz-szulfátból a tiszta fémet a további fel-dolgozás során nyerik ki, például elektrolízis-sel. A körfolyamat úgy zárul, hogy a meg-maradt vas(II)-szulfátot az A.ferrooxidans újra vas(III)-szulfáttá oxidálja, a kén pedig kénsavvá alakul.

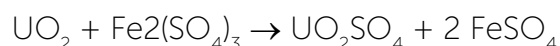
A réz fontos szerepet játszik az iparban, az iránta való kereslet folyamatosan nö-vekszik. Mivel a magas minőségű, gazda-ságosan kitermelhető ércek kimerülőben vannak, egyre nagyobb figyelem fordul

az alacsonyabb minőségű rézforrásokra. Az ilyen alapanyagok kiaknázására nyújt kiváló lehetőséget a fentebb bemutatott folyamat. A Chilében működő Quebrada Blanca rézbánya kiváló példa a réz biohidrometallurgiai módszerekkel történő bányászatára. A Quebrada Blanca rézbányában évente több tízezer tonna rezet termelnek ki annak ellenére, hogy a 4 400 méterrel a tengerszint felett létesült üzem éghajlata nem ideális a baktériumok számára (hűvös és az oxigén parciális nyomása alacsony). A kifejtett ércet 9 mm-es apró darabokra zúzzák, majd 6-6,5 m magas halmokba rendezik, továbbá kénsavat és meleg vizet adagolnak hozzá (Schnell, 1997). A bakteriális aktivitást többek között légzéstestekkel monitorozzák a helyszínen és a vizsgálatok eredményeinek függvényében szabályozzák azt, a halmok alatt elhelyezett légbefúvókkal. A Quebrada Blanca bányán kívül Chilében több, biohidrometallurgia módszerrel alkalmazó rézbánya üzemel, mint például az Andacollo, Cerro Colorado, Zaldivar stb. A világ legnagyobb rézkitermelőjén, Chilen kívül, számos más országban termelnek ki rezet biológiai módszerekkel, például Kínában (pl. Dexing), Ausztráliában, Mianmarban, Peruban (Cerro Verde), és Bulgáriában.

Urán biológiai kioldása

Az urán bányászata biohidrometallurgiai módszerekkel alacsony minőségű ércekből hasonlóan hosszú múltra tekint visszacsak úgy, mint a biológiai rézbányászat. Az első üzemek az 1960-as években létesültek, melyek közül a legismertebbek a Kanadában lévő Elliot Lake környéki bányák voltak. Az urán

bányászata során az A..ferrooxidans baktériumok vas(III)-szulfát segítségével az urán-dioxidot uranil-szulfáttá oxidálják. Ezt követően a vízben oldódó uranil-szulfát urántartalmát extrahálják, majd kicsapatják.



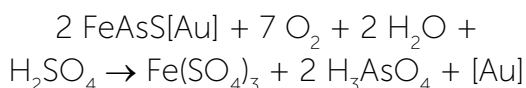
A World Nuclear Association 2018 januárjában frissített listája szerint 440 atomerőmű üzemel Földünk 31 országban, amely a teljes villamos energia szükséglet 11%-át fedezi. A jelenleg építés alatt álló 50 reaktor közül 14-et terveztek átadni 2018 évben és 16-ot 2019-ben. A közeljövőben jelentős számban üzembe helyezni kívánt új nukleáris létesítmények, valamint az üzemelő erőművek korszerűsítése és élettartam-hosszabbítása arra engednek következtetni, hogy a hasadóanyag iránti igény növekedni fog. Az uránérc árának várható növekedését számos munkában taglalják a szakemberek (Chen és mtsai., 2017). Az urán piacának felélénkülésének következményeként teret nyerhetnek az olcsó bányászati technológiák, mint a biohidrometallurgiai módszerek.

Arany biológiai kioldása

A fémek biológiai módszerekkel történő kinyerése szulfidos ércekből ugyan nagy figyelmet kapott az 1950-es és 1960-as években, a magas fokú fémkinyeréshez szükséges hosszú reakcióidő miatt azonban a kutatás-fejlesztés ezen a területen lassan a háttérbe szorult. Az 1980-as évek közepén viszont az A.ferrooxidans felhasználásával gazdaságosan nyertek ki aranyat gyenge minőségű, hagyományos módszerekkel gazdaságosan

feldolgozhatatlan ércekből, ami ismét felhelyezte a térképre a biohidrometallurgiai módszereket.

A biológiai módszerek alkalmazását az arany kitermelése során az teszi lehetővé, hogy a pirit és az arzenopirit zárványként gyakran tartalmaz aranyat. Az A. ferroxidans – valamint számos egyéb mikroorganizmus – képes oxidálni és oldatba vinni az említett ásványokat és közben a kristályszerkezetében lévő aranyat „kiszabadítani”.



Az aranyat ezután hagyományos kohászati módszerekkel nyerik ki, például komplexálják.

Az arany kiaknázása ércekből és koncentrátumokból folyamatosan kevert tartályreaktorok alkalmazásával, vagy perkolációval egyaránt hatékonynak bizonyult számos laboratóriumi és ipari léptékű alkalmazás során. A folyamatosan kevert tank reaktorok elterjedtebben alkalmazták az elmúlt évtizedekben, annak ellenére, hogy magasabb bekerülési és üzemeltetési költséggel jár a perkolációs módszerhez képest. A magasabb költségű módszer alkalmazását az indokolja, hogy a ezen technika esetében nem megoldott minden technológiai részlet. Jelenleg világszerte számos országban alkalmaznak biológiai módszereket arany kinyerésére, például Ghánában (Ashanti), Dél Afrikai Köztársaságban (Fairview), Oroszországban (Olimpiada). Az oroszországi Olimpiada a világ egyik legnagyobb aranybánya, ahol 2016-ban 26 t aranyat termeltek ki. 2001 óta a technológiai sorában kemiautotróf baktériumokat

alkalmaznak a nemesfém kitermelésére (Belyi és mtsai.,2017).

ÚJ IRÁNYVONALAK

A globális gazdasági növekedés és egyes iparágak, mint az elektronika, korábban soha nem tapasztalt növekedési tempója jelentős mértékben növelte a fémek iránti keresletet. A különböző iparágakban felhasznált anyagmennyiségek növekedése és számos nyersanyag esetében az ellátás rendkívül egyenlőtlen földrajzi eloszlása miatt (pl. ritkaföldfémek, platina csoport elemei) előtérbe kerültek a különböző hulladékok hasznosításra irányuló törekvések. A hulladékokból történő fémkinyerés területén intenzív kutatások és fejlesztések folynak, beleértve a nagy potenciállal bíró biohidrometallurgiai eljárásokat is. Biológiai módszerekkel a 2,000 – 20,000 mg/kg fémet tartalmazó pernyéből az alumínium, mangán és cink kinyerése 80% és 100% közötti értékeket mutatott, a réz és az ólomé 60-70% között volt, míg a vasat alacsonyabb, 30% lehetett kinyerni (Wu és Ting, 2006). Pathak és munkatársai által összegyűjtött adatok alapján hasonlóan magas arányban nyerhetők ki a nehézfémek a szennyvíziszapból (Pathak és mtsai., 2009). Számos tanulmányban számoltak be arról is, hogy a vörösiszapból hatékonyan aknázhatók ki a ritkaföldfémek (Abhilash és mtsai.,2014). Az elmúlt évek szakirodalmát vizsgálva, nagy számban található biohidrometallurgiával foglalkozó tanulmány, melyek többek között katalizátorokat, elemeket, nyomtatott áramköröket és egyéb elektronikai hulladékokat céloznak meg az ipar számára értékes fémek

visszanyerése szempontjából (Pradhan és Kumar, 2012).

A „Fémek visszanyerése hulladékokból bioteknológiai eszközökkel” elnevezésű hazai projektben ezeket a trendeket felismerve vizsgáltuk meg néhány hazai erőművi pernye, folyami üledék, ipari hulladékok, vörösiszap, meddőhányó fémtartalmát és fémkioldási lehetőségeit. Az elvégzett munka alapján kezünkben van az a módszertan, amelynek felhasználásával ezekből az anyagokból

fémeket, ritkaföldfémeket és egyéb értékes fémes elemeket lehet visszaforgatni az ipari felhasználásba.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A bemutatott eredmények A KFI_16-1-2017-0471 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a VÁLLALATI KFI_16 pályázati program finanszírozásában valósultak meg.

► IRODALOMJEGYZÉK



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 %

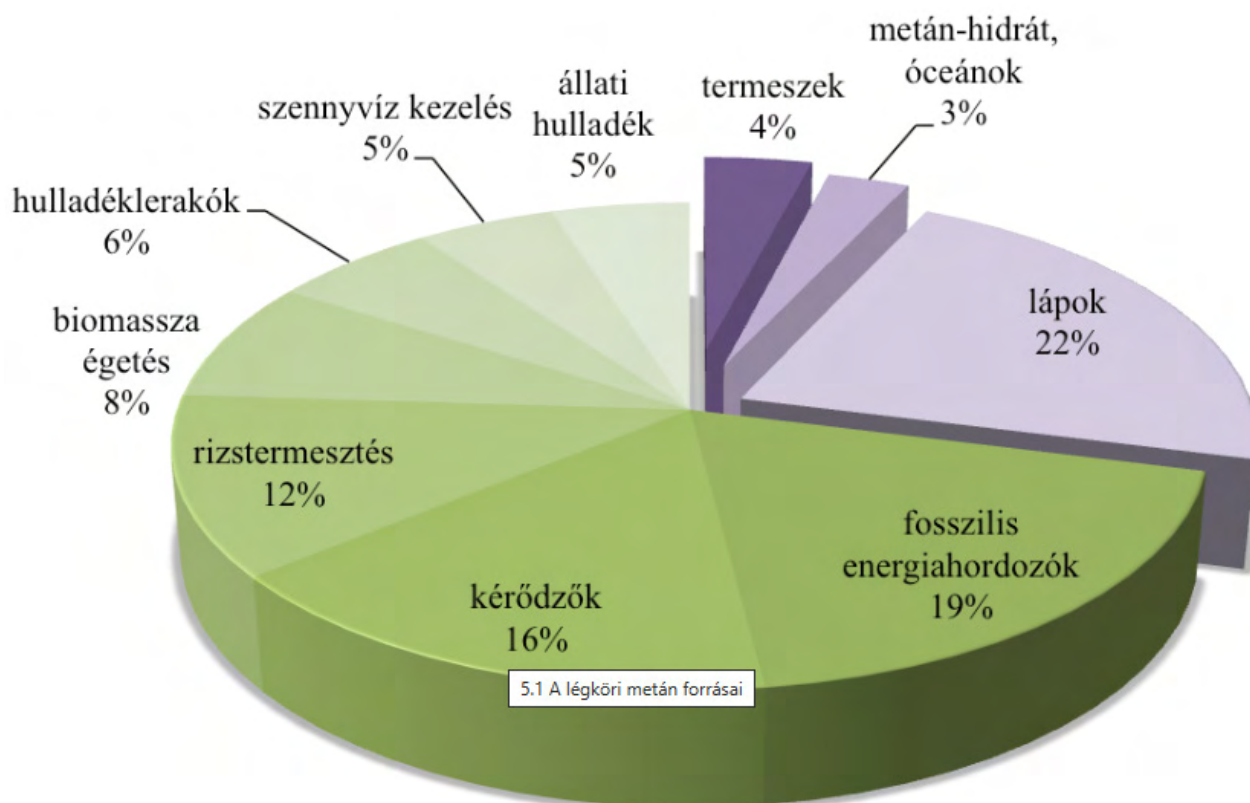
körüli. A juhállomány a fejlett országokban 35 %-kal csökkent, de a fejlődő országokban húsz év alatt 18 %-kal nőtt. A kecskeállomány 96 %-a a fejlődő országokban él, számuk 62 %-kal növekedett, elsősorban Kínában, Bangladesben, Pakisztánban és Indiában. Az 5 kg körüli éves fajlagos kibocsátás mellett 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.

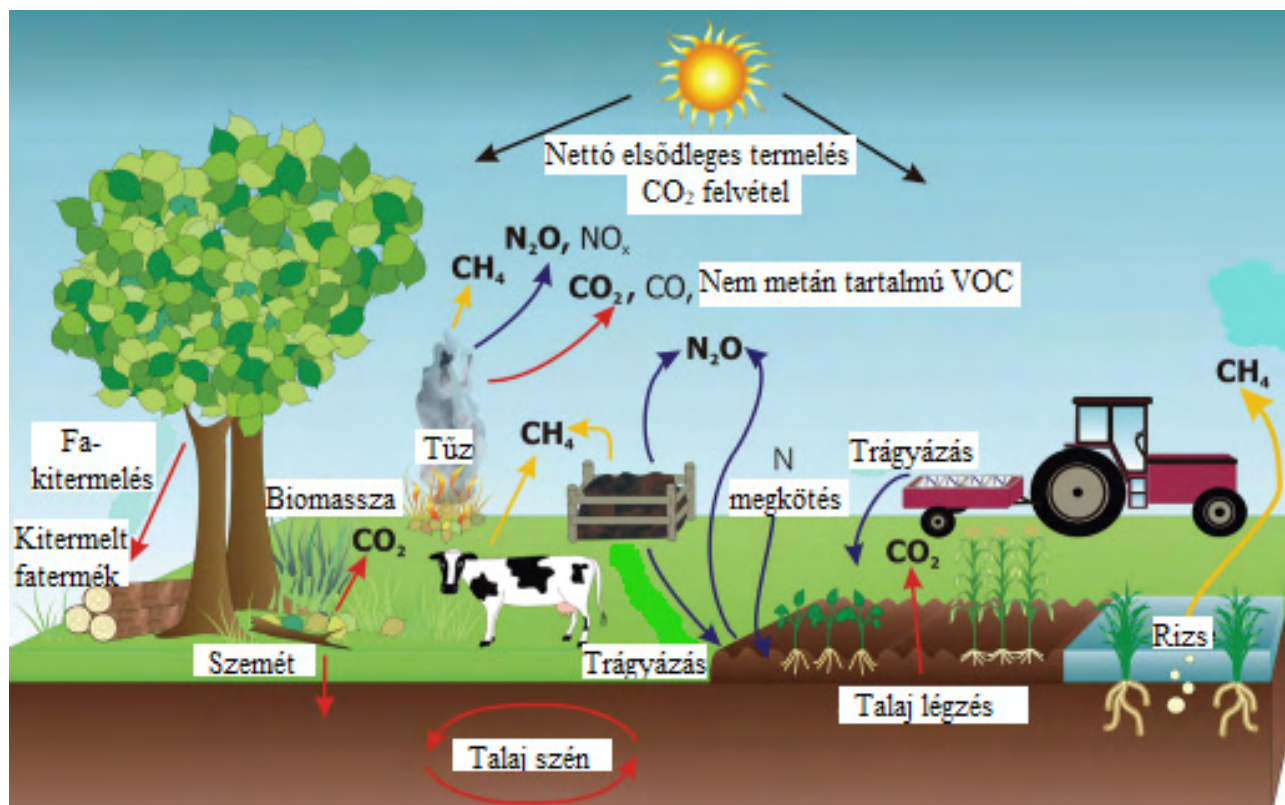
Az antropogén források között a rizstermesztés és a kérődzők mellett fontos a fosszilis energiahordozók kitermelése és felhasználása során a légkörbe jutó metán mennyisége (a földgázkitermelés és –szállítás során fellépő veszteség, az olajkitermelésnél keletkező, el nem fáklyázott metán, valamint a szénbányák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

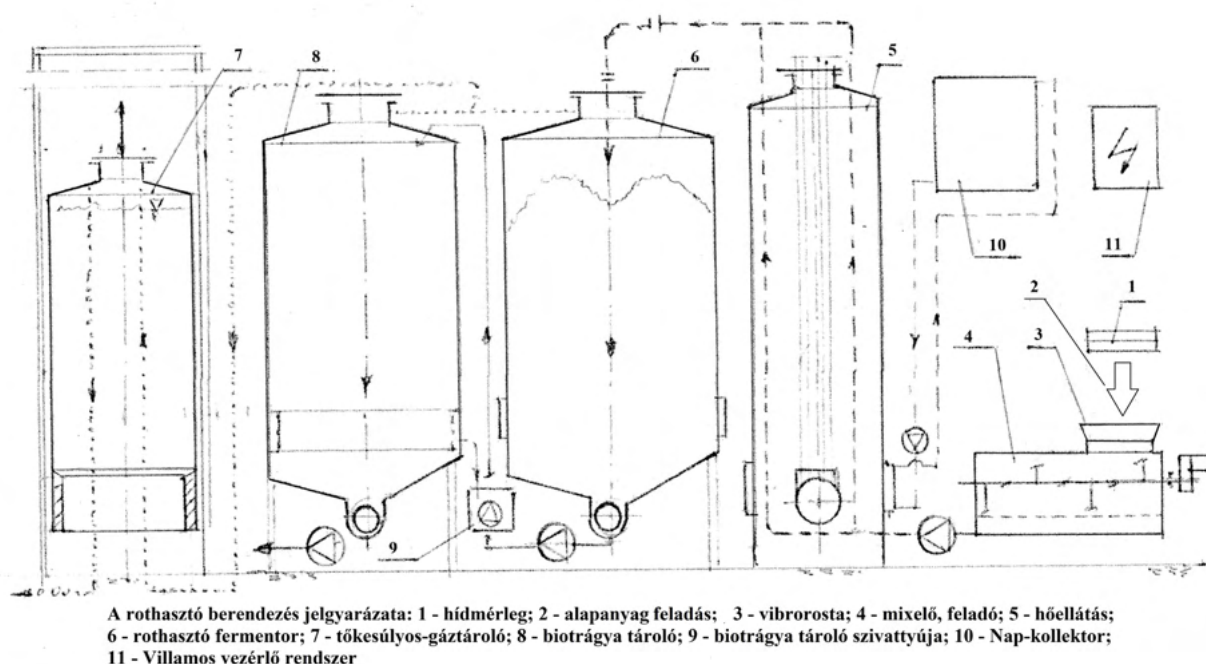
3.2.1. A „csúszó-massza” rendszerű trágyarothasztó működése

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, kődarabok) 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 kitaroló-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 trapézlemezkes héj-szerkezet kialakítással történik a hőszigetelés.

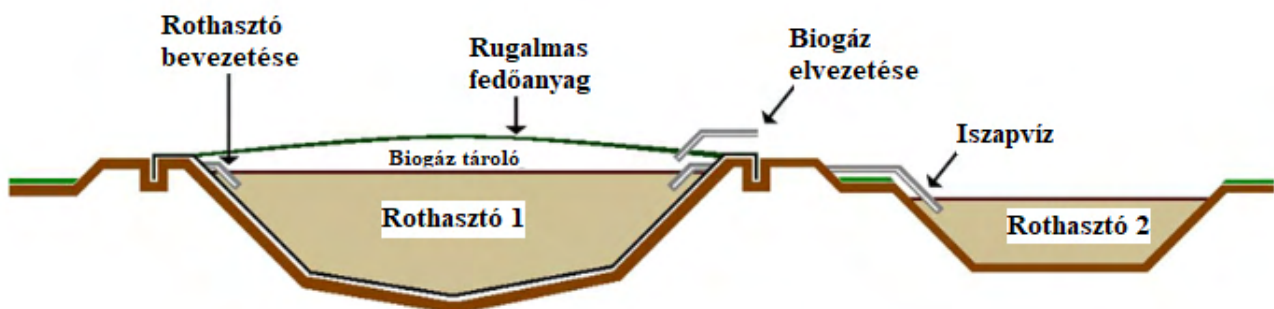
A jelenleg általánosan alkalmazott települési szennyvíz iszaprothasztók általában 5 %-os, a javasolt csúszó-massza rendszerű fermentor pedig 15-20 %-os szárazanyag tartalmú töltettel üzemel. A csúszó-massza rendszerű berendezésnek beruházási és üzemelési költsége a hagyományos rothasztóknak kb. a fele, élettartama pedig kétszerese a szénacél anyagú rothasztóknak. A rothasztandó alapanyag nem tartalmazhat szivattyú meghibásodását okozó alakos, szálak komponenseket. A trágya homogenizálását, az oltó fermentlé, alakos anyag (trágya) összekeverését lassúfordulatú dagasztógép végzi folyamatosan. Az így előkészített masszát gumiházaz 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 számítást 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 psichrofil 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 *mtársai* (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 becsült 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.

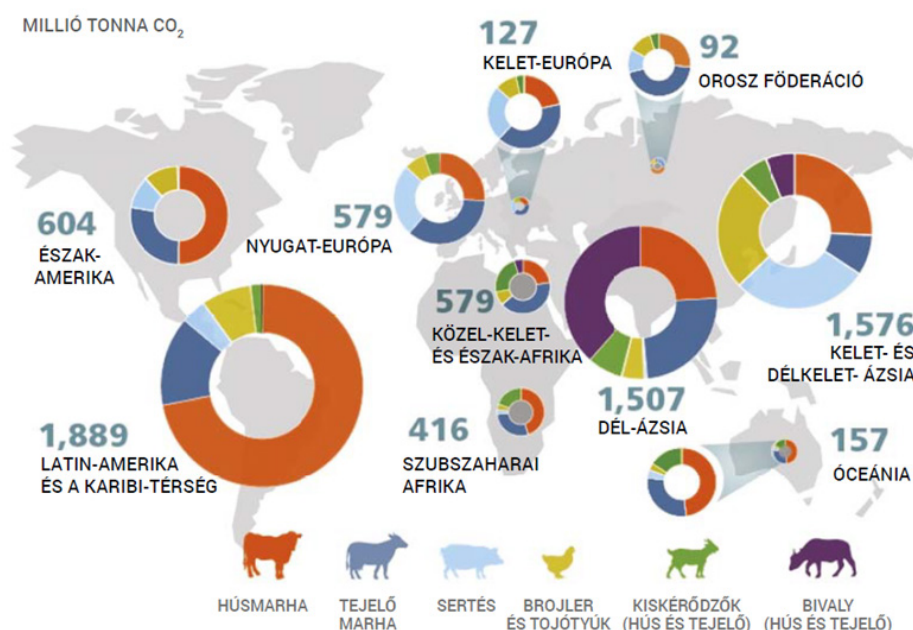
4. A NEMZETKÖZI ÉS EU-S TAPASZTALATOK ÖSSZEFOGLALÁSA

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).

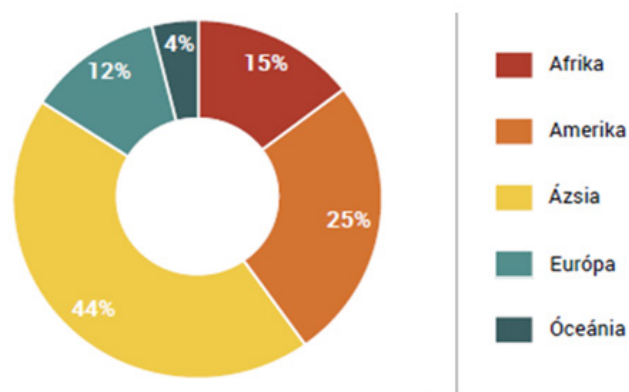


5. ábra Az állattenyésztési ágazat globális kibocsátása kontinensenként, fajonkénti bontásban, (Forrás: FAO, 2019)

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 lezajló 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-semlegességet, 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

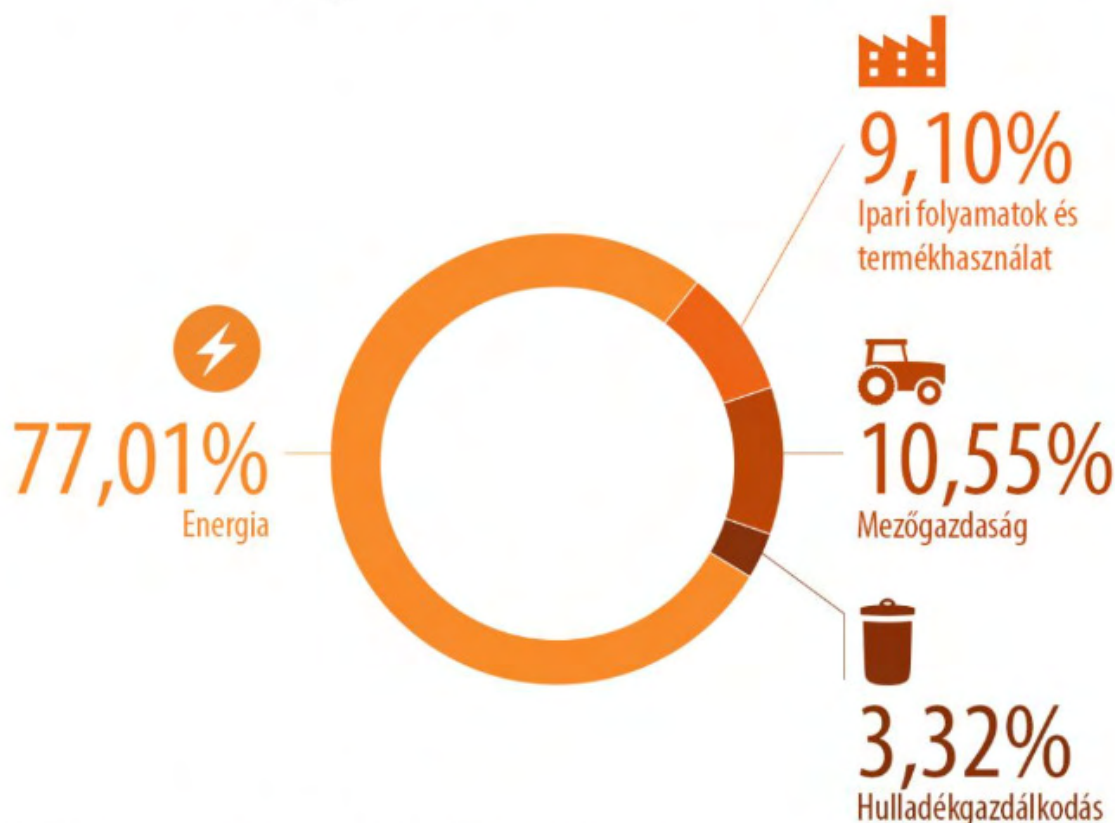
Az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testületének (IPCC) hatodik értékelő jelentése szerint az emberi tevékenységből származó üvegházhatású gázok kibocsátása a 20. század eleje óta körülbelül 1,1°C-os felmelegedésért felelős. E tevékenységek közé tartozik például a szén-, olaj- és gázégetés, az erdőirtás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

A 8. ábra az EU 28 uniós tagállamában az üvegházhatású gázok kibocsátást mutatja be ágazonként. 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

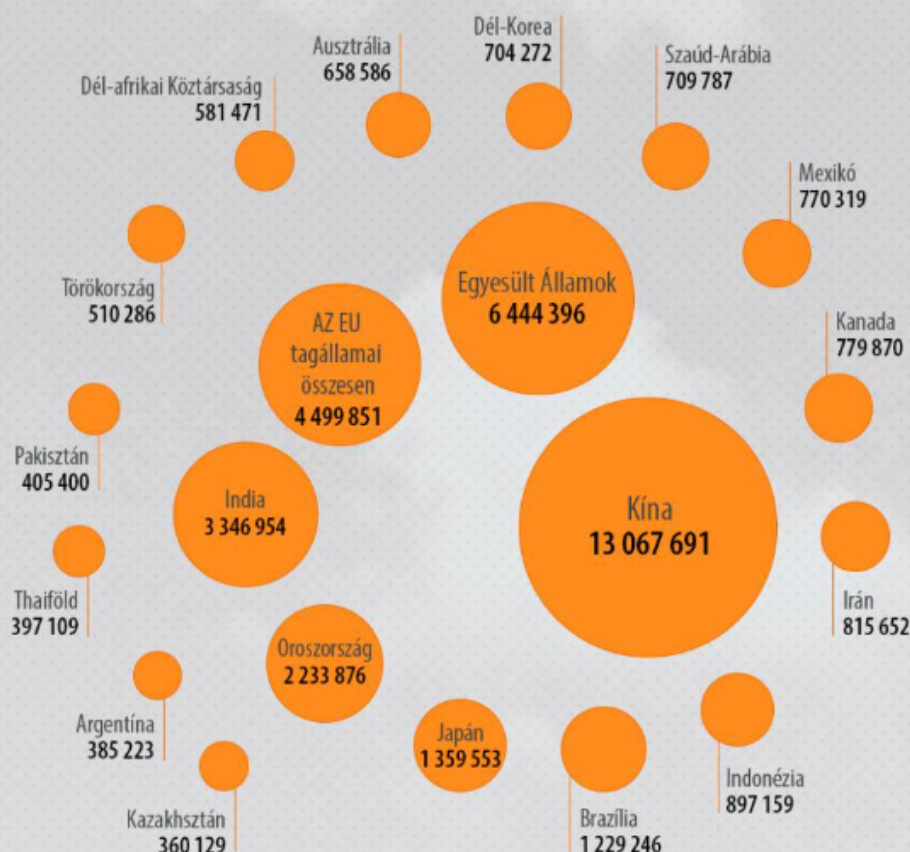
8. ábra Üvegházhatású gázok kibocsátása az EU-ban ágazatonként (2019) (Forrás: EU EEA, 2023)

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)



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 szétszórta 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 projektpartnerektől, 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) nyereség 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

„A HÍGTRÁGYÁRA IS FIGYELNI KELL”. DE MUSZÁJ IS, VAGY CSAK ÉRDEMES?

Gubó Eduárd^{1,2}, Molnár Tibor^{3,1}, Pordán-Háber Dóra^{1,2}, Szakál Pál¹

1. BEVEZETÉS

A gazdálkodás fenntarthatósága és a természeti erőforrások hatékony kezelése létfontosságú feladattá vált a mezőgazdasági és a városi szennyvízgazdálkodás területén egyaránt. A hígtrágya és a kommunális szennyvíz, mint két jelentős tápanyagforrás különböző eredetű, de mindkettő kihívások elé állítja a környezettudatos tervezést és hasznosítást.

A hígtrágya az intenzív állattartás mellékterméke, a mezőgazdaságban fontos növényi tápanyag (N, P, K), ugyanakkor a kezelése és a felhasználása komoly kihívásokat rejt magában. A kiváló tápanyagforrás jelentős mennyiségű makro- és mikroelemet tartalmaz, ami előnyös a talaj tápanyagellátásában és a növények fejlődésében. A hígtrágyában megtalálhatóak az állattartó telepeken felhasznált gyógyszerek (antibiotikumok, gyulladáscsökkentők és hormonok) hatóanyagai és azok metabolitjai is, ami miatt a hígtrágya környezetszennyező-forrássá válhat, veszélyeztetve a vízminőséget és a környezeti ökoszisztémákat.

A kommunális szennyvíz leggyakrabban a városi vagy városiasodott területeken keletkező jelentős mennyiségű szennyezőanyag-forrás (hormonok és hormonszerű vegyületek,

antibiotikumok...). A háztartások, kereskedelmi egységek szennyvize hasznos szerves és szervetlen anyagokat tartalmaz, miközben magas koncentrációban találhatóak benne különféle szennyezőanyagok is. A szennyvízkezelésnek kulcsfontosságú szerepe van abban, hogy ezeket a káros anyagokat eltávolítsuk, mielőtt a víz visszakerül a környezetbe (főleg a víztestekbe).

A hatékony és fenntartható kezelési megoldások kidolgozása mindkét témakörben elengedhetetlen. Csökkenti kell a negatív környezeti hatásokat. Jelen tanulmány a szarvasmarha-hígtrágya ösztrogén- és antibiotikumtartalmának vizsgálatáról szól, kiemelve azt a területet, ahol az ösztrogénhatású anyagok kapcsolatba lépnek az élő szervezetekkel (növények), ezáltal bekerülve a táplálékláncba.

De mit keres egy hígtrágyás kutatás egy szennyvízkezeléssel foglalkozó folyóiratban?

A két anyag között rengeteg hasonlóság van, ezért néha érdemes egyszerre vizsgálni azokat. Például: A szarvasmarha-hígtrágya és a kommunális szennyvíz összetétele számos ponton hasonló. A hígtrágya és a kommunális szennyvíz is változatos vegyületeket

¹ Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár, Magyarország

² reAgro Kutató és Fejlesztő Kft. Győrújbarát, Magyarország

³ Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Szeged, Magyarország

tartalmaz, beleértve szerves és szervetlen anyagokat, nitrogént, foszfort, káliumot és persze főként vizet.

Mindkét anyag biológiailag lebontható, és a mikroorganizmusok fontos szerepet játszanak a szervesanyagok átalakításában és lebontásában. A szarvasmarha-hígtrágya esetében ezt a talajban élő baktériumok, gombák és egyéb mikroorganizmusok végzik, míg ezt a feladatot a szennyvíztisztító telepeken a helyben kialakított és fenntartott mikrobaközösség látja el.

Mindkét anyag jelentős mennyiségű nitrogént és foszfort tartalmaz, amelyek a szántóföldi növénytermesztésben értékes tápanyagok, ugyanakkor a természetes vizekbe kerülve hozzájárulhatnak a vízi ökoszisztémák eutrofizációjához.

Mind a szarvasmarha-hígtrágya, mind a kommunális szennyvíz negatív környezeti hatásokkal járhat. Vizsgálataink során bizonyosságot nyert hormonok és antibiotikumok jelenléte is aggodalomra ad okot, ugyanis ezek a szennyezőanyagok nagyon kis koncentrációban is befolyásolhatják az élőlények normális működését. A kommunális szennyvízben a nemszteroid gyulladáscsökkentő gyógyszerek, valamint a fogamzásgátlók maradványai (EE2) dominálnak, melyeket a biológiai tisztítás képtelen eltávolítani. Ugyanakkor a hígtrágyában az antibiotikumok mellett a hormonkezelés hatására megnövekedett saját hormonkibocsátás jelentkezik (ösztrogén dominancia), melyek viszont kívül esnek a szokásos kezelési eljárásokon. A közös vonás tehát a kommunális szennyvíz és a hígtrágya között az alacsony koncentrációban is nagy hatású vegyületek (pl. EDC Endocrine Disrupting Chemicals – hormonháztartást

megzavaró vegyületek) jelenléte, melyek miatt mindkettő külön figyelmet és sajátos kezelést igényel.

2. A HÍGTRÁGYA

A hígtrágya olyan folyékony mezőgazdasági „melléktermék”, amely állati bélsárból, vizeletből, ivó- és technológiai vízből, valamint kis mennyiségben egyéb hulladék anyagokból áll. Az almozás nélküli állattartás jellemző produktuma. Ennek a trágyaféleségnek a megjelenése Magyarországon az 1970-es évek elejére tehető, amikor a nagyüzemi állattartó telepek kezdtek elterjedni.

A hígtrágyát különféle technológiák alkalmazásával lehet elkülöníteni a szilárd és folyékony alkotórészeire, eltérő mértékben. A szilárd fázist kiszűrhetik vagy kiüleptíthetik, majd szikkadás után olyan módon kezelhetik, mint az almos trágyát. A megmaradó híg szuszpenzió nem azonos a trágyalével, mivel kevesebb tápanyagot tartalmaz (Csávás et al., 1975, Vermes 1995).

3. ÖSZTROGÉNEK A KÖRNYEZETÜNKBEN

A világ több mint 7 milliárd lakosa évente körülbelül 30 000 kg természetes szteroid ösztrogént (E1, 17 β -E2 és E3) és további 700 kg szintetikus ösztrogént (17 α -EE2) juttat a természetbe. Az utóbbit kizárólag a fogamzásgátlók használata révén. Ugyanakkor az állattenyésztés által kibocsátott ösztrogének jóval nagyobb mennyiséget tesznek ki. Az Egyesült Államokban és az Európai Unióban például az állatállomány éves ösztrogén kibocsátása 83 000 kg/év, ami több mint a duplája az emberi kibocsátásnak (Shrestha et al., 2012). Az ösztrogénvegyületek

szerint a 17α -E2 és 17β -E2 szintje exponenciálisan csökken a talajmintákban, miközben az E1, mint degradációs metabolit előbb ugárásszerűen növekszik, majd csökken.

Száraz körülmények között az ösztrogének magasabb koncentrációban is megmaradhatnak, míg a talajnedvesség emelkedésével a bomlásuk üteme megnövekszik (Xuan et al., 2008; Mansell et al., 2011). Az E1, a 17β -E2 és az E3 képes egymásba átalakulni, melyet a 1. ábrával szemléltetünk. Egyes mikrobák (például nitrifikáló baktériumok) képesek E1-et E3-má alakítani és a szintetikus 17α -EE2 átalakítható E1-gyé a *Sphingobacterium* sp. jelenlétében (Haiyan et al., 2007) China. On the basis of its morphology, biochemical properties and the 16S rDNA sequence analysis, this strain was identified as *Sphingobacterium* sp. JCR5. This strain grew on EE2 as sole source of carbon and energy, and metabolized up to 87% of the substrate added (30 mg l⁻¹. Tóvizek üledékében, anaerob körülmények között az 17β -E2 metanogén, szulfát-, vas- és nitrát- redukáló körülmények között E1-gyé alakult át, viszont a 17α -EE2 nem bomlott le (Czajka és Londry, 2006).

4. ANTIBIOTIKUMOK A TRÁGYÁBAN

Az antibiotikumok a múlt század egyik fő felfedezését jelentik, amely jelentős mértékben megváltoztatta számos fertőzés kezelését. A megnövekedett fogyasztás azonban soha nem várt módon gyűrűzött be a környezeti és közegészségügyi károkozások a szervezetből kiszabaduló antibiotikum-maradvány szennyezése révén (Kulik et al., 2023). Az antibiotikumok két szennyezési útját vizsgálják napjainkban. Egyik az ATB rezisztencia kialakulása, másik a hatóanyagok környezetben

való perzisztálása a talaj-víz-növény mátrixban. A két jelenség azonban nem különíthető el teljesen egymástól.

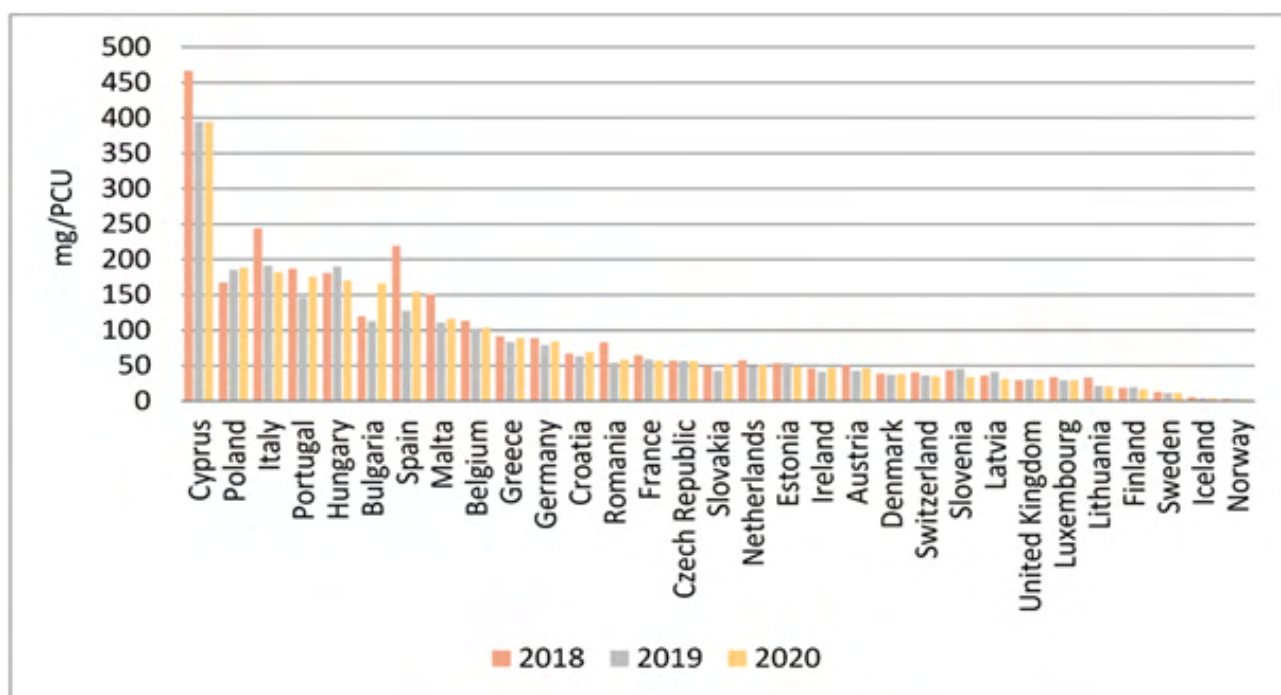
Az állattenyésztés során már a születés pillanatától kezdve megkezdődik az állatok táplálkozása, majd takarmányozása és gyógyszeres kezelése is. Ezen kezelések maradványainak mennyisége tovább követhető az állatokból előállított végtermékekben, az anyagcserefolyamatok után a trágyában, majd az azzal kezelt talajban, sőt a növényben akkumulálódva, és a folyamat végén akár humán hatás is jelentkezhethet (Boxall et al., 2004).

4.1 Antibiotikum-rezisztencia

Az elmúlt néhány évtizedben az antibiotikum-rezisztens bakteriális törzsek számának növekedését figyelték meg, amelyek egyre súlyosabb, nehezen kezelhető és sokszor halálos fertőzéseket okoznak. A megfelelő koncentrációjú antibiotikumok jelenlétében a környezetben egyes baktériumtörzsek, vírusok és fágok képesek rezisztencia kialakítására a hatóanyagokkal szemben. Az antibiotikum-rezisztencia kifejlődésére és elterjedésére vonatkozó számos faktor ismert: szennyvízelvezetők, szennyvíz és szennyvíziszap, gyógyszergyártó létesítmények, akvakultúrák, folyékony trágyatárolók és a szervestrágyázott mezőgazdasági területek (Polianciuc et al., 2020).

Az európai szakhatóságok statisztikát vezetnek és minden évben jelentést is adnak ki a tagállamok gyógyszerfelhasználásáról.

A Population Correction Unit (PCU) a népesség létszám-gyarapodására ható egység, az Európai Gyógyszerügynökség (EMA) által kifejlesztett és Európa szerte elfogadott elméleti mértékegysége. Figyelembe veszi egy ország állatállományának alakulását egy tárgyév alatt, valamint az egyes fajok becsült tömegét



2. ábra Állategészségügyben alkalmazott antibiotikumok felhasználása 31 európai országban, mg hatóanyag/PCU-ban kifejezve 2018 és 2020 között (a tizenegyedik ESVAC jelentés alapján, 2020) (Forrás: ESVAC, 2020)

az antibiotikum-kezelés idején. Ez a becslés, lehetővé teszi az évről évre történő összehasonlítást és tendenciák megfigyelését (Khan et al., 2021, ESVAC 2020)

Sajnos Magyarország évek óta előkelő helyen szerepel a rangsorolásban, az 1 kg állati termék előállításánál legtöbb antibiotikumot használó országok között (2. ábra). Léteznek már olyan, természetes összetevőket tartalmazó takarmánykiegészítők (pl. az Anavrin), amelyek alkalmasak az antibiotikum-felhasználás csökkentésére.

Az antibiotikumok kezelésének ellenálló kórokozók kifejlődését az egyik legsürgetőbb közegészségügyi problémának tekintik. A 2019 februárjában nyilvános konzultáció tárgyát képező tudományos szakvélemény az antibiotikumokat rangsorolta, figyelembe véve mindazt a kockázatot, amelyet az állatokban való

alkalmazásuk okozhat a humán közegészségügyben az antimikrobiális rezisztencia kialakulása révén. Az Antimikrobiális Tanácsadó Szakértői Csoport (AMEG) készítette, és az EMA (European Medicines Agency) állat- és humángyógyászati bizottsága is elfogadta, összhangban az EMA irányelveivel, a szoros és integrált együttműködést elősegítő „One health – Egy egészség” megközelítést a humán- és állatgyógyászat között (EMA/CVMP 2021). A frissített rangsorolás figyelembe veszi az antibiotikumok 2014-es kezdeti kategorizálása óta szerzett tapasztalatokat, amelyek három kategóriát javasoltak az Egészségügyi Világszervezet listáján a kritikusnak fontos antimikrobiális szerek besorolásához, vagyis azon antibiotikumoknál, amelyek az emberi egészség szempontjából leginkább relevánsak. A felülvizsgált kategorizálás az antibiotikumok minden osztályát figyelembe veszi,

és további kritériumokat is tartalmaz, például az alternatív antibiotikumok elérhetőségét az állatgyógyászatban. A besorolás jelenleg négy kategóriát foglal magában: Avoid-Kerülje, Restrict-korlátozza, Caution-Vigyázzon vele és Prudence-Fontolja meg (WHO 2017, EMA 2020).

A 2000-es évek eleje óta világszinten 65 százalékkal emelkedett az antibiotikum-felhasználás. Meglepő módon a legnagyobb antibiotikum-fogyasztó nem az egészségügy, hanem az állattenyésztés. A 2015-ös adatok alapján az Amerikai Egyesült Államokban az antibiotikumok 80 százalékát használták az állattenyésztésben, és ezek 70 százaléka a humán gyógyászatban is használt antibiotikum-csoportokba tartozott. A hatalmas szelekciós nyomás mellett ez azért jelent problémát, mert a rezisztens baktériumok állatról emberre terjedhetnek közvetlen érintkezés útján, a nem megfelelően kezelt hús vagy a trágyázott kertészeti és haszonnövények elfogyasztásával (Klein et al., 2018).

Az állattenyésztés során folyamatosan és elkerülhetetlenül keletkező hígtrágyát régóta alkalmazzák a talajok tápanyag-ellátására, azonban a trágyaféleségek analitikai vizsgálata a jogi szabályozást követve egyelőre csak az alapvető kémiai paraméterek meghatározására terjed ki, a további szennyezőanyagok, mint a gyógyszerek mennyiségének, toxicitásának elemzése nem része az általános gyakorlatnak. Noha ez saját ökotoxikológiai vizsgálataink szerint is indokolt lenne.

Azonban napjainkban a precíziós mezőgazdaság térnyerésének köszönhetően sokkal fontosabbá vált, hogy a gazdálkodók mérésére alapozott egzakt eredményekre támaszkodva jutassák ki a hígtrágyát a növények számára. Viszont félő, hogy az ösztrogének

a növénybe kerülve egészség-romboló hatásúak lesznek.

Sajnos az Európai Unióban jelenleg az ivóvízből kimutatható gyógyszer- vagy hormonmaradványokra nincs határérték meghatározva. Ennek oka, hogy a rendelkezésre álló tudományos bizonyítékok alapján nem alakult ki konszenzus a közegészségügyi kockázat szempontjából releváns határértékekre vonatkozóan (O.K.K. 2016).

A humán és állatgyógyászatban használt antibiotikumok vizelettel és ürülékkel jutnak a környezetbe, ezért az antibiotikumok használatának optimalizálása és/vagy ellenőrzése kulcsfontosságú a környezetszennyezés csökkentésében. A beadott antibiotikum dózis 40-90%-a (gyógyszerosztálytól függően) átalakulás nélkül választódik ki, eljutva így a környezetbe, szennyezve a talajt, vizeket, növényeket stb. Az állattenyésztésben alkalmazott nagy mennyiségű antibiotikum az agroökoszisztéma szennyeződéséhez vezethet, többek között a mezőgazdasági területeken felhasznált szennyezett trágya és a növények szennyvízzel történő öntözése révén (Polianciuc et al., 2020).

4.2 Talaj-víz-növény kontinuum

A fentebb tárgyalt antibiotikum-rezisztencia kockázata mellett az antibiotikum-maradványok felszívódhatnak a növényekben, beavatkozhatnak a fiziológiai folyamatokba, és potenciális ökotoxikológiai hatásokat válthatnak ki.

A hígtrágyával kijuttatott antibiotikumok elsősorban azt a veszélyt jelenthetik, hogy az élelmiszerként, vagy a takarmánynövényként termelt növények felveszik azokat a talajból. Kumar és munkatársai (2005) kísérletében azt

vizsgálták, hogy a kukorica, a zöldhagyma és a fejeskáposzta milyen mértékben veszi fel az antibiotikumokat a talajból. Mindhárom növényből kimutathatóak voltak az antibiotikumok. A növényi szövetekben megjelenő antibiotikum-koncentráció arányosan növekedett a trágyában jelenlévő mennyiséggel. A negatív hatások feltárására számos krónikus és akut toxicitási tesztet végeztek, amelyek igazolták az antibiotikumok negatív hatását a fotoszintézisre és a mitokondriumokra. A mezőgazdasági talajokban található antibiotikumok továbbá gátolhatják a csírázást és/vagy csökkenthetik a biomassza tömegét (Wang et al., 2015).

Erre a megállapításra jutott több kutatás, amely szerint egyes hatóanyagok növényfajonként eltérő mértékben termés-csökkenést okozhatnak. Az antibiotikumok felhalmozódhatnak a növény gyökerében, hajtásában és termésében is. Zöldségek esetében a folyamatnak nagyobb a jelentősége, mert ebben az esetben a nyers fogyasztás miatt az ember közvetlenül ki van téve ezeknek a szennyezőanyagoknak (Xu et al., 2023).

Jelenlegi ismereteink szerint a legbiztonságosabb módja annak, hogy elkerüljük a növények antibiotikumokkal való szennyeződését az, hogy a hígtrágya szántóföldre történő kijuttatása előtt biztosítjuk a megfelelő vegyületek lebomlását. Mindezt a termelési költség növekedését okozó komposztálással és egyéb trágyakezelési módszerekkel érhetjük el. Szennyvíz esetében komplikáltabb helyzettel állunk szemben, mivel ott a több mint 200 000 szerves vegyület egymásra hatása (szinergia) következtében sem annak összetételét, sem mérési módszerét még nem ismerjük.

5. ÁLLÍTÁSAINKAT IGAZOLÓ KUTATÁSI MÓDSZEREK

Vizsgálataink során két Pest megyei intenzív szarvasmarhatartó telep hígtrágyájának ösztrogén- és egyes antibiotikum tartalmát vizsgáltuk.

Az ultranagy-hatékonyságú folyadékkromatográfia (Ultra-High Performance Liquid Chromatography, UHPLC) egy elválasztási technika, mely a vizsgált anyag két, egymással nem elegyedő fázis közötti megoszlási különbségén alapul. A kromatográfiás körülmények (kolonna töltetanyaga, eluens minősége stb.) megfelelő megválasztásával szinte minden vegyületcsalád és minta vizsgálatára alkalmas, ezért választottuk mi is ezt a vizsgálati módszert.

5.1. Mintaelőkészítés és a módszer leírás

Mintáinkból körülbelül 6-8 ml állt rendelkezésünkre, metanolos oldat formájában. Az UHPLC méréseknél nagy jelentősége van annak, hogy az oldószerek és az injektált minták is mentesek legyenek mindenfajta lebegő szennyeződéstől. Ezt úgy érhetjük el, ha az oldószereket és a mintáinkat is megfelelően kis pórusméretű szűrőn, ún. membránszűrőn átszűrjük. 10 ml-es fecskendőbe felszívtuk a mintáinkat, majd 4-5 ml-t átengedtünk a 0,45 mm-es üvegcsűrőn (Chromafil® GF/PET-45/25), ezzel telítettük a membránt, majd 0,5-1 ml-t üvegcsébe engedtünk. A minták ezzel készen álltak a mérésekre, melyeket három ismétlésben végeztünk el.

Az ösztrogének és a gyógyszerhatóanyagok koncentrációját fluoreszcens (FLD) és diódasoros detektorral (PDA) kapcsolt UHPLC-vel mértük (Shimadzu Nexera X2 LC-30AD).

Az elválasztáshoz fordított fázisú Kinetex C18; 2,6 µm-os oszlopot használtunk (150 mm). A vizsgálandó hatóanyagokat 280 nm gerjesztési hullámhosszú és 310 nm emissziós hullámhosszúságú fluoreszcencia detektor alkalmazásával detektáltuk. A mozgófázis 57-43% -os ultratiszta víz (10 mM H₃PO₄-val savanyított) és acetonitril keveréke volt. Az áramlási sebességet 0,8 ml/perc értékre állítottuk be, 40 °C-on. A minták injektálási térfogata 1 µl volt Gubó et al. 2023).

6. EREDMÉNYEK

Kutatási eredményeinkből egy komplett ciklust mutatunk be. A hígtrágya talajba történő kijuttatása után, a talaj és növény vizsgálatával foglalkozik. Bemutatjuk a talajban mért eredményeket és az ezen a területen termesztett silókukorica gyökerében, hajtásában ill. szemtermésében mért értékeket. A kör pedig az erjesztett tömegtakarmánnyal a kukoricaszilázzsal zárul.

6.1. Ösztrogénvizsgálatok eredményei

Hígtrágya:

Vizsgálataink során 5 db szteroid ösztrogént (E1, 17β-E2, 17α-E2, 17α-EE2, E3), 3 db ivarzásindukáló hormonkészítmény-hatóanyagot (D-Phe6-gonadorelin, kloprostenol,

dinoproszt-trometamin) és 2 db kísérővegyületet (klórkrezol, benzil-alkohol) vizsgáltunk UHPLC mérésel a hígtrágyában.

A megbízhatóság érdekében 32 db hígtrágyamintát vizsgáltunk UHPLC-FLD módszerrel. Az összes mintánkból kimutatható volt legalább egy, az ösztrogéncsoportba tartozó vegyület. Az ivarzásindukáló gyógyszerek (D-Phe6-gonadorelin, kloprostenol és dinoproszt-trometamin) és a vizsgált kísérőanyagok (klórkrezol, benzil-alkohol) a kimutatási határ alatt voltak az összes minta esetében. E3-mat a minták 100%-a tartalmazott, 17α-E2-t a minták 78%-a, míg 17β-E2-t a minták 66%-ból mutattunk ki. Az E1 és 17α-EE2 mennyisége a határérték alatt volt (1. táblázat).

A hígtrágya iszapfrakciójában minden esetben magasabb értékeket kaptunk: a 17β-E2 jellemzően hat-hétszer magasabb koncentrációban volt jelen, mint a folyékony frakcióban.

Talaj:

Az UHPLC mérés eredményei E1-re és 17α-EE2-re mindkét kontroll és valamenyi minta esetében a kimutatási határ alatt voltak (2. táblázat). A vizsgálati időszak alatt öt talajmintát vettünk (1-vetéskor, 2- vetés után 25 nappal, 3- vetés után 65 nappal, 4- vetés után 105 nappal, 4- vetés után

1. táblázat: A hígtrágyaminták analitikai eredményei

	pozitív minták (%)	koncentráció (µg/L)	Átlag (µg/L)
E1	0	0	0
EE2	0	0	0
E3	100	3,9-32,1	15,5
α-E2	75	1,88-3,9	2,3
β-E2	66	0,4-10,9	4,6

2. táblázat: A talajminták analitikai eredményei

	pozitív minták (%)	koncentráció (µg/L)	Átlag (µg/L)
E1	0	0	0
EE2	0	0	0
E3	73	0,2-4,6	2,5
α-E2	20	0,1-0,9	0,4
β-E2	70	0,2-1,4	0,7

150 nappal, betakarításkor). A 17α-E2-re jellemzően az első vagy második mintavételnél kaptunk értékelhető eredményt, bár nagyon alacsony értékben. A többi mérésnél kimutatási határértékalatt voltak az eredmények. Ez azt feltételezi, hogy vagy a kultúrnövény veszi fel, vagy pedig a talaj kémiai és biológiai folyamatai átalakítják. Ugyanez a tendencia figyelhető meg a 17β-E2 esetében: az első két mintavételre kapott közepes vagy alacsony értékek, a 3-4. mintavételre a kimutatási határérték közelébe, vagy akár az alá csökkentek. Az E3 esetében is egy magas kezdeti értékről istállótrágyázott területeken közepes, míg hígtrágyázott területeken alacsony értékre csökken.

Gyökér:

A gyökér és hajtásokból négy darab mintát vettünk a fent említett időközökben.

Az UHPLC mérés eredményei E1, 17α-E2 és 17α-EE2 mindkét kontroll és valamennyi minta esetében a kimutatási határ alatt voltak (3. táblázat). A 17β-E2 esetében az istállótrágyázott területek 1. mintavétele, a hígtrágyázott területek 1-2 mintavétele 1 µg/kg alatti értéket adott. A növényi akkumulációt jelzi, hogy a 2. és 3. mintavételt követően ugrásszerűen megnőnek a mennyiségek. Erre a folyamatra a nitrogén fejtrágyázás minden bizonnyal hatással van, hiszen az eredmények emelkedése ezt követően indult meg. Hasonló tendencia figyelhető meg az E3 esetében, magasabb számértékekkel.

Növényi hajtás:

Az UHPLC mérés eredményei E1, 17α-E2 és 17α-EE2 mindkét kontroll és valamennyi minta esetében a kimutatási határ alatt voltak (4. táblázat). A 17β-E2-re nem minden minta esetében kaptunk értékelhető eredményt:

3. táblázat: A gyökérminták analitikai eredményei

	pozitív minták (%)	koncentráció (µg/L)	Átlag (µg/L)
E1	0	0	0
EE2	0	0	0
E3	75	0,9-5,6	3,1
α-E2	0	0	0
β-E2	75	0,2-4,2	1,8

4. táblázat: A hajtásminták analitikai eredményei

	pozitív minták (%)	koncentráció (µg/L)	Átlag (µg/L)
E1	0	0	0
EE2	0	0	0
E3	60	0,1-1,1	0,5
α-E2	0	0	0
β-E2	33	0,1-0,8	0,4

minden esetben 1 µg/kg alatti, több esetben kimutatási határ alatti szintet mértünk, melyekből tendenciát nem tudtunk értelmezni. Az E3 esetében alacsony értékeket kaptunk, azzal a tendenciával, hogy az értékek az 1. és 2. mintavétel között alig változtak, alacsonyak voltak. A nitrogén-fejtrágyázás után azonban ugrásszerűen emelkedtek, ezért a 3. mintavétel értékei mintegy dupláját mutatják, mint a 2. mintavételnél. Később a növekedés üteme csökken, a szemtermésben jellemzően nagyon alacsony értékek vannak a kimutatási határ közelében.

Termés:

A kukorica-szemtermés esetében csak az E3-t tudtuk kimutatni a vizsgált vegyületek közül (istállótrágyával kezelt terület estében 0,3 µg/kg értéket, míg hígtrágyával kezelt területeken 0,1 és 0,3 µg/kg közötti értékeket mértünk). A többi vegyületre kimutatási határ alatti értékeket kaptunk. Kukoricaszilázs esetében a 17β-E2 dominált, viszonylag magas (7,6 és 10,8 µg/kg) értékkel. A 17α-E2-re közepes értékeket (1,7 és 2,2 µg/kg) kaptunk. A többi vegyület kimutatási határ alatt volt.

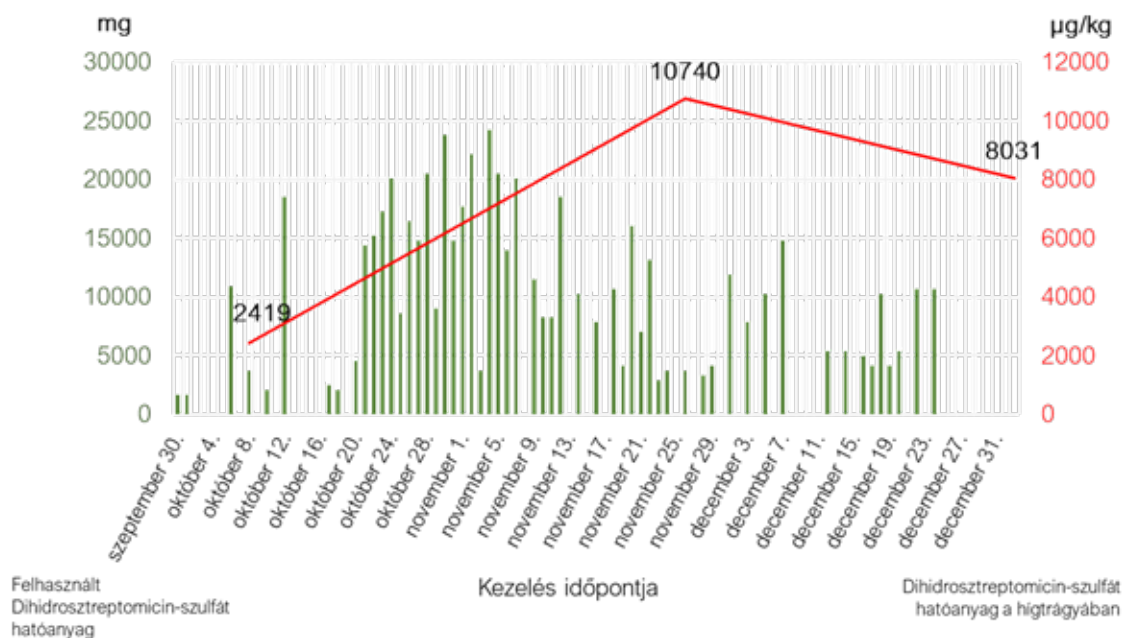
Az ösztrogén adaptállással kapcsolatos következtetések:

Az UHPLC-vizsgálatok során az ivarzásindukáló gyógyszereknek sem a hatóanyagait, sem a segédanyagait nem tudtuk kimutatni, valamennyi a kimutatási határ alatt volt. Ez azt jelzi, hogy a beinjektált anyagok mindegyike metabolizálódik, direkt módon egyik sem jelenik meg a hígtrágyában. Erre utal az a tény is, hogy egy tipikus metabolit (E3), valamennyi mintából kimutatható volt.

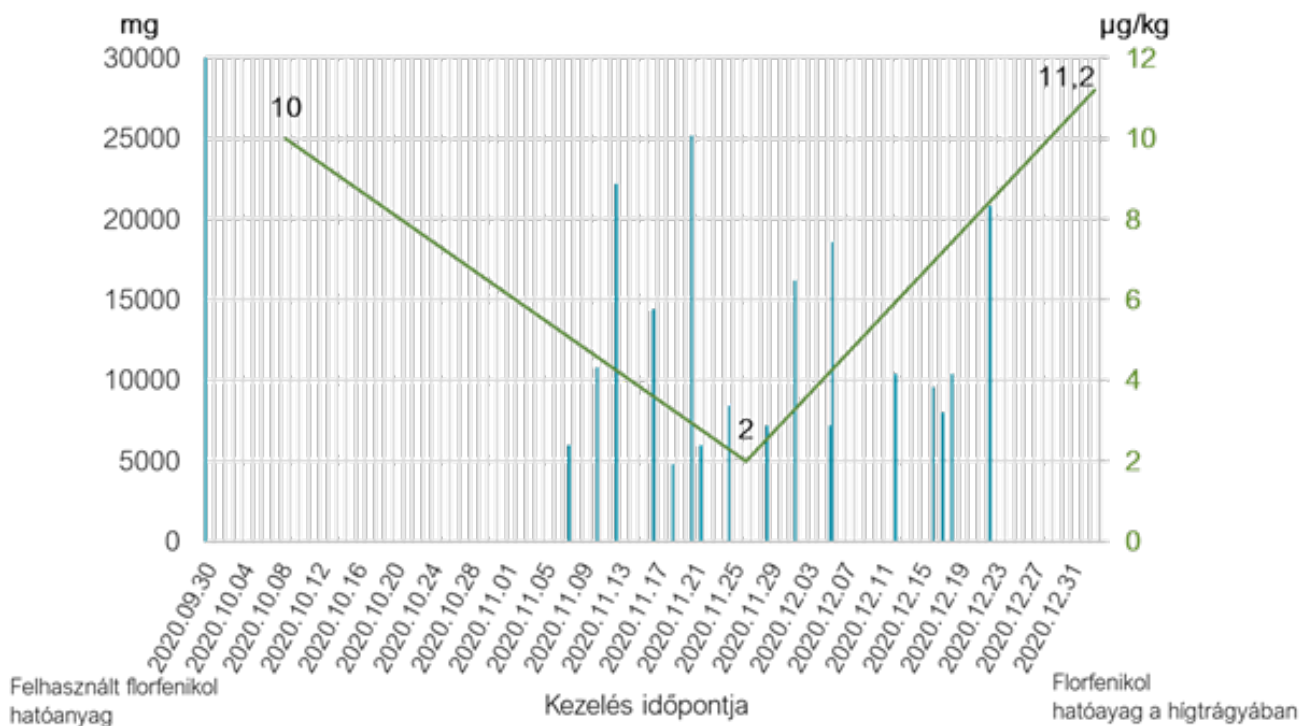
A növényminták esetében, biológiai minták lévén, kevésbé az egzakt számértékek, sokkal inkább a tendenciák a relevánsak. Jellemző tendencia, hogy a kijuttatott trágya EDC-tartalma csökkenő mértékkel átkerül a növénybe. Annak ellenére, hogy a hajtásban viszonylag alacsony értékeket mértünk, a betárolt kukoricaszilázs sokkal magasabb értékeket mutatott. Ebből következik, hogy a törzs sokkal többet vesz fel.

6.2. Antibiotikumvizsgálatok eredményei

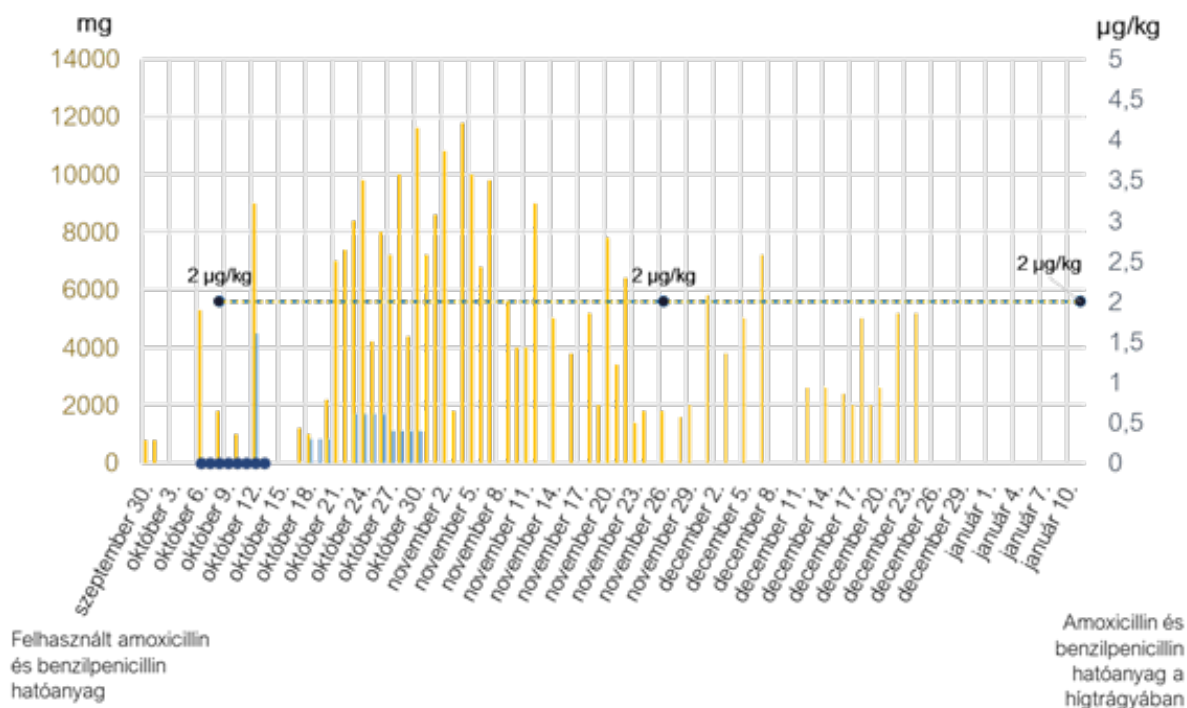
Korábbi vizsgálataink során kimutattuk, hogy a borjaknak beadott dihidrosztreptomycin-szulfát hatóanyag a hígtrágyából 10 740 ng/kg mennyiségben kimutatható volt, mely a szakirodalomban előforduló eredmények több mint tízszerese (3. ábra).



3. ábra Dihidrosztrepomicin-szulfát (DHSS) hatóanyag kimutatása az állategészségügyi kezeléssel összevetve.
Forrás: Saját kimutatás (2021)



4. ábra Florfenikol (FF) hatóanyag kimutatása az állategészségügyi kezeléssel összevetve.
Forrás: Saját kimutatás (2021)



5. ábra Amoxicillin-trihidrát és benzil-penicillin hatóanyag kimutatása a vizsgálat három fázisában az állategészségügyi kezeléssel összevetve. *Forrás: Saját kimutatás (2021)*

A további vizsgált hatóanyagok esetében, mint például a florfenikol, esetén a kapott eredményeket a 4. ábra mutatja be.

A penicillin és amoxicillin hatóanyagok előfordulásának mértékét az 5. ábrán mutatjuk be.

Felmerülő kérdések és további kutatási irányok
Kémiai jellemzői alapján a hígtrágya egy rendkívül sajátos és változatos anyagnak tekinthető, melyet nagyon nehéz vizsgálni. A hígtrágya ösztrogén- és antibiotikumtartalmával kapcsolatos kutatási területeken több vitatható kérdés is felmerül, amelyek irányt mutathatnak a további vizsgálatok elvégzésére. Néhány ilyen kérdés:

- Milyen változatosság mutatkozik az ösztrogéntartalomban, különböző típusú hígtrágyák között?

- Hogyan befolyásolja az állatok takarmányozása, az állományméret és más tényezők az ösztrogéntartalmat?
- Változik-e az antibiotikumok koncentrációja a hígtrágya különböző fázisaiban?
- Hogyan és milyen sebességgel történik a biotikus és abiotikus lebontás az ösztrogének és antibiotikumok esetében a talajban?
- Milyen környezeti tényezők befolyásolják ezt a lebontási folyamatot (levegős talajszerkezet, nedvességtartalom)?
- Milyen mértékben veszik fel a növények az ösztrogének és antibiotikumokat a hígtrágyából és a talajból?
- Hogyan alakul ki a biológiai akkumuláció és milyen következményei lehetnek a fogyasztókra nézve?
- Milyen hatásokat gyakorolhatnak az ösztrogének és antibiotikumok a környezeti

szervezetekre, például a talajban élő mikroorganizmusokra vagy a vízi élőlényekre?

- Milyen kumulatív hatásokat okozhatnak hosszútávon?
- Milyen mértékben lehetnek károsak az ösztrogének és antibiotikumok az emberi egészségre a mezőgazdasági termékek fogyasztása vagy a környezeti expozíció révén?
- Milyen mennyiségek esetén jelentenek kockázatot a humán egészségre?
- Ezek a kérdések kiindulópontjai lehetnek az olyan tudományos kutatásoknak, amelyek további információkkal szolgálhatnak a hígtrágya ösztrogén- és antibiotikumtartalmáról, valamint az azokkal kapcsolatos környezeti hatásokról és következményekről.

Következtetések

A körforgásos gazdálkodás olyan megközelítés, amely a természeti erőforrásokat fenntartható módon használja, minimalizálja a hulladékot, és támogatja a gazdasági, társadalmi és környezeti egyensúlyt. Ez azért fontos, mert a jelenlegi lineáris gazdasági modell, amelyben a termékeket előállítják, használják, majd eldobják, jelentős mértékben kimeríti a természeti erőforrásokat és növeli a környezeti terhelést.

Irodalmi források és az általunk elvégzett kutatások is azt igazolják, hogy az intenzív állattartásból származó hígtrágya termőföldre történő kijuttatása számos környezeti problémát vet fel.

A szteroid ösztrogének, ideértve az ösztron E1-t, az ösztradiol E2-t, az ösztriol E3-at, valamint a szintetikus ösztrogén EE2-t, megtalálhatóak a termőtalajokban. A növények a gyökereikben és hajtásaikban képesek felhalmozni ezeket a vegyületeket, bekerülve a táplálékláncba pedig az emberekre is veszélyt jelenthetnek. A nem megfelelő antibiotikum-felhasználás, a gyógyszerek túlzott alkalmazása állatokban és emberekben, valamint az antibiotikumok környezeti terjedése, mind hozzájárulnak az antibiotikum-rezisztencia kialakulásához. Fontos természetesen az antibiotikumok felelős és célzott felhasználása, hogy megelőzzük a rezisztencia kialakulását, és biztosítsuk, hogy a jövőben továbbra is hatékonyan kezelhessük a bakteriális fertőzéseket. Perspektivikus lehet törekedni a természetes eredetű takarmánykiegészítők használatára, melyekkel csökkenthető az antibiotikum-felhasználás.

A hígtrágya kijuttatása mezőgazdasági területekre kizárólag talajtani szakvéleményre alapozott talajvédelmi hatósági engedély birtokában engedélyezett. Ez az engedély pontosan meghatározza, hogy milyen mennyiségű hígtrágya juttatható ki a területre. Míg a hígtrágya tápanyagösszetétele a vizsgált paraméterek közé tartozik, addig toxikológiai hatásokkal a kijuttatás engedélyezése során nem foglalkoznak. A hígtrágyák ösztrogén és antibiotikum tartalma nagyban eltérő lehet, ezért tartjuk fontosnak, hogy előtérbe kerüljenek a toxikológiai vizsgálatok. Szükség esetén az energia- vagy ipari növények tápanyagpótlására hasznosítsuk az így keletkező hígtrágyát.

VÍZ A BÉKÉÉRT - ÁLDOZAT A VÍZÉRT

A MAGYAR VÍZ- ÉS SZENNYVÍZTECHNIKAI SZÖVETSÉG VÍZ VILÁGNAPI SAJTÓKÖZLEMÉNYE

A „VIZET MINDENKINEK” és a „NEM HAGYUNK SENKIT HÁTRA” jel- és hívómondatok ellenére az ENSZ Fenntartható fejlődési célok „Tiszta víz és jó higiénés körülmények” célterületének teljesítését értékelő 2023-as konferenciája súlyos lemaradásokat állapított meg. A 2024-es „Víz a Békéért” jelmondat a vízválságok (kevésvíz, sokvíz, szennyezettvíz) okozta konfliktusok miatt aktuális, melyek számos lokális és nemzetközi feszültség és háborúskodás kiobbantói. A klíma- és a helyenként robbanásszerű demográfiai változások okán a VÍZBIZTONSÁG a GLOBÁLIS BÉKE kulcstényezőjévé vált. Lokális szinten a vízkészletek mennyiségi és minőségi megóvása,

az ezt szolgáló infrastruktúra fenntartása a TÁRSADALMI BÉKE alapja, amit az egymás- és a jövő nemzedékek iránti áldozatvállalással óvhatunk meg.

Ha tehát a Víz a Béke záloga, akkor áldozunk is érte!



¹ Az ENSZ közgyűlés 2010-ben ismerte el alapvető emberi jogként a biztonságos és tiszta ivóvízhez és szennyvízelvezetéshez való hozzáférést. A marginalizált és hátrányos helyzetűek alapvető szükségleteinek kielégítése és sebezhetőségének csökkentése nélkül a szegénység ugyanis csak újratermeli saját magát. Az ENSZ 2030-ig tartó, 17 fenntartható fejlődési célból álló programjának központi eleme lett a "senkit sem hagyunk hátra" elv melletti elköteleződés, mert tiszta vízhez való egyetemes hozzáférés nélkül nem lehet fenntartható fejlődés.

² A világ népességének 26% nem jut biztonságos ivóvízhez (2milliárd ember ürülékkel szennyezett víz fogyasztására kényszerül) és 46%-a nem részesül kielégítő szennyvízelvezetésben. Az iparosodás előtti vizes élőhelyek 80%-ka megsemmisült, hozzájárulva ezzel a csapadék szélsőségesse válásához, területek (pl Dél-Alföld) elszivatagosodásához.

³ Az Enszt vízvilágjelentése évente 1%-kal növekvő vízfelhasználást vetít előre (és ugyanerről számol be az elmúlt 40 év vonatkozásában). A WaterEurope 2030-ig 56% elérhetőség-igény különbözettel (hiánnyal) számol

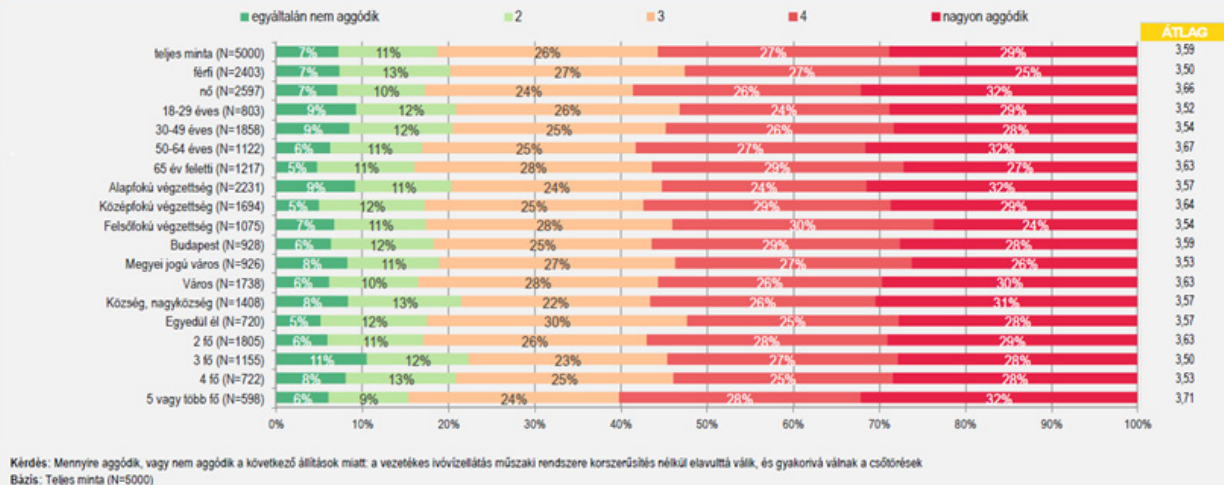
⁴ Az alacsonyjövedelmű országokban a szennyvíz tisztítás-nélküli élővízbe juttatása, a magasabb jövedelmű országokban a mezőgazdaságban használt műtrágya vízbemosódása következtében

Aggódás az ivóvízszolgáltatás rendszerének elavulása miatt



Az ivóvízszolgáltatás műszaki rendszerének elavulása a válaszadók 29 százalékát nagyon aggasztja, és 27 százalék azok aránya, akiket inkább aggaszt ez a kérdés.

A nők és az **alapfokú végzettségűek** között magasabb azok aránya, akik nagyon aggnak a rendszer elavulása miatt, mint a teljes mintában, a **fiúknak** és a **felsofokú végzettségűek** körében pedig alacsonyabb arányban fordulnak elő azok, akik nagy mértékben aggnak emiatt. A legfiatalabb korcsoportban (18-29 évesek) és az **alapfokú végzettségűek** között az átlaghoz képest magasabb azok aránya, akik egyáltalán nem félnek attól, hogy el fog avulni az ivóvízszolgáltatás műszaki rendszere.



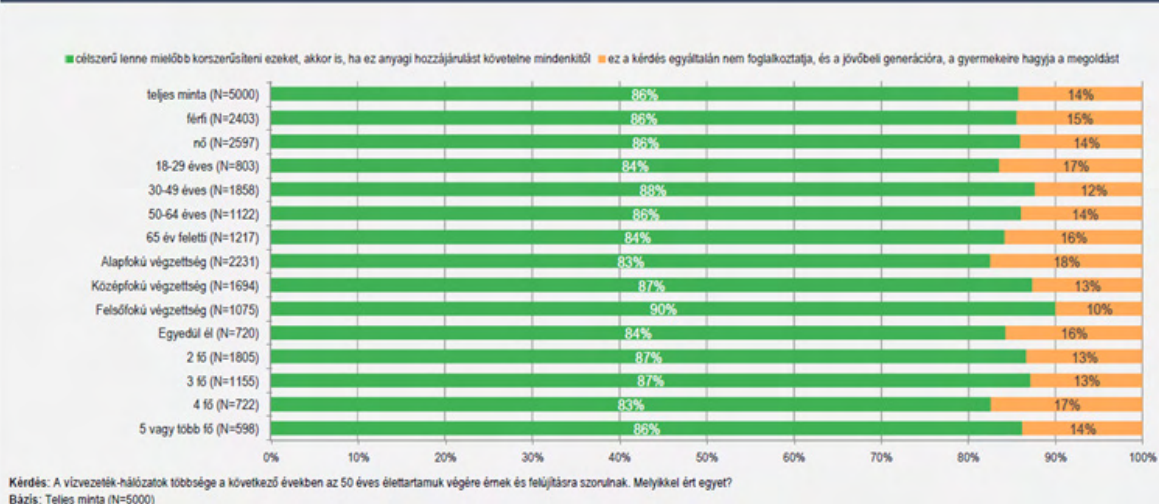
A béke megőrzését zászlójára tűző NATO védelmi kiadási elvárása a tagországok GDP-jének 2%-a, mely hazánkra nézve 136 ezer Ft/fő/év, míg a víziközmű szolgáltatások díja egy a fenti (tag)országokkal szinte teljes átfedésben lévő OECD kimutatás szerint a háztartási jövedelmek 1-3%-a, mely hazánk példájánál maradva átlagosan 40 ezer Ft/fő/év.

Tudtat, hogy nap-nap után közel egymillió tonna létfontosságú anyag áramlik keresztül szinte észrevétlenül a magyar háztartásokon? Gondoltad volna, hogy hazánkban a háztartási VÍZ-nek ezt a körforgását három egyenlítő hossznyi vezetékhalózat és több ezer tisztító és nyomásfokozó létesítmény biztosítja? Budapest egy napi vízfogyasztását 20.000

Vízvezeték-hálózat korszerűsítésének lakossági támogatása 1.



A vízvezeték-hálózat korszerűsítésének támogatása igen magas arányú a magyar lakosság körében (86 százalék), jóval kevesebben vannak azok, akik nem akarnak most a korszerűsítés problémájával foglalkozni és a jövő generációra hagynak a megoldást (14 százalék). Azok, akik a mielőbbi korszerűsítést támogatják, magasabb arányban vannak az átlaghoz a következő demográfiai csoportokban: középkorúak csoportja, azaz a 30-49 év közöttiek és a **diplomások**. Azok, akik szerint ráér ezzel foglalkozni, azok magasabb arányban vannak az **alacsonyabb iskolai végzettséggel rendelkezők** és a **4 fő** háztartásban élők körében.



kamion tudná szállítani, amelyek sora Budapesttől Bécsig érne.

A hálózatok és létesítmények jelentős része a tervezett életciklusának végét járja, és éves felújítási szükségletük hivatalos, illetve szakértői előrejelzések szerint is fejenként és évente 20-40 ezer Ft-ot tenne ki. Ennek hiányában egyre többen (hivatalos és reprezentatív kutatások szerint minden második honfitársunk) nem bíznak a csapvízben.

Ezért nem mindegy, mi van a csap mögött.

Jó hír, hogy a hazai szakmai szervezetek és a magyar vízipar tapasztalatai, referenciái világszerte elismertek. Ezekre építve játszik fontos szerepet mind a nemzetközi mind a hazai víz-konfliktusok és vízválság megelőzésében. A másik jó hír, hogy részben szakértői és hivatalos társadalmi kutatások is bizonyítják, hogy

- érzékeljük a tennivalókat, a rekonstrukciós és fejlesztési szükségleteket
- készek vagyunk áldozni rá - akár a jelenlegi terheknél sokkal többet is

Bár nem tudjuk, hogy mennyi az annyi, de a MASZESZ - ENSZ kísérőrendezvényén feltett kérdése nyomán tudjuk, hogy készek vagyunk akár annyit áldozni a vízre (az életre és békére), mint a telekommunikációra.

És ha fel- és elismerjük és komolyan vesszük a VÍZ-BÉKE kapcsolatot, akkor akár annyit is, mint a védelmi kiadásokra...

Ha nem ismerjük fel a víz értékét, ha nem vigyázunk rá, nem gazdálkodunk jól vele és nem biztosítjuk a hálózat egészségét, akkor a kevés, szennyezett vízért fognak egymással harcolni a következő generációk.

(sajtókapcsolat:
Szabó Patrícia - sajto@maszesz.hu)



A Hidrológiai Közlöny megújult!

HIDROLÓGIAI
KÖZLÖNY

A Magyar Hidrológiai Társaság lapja
1091 Budapest, Üllői út 25. IV. em.
Telefon: +36-(1)-201-7655



Az 1921-től megjelenő Hidrológiai Közlöny a nyomtatott példányok mellett 2023-tól már a Magyar Tudományos Akadémia Könyvtár és Információs Központ folyóirat megjelenítési oldalán is elérhető [[Hidrológiai Közlöny \(mtak.hu\)](https://hidrolologiai.kozlony.mtak.hu)]. 2023-ban folyóiratunk bekerült az Open Journal System-be és aSherpa Romeo adatbázisba. A Magyar Tudományos Művek Tára (MTMT), a REAL, a ROAD, a COMPASS és a MATARKA is indexeli, valamint a MTMT Repozitóriummínősítő Szakbizottsága „minősített folyóirat”-nak fogadta el.

A [Hidrológiai Közlöny \(mtak.hu\)](https://hidrolologiai.kozlony.mtak.hu) oldalon található kötetek közleményei már külön-külön is megnyithatóak és letölthetően. A folyóirat cikkei itt szabadon hozzáférhetőek (openaccess) és 2023 óta a lap és a közlemények is CrossRef DOI azonosítóval rendelkeznek.

A [Hidrológiai Közlöny \(mtak.hu\)](https://hidrolologiai.kozlony.mtak.hu) oldalon található közlemények mellé a szerzők egyéb fontos információkat

és adatokat is feltölthetnek, melyek a nyomtatott kötetben nem jelennek meg!

2024-től már angol nyelvű kéziratokat is fogadunk, melyek külön kötetbe rendezve jelennek meg. Látogassa meg kiadványunk új oldalát az MTMT honlapján és válogasson szabadon közleményeink közül.

Jó böngészést!

dr. Major Veronika
a Hidrológiai Közlöny főszerkesztője

A HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY ELŐFIZETÉSE

A http://www.hidrologia.hu/mht/index.php?option=com_jellap15&Itemid=209 címen található űrlap kitöltésével és visszaküldésével megrendelhető nyomtatott formában a Magyar Hidrológiai Társaság szaklapja, a Hidrológiai Közlöny.

A kiadvány 2024. évi előfizetői díjai az alábbiak:

- cégeknek 1-4. szám: 13 200 Ft/év
- egyéni tagoknak 1-4. szám: 5 200 Ft/év (Az árak az 5% áfát tartalmazzák.)

DULOVICS JUNIOR SZIMPÓZIUM 2024. ÁPRILIS 10.

Helyszín: Óbudai Egyetem, Schmalz terem, 1034 Budapest, Doberdó út 6.



A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség és az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könyv-
nyűipari és Környezetmérnöki Kar Dulovics Junior Szimpózium 2024. címen konferenciát
hirdet, amelyre előadóként hívja mindazokat a 35 évesnél nem idősebb szakembereket akik
a vízellátás, csatornázás, szennyvíztisztítás, a vízépítés, vízgazdálkodás és azok kapcsolódó
területeivel, fenntarthatósággal, vízjoggal, vízgazdaságtannal, vízpolitikával foglalkoznak, tu-
dományos, tervezői, vagy üzemeltetői tevékenységet végeznek!

Mutasd be eredményeidet, mutasd be, hogy mivel foglalkozol, érezd jól magad egy jó hangu-
latú, fiatalos rendezvényen! Nézőként, hallgatóként a senior korosztályt is szeretettel várjuk.
A legjobb előadók témái cikk sorozat keretén belül megjelennek a Hírcsatorna ez évi szá-
maiban

További információk a MaSzeSz honlapján

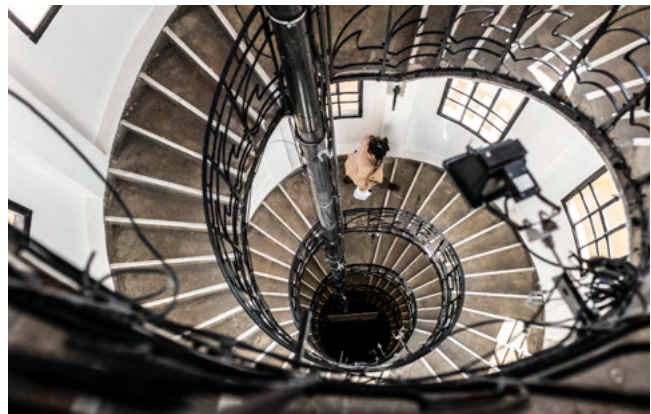
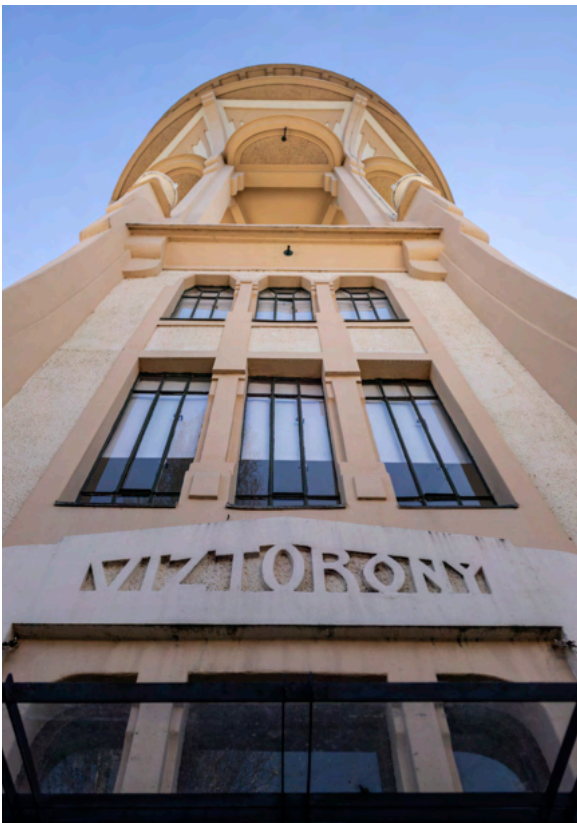
<https://www.maszesz.hu/dulovics-junior-szimpozium/>



VÍZ VILÁGNAPI SAJTÓTÁJÉKOZTATÓ

TORONYMAGASAN, TORNYESULÓ KIHÍVÁSOKRÓL, ÉRTÉKES BESZÉLGETÉSEKKEL

A MaSzeSz a Víz Világnapjának hetében sajtótájékoztatót tartott a Margitszigeti Víztoronyban. Az újságírók a kannás víz felcipelése és a 152 lépcsőfok megtétele után Litkai Gergely moderálásával hallhattak a jelenleg legfontosabb témáinkról Dedák Dalma WWF szakértő, Gyura Gábor pénzügyi szakember az ENSZ UNEP tanácsadójának és elnökünknek, Kovács Károlynak az eszmecseréjét. Ígérjük, sok ilyen (víz)értékes rendezvényt tervezünk még, hogy jobban megismerje a lakosság is, mi is van a csap mögött igazán és mit tehetünk egyik legfőbb kincsünk megóvásáért.







MEGALAKULT A MENTOR EGYESÜLET VÍZRE TESSZÜK A JÖVŐT – SEGÍTS TE IS!

A Szövetséghez tartozó, vízzel-foglalkozó, víz-iránt érdeklődő, elhivatott magánszemélyek szakmai egyesülete.

KI JELENTKEZHET?

Bármely természetes személy (diák, aktív, nyugdíjas), aki csatlakozási szándékát kinyilvánítja.

KINEK ÉRDEMES?

Aki érdeklődik a fenntarthatóság és annak vizes vonatkozásai iránt. Aki szívesen tartozna egy elhivatott szakmai körhöz. Aki szívesen részt venne a szakmát, a vizet különböző szinteken megismertető, megszerettető programokon. Az egyesület mentor programja izgalmas kapcsolatokat, kutatásokban való részvételt és akár ösztöndíj lehetőséget kínál.

MILYEN KÖTELEZETTSÉGGEL JÁR EZ?

Az egyesület tagdíj nélkül működik, a MaSzeSz és mentoráló szervezetek támogatásával.

A tagságot évente, adatfrissítéssel kell megerősíteni.

HOGYAN TUDOM KIHASZNÁLNI LEGJOBBAN A LEHETŐSÉGET?

Az egyesületet a MaSzeSz titkársága támogatja, a programokat az egyesület szabadon szervezi. Minél inkább tisztséget, feladatot, szerepet vállal egy valaki az egyesület életében, annál több lehetősége lesz személyes fejlődésre, a kapcsolatok, a programok formálására.

HOGYAN TUDOK BELÉPNI?

Amennyiben Ön a MASZESZ Mentor Egyesület tagja kíván lenni, kérjük jelezze belépési szándékát a mellékelt jelentkezési lap kitöltésével:

További információk a Honlapon találhatóak <https://www.maszesz.hu/2024/02/20/miert-legyek-mentor-tag/>



„A SZAKMA DICSÉRETE – 2023.”



Az olvasók, a szakág munkatársai, szereplői minden évben rovatonként szavazhatnak a Víz- és Szennyvíztechnika (MaVíz) megjelent, az általuk legjobbnak vélt cikkeire 2023-ban a „Víz és Tudomány” kategóriában a legtöbb szavazatot „A fröccsöntött civilizáció ára: mikro- és nanoműanyagok (MNP) a szennyvízben.” cikk kapta, melynek szerzői: Bezsenyi Anikó, Gyarmati Imre, Makó Magdolna és Nagy-Mezei Csenge az FCSM Zrt munkatársai.

A szerzők nevei között szerepel Makó Magdolna neve is, aki aktív tagja Szerkesztő Bizottságunknak.

A cikk nagyon aktuális témát jár körül egyszerre közérthetően, de ugyanakkor tudományos igényességgel.

Gratulálunk!

A dolgozat a világhálón az alábbi linken, a 37. oldalon érhető el: <https://drive.google.com/file/d/1Qcd8JpQXM1RsrJ4yFksAdGJXi0bxXnsM/view>.





VÍZTUDOMÁNYI KAR

CUM SCIENTIA PRO AQUIS HUNGARIAE!

SZAKKOLLÉGIUMI TÁJÉKOZTATÓ

Integrált vízgazdálkodással az aszály ellen
Az integrált vízgazdálkodás témakörében bővíthették ismereteiket a Víztudományi Kar azon hallgatói és munkatársai, akik részt vettek a Zsuffa István Szakkollégium február 27-én megrendezett programján. A szakmai diskurzus egy nyolc előadásból álló rendezvénysorozat nyitó eseménye volt.

Bíró Tibor, a Víztudományi Kar dékánja először a vízgazdálkodás azon kihívásairól beszélt, amelyekkel egyre többször kell szembenézniük a vízügyi szakembereknek.

Emlékeztetett a 2022-ben tapasztalt rendkívüli aszályra, amely jelentős károkat okozott a magyar mezőgazdaságnak. Arra kell felkészülni, hogy az aszályos időszakok mind gyakoribbak és hosszabbak lesznek – hívta fel a figyelmet a szakember, aki az aszály kezelésének lehetőségeit is körvonalazta. Többek között kiemelte az aszálymonitoring, a vízvizsztatartás, a felszíni és felszín alatti vízkészletvédelem, az öntözésfejlesztés és a víztakarékos technológiák alkalmazásának jelentőségét.

Átfogó elemzést adott a vízhiány elleni küzdelem akadályozó tényezőiről is, mint amilyen a kedvezőtlen mederhálózati eloszlás, a defenzív vízrendszeri adottság, a műtárgyhiány, a degradált talajtér és az öntözési kultúra hiánya.

Az interaktív szakmai tanácskozás további részében, szó esett az emelt vízterek adta előnyökről, az aszálykezelési koncepcióról, a digitális vízgazdálkodásról, de néhány gondolat erejéig felvetésre került az integrált aszálykezelés témaköre is, beleértve a szennyvizek öntözési célú hasznosítását, a szárazságtűrő kultúrák súlyponti szerepét, valamint a párolgást csökkentő talajművelési rendszerek alkalmazását.

Forrás:

<https://vtk.uni-nke.hu/hirek/2024/02/28/integralt-vizgazdalkodassal-az-aszaly-ellen>

A Zsuffa István Szakkollégium további programjai között szerepel:

- 2024. március 12. 17.00 óra Dr. Pálvölgyi Tamás-Dr. Hetesi Zsolt: Klímaváltozás és fenntartható fejlődés (szakmai vita)
- 2024. március 13. 17.00 óra Lábdy Jenő: Mérnöki kihívások (szakmai előadás)
- 2024. március 18. 17.00 óra Király Zsolt: Homokhátság vízpótlása (szakmai előadás)
- 2024. március 25. 17.00 óra Dr. Bíró Tibor – Dr. Korponai János: Vízépítés és környezetvédelem: Együtt vagy egymás ellen? (szakmai vita)

A Víztudományi Kar növekvő szerepe a nemzetközi Dunakutatásban

A Duna Európa szívében elhelyezkedő, több ökorégió is átfolyó, 817 000 négyzetkilométeres vízgyűjtőjén keresztül 19 országot magába foglaló folyam. Hazánk legfontosabb ivóvízbázisa, ugyanakkor az Északi-tengert a Fekete-tengerrel összekötő kontinuum, közlekedési és inváziós folyosó, amely ezért sok száz kilométerről érkező szennyezők hatásának van kitéve. Az 1980-as évekre vízminőségével komoly problémák voltak, a kommunális, mezőgazdasági és ipari szennyezésekből fakadóan. A folyó kiemelt fontosságú a vízenergia-termelés, a hajózás, a mezőgazdaság, a rekreáció és a természeti környezet szempontjából is.

A Duna védelmére és fenntartható használatára irányulóan 1994-ben Duna Védelmi Egyezményt (DRPC) írt alá 11 Duna-menti állam, amit 1998-ban ratifikáltak. Az egyezmény fő célja annak biztosítása, hogy a Duna vízgyűjtőjén belül a felszíni és felszín alatti vizeket fenntartó és igazságos módon kezeljék és használják fel. A Dunavédelmi Egyezmény végrehajtására létrejött Duna Védelmi Nemzetközi Bizottságban (ICPDR) nemzeti küldöttek, a legmagasabb miniszteri szintek képviselői, műszaki szakértők, valamint a civil társadalom és a tudományos közösség tagjai működnek együtt a fenti célok elérése érdekében. 2000-ben az ICPDR szerződő felei az ICPDR-t jelölték ki az EU Víz Keretirányelv (VKI) határokon átnyúló vonatkozásai végrehajtásának platformjaként is. Az ICPDR irányításával 2001 óta 6 évente közös dunai felméréseket (JDS - JointDanubeSurvey) szerveznek, melyek segítik a Duna-menti kormányokat

a Duna-védelmi Egyezmény végrehajtásában, valamint az EU VKI követelményeinek teljesítésében. A JDS fő célja, hogy megbízható és összehasonlítható információkat állítson elő a Duna teljes hosszában, beleértve a fő mellékfolyóit is, a vízminőség gondosan kiválasztott elemeiről. A JDS megállapításai lehetővé teszik a kormányok számára, hogy döntsenek a környezetvédelmi intézkedésekről. Ezen túlmenően a JDS foglalkozik többek között invazív idegen fajok; új típusú szennyezőanyagok vizsgálatával is. A következő JDS expedíció 2025-ben lesz, így már idén felerősödnek az expedíciót előkészítő folyamatok. A munka törzscsoportokban zajlik, azon belül pedig munkacsoportok vannak. A Víztudományi Kar három munkatársa is tagja a biológiai törzscsoportnak, melyet 10 munkacsoport alkot. Ezeknek szintén van vezetője és helyettesei. A Vízellátási és Csatornázási Tanszékről Dr. Knisz Judit tudományos főmunkatárs, a környezeti DNS, Prof. Ács Éva kutatóprofesszor és Dr. Trábert Zsuzsa projekt szakmai főreferens pedig a fitobentosz munkacsoportban töltenek be vezetőhelyettesi szerepet. A munkacsoport vezetők és helyetteseik feladata irányítani a munkacsoportot és az adott élőlénycsoporttal kapcsolatos feladatokat (mely a protokollok elkészítésén túlmenően kiterjed a mintavételektől a minták feldolgozásán át egészen az eredmények kiértékelésének irányítására és a jelentések elkészítésére). A törzscsoportokban a munkacsoportok vezetői rendszeres munkaértekezletek útján tartják a kapcsolatot, a munkacsoportokon belül pedig elektronikus úton zajlik a kommunikáció. A JDS-ben vállalt feladataink közé tartozik ezen túlmenően az expedíció során begyűjtésre kerülő összes fitobentosz minta környezeti DNS alapú vizsgálata, valamint

a magyarországi szakaszról begyűjtésre kerülő fitobentosz minták fénymikroszkópos feldolgozása (kiegészítve pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálattal is).

A Víztudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratóriumnak (VVNL) nagy szerepe van abban, hogy el tudtuk vállalni ezeket a feladatokat, mert a VVNL jelentősen hozzájárul a szükséges infrastrukturális és humán

erőforrás megteremtéséhez. Mivel a hazai feladatokat az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) koordinálja, munkánkkal jelentősen tudjuk segíteni az OVF JDS-szel kapcsolatos tevékenységét.

Forrás: uninkevtk, <https://vtk.uni-nke.hu/hirek/2024/01/11/a-viztudomanyi-kar-novekvo-szerepe-a-nemzetkozi-dunakutatasban>

Szöveg: Ács Éva



Fotó: Vadkerti Edit

MTA VÍZ-ÉS CSATORNAELLÁTÁS SZAKBIZOTTSÁGA 2024. FEBRUÁR 14-ÉN TARTOTT ÜLÉSÉN ELHANGZOTT ELŐADÁSOK SZAKMAI ÖSSZEFOGLALÓI

**Előadás címe: Szennyvízkezelési lehetőségek a körforgásos gazdaság tükrében
Mikroszennyező helyzetkép és negyedleges tisztítási lehetőségek**

Előadó: dr. Galambos Ildikó dr. Maász Gábor, Soós Ernő Pannon Egyetem Nagykanizsa



Napjainkban egyre többet foglalkoznak a kutatók a vizeinkben előforduló különböző szerves mikroszennyezőkkel, szermaradványokkal, köztük a gyógyszermaradványokkal, de kérdés, hogy tényleg ennyire rossz a helyzet, félnünk kell a jelenlegi helyzettől?

Bevezetésként az előadásban bemutatásra került a gyógyszer hatóanyagok lehetséges sorsa a környezetben, az erre vonatkozó európai uniós szabályozási folyamatok, a jelenleg

kétévenként változó megfigyelési listák (jelenleg a Watch List 4 van érvényben), és az EU-s változásokhoz alkalmazkodó hazai szabályozási változások (91/271/EGK irányelv változása). A szabályozási változások alapját rendszerint a monitoring tevékenység jelenti, az előadásban a 2017-19 között a Balaton régióban, ill. a 2016-18 között Budapest és vonzáskörzete vonatkozásában, majd a 2021-22 között a Mura vízgyűjtő területén végzett komplex felmérés eredményei alapján a következő eredmények jelenthetők ki: Egyértelmű szezonális antropogén hatás mutatható ki a Balaton és vízgyűjtő területének vizsgálati eredményeiből. Szintén egyértelmű az összefüggés a szennyvíztelepek közelsége és a kimutatott hatóanyagok száma és mennyisége között. A folyók tekintetében nem ad teljes képet a csak magas rendű folyókra kiterjedő vizsgálat, mivel a biológia döntő többsége a kis vízfolyások mentén él, melyek a tisztított szennyvíz elsődleges befogadói, így ezek tekinthetők a legveszélyeztetettebb területnek.

Az előadás rávilágított a negyedik szennyvíztisztítási fokozat fontosságára, bemutatásra került az EU által ajánlott eltávolítási technológiák (membránszűrés, AOP-ózon, aktív szén alkalmazása) mellett néhány a kutatásban is újszerű technológiai megoldás: polielektrolit membránok (PEM), mikroszennyező specifikus mágneses nanorészecskék (MNP), ill. bioadszorbensek alkalmazása.

Összefoglalva látható, hogy a nagyszámú és rendkívül diverz kutatási folyamat mellett hangsúlyt kell fektetni a pilot és full-scale kísérletekre, üzemi megvalósításra, a szennyvízkezelési technológiák fejlesztésére. A célok eléréséhez azonban itt is elengedhetetlen a vízi közmű ágazatok és a tudományos élet együttműködése, és a közös gondolkodás.

Előadás címe: A szennyvíz, a települési körforgásos vízgazdálkodás egyik alapvető forrása

Hasznosítási lehetőségek és nehézségek a szekszárdi projekt kapcsán

Előadó: Artim Andrásné ny. vezérigazgató E.R.Ö.V.Zrt.



A szennyvíz a települési körforgásos vízgazdálkodás egyik alapvető forrása. Napjainkban a szennyvíz újra hasznosítása terén legtöbbször az „új víz” fogalma kerül előtérbe. Újrahasznosítás tekintetében ennél sokkal, de sokkal több rétű, ha csak címszavakban jelöljük:

gáz, hő, mezőgazdasági tápanyag, vizek helyben tartása.

Biogáz hasznosítás teljesen kidolgozott és több telepen alkalmazott technológia, talán ez a szennyvízhasznosítás egyik eleme, amely működik széles körben Magyarországon is.

Hő elvétel: Külföldön már több helyen alkalmazzák. Vancouverben egy lakónegyed fűtésére, közelünkben Bécs városa a távhőellátás egy részét a szennyvíz hő elvételével kívánja megoldani, de Magyarországon is van rá példa, az Újpesti Piac, Közintézmények fűtését, hűtését a szennyvíz hő elvételével biztosítják hőszivattyú segítségével. Napi 16 milliárd liter szennyvíz 20 terra watt óra energiát ad. Hány terra watt órát engedünk el a lefolyóba?

Szennyvíz iszaphasznosítás: A biogáz mellett a szennyvízhasznosítás másik olyan eleme, amely több éve jól működik, több vízi közműszolgáltató alkalmazza a szennyvíz komposzt mezőgazdasági kihelyezését jellemzően ömlesztett formában. A mezőgazdaság átalakulóban van az új tendencia a „forgatás nélküli talajművelés”, ahol már nem alkalmazható a jelenlegi szennyvíz komposzt kihelyezési gyakorlat. Más formában /pl. granulátum, híg fázis / lesz szüksége a mezőgazdaságnak erre a fontos tápanyagforrásra. Ehhez pedig alkalmazkodni kell a vízi közmű ágazatnak.

Vizek helyben tartása: A település klímáját pozitív irányba befolyásolná, ha a települési vizek hasznosításra kerülnének helyben. Ez nagyon sokcélú lehet, öntözés, árasztásos-öntözés, szabadidő parkok horgásztó, kutystrand, energiahűtő ültetvények stb. Változatos lehet majd a hasznosítás természetesen a szabályozók betartása mentén és a 4. tisztítási fokozat alkalmazásával. Már most el kell kezdeni a szennyvíz, mint erőforrás népszerűsítését, társadalmi elfogadottságát.



MEGJELENT A ZÖLDGAZDASÁG 2023/24. CÍMŰ TANULMÁNYKÖTET

A Környezetvédelmi Szolgáltatók és Gyártók Szövetsége (KSZGYSZ) a sokasodó klíma-, természet-, és környezetvédelmi

az elkövetkező időszak újonnan megnyíló lehetőségeit, feladatait is.

A fókusztemákat a vállalati tapasztalatokkal és az ágazatban dolgozók szakmai tudásával ötvözve mutatja be, a hangsúlyt a következő időszak kihívásaira és az azokra adandó, versenyelőnyt is jelentő, reziliens megoldásokra helyezve.

feladatok közepette életre hívta a két évvel ezelőtti, nagysikerű kiadvány folytatását, ami ismeretterjesztő, komplex szakmai tudásanyagként segíti döntéshozók, szakemberek, érdeklődők, főiskolai és egyetemi hallgatók felkészülését és mindennapi munkáját. 270 oldalban köszön most vissza közel 70 vezető zöldipari szakember egy évnyi munkája.

A Szövetség, hazánk legnagyobb, független, környezetvédelmi ernyőszervezeteként több mint harminc éve együttműködik minisztériumokkal, hatóságokkal, szakmai szövetségekkel, oktatási intézményekkel, vállalatokkal, önkormányzatokkal, civil szervezetekkel a jelentős környezet- és természetvédelmi projektek megvalósítása, stratégiai anyagok társadalmi egyeztetése és a szakemberek képzése kapcsán. E szakmai együttműködések során felhalmozott tapasztalatok, javaslatok esszenciáját tartalmazza a januárban megjelent ZÖLDGAZDASÁG 2023/24 című tanulmány, amely áttekintést nyújt az ágazat jelenlegi tevékenységéről, hazai és nemzetközi aktivitásairól, eredményeiről, kihívásairól és konstruktív módon számba veszi

Ajánlás az ENSZ-közgyűlés elnökétől

A tanulmánykötetet Körösi Csaba, az ENSZ-közgyűlés elnöke e szavakkal ajánlja az olvasók figyelmébe: "Ha fokozni akarjuk a fenntarthatóságért tett erőfeszítéseinket, meg kell tanulnunk számba venni tetteink – vagy éppen tétlenségünk – minden fontos külső hatását és egy zöld gazdaságban kell tevékenykednünk. Ez az elképzelés már régóta beszélgetések tárgya az Egyesült Nemzetek szervezetén belül, és lassan széleskörben követőkre talál. Különbőféle országok gondolkodnak egy olyan mérőszámokban, amely meghaladja a GDP – vagyis a gazdasági termelés pusztá méretének – fókuszát, és a jövő nemzedékeinek jólétére koncentrál. Ha meg tudjuk ezt határozni, meg fogja változtatni azt, hogyan gondolkodunk arról, amit értékelünk, és arról, hogyan is szeretnénk működni rávilágítva azokra a területekre, amelyeken még sürgetőbb nemcsak a megegyezés, de a cselekvés is. „

Szakemberek közös gondolatébresztése

A szerzők, zöldiparban dolgozó szakemberek egy éven keresztül dolgoztak a néhol vitaindító tudásanyag megszületésén, amely a napi

munkában is hasznos információkat tartalmaz a gazdaság, a döntéshozók és az oktatás számára. A szakemberek az EU-s elvárások, a hazai szabályozás és a sokszor emlegetett „sürgető jelen” körülményei közepette sorra veszik a környezeti elemek állapotát, az elvégzendő feladatokat és a megoldásra váró problémákat, mindezt konstruktív módon. A kötet közös értékelésre, gondolkodásra ösztönöz. Világosan kirajzolódik rengeteg tennivaló, ahol minden érintettnek van feladata.

A tanulmány elkészítését két hajtóerő motiválta: egyrészt a jogszabályi változások, másrészt az európai uniós forrásokból lehetővé váló, a hazai zöldipart, a zöld átállást támogató finanszírozási lehetőségek széles tárháza. Ezen források célszerű és hatékony iparági felhasználása visszahathat a gazdaság működésére, így a szakképzésre, a foglalkoztatottságra, a környezet, ezáltal a teljes társadalom állapotára.

A szerzők, ahogy a kötetben is megjelenik, vallják, hogy a környezet védelme - a természet megóvása mellett - nem más, mint az emberek védelme. Szakmai munkával, fenntarthatósági törekvésekkel, innovációkkal meg kell teremteni az egészséges, tiszta környezetet, amely biztosítja számukra azt az energiát, amely lehetőséget teremt a gyarapodásra anyagi és szellemi értelemben is.

Alkalmazkodás és reziliencia

A tanulmánykötet célja, hogy felhívja a figyelmet a hazai zöldiparban rejlő szellemi és innovációs potenciál célszerű támogatására, finanszírozási lehetőségeire, fejlesztésére, így a tanulmány megismerése és továbbgondolása újabb lehetőségeket, innovációkat generál a politika, a gazdaság és a társadalom valamennyi szintjén. Ugyanakkor haszonnal

forгатják majd a tanulmányaikat folytató, de a közös jövőnkét majdan alakító hallgatók is.

Ezt a KSZGYSZ elnöke, Dr. Ágoston Csaba így foglalta össze: *“Korábbi kiadványunk sikere igazolta meggyőződésünket, hogy a természettudományos és műszaki szemléletnek helye van a gazdasági folyamatok megszervezésében is. Csak azok a rendszerek lehetnek sikeresek – működjenek azok bármely területen –, melyek összhangban vannak az őket befogadó nagyobb rendszerek, esetünkben az élő és élettelen természeti környezet saját szabályszerűségeivel, és gyakorlati megoldásaikban igazodnak hozzájuk. Gyorsan változó világunkban minden korábbinál nagyobb mértékben felértékelődik az alkalmazkodás és a reziliencia képessége. Fontos, hogy fel tudjuk venni a körülöttünk zajló változások ütemét, és hatékonyan el tudjunk igazodni az általuk generált információözönben.”*

Folytatás garantált

A tanulmánykötet - természetesen - nem befejezett mű. Az olvasók és a mindennapi történések folyamatosan formálják, újraírják. A KSZGYSZ célja, hogy két év múlva friss, aktuális információkkal ismét elkészüljön a kiadvány, érzékeltetve a fejlődést, az előrehaladást a benne megfogalmazott témakörökben mindazok számára, akik érdeklődnek a fenntarthatóságban rejlő lehetőségek iránt, akik a mindennapokban is azonosulnak a KSZGYSZ szlogenjével: **„Velünk zöldebb!”**

Hol érhető el a kiadvány?

A Zöldgazdaság 2023/24 print változata megrendelhető, illetve az online változat ingyenesen letölthető:

<https://kszgysz.hu/zoldgazdasag2023>.



A MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG XLI. ORSZÁGOS VÁNDORGYŰLÉSE SZOLNOK, 2024. JÚLIUS 3. ÉS 5. KÖZÖTT

A Magyar Hidrológiai Társaság (MHT) 1979-ben Keszthelyen tartotta első Országos Vándorgyűlését. Azóta Nyíregyházától Szombathelyig az összes nagyobb magyar városban adtak teret a tudáscserének és a vizes összetartás megerősítésének.



2024-ben a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság (KÖTIVIZIG) lesz a házigazdája az MHT 3 napos XLI. Országos Vándorgyűlésének. Az immár egyetlen hazai országos, integrált vízgazdálkodási, tudományos találkozon hagyományosan hat szekcióban, mintegy 100-120 dolgozatot kerül bemutatásra a vizes szakma teljes spektrumát gyakorló 300-400 szakember előtt.

A Nyitó Plenáris ülésen kerül átadásra az MHT nívója. Majd ezt követően az öt állandó és egy aktuális témát – Szolnokon a mesterseges intelligencia és digitalizáció alkalmazási lehetőségeit – bemutató szekcióelőadások után izgalmas kérdéseket feldolgozó

pódiumbeszélgetésre kerül sor. A vándorgyűléssel egyidőben megrendezett szakmai kiállításon megismerhetjük a legújabb innovációkat. A nívó díjas munkák/létesítmények fotóját és leírását bemutató tárlaton pedig – interaktív módon bevonva a látogatókat a közönség díja jutalmazza a legígéretesebb munkát. A vándorgyűlést a házigazda különleges vízgazdálkodási értekeit bemutató szakmai kirándulás zárja.

TISZTELT VÁNDORGYŰLÉS RÉSZTVEVŐ!

Mindenkit szeretettel várunk Szolnokra.

Tájékoztató a vándorgyűlésről:

http://www.hidrologia.hu/mht/index.php?option=com_content&task=view&id=967&Itemid=282

A vándorgyűlés bemutatkozó filmje az alábbi linken tekinthető meg: http://www.hidrologia.hu/mht/index.php?option=com_content&task=view&id=818&Itemid=319



ADAPTÍV, SENZORIKÁN ALAPULÓ TISZTÍTÁSI ELJÁRÁS KUTATÁSA AZ ÉLELMISZERIPARBAN

Kutatói témafelelős: Rácz László

Kutatásban részt vettek: Rózsa Jakab, Bresztó József, Szendrő Attila, Jaczkó Benjámin, Lieszkovszky László, Németh Péter, Horváth Barnabás

Kutatáshoz elnyert támogatás pályázati azonosítója: GINOP-2.1.2-8.1.4-16-2017-00199

Az élelmiszeripari alapanyagok és késztermékek szállítása rendkívül kényes, nagy odafigyelést igénylő feladat, mivel aállítás során ugyanolyan szigorú higiéniai követelményeknek kell megfelelni, mint az élelmiszerek előállítása során. Külön kihívást jelent a folyékony élelmiszeripari anyagok mozgásában, hogy ezeket az anyagokat jellemzően nem dedikált tartályautóban szállítják (azaz pl. isocukrot csak cukrot szállító tartályban), hanem folyamatosan váltogatják a szállított anyagokat (pl. cukor után olajat, majd csokoládét). Mindezek miatt ezeket a tartályokat kétállítás között tisztítani, kezelni kell. Ez a kezelés az előáru leeresztését, a tartály belső átvizsgálását, mosását és szárítását foglalja magába. A kezelés leginkább energiaigényes része a mosás, melynek korszerűsítésével jelentős mennyiségű energiát, vizet, mosószert lehet megtakarítani és a kezelés környezeti terhelését csökkenteni.

A Szelence Ipari Megoldások Kft 2019-ben kutatási projektbe kezdett annak érdekében, hogy a modern tartálytisztítás világszerte egységesen alkalmazott folyamatát továbbfejlessze. A projekt a GINOP-2.1.2-8.1.4-16 „Vállalatok K+F+I tevékenységének támogatása kombinált hiteltermék keretében” című

pályázati kiíráson támogatást nyert el a „Új, adaptív kezelési eljárás kidolgozása és megvalósítása élelmiszeripari tartályok tisztítására” projektneve alatt.

A kutatási és az azt követő technológia- és folyamatfejlesztési tevékenység célja az volt, hogy az általánosan alkalmazott statikus mosási technológiákat a projekt keretében elvégzett tudományos kutatások eredményeit alkalmazva átalakítsa dinamikus, adaptív mosási folyamattá.

Statikus mosási folyamat alatt azt értjük, amikor a tartályban korábban szállított előáru fixen meghatározza a mosási folyamat lépéseit, valamint ezen lépések hosszát és minőségét. Ennek előnye, hogy az iparági sztenderdek alkalmazásával biztosítható, hogy minden esetben a szigorú minőségi elvárásoknak megfelelő higiéniai minőséget érjen el a folyamat. Hátránya viszont, hogy nem reflektál a kiinduló állapotra, pedig könnyen belátható, hogy a tartályban maradt előáru (az előzőállításból hátramaradt anyag) mennyisége és állapota (pl. mennyire száradt ki, milyen a hőmérséklete) jelentősen befolyásolják a tisztítás víz-, mosószert-, energia- és időigényét. Az általános sztenderd, statikus mosási folyamatok értelemszerűen a „legrosszabb

esetet” feltételezve kerültek paraméterezésre, ami az esetek jelentős részében hosszabb és energiaigényesebb tisztítást eredményez a feltétlenül szükségesnél.

Az adaptív mosási folyamat - amely a kutatás tárgyát képezte - azt jelenti, hogy a tartály-tisztítási folyamat reflektál bizonyos mosás közben mért paraméterekre, ezáltal lehetővé válik, hogy a tisztítási eljárás csak addig tartson, amíg a tartály az elvárt tisztasági, minőségi állapotba nem kerül.

Az adaptív mosási technológia kidolgozásának fő kihívása annak kidolgozása volt, hogy

- melyek azok a paraméterek, amelyek alapján a tartály higiéniai minősége minden kétséget kizáróan ellenőrizhető;
- hogyan lehet ezen paramétereket ipari körülmények között, megbízhatóan mérni;
- milyen célértékeket kell ezen paramétereknek felvennie ahhoz, hogy a tisztítási folyamatot elkészültnek lehessen minősíteni,
- hogyan lehet biztosítani, hogy utólag visszakereshetően rendelkezésre álljon a megfelelő kezelési eljárást bemutató adatsor minden egyes tisztításhoz?

A fentiek megválaszolására indított tudományos vizsgálat kiterjedt a vizsgált alkalmazási területen használható mérési módszerekre és mérőrendszerekre, illetve az eltérő elő árúk technológiára gyakorolt hatására, illetve magába foglalta a mosószer elemzését is, ahol egyrészt cél volt a minél teljesebb mértékű biológiai lebomlás, másrészt a hatékony alkalmazás.

Kutatásunk során sikerült olyan adekvát analitikai módszert kidolgozni és integrálni a mosási technológiába, mely egyértelműen mutatja,

hogy a tisztítás alatt álló tartályból elfolyó mosóvíz tiszta. A korábbi laboratóriumi méréseink, mint pH, vezetőképesség és zavarosság mérés nem adtak azonnali választ (hiszen nem online működnek) a tartály belső tisztaságára vonatkozóan. Ezek a mérések, még ha online, in situ mérések is lennének, sem lennének alkalmasak a rendkívül változatos tisztítandó anyagminőségek analitikai szintű vizsgálatára. Projektünk eredményeképpen olyan újszerű, folytonosan működő, automatikus elemző módszer és technológia jött létre, amivel az elfolyó mosóvizet elemezve 100%-os biztonsággal jelezhető, hogy a tartály tiszta.

A kutatás kiterjedt arra is, hogy milyen az időbeni kapcsolat, azaz az időközés az analitikai mérés és a tartály megfelelő tisztasága között. Ugyanis az elfolyó víz paramétereinek mért értékei és az élelmiszer tartály abban a pillanatban létező tisztasága közötti függvénykapcsolatot is meg kellett állapítani ahhoz, hogy az új méréstechnológia optimalizálni legyen képes a mosótechnológia komponenseinek működését.

A fentiek eredményeképpen születhetett meg egy olyan komplex rendszer, ami méri a tartályok tisztasága szempontjából kritikus paramétereket, a mérésekre ható kulcs tényezők figyelembevételével kompenzálja és a megfelelő függvényszerű kapcsolatok mentén értelmezi a mért adatokat és a feldolgozott adatok alapján úgy irányítja a mosási folyamatot, hogy az a lehető legalacsonyabb energia felhasználás mellett működjön amellett, hogy biztosítja, hogy a tartályok minden esetben 100%-osan tiszták legyenek az eljárás végére.

Az adaptív mosási folyamat azt eredményezi, hogy az egyes mosási fázisok csak a szükséges ideig és feltétlenül szükséges



energiát, vizet és vegyszert használva kerülnek elvégzésre, így a jelenleginél kedvezőbb lesz az energiafelhasználás, **kevesebb lesz a vízfelhasználás és a szennyvízkibocsátás**, illetve gyorsabb lesz maga a mosási folyamat. **Egyes mosások esetén az elért vízmegtakarítás eléri a 30%-ot**, amely a magas energiaárak miatt nem csak környezeti, de gazdasági szempontból is jelentőséggel bír. Mindeközben természetesen a tartálytisztítás minősége nem változik, az élelmiszerbiztonsági szempontok a legkisebb mértékben sem sérülnek.

A jelenlegi ismeretek szerint és a nemzetközi partnerek elmondása alapján Európában

ilyen adaptív mosási technológiával az élelmiszeripari tartálytisztítás területén egyetlen más piaci szereplő sem rendelkezik. A technológia immár túl van egy több, mint 1 éves próbaidőszakon, amely idő alatt üzembiztosnak és eredményesnek bizonyult.

Az adaptív tisztítási technológia kapcsán a következő feladatot annak elterjesztése jelenti: folyamatban annak kidolgozása, hogy hogyan lehet más tartálytisztító állomások számára is elérhető „termékké” formálni az új rendszert, illetve érdekes szakmai kihívást jelent annak vizsgálata, hogy a tartálytisztítási iparág mellett milyen egyéb területeken lehetne a kutatási eredményeket alkalmazni.

A HWP NEMZETKÖZI ESEMÉNYEI – 2024 JANUÁR–FEBRUÁR

A *Hungarian Water Partnership* (HWP) a **vízipar** különböző területein működő, **magyar tulajdonú vállalatok hálózata**, amelyeket a külpiaci sikerek közös célja vezérel. A klaszterként működő platform tagjai **átfogó megoldásokat kínálnak a vízzel kapcsolatos problémákra itthon és világszerte.**

A HWP tevékenységének elsődleges célja a tagvállalatok nemzetközi versenyképességének és teljesítőképességének erősítése. Ennek érdekében egyrészt széleskörű **exporttámogatási feladatokat lát el**, másrészt **fejleszti a magyar vízipari ágazat arculatát.**

A HWP tagságát **22 exportorientált vállalat** alkotja. A klasztert a Hungarian Water Partnership Nonprofit Kft. működteti.

Rólunk írták a nagyvilágban

Büszkék vagyunk arra, hogy mind a European Water Association, mind pedig a Faecal Sludge Management Alliance hírlevelében megjelent a beszámoló a workshopunkról, amely az International Water Association tavaly decemberben Kigaliban (Ruanda) rendezett konferenciájának programjában szerepeltet. Fontos megjegyezni, hogy a HWP mindhárom szervezetnek a tagja.

Részvétel a magyar NEFE-politika végrehajtásában

A Hand Szövetség által Budapesten szervezett, február 23-ai Afrika Fórum során elhangzott, hogy a magyar kkv-k nagyobb arányú bevonása szükséges a nemzetközi fejlesztési együttműködési politika (NEFE) végrehajtásába. A HWP jelezte részvételi szándékát az érintett hazai civil szervezetek, a Hungary Helps Ügynökség, valamint a humanitárius és fejlesztési projektekben érdekelt, magyar vállalatok tervezett koordinációs testületében. Horváth Zoltán, az ügynökség igazgatójának, Kovács Péternek átadta a HWP-tagok katasztrofahelyzetekben és a NEFE-projektek során hasznosítható, vízipari megoldásait bemutató brosúráját.

Előadással szerepeltünk egy kazak vízipari konferencián

Részt vettünk az Asztanában február 22-én megrendezett, települési és ipari vízkezelési, vízellátási, vízelvezetési és szennyvízkezelési technológiák, valamint berendezések nemzetközi kiállítása során szervezett „GLOBAL WATER” 1. Nemzetközi Fórumon. Horváth Zoltán online előadást tartott a HWP tagjai által kínált innovatív, fenntartható és megfizethető vízipari megoldásokról. A magyaron kívül német, finn, izraeli és orosz előadókat felvonultató szekciót Bolat Bekniyaz

vízgazdálkodásért és öntözésért felelős, első miniszterhelyettes moderálta.

Nagyköveti látogatások a HWP-nél

A Kazak Köztársaság budapesti nagykövetét, Abdrasov Zsanibeket február 5-én fogadta Dr. Kovács Károly elnök, valamint Horváth Zoltán ügyvezető. A diplomata tájékoztatást kapott a klaszter tagvállalatainak Kazahsztánban is alkalmazható, vízipari megoldásairól, valamint a HWP részvételéről a két ország közötti tudástranszferben.

Dr. Szarka Gábor kijelölt algíri nagykövetünk felkészülése keretében, február 20-án 9-kor ellátogatott a HWP Rétköz utcai irodájába,

ahol megbeszéléseket folytatott Horváth Zoltán ügyvezetővel.

Új HWP-tagok

Idén év elején két magyar vízipari vállalat csatlakozott a HWP-hez, így 22-re nőtt a klaszter taglétszáma. A Nivelco Zrt. ipari elektronikai berendezéseket, elsősorban szintmérő és -szabályozó műszereket gyárt, termelésének 80%-át több, mint 70 országban értékesíti. A Makrofilt Kft. pedig elsődlegesen ipari szennyvíztisztítókhoz épít kamrás és membrán szűrőpréseket, továbbá szűrőlapokat, szűrő kendőket, hidraulika tápegységeket és egyedi gyártású hidraulika munkahengereket forgalmaznak.



IWA 14. SZAKKONFERENCIA A NAGY SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEK TERVEZÉSÉRŐL, ÜZEMELTETÉSÉRŐL ÉS GAZDASÁGOSSÁGÁRÓL, BUDAPEST 2024.



A Nagy Szennyvíztisztító Telepekről (LWWTP) szóló konferenciák az IWA szakcsoportok által szervezett leghagyományosabb szakkonferenciák.

Az első konferenciát (akkori nevén „workshop”) Bécsben tartották, majd négy évenként Bécsben, majd 1987-től Budapesten és Prágában is megismételték.

Ez a konferencia a sorozat 14. konferenciája. A szakcsoport legutóbbi konferenciáit Budapesten (2011), Prágában (2015) és Bécsben (2020) tartották a COVID 19 miatt elhalasztották és végül lemondták.

A konferencia most az év tökéletes időszakában érkezik vissza Budapestre (2024. szeptember).

A konferencia a nagy szennyvíztisztító telepek tervezésének és üzemeltetésének minden aspektusára összpontosít, beleértve a gazdasági témákat is.

Ezenkívül megvitatják a tápanyagok eltávolítására és visszanyerésére irányuló kutatásokat és technológiát.

Az egyik oldalon üzemeltetőket, tervezőket és tanácsadókat, a másik oldalon pedig kutatókat, egyetemi tanárokat, életciklus-elemzési (LCA) szakembereket, fejlesztőket,

technológiai és berendezés-szolgáltatókat fog találni.

Különös hangsúlyt kap a fiatal vízügyi szakemberek aktív részvétele.

A konferencia fórumot biztosít az ötletek és véleménycsere, valamint a gyakorlati tapasztalatok megosztására, a nagy szennyvíztisztító telepek tervezésétől és üzemeltetésétől a „Jövő városai” szennyvízkezelési koncepcióiig.

<https://iwa-network.org/events/iwa-12-th-specialized-conference-on-the-design-operation-and-economics-of-large-wastewater-treatment-plants-budapest-2024/>



VÍZ A BÉKÉÉRT

A víz békét teremthet, de olykor konfliktusok forrása is lehet.



Ha kevés, ha szennyezett, ha nem fér hozzá mindenki egyenlően, mind-mind feszültséget kelthet közösségek vagy országok között. Világszerte több mint 3 milliárd ember függ az országhatárokat átszelő vizektől. Ennek ellenére napjainkban csak 24 országnak van együttműködési megállapodása a víz közös használatáról.

Az éghajlatváltozás hatásai egyre jobban érezhetőek, a népesség növekedésével együtt sürgősen szükség lenne az országhatárokon belüli, és az országok közötti összefogásra legértékesebb erőforrásunk védelme és megőrzése érdekében.

Az egészségügy, az emberek jóléte, az élelmiszeripar, az energetikai rendszerek, a gazdasági tevékenységek, valamint a környezet megóvása csak egy jól működő, és méltányosan irányított vízforgalmon alapulhatnak. Ha a pozitív hullámok összeadódnak...

A 2024. évi Víz Világnap mottója: Víz a békéért.

Amikor a víz területén együttműködünk, a keltett hullámok továbbgyűrűznek – elősegítve ezzel a békét, a jólétet és a kihívásokkal szembeni ellenálló képességet.

Cselekednünk kell annak tudatában, hogy a víz nem csak egy kihasználandó erőforrás – hanem emberi jog, amihez mindenkinek joga van, minden körülmények között.

A víz világnapján mindannyiunknak össze kell fogni a vízért, ezzel is segítve a béke megteremtését – lefektetve egy virágzóbb holnap alapjait.

Tegyél érte Te is!

Vegyél részt a „Víz a békéért” globális kampányban!

Mindnyájunknak – az egyénektől a családon, közösségeken át egészen a kormányokig – a lehető legtöbbet meg kell tenni, hogy előrelépés történjen egy élhetőbb társadalom felé. Töltsd le a szakmai anyagokat, vegyél részt a világnap eseményein, tudj meg többet a víz és a béke kapcsolatáról!

A 2024-es víz világnapjának legfontosabb üzenetei

A víz békét teremthet, de olykor konfliktusok forrása is lehet. Ha kevés vagy szennyezett, ha az embernek küzdenie kell a hozzáférésért, komoly feszültségekhez vezethet. Törekedni kell az együttműködésre a víz igazságosabb elosztásért, hozzájárulva ezzel a béke megteremtéséhez.

A jólét és a béke a vízen is múlik. Miközben az országok egyre hangsúlyosabban foglalkoznak az éghajlatváltozással, a tömeges migrációval vagy a politikai feszültségekkel, egyre sürgetőbbé válik a vízügyi együttműködések középpontba állítása is.

A víz kivezethet minket a válságból. A közösségek és országok közötti együttműködést teremtheti meg a víz igazságos elosztása – ezt a célt szolgálják az ENSZ nemzetközi szintű egyezményei és a helyi szintű intézkedések.

<http://www.vizvilagnap.hu/>

IFAT MÜNCHEN 2024.



A világ vezető környezetvédelmi technológiai szakvásárának partnereként a DVGW hálózat május 13. és 17. között az ivóvízzel és a hidrogénnel, a jövő energiaforrásával kapcsolatos know-how-jával járul hozzá.

Szakértőink személyes és konstruktív eszmecserére várnak Önnel.

<https://www.dvgw.de/der-dvgw/aktuelles/messen-und-ausstellungen/ifat>

A NAPSUGÁRZÁS HATÁSA ÉS ALKALMAZHATÓSÁGA A SZENNYVÍZISZAP SZÁRÍTÁS MÚLTJÁBAN ÉS JELENÉBEN.

Dr. Juhász Endre

A fosszilis energia előrevetített esetleges várható kimerülési folyamata a takarékoság jegyében is, maga után hozta a megújuló energiaforrások kiaknázásának szükségességét. Egymás után nőttek ki a földből a különböző energiatermelő létesítmények, melyek mind valamely természeti elemhez kapcsolódtak. Felsorolással jelleggel megújuló energiaként a víz-, a szél-, a nap-, és a geotermikus energiák hasznosíthatók.

A kiaknázás terén a sort történelmileg a **vízerőművek** nyitották, melyet egyebek mellett a szél- és különösképp napjainkban a napsugárzás által szolgáltatott energia kihasználási lehetősége követ. Az ipar természetesen alkalmazkodott a kutatások által alapul szolgáltatott eredményekre s változatos eljárásokat, megoldási módokat produkált. A megújuló energiákat termelő létesítmények közül termelt energia szempontjából változatlanul



a vízerőművek dominálnak. Példa erre a világ legnagyobb áramot szolgáltató kínai Jangce folyón telepített ún. "Három Szurdok Gát" erőmű további bővítése vagy a Kongó folyón épülő új gigantikus vízerőmű. A Román és Bolgár szomszéd országaink igencsak serényen építik vízi erőműveiket az Al-Dunán, mi magyarok egyelőre némák vagyunk e kérdésben.



Nagy energiamennyiség termelési lehetőséget biztosít a **szél kihasználása**, ám a magyar Országgyűlés 2016-ban olyan törvényt hozott, mely gyakorlatilag hazánkban ellehetetlenítette a szélerőművek telepítését. Nevezetesen csak ott engedélyezhető szél-turbina, ahol 12 kilométeres körzetben belül nincs lakott település. Országunkban a település szerkezet olyan sűrű, hogy erre nincs lehetőség. A szakmai vita ugyan folyik, de

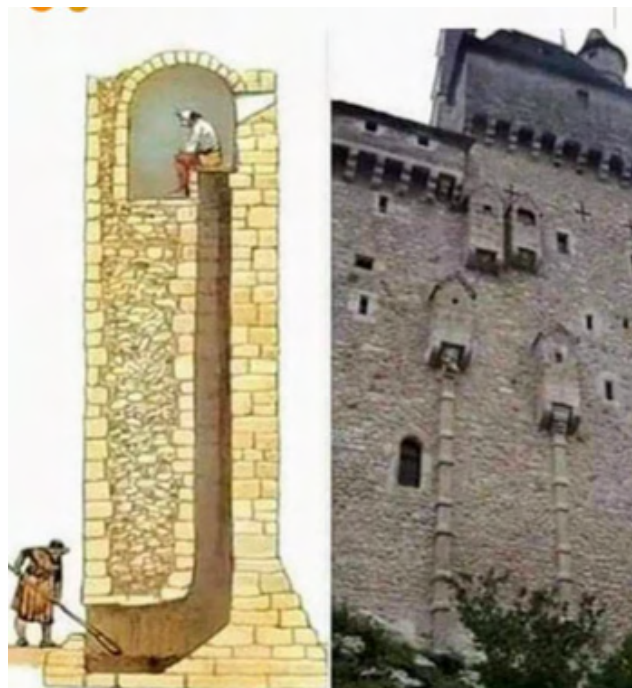
a feloldásban lassú az előrelépés. Egy jellemző eset, hogy egy település mellett felállított szélturbina üzemeltetőjét beperelték azzal az indokkal, hogy azért szűnt meg idő előtt egy várandós asszony terhessége mert a vitorlák suhogása, kerepelése ártalmas volt számára.

Voltaképpen a mindenre kiható **naptevékenység hősugárzása** ősidők óta természetes módon hozzájárul minden anyag nedvességtartalmának csökkentéséhez, szárításához, szélsőségesebb esetben meg- ill. elégéséhez.

Az első „közegészségrügyre” vonatkozó szennyvizes utasítás - ami az output életfunkcióhoz kapcsolódik – a Tórában található (Mózes V. könyve 3. fejezet 12-13 vers). Előírta, hogy *„A táboron kívül valami helyed is legyen ,hogy kimehess oda. És legyen ásócskád a fegyvered mellett, hogy amikor leülsz kívül, gödröt áss azzal, és ha felkelsz, betakarhassad azt, ami elment tőled”!*

Szinte természetes, hogy az ürülék „kezelése” az elásás ellenére e térségben 40-45°C hőmérsékleten a napsugár hatására ment végbe. Ugyan ez vonatkozott a fűvel táplálkozó állatok ürülékére is, amit kiszáradás után összegyűjtöttek és tüzelőként hasznosítottak.

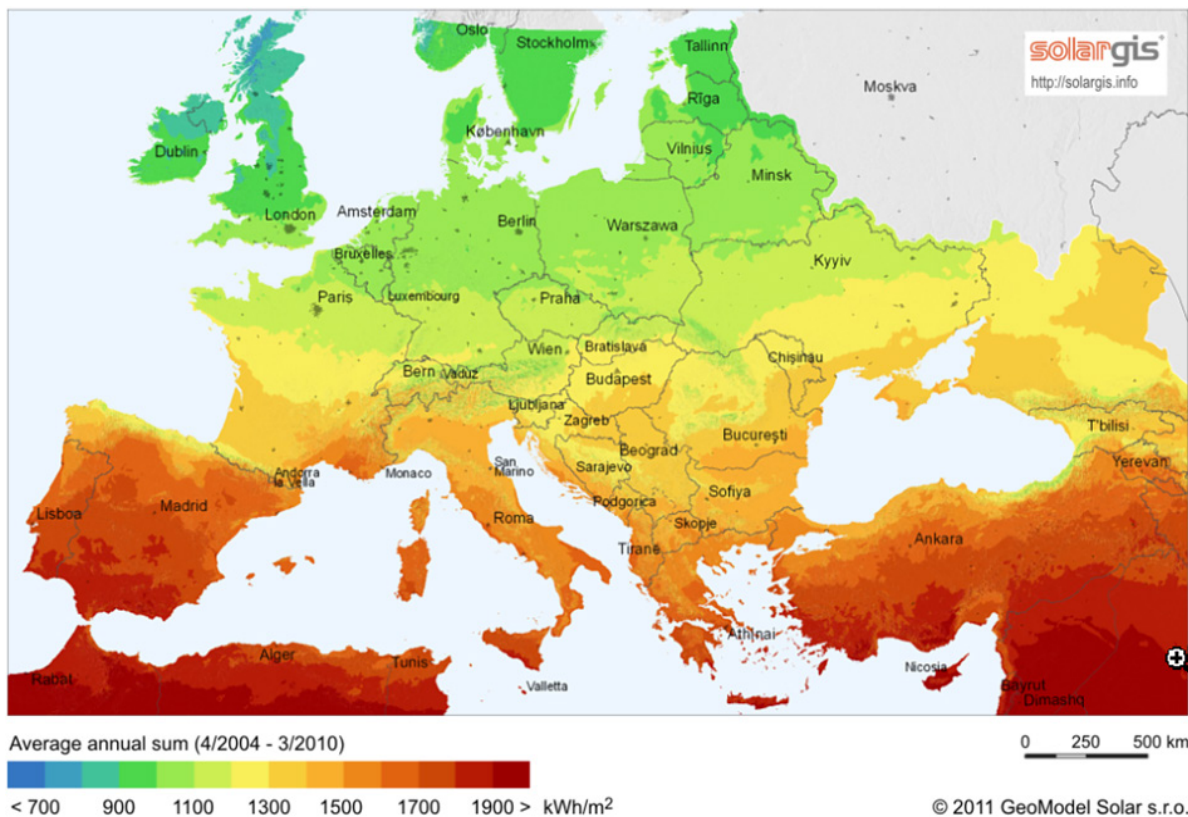
A középkorban szintén nem volt az emberiség gondolatvilágában e másodlagos anyaggal való bármilyen foglalatosság . Vízöblítés nélkül az utcára potyogtattak (!). Egyszerűen a városfal tövénél vagy az utca porában szintén a nap hatására száradt ki vagy az eső mosta tovább. Mindenki ott végezte dolgát, ahol éppen tartózkodott. Majd a természet megoldja- volt az uralkodó szemlélet.



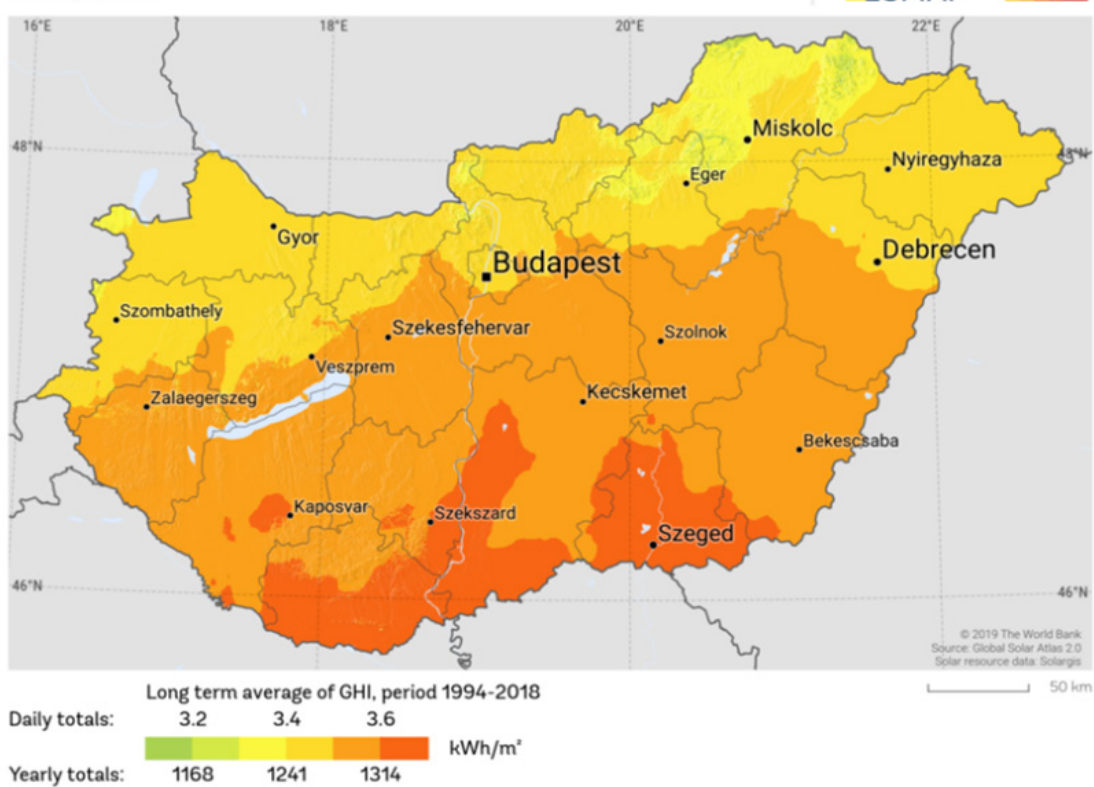
A változást a XIX-XX hozta, amikor a városiadás egyrészt a hálózati vízvezeték elterjedését, másrészt a szennyvizeknek a csatornázás megindulását hozta. Főleg akkor, amikor a szennyvíz már nem közvetlenül folyt a befogadókba, hanem koncentrálni egy közös helyre (telepre) vezették és amikor a mechanikai tisztítás (rács-homokfogó-ülepítő) bevezetése során megjelent az ülepítőben kifogott szennyvíziszap.

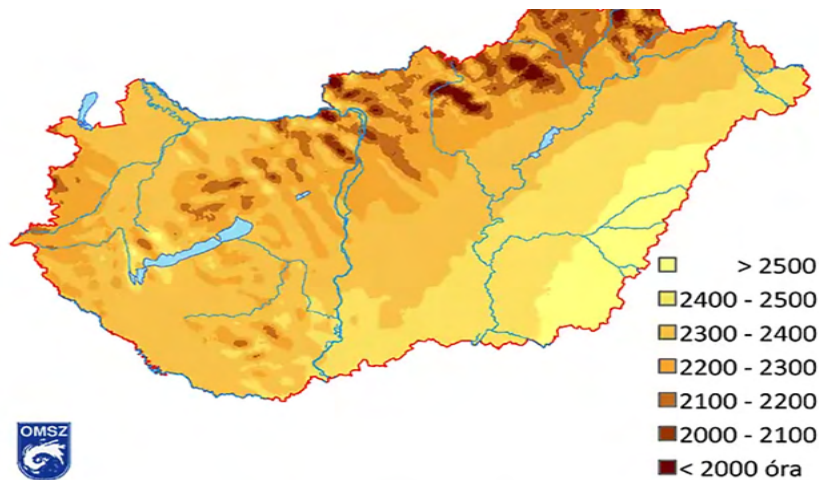
Ehhez a híg „termékhez” találták meg egyebek között leginkább Dél-Európában az évenként kb. kilenc- tíz hónapos időszakban jelentős meleg által szolgáltatott ingyenes szárítási energiát, mely tiszta és kimeríthetetlen. (lásd: EU. hőtéskép ábrát)

Magyarország hőtésképét tekintve a kWh/m² átlagos érték naponta ~ 3,45 körül található, míg az éves sugárzásösszeg ~ 1 250 kWh/m². Természetesen egyes helyeken – főleg a Dél-Alföldön – mértek az átlagosnál, mintegy kétszeres szélsőségesen magas napi értéket is. Hazánkban az éves napsütéses órák száma



HUNGARY



2018 napsütéses órák száma (forrás: www.met.hu)

pl. Szeged térségében ~ 2 250- 2 300 h/a körül mozog, ami a napenergiavétel szempontjából európai szinten viszonylag kedvező. (lásd az OMSZ 2018-as adatait (www.met.hu))

A napsugárzás hatását a tisztító telepeken a múlt század első harmadában, nálunk a szennyvíztisztítás megindulásával, az **iszapszikkasztóágy** bevezetésével kezdték felhasználni. E természetes módon történő napenergia felhasználás mára már



csaknem teljesen feledésbe merült, pedig a maga idejében elmaradhatatlan elemnek számított.

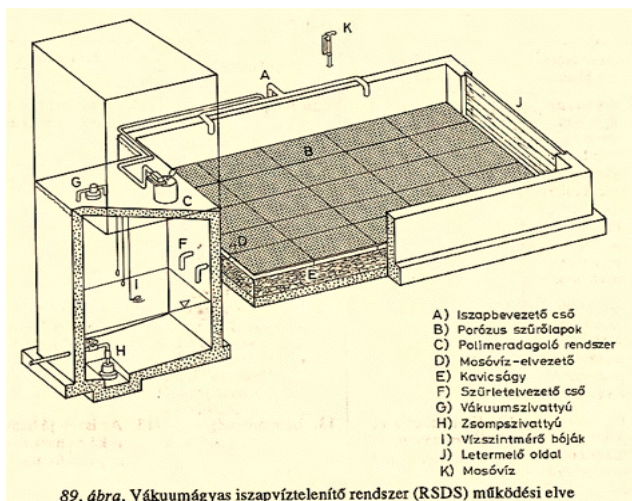
Az iszapágy egy szilárd döngöld földre vagy betonra helyezett, drénnel ellátott, homok és kavicsrétegekből kialakított szűrőtest. Az oldalfalakat beton kerítéselemekkel vagy rézsutosan alakították ki. Terhelhetősége ~100 kg/sza(szárazanyag) körül mozgott és évente négy-ötször 30 cm. vastag 2-3 %-os iszap terítéssel terhelték. A nedvességtartalom csökkenés 70-75 %-ban a szivárgás-, a 25-30 % p www.met.hu eddig a napsugárzás által okozott párologtatás hatására jött létre.

Az elérhető szárazanyagtartalom általában 40-45% volt. Érdekességgént megemlíthető, hogy a bélcsatornán átment paradicsom és paprikamagok a kiváló táptalajon gyönyörű termést hoztak.

„Nem véletlen, hogy a bolgárkertészek a múlt század elején fizettek azoknak, akik az iszapot hozzájuk szállították, hogy jó minőségű tápanyagdús komposztot tudjanak előállítani. Igaz akkor még a "bio" termék fogalma nem volt ismeretes”.

A nagy területigény és az iszap kézi leszedése (lelapátolás) stb.előbb -utóbb kikövetelte a gépi víztelenítési eljárásokat. Megemlíthető a vietnámi háborúból környezetvédelmi célra

átalakított helikopter leszálló pályák átvétele, melynél a szivárgás speciális szűrő lemezen vákuum hatására megy végbe (RSDS).



Ezek teljesítménye, mintegy százszorosa volt a hagyományos ágyakhoz képest. Az iszap 2 nap elteltével 20-25 %-os szá. tartalmat tudott elérni. Igen nagy előnye volt a homlok rakodóval történő iszap eltávolítás. Licenc és a szűrő lemezek gyártási problémái miatt a megoldás is rövid idő elteltével lekerült a hazai nedvességtartalomcsökkentési palettájáról.

A megújuló szolár energia hasznosítása a technika fejlődés során egyre intenzívebb. A gyakorlat aktív és passzív hasznosítási módot különböztet meg.

A **passzív hasznosítás** főként az épületekre és a tájolásukra vonatkozik: tehát olyan energiahasznosításról beszélünk, amelynek során az épületek kialakítása fel tudja használni a Nap sugárzását és fényét. Ebben az esetben tehát főleg az építőanyagok és az épület tájolása jelenti a meghatározó tényezőket.

A közműves szakma területén -itt elsősorban a szennyvízes területet érintően – az **aktív hasznosítás is megjelenik.**

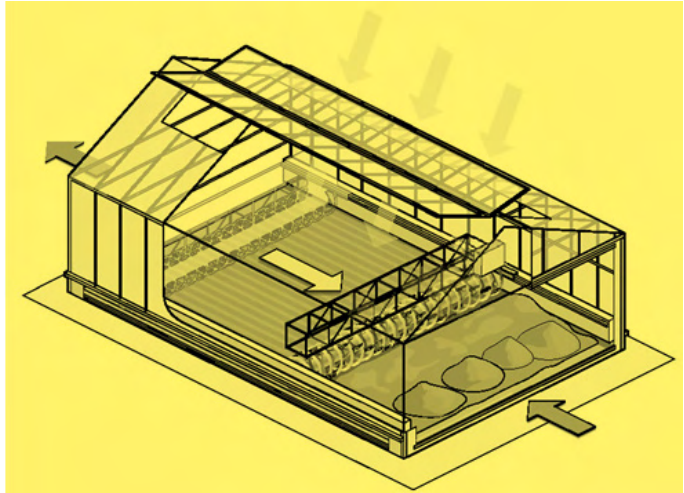
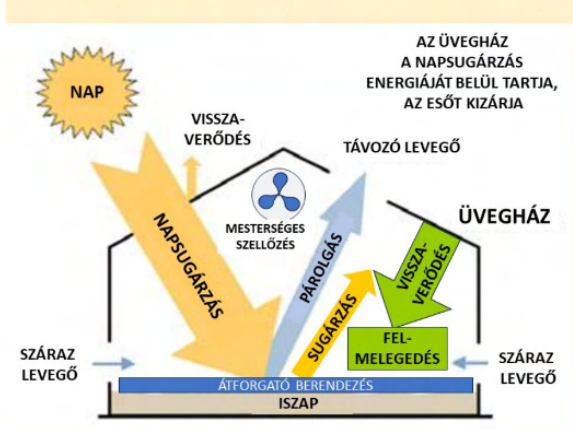
Ezzel kapcsolatosan két fogalom vált uralkodóvá: a **napkollektor**, amely hőenergiát (meleg vizet) képes termelni, másik a **nap-elem**, ami megfelelő átalakítás (inverter) után használati elektromos energiát (220-230 V) képes szolgáltatni.

A szennyvíztisztítás vonatkozásában, mint egy 20 éve az **iszapok szoláris szárítása** kapott szerepet, mely azóta már egyre nagyobb karriert futott be, ugyanis a másodlagos anyagként jelentkező iszap kezelési technológiájának ez az egyik lehetséges, sőt olcsóbb víztelenítési módszerre vált.

Az eljárás alap igénye, hogy stabilizált iszap kerüljön a fényáteresztő tető és oldalfallal (polikarbonát, edzett üveg, stb.) ellátott üvegház jellegű csarnokba. Speciális szellőztető berendezés kialakításával – felülről – történik a pára eltávolítás és a friss levegő bevitel (szellőztetés). A sűrített iszap betöltés, a kiszáradt iszap mozgatása és kiszállítása feltétlen az erre specializált célgépekkel történik, nem különben ezek folyamatirányítása, ellenőrzése ill. vezérlése..

Leegyszerűsítve a kérdést valójában e berendezés egy lefedett szikkasztóágy, amelyben a nap ultraibolya sugárzásának hatására az üvegház jellegű őrölt fényt és hőátvezető „csarnokban” mind az iszap, mind a levegő felmelegszik, majd a meleg hatására megindul a párolgás. E közben oxidációs folyamatok játszódhatnak le és bizonyos mértékű pasztózálódás jön létre.

A képződött párákat ventilátorok segítségével a csarnokból egyszerűen kifűjják. Az iszap felületét folyamatosan fel kell lazítani, hogy a pára kilépés gyorsabban történjen meg, ami által a száradási folyamat időben kedvezőbbé válik.

A SZOLÁRSZÁRÍTÓ MŰKÖDÉSI ELVE

A szolár iszapszáritási technológiával - mint már fentebb is szerepelt -kizárólag stabil iszap száritható. Ténylegesen az eljáráshoz tartozó elemek: az üvegház-jellegű zárt építmény, a pára eltávolítását szolgáló ventiláció és a padozaton történő lazítás, mely elősegíti a felmelegedett iszapból való pára kiválást. Speciális esetekben építhetnek a padozat alá drénezett szivárgó réteget vagy fűtőcső rendszert, hogy a teljesítmény időben vagy szárazanyag minőségben fokozódjon.

Az iszap téréből min. kettő darabot építenek. Amíg az egyik szárit a másikat töltik. Évente 4-5 alkalommal váltják a medencéket amelyekben az iszap töltési magassága ~ 60 cm.

Az iszap lazítást a gyártó cégek egyedi be- rendezései oldják meg. Egyik lehetősége a mikroprocesszor által vezérelt „villany malac”, mely a nedves felületeken ásó-kaparó lapátjaival segíti a párolgást, amit a beépített ventiláció a zárt házból „kifúj”. (képek: Thermo System licenc Soltvadkerten) A képeken a lazító „malac”, az iszappal töltött csarnok és a száraz iszapmaradék látható

Az iszap felület lazítására, pára kihajtására különféle eljárások kerültek piacra.



Országunkban a leginkább elterjedt megoldás a Huber cég képviselésében pl. a (SilexWaterTechn. Balatonfüred) által forgalmazott tolópados rendszer.

E változatnál egy ún. toló-keverő berendezés kerül beépítésre, amely az üvegház teljes szélességében és hosszában intenzíven keveri és egyben levegőzteti az iszapot. A tolókeverő a forgási irányba egyidejűleg tovább is tolja a terméket. Hátramenetben a tárcsás henger felemelkedik, nincs visszafelé iszap görgetés. Az alábbi képek egy iszapcsarnokot és egy Wendewolf gyártmányú tárcsás keverőt ábrázolnak.



Magyarországi napsugárzási körülményeket figyelembe véve az évi sugárzásösszeg átlag

értéke $1.250,5 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$, mely a csarnokból pára formájában $\sim 0,9\text{-}1,0 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{a}$ víztartalmat képes eltávolítani.

Így néz ki egy szolár szárító épülete és az iszap „termék”. (Soltvadkert.)



Az ezzel az eljárással elvégzett műszaki megoldás számtalan előnnyel jár.

Kiragadva néhányat: csökken az iszap térfogata, kevesebb az anyagszállítás, minimális a kézimunka, a beadott anyag sűrített- és elővíztelenített állapot között változhat, alacsony üzemköltség, a folyamatok irányíthatók, nincs csurgalékvíz, stb. Az elérhető szárazanyag tartalom átlagosan 45-60% (nyári csúcs sugárzási időben elérheti a 90 %-ot is). A kiszáradt iszap aprított mezőgazdasági fahulladékkal fűtőanyaggá (pellet) préselhető.

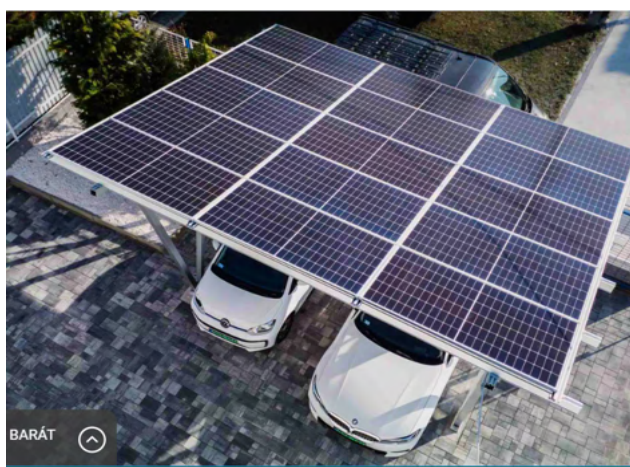
Hátrányként említhető a nagyobb helyigény, a kifűjt levegő esetleges környezet ártalmat okozó szaghatása.

Elővetíti a fejlődést az alapzatok fűtésének hazai lehetőségét is, mely által felgyorsítható a pára kimenetel, ami által egyrészt csökken a tartózkodási idő, növelhető a szárazanyag-tartalom, növekedhet a m^2/a szárazanyag-kihozatal. Ezek hozzájárulhatnak a szárító viszonylag nagy helyigényének csökkentéséhez is.

Víziközmű vállalatok akár ivóvíz- akár szennyvíztisztító telepein energetikai megtakarítást eredményezhet mind a nap mozgását követő oszlopra szerelt napkollektor, vagy az egyre terjedő hibrid- és villanyautók akkumulátor fel töltését szolgáló töltőállomás nem csupán a személyautók, hanem a szállítást végző nagyobb kapacitású teherautók számára is.

A forgalmazók szerint létesítési költségük viszonylag rövid időn belül megtérül. A nap-sugárzás aktív hasznosítására egy-egy példa szolgálhat, mely hozzájárul az ingyen hozzájutható megújuló energia gazdaságos alkalmazásához.

A panelek életciklusára kevés adat áll rendelkezésre. A jelentős kínálat mellett a leamortizálódó elemek jelenleg veszélyes hulladéknak minősülnek. Nagy erővel folynak a kutatások az újrahasznosíthatóság területén. Ám ki kell emelni, hogy az újrafeldolgozott anyagokból készült eszközök nem tudnak ugyanolyan minőséget képviselni, mint az eredetiek s ez vonatkozik



az újrahasznosított fotovoltikus anyagokból készült napelemekre is. Az ezzel az eljárással készült panelek ~ 70%-os hatékonysággal tudnak működni egy teljesen újjal szemben.

A gyártók szövetsége jelentős energiát fordít egy olyan csúcstechnológiára épülő feldolgozó üzem létrehozására, ahol olyan „felújított” kész termékeket gyártanak, melyek hatékonysága közel megegyezik az új termékekével. A cél ezúttal is egy hosszútávon fenntartható, körkörös gazdaság kialakítása, amely mellőzi a környezetet esztétikailag is szennyező lerakók létrejöttét.

AZ ÓBUDAI EGYETEM REJTŐ SÁNDOR KÖNNYŰIPARI ÉS KÖRNYEZETMÉRNÖKI KAR



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

**„Települési szennyvízgazdálkodási
szakmérnök” szakirányú
továbbképzési szakoti ndít
2024. szeptemberi kezdéssel.**

A képzés besorolása: ISCED 5B

A képzés időtartama: 3 félév, levelező tagozaton, a konzultációkra blended (kontakt és online) formában, péntek-szombati napokon kerül sor, 3 kontakt és 2 online alkalommal.

A képzés részvételi díja: 350.000.-Ft/félév.

A képzésre főiskolai vagy egyetemi, illetve BSc vagy MSc szintű mérnöki végzettséggel lehet jelentkezni.

A képzési célja:

A szakirányú továbbképzés célja a szennyvíz-, és vízgazdálkodás szakterületre olyan szakemberek képzése, ill. továbbképzése, akik a korábban megszerzett felsőfokú szakképzettségük és szakismereteik birtokában képesek a szennyvíz-, és vízgazdálkodás szakterületén építési, üzemeltetési, szakértői, beruházási, közigazgatási és vállalkozói munkakörökben a legújabb szakmai- tudományos és fejlesztési eredmények követésére és alkalmazására, specialisták a szennyvíz-, és vízgazdálkodás területén.

A szakirányú diploma feljogosít:

- Fejlesztési feladatok önálló megoldására,

- Decentralizált, kis szennyvíztisztítók üzemeltetésére,
- Szakreferensi feladatok ellátására önkormányzatoknál, szakhatóságoknál. stb.
- Projekt menedzseri feladatok ellátására.
- A szakirányú diploma igazolja a FIDIC jellegű ismeretek elsajátítását.
- A szakirányú továbbképzésben megszerzhető szakképzettség neve:
- Települési szennyvízgazdálkodási szakmérnök

A képzés tanterve: <https://rkk.uni-obuda.hu/szakok/telepulesi-szennyvizgazdalkodasi-szakmernok/>

Jelentkezési határidő: 2024. május 31.

Jelentkezni lehet írásban postai vagy online úton a következő címen:

Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Környezetmérnöki Intézet, 1034. Budapest, Doberdó u. 6., vagy online a jelentkezési lap és kért dokumentumok küldése a következő címre: bodane.rita@rkk.uni-obuda.hu

A jelentkezési lap letölthető: <https://rkk.uni-obuda.hu/szakok/telepulesi-szennyvizgazdalkodasi-szakmernok/>

További információ 06-30-651-9852 telefonszámon, vagy az alábbi címen kérhető: bodane.rita@rkk.uni-obuda.hu



Napjainkra a városok üzemeltetését csak egyre bonyolultabb mérnöki megoldásokkal és összetett műszaki rendszerekkel lehet megfelelően végezni. A lakosság közszolgáltatásokkal való ellátása, a fellépő környezetvédelmi és közegészségügyi problémák kezelése komoly mérnöki feladat.

A Városüzemeltető Szakmérnök szakirányú továbbképzési szak képzési célja a településirányítás műszaki szakterületei számára olyan szakmérnökök képzése, akik megfelelő műszaki ismeretekkel és képességekkel rendelkeznek a települések műszaki alrendszereinek egységes működtetéséhez, fenntartásához és fejlesztéséhez, az önkormányzatok települési műszaki feladatainak ellátásához, és e feladatokkal kapcsolatos döntés-előkészítő munka elvégzéséhez.

Az oklevélben szereplő megnevezése: városüzemeltető szakmérnök

A felvétel feltétele: a képzésben legalább alapképzésben (korábban főiskolai szintű képzésben), műszaki képzési területen szerzett mérnök szakképzettséggel rendelkezők vehetnek részt.

A képzési idő: 2 félév

A képzés tandíja: 250.000 Ft/félév

Jelentkezési határidő: 2024. január 15.

Bővebb információ és jelentkezés: <https://mfk.uni-miskolc.hu/szakiranyu-tovabbkepzes>

Dr. Vágó János – janos.vago@uni-miskolc.hu

Jövőbiztos hidraulika, kiváló hatékonyság

Grundfos SP6" búvárszivattyú



www.grundfos.hu

GRUNDFOS 

A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség

2024. évi támogatói:



**HUNGARIAN
WATER
PARTNERSHIP**

A kiadást támogatta a Szövetség székhelyének otthont adó
Újbuda Önkormányzata és a Bethlen Gábor Alap Zrt.

**BIOSZÉP
KFT.**



BETHLEN GÁBOR
Alap

Köszönjük az ágazat elkötelezett támogatását!

LEGYEN ÖN IS TAGJA A SZÖVETSÉGNEK

Szakmai érdekképviselő

Szövetségünk kezdeményező és tevékeny módon képviseli a hazai vízügyi ágazatot. Valódi szolgáltatást végző, független szakmai szervezetként, támogatást nyújtunk a települési vízgazdálkodás területén dolgozó szakemberek munkájához (oktatás, tervezés, gyártás, építés, szak-, területi-, önkormányzati igazgatás, szakképzés, üzemeltetés területén dolgozók).

Stratégiai együttműködéseket alakítunk ki és működtetünk, hazai társszervezetekkel, szövetségekkel, érintett kormányzati szervezetekkel, a tagszervezeteink közé tartozó önkormányzatokkal és hatóságokkal, mellyel megteremtjük egy összehangolt ágazati érdekképviselő alapját. Felvállaljuk a települési vízgazdálkodás témakörébe tartozó aktuális szakmai kérdések tisztázását, ajánlások megfogalmazását.

Tudásátadás programunkon keresztül megismertetjük a szakmát a legkorszerűbb és leghatékonyabb megoldásokkal.

Hírcsatorna magazinunk negyedévente bemutatja az ágazat legfontosabb történéseit, és a tudásátadás programmal összehangolt, igényes publicisztikákkal jelenik meg.

Tudástárunk több száz szakmai prezentációt és szakanyagot tartalmaz.

Szakmai együttműködő partner

A MaSzeSz, mint széleskörű szakmai kapcsolatrendszerrel és tudással rendelkező független nonprofit szakmai szervezet kiváló együttműködő partner, konzorciumi tag, pályázatok és pilot projektek megvalósításában.

Nemzetközi kapcsolatainkat tagjaink szakmai fejlődése, kapcsolati hálójának szélesítése és üzleti lehetőségeik bővítése érdekében kamatoztatjuk.

Konferenciáink, jelenléti rendezvényeink, lehetőséget biztosítanak találkozásokra a szakmai partnerekkel és potenciális üzletfelekkel.

Vízérték képviselő – társadalmi kommunikáció

Célunk, hogy a víz értékét, és az e mögött álló szakmai munka presztízsét társadalmi szinten elfogadtassuk, és innovatív módon, szakmai alapossággal, következetesen képviseljük a fenntarthatóság szempontjait, és a körforgásos gazdaság megteremtésének fontosságát.

Kedvezmények

MaSzeSz tagként korlátlan hozzáférést szerez Tudástárunkhoz.

Jelentős kedvezményeket nyújtunk a Hírcsatornában megjelenő hirdetésekhez, és a Tudásátadás Programban való megjelenésekhez.

Jelenléti rendezvényeinket ugyancsak számottevő kedvezménnyel tudja látogatni.

IMPRESSZUM

A Magyar Víz – és Szennyvíztechnikai Szövetség online folyóirata

1118.Budapest, Rétköz utca 5.

Kiadó: MaSzeSz

Kiadásért felel: Rózsa Bálint (főtitkár)

Főszerkesztő: Papp Mária

Szerkesztő: Szabó Patrícia

Szerkesztőbizottság tagjai: Buzás Kálmán, Csörnyei Géza, Garai György, Géczi Ágnes, Jobbágy Andrea, Karches Tamás, Kiss Katalin, Licskó István, Laky Dóra, Makó Magdolna, Patziger Miklós, Vadkerti Edit, Varga Laura
Megjelenik negyedévente

Grafika és tördelés: Zsiráf Kreatív Ügynökség