

Hírcsatorna

A MAGYAR VÍZ- ÉS SZENNYVÍZTECHNIKAI SZÖVETSÉG LAPJA
2016/3. szám

Megújult a MaSzeSz szakmai lapja

Megszokott szakmai színvonallal, de megújult
külsővel jelentkezik a Hírcsatorna

HIRDETÉSI FELHÍVÁS!

A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség (MaSzeSz) megújulási folyamatának kiemelt fontossággal bíró lépéseként új arculattal, és a kor követelményeinek megfelelően, elektronikus formában jelenik meg a Hírcsatorna. A megújulás célja elsősorban a közel két évtizede megjelenő szakmai tartalmak méltó keretek között történő megjelentetése a széles publikum részére, illetve a MaSzeSz növekvő aktivitásának színes és informatív bemutatása.

A Hírcsatornával, a több száz a MaSzeSz tagon túl, a települési vízgazdálkodás széleskörű szakember gárdát érjük el: a víziközmű és vízipari cégek, illetve a minisztériumok és szakhatóságok mellett az önkormányzatok és a témában érintett oktatási intézmények körében is. A megújult Hírcsatornában továbbra is lehetőséget biztosítunk olyan vízipari cégeknek, akik hirdetéseik elhelyezésével kívánják felhívni a vizes szakma képviselőinek figyelmét a legújabb fejlesztéseikre, eredményeikre, szolgáltatásaikra.

Reméljük, az Ön szervezete is potenciális lehetőséget lát a Hírcsatornában való hirdetések megjelentetésében!

További információ:
mediaajanlat@maszesz.hu

Tájékoztatjuk Tisztelt Olvasóinkat, hogy a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség levelezési címe megváltozott. Kérjük, ezentúl postai küldeményeiket a **1134 Budapest, Váci út 23-27. MSZ 608.** címre szíveskedjenek küldeni.

Köszönjük!

IMPRESSZUM

A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség kiadványa

Címe: 1134 Budapest, Váci út 23-27. MSZ 608.

A fordításokat Simonkay Piroska okl. mérnök készítette

Kiadó és terjesztő: Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség

Főszerkesztő: Dulovics Dezsőné dr.

Tördelés: Két Zsiráf Kft.

TARTALOM

Főtitkári előszó	4
MaSzeSz Hírhozó	5
SZAKMAI - TUDOMÁNYOS ROVAT	
Kárpáti Árpád: Szennyvíztisztítás-energetika-gazdálkodás a lakosság/települések szennyvizeinek tisztításában	6
Lóka Máté, Lóránt Bálint, Tardy Gábor: A mikrobiológiai üzemanyagcellák alkalmazhatósága energia-hatékony szennyezés-eliminációs technológiák kialakításában	22
MASZESZ HÍREK, AKTIVITÁSOK	
Sikerrel zárult a MaSzeSz XVII. Országos Konferenciája	34
A MaSzeSz szakmai együttműködő partnerként segíti a Települési Önkormányzatok Országos Szövetségének (TÖOSZ) munkáját	36
Beszámoló a MaSzeSz Csődiagnosztikai Szakmai Napjáról	37
NEMZETKÖZI KITEKINTÉS	
Rekorddal zárult a idei IFAT	38
Bakos Vince, Jobbágy Andrea: Magyar sikerek az IWA kelet-európai fiatal szakemberek számára nyolcadik alkalommal megrendezett konferenciáján	39
KA – Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall tartalomjegyzék magyar nyelvű fordítása	
2016/04	44
2016/05	46
ÁGAZATI KÖRKÉP	
Összefoglaló az MTA Környezet és Egészség Bizottság és a Környezettudományi Elnöki Bizottság együttes előadójelentéséről	48
100 éves a Magyar Hidrológiai Társaság	50
A Magyar Mérnöki Kamara legnagyobb kitüntetésében részesítette Dr. Dulovics Dezsőt és Dr. Dulovics Dezsőné	53
MAVÍZ ŐKO AQUA 2016	54
GWP Stockholm Junior Water Prize 2016 magyar versenye	55

TISZTELT HÍRCSATORNA OLVASÓ! KEDVES KOLLÉGA!



A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség (MaSzeSz) az elmúlt néhány hónapban működésében és a tagjainak nyújtott szolgáltatásaiban is megújult. A MaSzeSz megújulása és az elért eredmények széleskörű megosztása nem lenne elképzelhető a Hírcsatorna, a jelen kor elvárásainak megfelelő szintre történő emelése nélkül.

A periodika szakmai elismertsége továbbra is töretlen, így az arculati megújulás csupán ennek kihangsúlyozását, a MaSzeSz megújulását, illetve a lap fenntarthatóságát célozza.

A szervezeti struktúránk megszilárdítását követően meghatároztuk céljainkat annak érdekében, hogy a széleskörű együtt gondolkodás és együttműködés lehetőségének megteremtésével, a hazai és nemzetközi tudás- és szakmai tapasztalat megosztásával értékes és valódi szolgáltatást nyújtsunk a széles körben értelmezett települési vízgazdálkodás területén dolgozó szakemberek munkájához. Ehhez biztosít kiváló felületet a MaSzeSz megújult szakmai lapja is.

A Hírcsatorna széles körben történő terjesztésével pedig hatékonyabban megszólíthatjuk a hazai települési vízgazdálkodási ágazat képviselőit, a víziközmű és vízipari cégeket, illetve a minisztériumokat és hatóságok mellett az önkormányzatokat és a témában érintett oktatási intézményeket.

Elkötelezettek vagyunk a friss, aktuális és professzionális szakmai lap kialakítása mellett, és bízunk benne, hogy lapszámról lapszámra olvasóink is pozitívan értékelik majd a törekvéseinket.

Sinka Attila
főtitkár

Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség

MaSzeSz HÍRHOZÓ

KEDVES KOLLÉGA!

Tombol a nyár, és egy meglehetősen „megtermett” HÍRCSATORNA számot vehetnek/vehetsz kézbe. A jelenlegit az az egyszerű tény növesztette ilyen méretesre, hogy a nyárelőt minden civil szervezet, így a szakmánké is, a közgyűlésekre, konferenciákra használta.

Szíves figyelmükbe/figyelmetekbe ajánlom az alábbi három cikket:

- Kárpáti Árpád: „Szennyvíztisztítás- energetika-gazdálkodás a lakosság/települések szennyvizeinek tisztításában” című összefoglalóját, és
- Lóka Máté, Lóránt Bálint, Tardy Gábor : „A mikrobiológiai üzemanyagcellák alkalmazhatósága energia-hatékony szennyezés-eliminációs technológiák kialakításában” című, a 2016. évi Junior Szimpóziumon nyertes előadások szövegbe öntését, valamint
- Bakos Vince, Jobbágy Andrea: „Magyar sikerek az IWA kelet-európai fiatal szakemberek számára nyolcadik alkalommal megrendezett konferenciáján” című beszámolóját.

Főtitkárunk tájékoztatóját közöljük a HÍRCSATORNA **arculatának** formai **megújításáról**. Beszámolunk a **MaSzeSz XVII. Lajosmizsei Konferenciájáról, Csődiagnosztikai Szakmai Napjáról**.

Új rovatot nyitottunk a **nemzetközi és ágazati hírek** esetenkénti közlésére.

Várjuk Tisztelt Olvasóink észrevételeit és közreműködésüket/közreműködésedet köszönjük!

Kellemes pihenést és jó munkát kíván a nyár folyamán is, kinek, mi jutott osztályrészül:

Prof. Emerita Dulovics Dezsőné dr.
Szerkesztő Bizottsági tag, főszerkesztő

SZENNYVÍZTISZTÍTÁS – ENERGETIKA – GAZDÁLKODÁS A LAKOSSÁG/TELEPÜLÉSEK SZENNYVÍZÉNEK TISZTÍTÁSÁBAN

DR. KÁRPÁTI ÁRPÁD
PANNON EGYETEM, VESZPRÉM

Kulcsszavak: a szennyvíz összetétele, energiahasznosítás, energiahasznosulás, egyedi és települési szennyvíztisztítás, iszapkezelés, maradékanyagok



Bevezetés

A tömény élelmiszeripari szennyvizek energiatartalmának intenzív (granulált iszapos) anaerob technológiával történő hatékony újrahasznosítása ma már széleskörű gyakorlat. A sokkal hígabb lakossági szennyvizek „megújuló” szerves szennyezőanyagainak energiatartalma csak kisebb határfokkal forgatható vissza. Ennek ellenére ma már egyre nagyobb hányadát (negyedét-harmadát) tudják a nagyobb üzemméretű szennyvíztisztítóink újrahasznosítani. Ezt a hányadot ugyan lehetne még növelni, azonban a lakossági tisztítás nitrogén, pontosabban nitrát eltávolítása romlana azzal. A fizikai-kémiai úton történő lebegő és finom kolloid anyag eltávolításnak, majd rothasztással történő metánná alakításnak ezért gondos egyensúlyban kell lenni a mindenkor szükséges nitrát redukcióhoz szükséges, jól bontható szerves anyag ellátásával, ami nélkül csakis utólagos, külső szerves anyag bevitellel érhető el a szigorúbb tisztítási igényeket kielégítő nitrogéneltávolítás. Az áttekintő ennek a kényes egyensúlynak a kérdését elemzi, vizsgálva a megvalósítás mindennapi gyakorlatát is.

Víz, lakossági vízigény és szennyvíz

A megfelelő minőségű „édesvíz” adott mennyiségben nélkülözhetetlen testünk sejtjeink működéséhez. Elengedhetetlen ez, hiszen testünk kétharmada víz. Ennek része az oxigént, tápanyagokat és anyagcsere termékeket szállító vérünk is. Az ember napi frissvíz igénye 1,5-3 liter, amiből mintegy fél liter a tüdőből a kilégzéssel kerül a levegőbe. Keveset bőrünkkel is párologtatunk, míg nagyobb rész a vizelettel, széklettel a szennyvízgyűjtés, tisztítás vonalára jut. Ez történhet közcsatornába vezetéssel, vagy közcsatorna nélküli házi szennyvízgyűjtéssel, amelyekhez megfelelő szennyvíztisztítás, tisztított víz és iszap elhelyezés kapcsolódik. A víz mellett napi energiafogyasztásunk az élelmiszerekkel átlagosan 1500 kcal/fő. Ennek 75-80 %-át hasznosítjuk a szerves anyagok sejten belüli, oxigénnel történő égetésével, a többi (400 kcal/fő*d) a vizelettel, széklettel a szennyvízbe kerül. A szennyvíz tisztításánál meghatározó, hogy a kiválasztási maradékaink és egyéb szennyvízkomponensek hogyan, milyen mértékben, milyen beruházási (amortizáció), energia és egyéb tisztítási költséggel távolíthatók el abból, alakíthatók újrahasznosítható anyagokká, vagy deponálható inert maradékká, mint az iszapégetés salakanyaga.

A kiválasztási maradékaink jelentős hígítással (mintegy átlagosan 120-150 liter/fő*d) kerülnek a városi közcsatornába. A falusi környezetben a hígítás csak mintegy a fele. Így az ott működő hagyományos technológiájú egyedi, vagy azokhoz elvében szükségszerűen hasonló elvű házi szennyvíztisztítóknak is kétszer töményebb szennyvizet kell tisztítaniuk, mint a nagyvárosiaknak. A hígítás egyébként az élelmiszer előkészítés, tisztálkodás, mosás és egyéb háztartási tevékenységek vízfelhasználásából adódik. A városokba települt ipari tevékenységek (élelmiszer feldolgozás, háziipar, stb.) szennyvizei a lakosság szennyvizének az összetételét tovább módosítják. Nagyon fontos, hogy csak biológiailag jól bontható szerves anyagok, illetőleg az élővilágra, a szennyvíz mikroorganizmusaira nem mérgező egyéb szennyezők kerüljenek a közcsatornába, majd

onnan a lakossági szennyvíztisztítóba. A lakosság rostfogyasztása már lebonthatósági gondot jelent a mikroorganizmusoknak. A legkisebb és házi szennyvíztisztítókat kivéve ennek a fokozott bontására, hasznosítására is komoly lépéseket tesz ma már a szakma.

Ha a lakosság szennyvízbe juttatott mintegy 400 kcal/fő*d energiamennyisége ott valamiképpen közvetlenül hővé alakulna, a 150 liter szennyvizünk hőmérsékletét alig 2 fokkal tudná csak megemelni, ami energianyerésre kevés. Ugyan emellett a víz saját hőtartalmának a hőszivattyús hasznosítása is egyre aktuálisabb kérdés, ezzel azonban ez az anyag nem kíván foglalkozni. Csak a szennyezőanyagok lebonthatóságát, oxidációját, metánná alakítását és újrahasznosítását, illetőleg az azzal kapcsolódó, de a szennyvíz tisztításában jelentkező problémákat próbálja áttekinteni. Természetesen a házi szennyvíztisztítók esetében ennek az energiának az újrahasznosítása lehetetlen. A bontható szerves anyagok széndioxidá és vízzé alakításának az energiaigényét, valamint a tisztított víz és iszap természetbe történő visszavezetésének a költségét azonban ezeknél is mindenképpen csökkenteni kell, egyébként terjedésükre csak igen lassan számíthatunk.



Mi is a kiválasztásunk maradéka, s az egyebek a szennyvízben

A közcsatorna szennyvizének az összetételét a sokféle komponense miatt csak közelítőleg, vegyületcsoportonként, vagy valamilyen ezekre jellemző összegző mutatóként célszerű behatárolni, vizsgálni, minősíteni. Gyakorlatilag változatlan formában juttatjuk oda az ételleinkkel elfogyasztott, emészthetetlen rostanyagokat, melyek a szennyvíz tisztítása során sem változnak számottevően. A keményítőknak, zsíroknak, fehérjéknek, aminosavaknak, enzimeknek viszont csak belső átalakításaink, hasznosításuk utáni maradékai kerülnek oda (a tápanyag só-tartalmával egyetemben, aminek a gyógyászat napjainkban különös jelentőséget tulajdonít). A hasznosítható szerves anyagok döntő részét szervezetünk sejtjei a vér oxigénje segítségével széndioxidáá égetik. A szerves anyagok maradékát azután a vizekben élő mikroorganizmusok sejtjeinkéhez hasonló folyamatokkal oxidálják, biztosítva létfenntartásukat, szaporodásukat. Túlzott vízszennyezés esetén elfogyasztják a szennyvízből az abba beoldódó oxigént, ami anaerob folyamatokat indít abban, illó savakat és kénhidrogént termel, rothadóvá, bűzössé, fertőzővé téve azt. A záptojás szagú kénhidrogén csak részben keletkezik tápanyag maradékainkból, jó része az ivóvíz szulfát tartalmából keletkezik, miután anaerob környezetben az oxigénjét a mikroorganizmusok elvonják.

A fehérjék redukált nitrogénje szervezetünkben csak időszakosan kerül hasznosításra. „Hulladékát” a vese választja ki a vizelettel, de valamilyen a széklettel is távozik (szerves-N). Sejtjeink a redukált nitrogént nem tudják oxidálni, ilyen formájában kerül a szennyvízbe. A vizeletből ammóniummá alakuló nitrogén a növényeknek közvetlenül is jó tápanyag lehetne. A vizek

állatvilágára, a halakra azonban mérgező. Eltávolítása ezért a szennyvizekből a szerves anyagokéhoz hasonlóan alapvető követelmény. Ezt egy másik mikroorganizmus csoport végzi, de ugyancsak oxigénnel.

A redukált nitrogénhez hasonlóan változatlan mennyiségben és formában kerül kibocsátásra szervezetünkben az energiaátalakításainkban átvivő komponensként nélkülözhetetlen foszfát is (ADP/ATP). A foszfát a fény mellett az élővizekben az algák, növények szaporodásának a limitáló nyersanyaga. Túlzott koncentrációja jó fényellátottságnál alga- és növénytúlburjánzást, eutrofizációt eredményez. Más kérdés, hogy a foszfor csaknem a lakosságéhoz hasonló mennyiségben a mosó-, tisztítószerkekből is bekerülhet a települések szennyvizébe. Eddigi tapasztalatok szerint a házi szennyvíztisztítók szennyvizébe jelentősebb arányban is érkezik ilyen, vagy egyéb, ma még tisztázatlan forrásból.

A fentiek mellett a háztartásokból napjainkban sok más vegyszer, mosó- és fertőtlenítő anyag is belekerül a szennyvizekbe. Ugyancsak ide kerülnek az élelmiszeripar által az élelmiszerekbe bevitt természetes vagy szintetikus segéd és ballasztanyagok, valamint a jelentősen elszaladt gyógyszerfogyasztásunk maradékai, emberi szervezetben módosított termékei is. A növényvédő vegyszerek a gyógyszerekhez hasonlóan, nem csak ipari, de felhasználói oldalról is bejuthatnak a szennyvizekbe, élővizekbe (vízfolyások mérgezései). A legveszélyesebb ipari szennyezések üzemben belüli visszatartása, eltávolítása napjainkban már komoly előírás az ipari kibocsátókra.

A lakossági szennyvíz jellemzői, szennyezettsége

A különböző szerves anyagok biológiai bonthatóságán túl fontos ismerni az oxidációjukhoz szükséges oxigén fajlagos mennyiségét, ami az energiatartalmukkal egyenesen arányos. A szennyvíztisztítás gyakorlatában ezt az egyszerű kémiai módszerrel mérhető oxigénigényként (KOI) (teljes kémiai oxidáció oxigénfogyasztása) határozzák meg. Az oxidációnál keletkező hő is mérhető, számolható. Élelmiszereink energiatartalmának behatárolásánál van az utóbbinak igazán jelentősége. A KOI viszont a biológiailag bonthatatlan cellulóz és rost anyagokat is beméri (tömény kénsavas közegben, 140 °C-on, 2 órán keresztül történő oxidáció bikromáttal). Nem méri ugyanakkor az ammónium tartalmat, illetőleg oxigénigényét, mert azt ilyen környezetben nem oxidálja a bikromát.

A szerves anyagok biokémiai oxigénigénye (BOI) részben a cellulóz és rostanyagok, részben a sejtek szaporodása és annak a maradéka miatt elfogadható időtávon mindig kisebb a KOI-nél. Az eleveniszapos tisztításnál a jellemzőként mért 5 napos biológiai oxigénigény (BOI5) átlagosan annak csak a KOI kétharmada. Az ammónium biológiai oxidációjának az oxigénigényét, ami a tisztításnál ugyanígy jelentkezik, az ammónium és a szerves-nitrogén tartalom összegének (TKN – összes redukált nitrogén) az analitikai mérése alapján kell meghatározni. Az összes-foszfor tartalmat (TP) az utóbbihoz hasonlóan kell mérni, míg a formált szennyezők mennyiségét 0,45 mikronos szűrővel határozzuk meg (SS). Az utóbbi tartható vissza a biológiától az előülepítéssel.

Napjainkra a városias lét kialakította, hogy a lakosság döntő részének a vízöblítéssel eltávolítható szennyezései a közcsatornába kerülnek. Döntő hányadok eltávolítása abból megfelelő szennyvíztisztítóban történik. A lakosonkénti naponta a szennyvízbe kerülő 400 kcal energia átlagosan 110 g KOI, 60 g BOI5, 8-10 g összes redukált nitrogén (összes ammónium és szerves nitrogén – TKN) és 2 g összes foszfor (TP) szennyezőanyagot jelent. Ezek az átlagosan elfogadott lakos-egyenérték (LE) fajlagosok a hozzájuk tartozó átlagos lakossági vízfogyasztással, ami hazánk városiban a már említett 100-150 liter/fő naponta. Az ilyen terheléssel kialakuló átlagos szennyvíz koncentrációk, s a napjainkban megkívánt tisztítási hatások (tisztított szennyvíz minőségek) az **1. ábrán** láthatók.

Q~120l/fő*d

	LEÉ g/fő*d	Szv. Konc. mg/l (~8xLEÉ)	Befogadó határérték mg/l
KOI	110	880	<125-50
BOI5	60	480	<25
SS	60	480	<35
TKN	13	104	<55-10
TP	2	16	<10-0,7

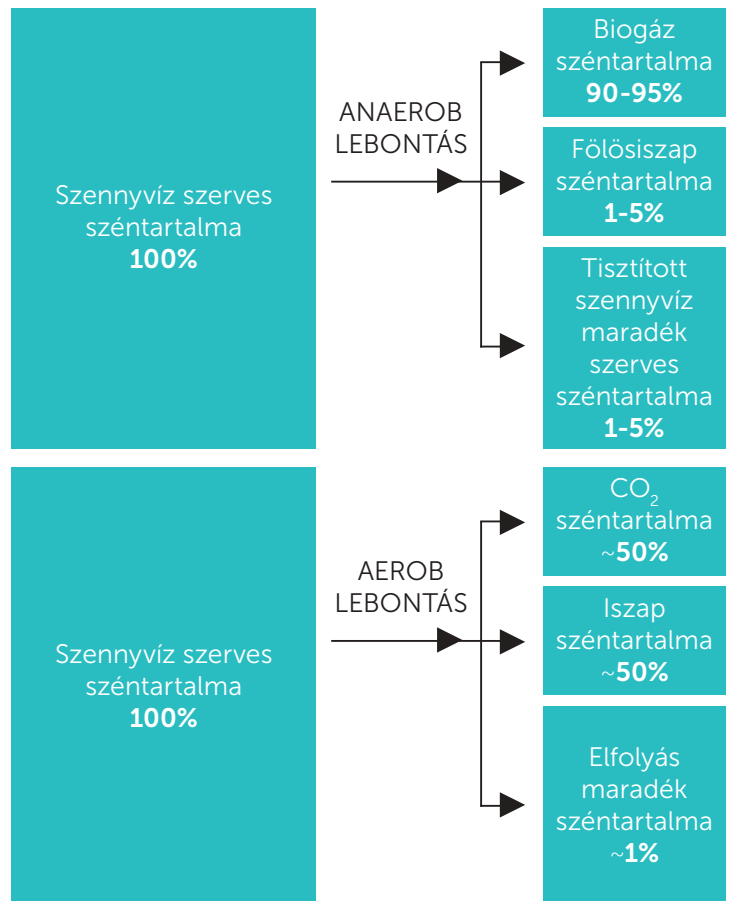
1. ábra A lakossági szennyvíz átlagos terhelése, összetétele és tisztítási igénye

Közülük persze a TKN a legbizonytalanabb, mivel a lokális különbségek (fogyasztási szokások, lehetőségek, ipari behatások nitrogénszegény szennyvizekkel) miatt nagyon nehéz arra átlagosan jellemző értéket megadni.

A szennyező anyagok energiatartalma, bonthatósága, oxigénigénye

A vízszennyezettség kémiai oxigénigénnyel arányos energiatartalmának becslése a metán oxidációjának példájából könnyen érthető. Más kérdés, anaerob átalakítással szerves anyagból oxigén kizárásával metán és széndioxid is termelhető. Az így átalakított szerves anyagból, iszapmaradékból annak a bontható KOI-jével arányos mennyiségű széndioxid és metán keletkezik, az utóbbiban koncentráva a kiindulási anyag teljes energiatartalmát (2. ábra).

A metán oxidációjának oxigénigény ugyan a biológia szempontjából csak elvi jelentőségű, de jól érzékelteti annak az oxigénigényét, illetőleg a szerves anyag oxidációval járó energiavesztéséget. A másik irányú átalakításra ugyanakkor pontosítja, hogy az anaerob szerves anyag átalakítás a fermentálható KOI-ból mennyi metánt, illetőleg energiát tud termelni (3. ábra).



2. ábra Az anaerob és aerob szennyvíztisztítás átalakításai és fajlagos izaphozama (Kárpáti, 2016)



A tömegfajlagos kémiai oxigénigény:

$$4 \text{ g KOI} / \text{g CH}_4 \quad (1 \text{ g KOI} = \frac{1}{4} \text{ g CH}_4, \text{ mintegy } 3 \text{ kcal})$$

$$(1 \text{ m}^3 \text{ metán } 9,94 \text{ kWh,}$$

$$\text{illetve } 16/22,41 \text{ liter (1 g) metán} = 0,00994 \text{ kWh.)}$$

$$\text{Mivel } 2,35 \text{ kcal} = 0,002724 \text{ kWh,}$$

$$0,7 \text{ g metán} = 994/272 \times 2,35, \text{ közelítőleg } 8,8 \text{ kcal.}$$

Fentiekből adódik, hogy 1 g KOI, ami $\frac{1}{4}$ g CH₄,
 illetve 0,33 liter normál térfogatú CH₄, ~ 3 kcal

3. ábra
A metán teljes oxidációja, és energia egyenértékei

A szennyezők eltávolítási lehetőségei a szennyvízből

A szénhidrátok tömeg-fajlagos energiatartalma bonthatóságuktól függetlenül jóval kisebb, mint a metáné, hiszen erősen oxidált anyagok. Az energiatartalmuk a fenti példa alapján ugyanúgy jellemezhető az oxidációjukhoz szükséges oxigénigénnyel. A kémiai oxidációval mérhető, vagy akár az oxidáció egyenletéből számítható KOI mintegy 1,1 g KOI/g szénhidrát körül van. Ugyanez a fehérjéknél 2,2, a zsíroknál 3,2 g/g anyag. Láthatóan továbbá, hogy az anaerob rothasztásnál az azzal átalakítható, metanizálható szerves anyagból, illetőleg annak minden gramm KOI-jéből 0,33 liter metán termelődik a megfelelő energiatartalommal (Fazekas et al., 2013).

Látható a fenti példából az is, hogy a cukrok, keményítők oxidációjához, s egy részük iszappá alakításához (szerves anyag asszimiláció, immobilizáció) kell fajlagosan a legkevesebb oxigént és energiát bevinni az aerob biológiai tisztítási lépcsőben. Ha viszont anaerob úton történik az átalakításuk, metanizációjuk, azokból lehet a legkevesebb metánt, energiát kinyerni. Persze hiába próbáljuk a metánt cellulózból előállítani, az adott mikrobiális környezetben műszakilag szóba jöhető idő alatt nem lehetséges. Ezek a rothasztásnál is döntően az iszapmaradékba kerülnek. Részben ennek a következménye, hogy a lakossági szennyvíziszap rothasztása során a KOI-jének (szerves anyagai) csak a fele alakul át metánná. A fehérjéknek és zsíroknak viszont minél nagyobb hányadát kellene anaerob úton közvetlenül metánná alakítani. Sajnos a szennyvizeink nagymértékű hígítása miatt a közcsatorna vízből ez közvetlenül nem megoldható, hiszen az energianyereség a híg víz hőmérsékletét semmiképpen nem tudja a metanizáció reakciósebességének kedvező mezofil, vagy termofil hőmérsékletre (37/50-55 °C) emelni. Ezt a természet hidegen a koncentrált iszapüledékekben igen hosszú idő alatt végzi. Ezért először az ember a levegő oxigénjével történő mikroorganizmusokba építést, tisztítást tudta a természettől ellesni, átvenni, optimalizálni.

Alapvető kérdés a szennyezőanyagokat illetően azok eltávolításának a lehetősége. Ez lehet fizikai ülepítéssel történő szeparáció a durvább alakos szennyezőknél, ülepedő csapadékká alakítás kémiai beavatkozással, átalakítással, biológiai oxidáció széndioxiddá és ülepedő iszapmaradékká, illetőleg anaerob fermentáció metánná és széndioxiddá. Mindegyik lehetőségnek megvannak a maga környezeti feltételei.

A nagyobb, nehezebb részek lassan mozgó vízben kiülepedhetnek. A felúszásra hajlamos zsírrészeket persze azt megelőzően célszerű eltávolítani egy kombinált zsír és homokfogóban. A részecskék növelésével (koaguláció, flokkuláció) a fázisszétválás javítható, gyorsítható, ami a biológia előtt jobb előtisztítást, szeparációt eredményez. A durvább cellulóz, rost, zsír és fehérje tartalmú részek így döntően az előülepítő úgynevezett primer iszapjába kerülnek szennyezőik változatlan energiatartalmával. Ez a biológiai oxidációnál keletkező iszappal együtt a tisztítandó szennyvíz energiatartalmának több mint a felét is tartalmazhatja. A foszfát vas és alumínium ionok hatására kicsapódik, s szintén az üledékbe kerül. Az előülepítés és a biológia kevert iszapjának az anaerob rothasztásával összetételétől, és a rothasztás körülményeitől függően szerves anyaguk 50-60 %-a metánná és széndioxiddá alakítható. Metánként így viszszerterhető a szennyvíz kiindulási energiatartalmának negyede-harmada.

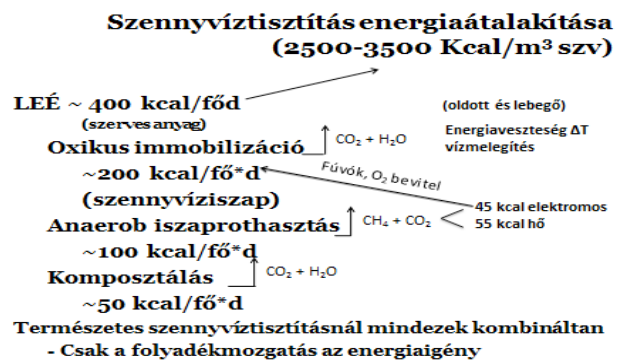
Kisméretű egyedi tisztítók, házi szennyvíztisztítók esetében a formált részek elválasztása egy kiegyenlítő medencerészben történik. Ugyanitt viszont a pangó iszapban anaerob hidrolízis is bekövetkezik. A nem bontható részek ennek az egységnek az iszapjában gyűlnek össze. A vegyszeres foszforkicsapítás nem célszerű, hiszen jelentős iszaphozam növelő, s gyakoribb iszapszippantást, elszállítás igényel az ilyen tisztítóból. A hidrolizált és részben hidrolizált oldott és lebegő részekből az ilyen tisztítóknál is a levegőztető részben keletkezik a fölősiszap.

Fokozott mértékű oxidációval mennyisége jelentősen csökkenthető. Ez viszont a nagy tisztítóknál fajlagosan nagyobb oxigénigényt, felhasználást, beviteli költséget jelent.

A közepes és nagy szennyvíztisztítóknál az oxigénnel történő biológiai tisztításra költségkímélés (energiatartalmának csökkenése, levegőbevitel, folyadékmozgatás igénye) céljából lehetőleg már csak a nagyon finom kolloid és oldott szerves anyagok, a döntően ammónium formájú redukált nitrogén, és a kicsapatás után maradó foszfát célszerű, hogy kerüljenek. Ez napjaink nagyobb szennyvíztisztítóinál, ahol anaerob iszaprohasztás is van, egyértelmű követelmény. A kis szennyvíztisztítóknál ellenben a formált részek maximális anaerob hidrolízisével, majd az azt követő teljes szerves anyag oxidációval lehet az iszaphozamot minimalizálni. A nagy tisztítók rohasztás utáni iszapmaradékának a további oxidációja, stabilizálása folyadék és fél-szilárd formában is történhet (aerob stabilizáció, szárítás, komposztálás).

Az egyedi és házi szennyvíztisztítóknál csakis a levegőztetett medencében történő iszapstabilizálás jöhet szóba, melyet követően a két külön, vagy egyesítve gyűjtött iszapját, nagyobb telepen lehet rohasztani, újrahasznosíthatóvá tenni. Napjainkban ezt a zsákos iszapszűrés még bonyolultabbá, munkaigényesebbé teszi, ami ennek a tisztításnak a tisztított víz minőségén és elhelyezésén túl a másik meghatározó problémája. A tisztítás nagy szennyvíztisztítóknál felírható anyag átalakítása és energiaigénye előülepítés nélkül a 4. ábra szerint alakul. A biológiai oxidációra kerülő szerves anyag fajlagos oxigénfogyasztása energiavesztése a KOI-jének közel fele.

A többi KOI-nak megfelelő szerves anyag, illetőleg energia náluk a nagyobb tisztítóknál a keletkező iszapban jelenik meg. Ezért is célszerű a szerves anyag minél nagyobb hányadát a biológiai oxidáció kihagyásával, közvetlenül az iszaprohasztásra vinni. Egyrészt kevesebb lesz azzal az oxidáció energiaigénye, másrészt nagyobb a metántermelés lehetséges energianyeresége. Ma már megfelelő iszaprohasztással a metántermelés elvileg bőven fedezhetné a levegőztetés energiaigényét. Sajnos a metánt villanyárammá alakító gázmotorok és dinamó együttes hatásfoka ma még kevesebb 45 %-nál (4. és 5. ábrák).



4. ábra A szennyvíztisztítás energiaátalakítása előülepítés nélküli teljes oxidáció esetén (Kárpáti, 2016)



5. ábra Szennyvíziszap biogázából villamos energiát termelő gázmotor

A lakossági szennyvíztisztítás, mikroorganizmusai és „üzemeltetésük”

Az iszaprohasztásnál tehát a lakossági nyersiszap (primer és szekunder keveréke) szerves anyagának fele alakul metánná és széndioxid-dá. A maradék ugyanakkor stabilabb, kevésbé rothadó anyag lesz. Az utólagos iszapstabilizálás a rothasztott iszapoknál híg formájukban nem alkalmazott. Azok iszapját előbb centrifugákkal fél-szárazra (25-27 % szárazanyag tartalom) sűrítik, s további száraz növényi anyagokkal keverve komposztálják. Ez is levegőztetéssel történik azonban, 50-60% nedvességtartalom mellett, aminek a végén, a talajokon a falevelekből nedves környezetben kialakuló humuszhoz hasonló terméket kaphatunk. Az általunk fogyasztott cellulóz és rostanyagok sem a gyomrunkban, sem a lakossági szennyvíztisztítók aerob, majd anaerob biológiai átalakításai során nem változnak számottevően. A komposztálás során azonban ezek, s a sejtek lassan bontható maradványai is humifikálódnak a félszáraz környezetet kedvelő gombák közreműködésével. Velük szemben a keményítők (egyszerűbb szénhidrát) már a megelőző átalakításokban hasznosulnak, míg a szénhidrátok legegyszerűbb formáit, a cukrokat szervezetünk teljes mértékben hasznosítja, így csak egyéb, ipari maradványként kerülhetnek a lakossági szennyvízbe.

Fontos az iszaprohasztás maradéka tovább feldolgozásának az energiaigénye is a teljes energiamérlegben, ami a fenti ábrákból nem látszik. Erről a későbbiekben még részletesebben említésre kerülnek. Ugyancsak meghatározó energetikailag a humifikált szerves maradék mezőgazdasági újrahasznosítása is, melyet a növények gyökérzetén keresztül történő tápanyagfelvétel tekintetében nem is igyekszünk talán kellően számszerűsíteni, holott őseink pontosan tudták, hogy a talaj termőképességét hosszú távon ezek az anyagok stabilizálják.

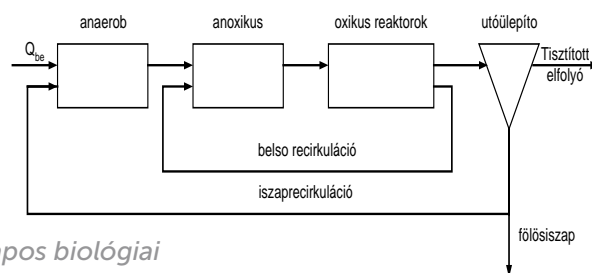
Az élővizekben történő szerves anyag oxidáció, amely mesterséges levegőztetéssel, s a pelyhekbe tömörülő mikroorganizmusok folyamatos visszatartásával, maximális kihasználásával lett ipari technológiává, korunk legelterjedtebb szennyvíztisztítási módja. Ez kicsiben, lakosokhoz, lakásokhoz kötve is technológiázható, de messze kevésbé optimalizálható. Pedig csak levegőztetni kell a szennyvizet, s a keletkező iszapot a tiszta résztől szétülepíteni, vagy megfelelően megszürti. Az utóbbi már ultraszűrővel megvalósítható. Teljesen irreális ugyanakkor a keletkező iszap metánná alakítása kis telepeken, ami azok költségmérlegét nagymértékben rontja. Ma sem gazdaságos az iszap metanizációja még 20-40 ezer lakosnál kisebb terhelésű szennyvíztisztítóknál a drága hőcserével történő előmelegítés, elővíztelenítő, rothasztó, utóvíztelenítő, biogáz hasznosító berendezések miatt. Napjainkban a kisebbek települések, agglomerátumok szennyvíztisztítói régiós szervezésben a nagyobbakhoz szállítják az iszapjukat rothasztásra.

Szennyvizeink oldott szerves anyagainak a határértékre történő eltávolítása a levegőztetett biológiai egységekben, s az utóülepítőben történik. Bonyolítja persze a feladatot, hogy háromféle mikroorganizmus faj együttélését kell biztosítani mindhárom fő szennyezőanyag (szerves-C, N, P) megfelelő eltávolításához, melyek szaporodási sebessége, iszaphozama, környezetigénye eltér egymástól. Leggyorsabban szaporodók a szerves anyag oxidáló heterotrof mikroorganizmusok.

A redukált nitrogént (ammóniumot) oxidáló, s a szerves szén helyett hidrogén-karbonát szenét sejtjeibe építő autotrofok, a redukált nitrogént előbb nitritté, majd nitráttá oxidálják. Ezután a szerves anyagot oxidáló heterotrofok oxigénmentes környezetben (anoxikus) a nitrát oda történő visszaforgatása esetén a nitrát oxigénjét hasznosítják, elemi nitrogénné redukálva a nitrát-N-t. Sajnos a denitrifikáció a recirkulációkkal csak 75-80 %-os lehet, ami esetenként nem elegendő a tisztítási előírások teljesítéséhez. A rot-

hasztásnál felszabaduló ammónium valamilyen főágtól független eltávolításával elérhető jelentős N-eltávolítás növelés, hiszen az iszapvízből a nyersvíz oda kerülő redukált nitrogén terhelésének a 15-20 %-a eltávolítható, csökkentve a főág terhelését.

A heterotrofok egy csoportjából szintén célirányos környezetváltásokkal (anaerob/aerob) többletfoszfor akkumulálására sikerülhet speciális fajokat szelektálni. Ezek a sejteikbe polifoszfátként építik be (akkumulálják) a vízből a foszfort. Az anaerob térrész csakis a medencesor elején lehet, ahova az utóülepítő iszapját folyamatosan visszavezetik. A mindenkori iszapszaporulatot ugyancsak az utóülepítő fenekéről kell további feldolgozásra vinni **(6. ábra)**. Mivel az ammónium oxidációnak nagyon kicsi az energianyeresége, iszaphozama, a biológiai, vagy szekunder szennyvíziszap több mint 90-95 %-át a szerves anyagot oxidáló, úgynevezett heterotrof fajok termelik (Fazekas et al. 2013).



6. ábra Napjaink eleveniszapos biológiai szennyvíztisztításának alapsémája

Végezhető ez az összetett biológiai szennyvíztisztítás és egyidejű kevertiszap termelés, lebegő formájú iszappal, ami az áramló közegben 150 mikronnál kisebb, folyamatosan széteső-megújuló pelyhekből áll. Végezhető fél-2 mm vastagságú álló vagy mozgó felületen kialakuló biofilmekkel, vagy akár a legújabban kifejlesztett 1-2 mm átmérőjű granulált formájú iszappal is. Az utóbbiakban az oxigén diffúziója miatt a biofilm mélységében eltérő az oxigénellátottság, ami az egyes fajok rétegzett elhelyezkedését eredményezi. Az eleveniszap pelyhecskéiben a mikroorganizmus eloszlása homogén. A mikroorganizmusok által végzett munkát az oxigén-diffúzió túl csak a medenceterekben váltakozó/változó oxigén és tápanyag ellátottság is szabályozza.

Az első térrész a nitrát és oxigén maximális kizárásával a biológiai többletfoszfor felvételre képes fajok (foszfor-akkumuláló heterotrof fajok (PAH) elszaporodását teszi lehetővé) (A Szerkesztő megjegyzése: a Szerző a PAH rövidítést nem az szokásosan alkalmazott policiklikus aromás szénhidrogének jelölésére alkalmazza). Tulajdonképpen abban polifoszfát depolimerizációja, szennyvízbe bocsátása történik az arra alkalmas mikroorganizmusokból, amit azután a másik két térrészben újra felvesznek a vízből speciális tevékenységük energiájának biztosítására. A második, nem levegőztetett térrész, megfelelő belső-recirkuláció kialakításával elengedhetetlen a harmadikban oxidált ammónium megfelelő hányadának a redukálására. Végül a harmadik, levegőztetett térben történik a még vízben maradt oxidálható szerves anyag, s az ammónium teljes mennyiségének az oxidációja, s az oldott foszfát PAH mikroorganizmusokba történő beépítése. Mindezeket az egyes mikroorganizmus fajok megfelelő szaporodási sebességét figyelembe véve kell egyensúlyban tartani.

Iszapmaradék és csökkentésének lehetősége

Az eleveniszapos rendszerek korábban folyamatos átfolyásúak (betáplálásúak) voltak, mára azonban a folyamatszabályozás fejlődése eredményeként szakaszos betáplálással (SBR) és magában a levegőztetőben történő ülepítéssel is építik és üzemeltetik azokat. Ma már a biofilm és granulált iszap a maga inhomogenitásával, valamint a már említett oxigén és tápanyag ellátottság messze bonyolultabb, térben és időben is történő szabályozásával meglehetősen átrendezte a korábbi kiépítés és üzemeltetés gyakorlatát. A folyamatok előbb az eleveniszap és a biofilm kombinálásával hibriddé váltak. A régi, statikus, felülről nedvesített (locsoft), vagy vízbe merített és alulról levegőztetett rendszereket kiegészítették a mozgó biofilm hordozósakkal. Ez a korábbi finom buborékos levegőztetés kisebb változtatását, valamint a biofilm hordozók megfelelő fejlesztését is igényelte. Az utóbbiaknál megfelelő szűréssel (szűrőfal) történő biofilm töltet visszatartás is elengedhetetlen. A környezet ciklizálásához szükséges medencszám ugyanakkor a folyamatos betáplálású rendszerekénél ezzel nem csökken.

A korábban három térrész (anaerob/anoxikus/aerob eleveniszapos medence) végül a kellően kompakt, eleveniszapénál jóval nagyobb (átlagosan egy milliméter) átmérőjű és nagyobb sűrűségű, gyorsabban ülepedő, iszapgolyócskák kialakításával került azokba „összenyomásra”. A granulált iszapos megoldásnál ezért egyetlen térrész is elegendő, melyben valamennyi rész-folyamat biztosítható az iszapgolyók rétegesen kialakuló belső tereiben (Fazekas et al., 2015). A tisztítás végeztével az iszap ülepítését is biztosítani lehet ugyanabban a reaktortérben. Ezt az ilyen iszap nagy ülepedési sebessége teszi lehetővé. Az utóbbi megoldás azonban csakis teljesen ciklizált üzemmódban (SBR), rendkívül gondos tápanyag ellátás és levegőztetés ciklizálással és szabályozással valósítható meg. Ehhez az előülepitett szennyvíz megfelelő előtárolása is elengedhetetlen a gyorsabb ütemű szennyvíz feladáshoz.

Az aerob biológiai tisztítási változatok közül a biofilm eredményez csak jelentősebb fölőliszap-hozam csökkenést. A mikroorganizmusok általában a szerves anyagnak a felét beépítik a szaporulatukba. Velük szemben az anaerob metántermelésnek (iszaprothasztás) a nem bontható részekről eltekintve alig van iszaphozama. Ennél nem lehet ideálisabb megoldás az iszapmaradék csökkentésére, azonban kiépítése, mint már korábban említésre került, nagyon költséges (Fazekas et al., 2013). A primer és szekunder iszapok ugyanakkor mindenképpen megfelelő stabilizálást, fertőtlenítést igényelnek.

A nagyobb szennyvíztisztító telepeken az anaerob iszaprothasztás (metánként történő részleges energia visszanyerés) napjainkban elengedhetetlen. Ezután a hatásosabb víztelenítést követően komposztálással célszerű a már a nyersvíz negyedénél is kevesebb energiátartalmú maradékot tovább stabilizálni, amelynél energiamaradéka ismét a felére csökken. A komposztálás is aerob, tehát levegőztetett iszapmaradék stabilizálás, célszerűen mezőgazdasági hasznosítás érdekében. A nagy víztartalmú rothasztott iszapnak a centrifugálás előtti nitrogén-mentesítése, valamint az ugyanonnan, struvitként ($MgNH_4PO_4 \times 6 H_2O$) történő foszfor visszanyerés kiépítése ma még csak fejlesztés szintjén van. A centrifugálás iszapvízének a szeparált nitrogén-mentesítésére ugyanakkor ma már nagy számban működő megoldás.

Az iszapstabilizálást a kisebb telepeken a híg iszapok közvetlen levegőztetéssel történő, hígdeg stabilizálásával, vagy szerves anyaga ilyen oxidációval történő felmelegítésével, folyékony fázisban történő termofil „kiégetésével”, vagy a valamilyen mértékben víztelenített „nyers” iszapok komposztálásával lehet biztosítani. A meleg (mezofil, vagy termofil) oxidáció és a hasonlóan meleg komposztálás ugyanakkor nagyon eltérő megoldások. A komposztáláshoz segéd tápanyag, szalma, faanyag is kell, ami növeli a végső maradék mennyiségét. Napjainkban a korábban nehézkesnek talált termofil (55-60 °C) aerob iszapstabilizáció (ATAD) terjedőben van,

mert lényegesen kevesebb annak az iszapmaradékra, mint a hidegebb iszapoxidációnak. Az ATAD iszapvízéből megfelelő, mérsékelt hőmérsékletű utókezeléssel, ciklikus levegőztetéssel a nitrogéntartalma is jelentősen csökkenthető (nitrifikáció / denitrifikáció), s nem kerül az vízszá a tisztítás főágára. Ezt a folyamatot erősíti, hogy a lakossági szennyvíziszap komposztok újrahasznosításától a mezőgazdaság ódzkodik, mert a jelenlegi szabályozás azt nem támogatja.

A szennyvíztisztítás alapvető feladata a fentieknek megfelelően a nagyobb telepeken ma már biztosítható hatásos tápanyag (szerves anyag, nitrogén és foszfor) eltávolítás mellett éppen a szennyvíz szerves anyaga energiatartalmának a maximális hasznosítása, tisztításban történő újrafelhasználásra. Ez az iszaprohasztás metánjának a gázmotorokkal villamos energiává alakításával, s annak a levegőbevitelre történő hasznosításával lehetséges. Természetesen ugyanez az áram a komposztálás levegőztetésére, esetleg megfelelő, égetést megelőző iszapszáritásra is hasznosítható, vagy az áramtöbblet más célokra is felhasználható. Kellő energiatöbblet esetén a metán közvetlenül is felhasználható egyéb energetikai célokra. Ilyen eset azonban csak akkor fordulhat elő, ha egy szennyvíztisztító anaerob rohasztójában egyéb külső szerves anyag is rohasztásra kerül. Ezt a mindennapi gyakorlat egyébként szükségessé is tette, hiszen számos iparágban keletkezik rohasztásra alkalmas szilárd, vagy iszapszerű szerves anyag, ahol annak az üzemben belüli rohasztása az anyag kisebb mennyisége, vagy egyéb okokból (ATEV üzemeknél) nem valósulhatott meg.

A külső rohasztandó anyagok nélkül azonban a lakossági szennyvízből csak a levegőztetés áramigénye biztosítható. Az üzemeltetésnek ezen kívül még komoly folyadékmozgatás, keverés igénye is van, s a már említett egyéb

műveletek, mint az iszapok víztelenítése, egyéb anyagmozgatás is komoly villamos áram igény. A metán energiájából ugyanakkor a gázmotor hűtővíze révén jelentős hőenergia nyerhető. Helyenként azt a telepi épületek fűtésén túl, különösen a nyári időszakban a víztelenített iszap szárítására is hasznosítják.

Nitrogén és foszfor eltávolításának a problémái

A megfelelő növényi tápanyag (N és P) eltávolítás a szerves anyag eltávolításán túl többletköltséget jelent. A foszfornál ez részben a megfelelő anaerob tér kialakítását, továbbá a már említett foszfát kicsapató, fokozott előtisztítást biztosító vegyszerek felhasználását jelenti. Az ilyen vegyszeradagolásnak azonban jelentős költsége is jelentkezik, miközben az iszapfózam növelésével az iszapkezelési, elhelyezési költséget is növeli. A biológiai foszforeltávolítást speciális mikroorganizmusok adagolásával is lehet fokozni, ami gyakorlatilag nem eredményez iszapfózam növekedést. A biológiai foszfor eltávolítás speciális mikroorganizmus tenyészetek adagolásával is növelhető, de költség nélkül ez sem megoldható. Ilyenkor is kell valamennyi vegyszer a rohasztóban visszaoldódó foszfor iszapban tartására, de ez mennyiségében kevesebb lehet, mint az előüleptetőhöz a többirányú céllal adagolt mennyiség.

A nitrogénformák eltávolításánál a kémiai lehetőségei (MAP és ioncsere) nagyon korlátozottak. A biológiai oxidáció, majd redukció messze olcsóbb. A nitrát redukciójának a szerves anyag igénye viszont éppen a metánkitermelés maximalása ellenébe hat. A biológiai megoldásokat ezért napjainkban elég komplikált rendszerekben, gondos levegőztetés szabályozással kell megvalósítani, ami a szennyvíztisztítás összköltségét (beruházás amortizáció, üzemeltetés

A szennyvíztisztítás energiaigénye, energia újrafelhasználása

energia és munkaerőigénye, vegyszerköltség, szennyvízbírság, környezetterhelési díj) elég átláthatatlanul befolyásolja. A szennyvízbírság és környezetterhelési díj az üzemméret növekedésével egyre pontosabban behatárolható. A kisebb telepek ritkább ellenőrző mérései ugyanakkor csak kisebb pontosságot adnak. Ez azonban még így is messze nagyobb ellenőrizhetőség, biztonság, mint a házi szennyvíztisztítók általánosan talajba történő vízelhelyezésénél (Ágoston, 2015).

Házi, vagy kis csoportos szennyvíztisztítóknál a szennyvízbírság és a vízterhelési díj a talajba történő elhelyezés miatt meglehetősen értelmetlen is. Ezeknél elsősorban az üzemeltetés folyamatosága és a már említett tisztított víz elszívárogatás, valamint iszapgyűjtés, elhelyezés biztosítása a kulcskérdés. A szerves anyag csak az iszap révén lehet elvileg is újrahasznosítható, de ennek is számos jogi, szervezési akadálya van. A szerves anyagnak a döntő hányadát széndioxidá alakítják. A nitrogén eltávolításának mértéke technológia és üzemeltetés függő. A jelenleg előírt összes-nitrogén határértéket a mérési adatok szerint csak a tisztítók harmadánál tudja teljesíteni (Ágoston, 2015). Szerencsére foszfor határérték ezek talajba kerülő vizeire nincs, egyébként a foszfor nagyobbik része az eddigi mérési adatok szerint a szennyvíziszapba kerül. Ha az a talajra kerül, nem okozhat gondot. Ha áttételesen égetésre kerül, a salakjának az elhelyezése várhatóan szintén kizárja a veszélyt. Más kérdés, ha közvetlenül a termőtalajba kerülne, kellő dózisa esetén ott sem különösebben okozhatna gondot.

A házi szennyvíztisztítók iszapjának az elhelyezéséről, hasznosításáról jelenleg mindenképpen a tisztító üzemeltetőjének, vagy tulajdonosának kell valamiképpen gondoskodni. Ugyancsak „házi” megoldásra a mai szennyvíztisztítás még nem ad részére javaslatot, csak a tisztított víz elhelyezésére. Pedig az utóbbit is célszerű lenne helyben megoldani. Ennek a szabályozását, ellenőrzését azonban végleg nehéz elképzelni napjainkban.

A korábbiakból egyértelmű, hogy a szerves anyagok, s velük a KOI döntő részét célszerű az előülepítéssel, a biológiai oxidáció előtt, eredeti formájukban, energiatartalmukkal kivonni a tisztítóba érkező szennyvízből. Az előülepítés időtartama, módja, meghatározó a hatásfokát illetően. A csak gravitációs ülepítésnél 30-50 % KOI csökkenés érhető el. Ferde lemezes, vagy méhsejt szerkezetű csöves előülepítőkkal, kevés koaguláns adagolásával a KOI 60 %-os csökkentése is elérhető. Ilyen mértékben csökkenthető ezzel a biológiai lépcsőben a szerves anyag oxigénigénye. Egyidejűleg a szennyvíz összes redukált nitrogéntartalma is csökken, bár ennél sokkal kisebb mértékben, hiszen az döntően ammóniumként van már a szennyvízben, s csak kisebb részben alakos szennyezésként. A gravitációs ülepítésnél a fehérjéknek a finom kolloid állapotuk miatt a szerves anyagokénál kisebb része kerülhet csak az iszapba. Így csak 10 % körüli TKN (ammónium és szerves nitrogén) koncentráció csökkenést eredményez az ilyen előülepítés. A foszfát tartalmat illetően nem várható változás az előülepítésnél, ha csak azt előzetesen oldott állapotából csapadékká nem alakítják (polifoszfát, fém-foszfát). A finomabb kolloid részek eltávolítása, kiülepítése a már említett vegyszeres koagulációval növelhető. A vas és alumínium ionok egyidejűleg kicsapják az oldott, úgynevezett orto-foszfátok egy részét, kolloid destabilizációt, koagulációt eredményeznek, derítő hatású hidroxid csapadékot képeznek, ami további finom kolloid részt, esetleg makromolekulát is kiszűr, csapadékba visz a vízfázisból. KOI-ban a csökkenés ilyenkor 60-70 % körüli, de a TKN tekintetében is van kevés javulás.

A mikroorganizmusokkal történő oxidációra, biológiai, vagy szekunder iszappá alakításra kerülő szerves anyag mennyiségének az utóbbi csökkentése az egyszerűbb előülepítéshez képest a biokémiai oxigénigényét már a teljes igénynek (72 g/fő*d a BOI5- re, és mintegy 20 g/fő*d a nitrogéneltávolításra) a fele alá szorítja (24 g/fő*d a biológiailag immobilizálható, oxidálható szerves anyagra és 20 g/fő*d a nit-

rogéneltávolításra). Ez igen kedvező a szekunder iszapban versengve szaporodó nitrifikáló fajok részarányának növekedésére is, amelyek részaránya az iszapban ilyenkor a 7-10 %-ot is elérheti. Ezzel jelentősen nő az iszap fajlagos nitrifikáló kapacitása. A redukált nitrogéntartalom minimális változása ugyanakkor alig csökkenti a nitrogéneltávolítás oxigénigényét, ezért nem is került figyelembe vételre. A fentiekkel a levegőbevitel energiaigénye, üzemeltetési költsége is számolható.

Kedvezőtlen ugyanakkor, hogy a biológiai tisztításra kerülő víznek a KOI/TKN aránya jelentősen csökken, ami arányosan rontja abban a denitrifikáció szerves tápanyag ellátását. Becsülhetően a korábbi ülepített szennyvíz KOI/TKN arányok a fokozott koaguláció esetén csaknem feleződnek. Ez a gyakorlatban a 10 fölötti arányt napjainkra 7-8 körülire, vagy akár az alá is csökkentheti. Az utóbbi már veszélyes, hiszen a denitrifikációhoz a redukálható nitrát-N mennyiségéhez 4,3 szoros mennyiségű KOI szükséges. Túlzott levegőztetés esetén a kevéske szerves anyag többlet könnyen eloxidálódik, elveszik, s az a denitrifikáció romlását eredményezheti. Ez határérték túllépést, s vele szennyvízbírságot, környezetterhelési díjnövekedést eredményezhet. Ezen túl a nitráttal oxigénvesztés is jelentkezik, ami a levegőztetés költségét fogja növelni.

Az iszap egyidejű hidrolízise csak lassú tápanyagellátást jelent a denitrifikációhoz (endogén tápanyag). Ezért ilyenkor külső szerves anyag bevitele kell a kellő nitrogéneltávolítás (denitrifikáció) biztosításához, ami a legolcsóbb szerves vegyszer esetén is jelentős költségtöbbletet eredményez (Kovács-Benkó et al., 2015). Elméleti számítással és a gyakorlat tapasztalatai alapján is pontosítható, hogy ez a költségtöbblet akár a levegőbevitel költségigényével megegyező nagyságú is lehet.

A denitrifikáció ezen problémáját a mérsékelt előülepítéssel, gondosan szabályozott levegőztetéssel, valamint az anoxikus tér részarányának a növelésével lehet orvosolni valamennyi biológiai tisztítási változatnál. Az oldott oxigén koncentrációjának a csökkentése a szimultán denitrifikációt növeli az iszap helyek oxigénhiányos belső tereiben, míg az anoxikus térhányad növelése a denitrifikáció ottani tápanyagellátását, illetőleg annak az iszaphidrolízis növelésével is történő javítását eredményezi. Igen kedvező hatása van az oxigén anoxikus medencébe történő bejutása maximális megakadályozásának, akár az ilyen medencék valamilyen lefedése árán is.

A házi szennyvíztisztítóknál a denitrifikációjának a szabályozása a nagyobb tisztítóknál is nehezebb, mert tápanyag ellátottságuk rendkívül rapszodikus, szélsőséges. Ezeknél az oxigénbevitel sem szabályozott a drága kialakítása miatt, a vezérlés pedig az előbb említettek miatt jóval rosszabb hatásfokú denitrifikációt tesz csak lehetővé (Kecskés et al., 2016).

A jó hatásfokú előülepítésnek azonban a levegőigény csökkentése mellett biogázhozam növelésével is költségcsökkentő hatása jelentkezhet. Már ahol van anaerob iszaprothasztás, illetőleg villamos áram termelés a keletkező biogázból. Ezzel egyébként a már említett mintegy 40-50 %-os saját energia ellátás jelentősen tovább növelhető. Költségcsökkentő hatása hasonlóan számolható.

Fontos tényező lehet a fentiek mellett, hogy a biológiailag stabilabb szerves anyagok lebontásának gyorsítására napjainkban forgalmazott mikroorganizmus tenyészetek mellett az iszaprothasztást elmélyítő, fokozó, s ezzel metánhozamot növelő tenyészetek alkalmazása is terjedőben van. Ezek természetesen csak a szerves

anyag adott irányú átalakításában segítenek. Viszont ezzel, a villamos áram termelésének növelésével az üzemeltetési költség további csökkentését teszik lehetővé. Nem kellően tisztázott azonban még ez a lehetőség, ugyanis az ilyen tenyészetek csak rothasztóba, vagy az aerob biológia előtti adagolása a szerves anyag lebontását, s ezzel a gázhozam alakulását is eltérően befolyásolja. Még zavaróbb a kép a lehetőségek tekintetében, hogy sokféle tenyészet és forgalmazó van a piacon, akik termékeik tisztító rendszerbe illesztéséről meg nem igazán rendelkeznek kellő tapasztalattal. Leginkább magukra a felhasználókra vár ezért az ilyen tenyészetek adagolásával tovább bonyolított technológia optimalizálása.

Iszaptermelés, stabilizálás, hasznosítás

A szennyvíztisztítás égető problémája napjainkban a szennyvíz megújuló energiájának a minél nagyobb mértékű hasznosítása mellett iszapmaradékának a hasznosítása, elhelyezése. A nyers iszapokban a már részletezett le nem bomló szerves anyagok, valamint az elhalt sejteknek élők által újra nem hasznosított/hasznosítható részei jelentkeznek szerves maradékként. Ebben az iszapban csak mintegy harmada-negyede az élő sejt, amit a nitrogéntartalma mutat. Az anaerob rothasztás során az utóbbiak (nitrogén tartalmú sejtanyagok, valamint nyálkás, döntően szénhidrát polimerek) is csak korlátozottan bomlanak, így részben a rothasztás maradékába kerülnek. Mindenképpen oda kerül velük a szennyvíz összes visszatartott foszfát tartalma is. Az utóbbi vagy a sejtekben és nem bomlott maradékaiban, vagy a vegyszerekkel kicsapva. A foszfát a rothasztás után is döntően az iszapban marad. Az ammóniummal szemben csak igen kis hányada kerül visszaoldódásra az iszapvízbe. A rothasztóban keletkező szulfid megkötésére, s azzal toxicitásának a megszüntetésére, inertizálására adagolandó vas, illetőleg szilárd vegyületei is az iszapba kerülnek.

A foszfor-akkumuláló heterotrofokba (PAH baktériumokba) (A Szerkesztő megjegyzése: A Szerző a PAH rövidítést nem a policiklikus aromás szénhidrogének jelölésére használja a tanulmányban)) beépülő foszfát tömege a foszforé-

nek valamivel több, mint háromszorosa (PO_4/P). Ha a foszfátot fémek (Ca, Mg, Al, Fe) ionjai kötik, a foszfor mennyiségének 4-5-szöröse, inert szilárd anyag keletkezik belőle. Mivel foszfor kicsapatáshoz túl kell adagolni a vegyszereket (egy része hidroxidként képez csapadékot), ez a növekedés 6-8-szoros is lehet a foszforra számolva. Ehhez adódhat még a szulfid megkötésére adagolandó vas szulfidja, ami további inert anyagnövekedést eredményez. Ha csak átlagosan 5-6-szoros mennyiséggel számolunk, a lakosonként naponta keletkező szennyvíziszapba 12-16 g inert vegyszeres csapadék kerül. Egy lakos napi szerves anyag szennyezéséből ugyanakkor a rothasztás után mintegy 21 g száraz szerves anyag maradék keletkezik, amiben már a le nem bomlott cellulóz, rostanyag is benne van. Ha ellenben csak óhatatlanul szükséges mennyiségű vas és alumínium vegyszert használunk a szennyvíz tisztításánál, s az iszap rothasztásánál, csak a kétharmada ilyen inert iszaprész keletkezik.

A probléma azért kritikus, mert az iszap foszfortartalmának a hasznosítása a jövőben elengedhetetlen lesz, ha a természetes foszfátforrások elfogynak. Ugyanakkor az energianyereség növelésére, a jelenleg mezőgazdasági iszaphasznosítás tiltások ellenére is, ma még jelentősen növeljük a vegyszerrel szükségszerűen szennyezett iszapmennyiségeket. Ennek a következménye, hogy ma már rohamosan fejlesztik a rothasztott iszapból struvitként ($MgNH_4PO_4 \times 6 H_2O$) történő foszfát visszanyerést is. A struvit a mezőgazdaságban hasznos lehet, hiszen ammóniumot és magnéziumot is visz a foszfor mellett a talajba, s ezek könnyen fel is vehetők a növények számára. Kérdés, hogy a kiépítés, vegyszer és üzemeltetés költsége mennyiben térül meg a struvit árában. Gyanítom, hogy rosszul, hiszen a komposztnak a jelenleg is legnagyobb ellendrukkere, a műtrágyagyártás pillanatok alatt maga is rá tudna állni a struvit gyártására, ha kifizető lenne.

A rothasztásnál biológiailag le nem bomló szerves anyag maradékának, az éghetetlen szerves anyagokkal tele iszapnak az égetéssel történő hasznosítása a rothasztáshoz hasonlóan csakis a legnagyobb tisztítók esetében lehet megoldás. Elsősorban a környezet védelme

(légszennyezés, toxikus szerves vegyületek kibocsátása) miatt. Az is egyértelmű a korábbiakból, hogy az égetésnél az iszap igen nagy részéből hamu, salak keletkezik, aminek az elhelyezése a szénégetés salakjához hasonlóan problémát jelent. Ettől függetlenül a jelenlegi hazai megítélés ezt preferálná, ha a kiépítésére lenne megfelelő képességünk. Érdekes azonban hogy több fejlett nyugat-európai ország, a környezetvédelmi szövegei ellenére, számottevő mezőgazdasági iszaphasznosítást végez. A komposztálásnak és a komposzt hasznosításának a lehetősége, feltételei, célszerűsége ezért még hazánkban is tovább pontosításra szorulnak.

Következtetés

Bolygónk jövőjében a szennyvíz tisztítási lehetőségeinek a további bővítése, üzemeltetése, optimalizálása elengedhetetlen. A műszaki fejlesztésnek mind a biotechnológiai, mind a gépészeti és vízvédelmi lehetőségeket maximálisan hasznosítani kell, hiszen az a szennyvíz folyamatosan megújuló energiaforrásának (szerves szennyezőanyag tartalmának) a hasznosítását is eredményezi, s éppen a szennyezettség eltávolításában. Az energiaigény ugyan napjaink hasonlóan fontos problémája, úgy mint a rendelkezésre álló vízkészleteink szennyezése, nem árt azonban mellettük a talajaink tápanyagellátását is hasonlóan figyelembe vennünk. Ezért a feladat sokoldalú koordinációjához mind a gyakorló mérnököknek, mind a környezetvédelem jogi szabályozásában dolgozó kollégáinknak, jogászoknak, politikusoknak maximális szakértelemmel, áttekintő készséggel, mérséklettel, jó szándékkal kell hozzáállni.

Hivatkozások

- Ágoston, Cs. (2015): Egyedi szennyvíztisztítók vizsgálata, eredményei, Tagyon 2015. június 4.
- Fazekas, B., Gulyás, G. Kárpáti, Á. (2015): Merre tovább lakossági szennyvíztisztítás, MASZESZ Hírcsatorna (július - augusztus), pp. 11-18.
- Fazekas, B., Kárpáti, Á., Kovács, Zs. (2013): Korszerű szennyvíztisztítási technológiák, Környezetmérnöki tudástár, No. 32. Pannon Egyetem, Veszprém, pp. 272.
- Kárpáti, Á. (2016): Szennyvízben az energia, Mérnökújság, a Magyar Mérnöki Kamara lapja, Budapest, XXIII. évf. 6. szám, pp. 40-42.
- Kecskés, G., Schusztér, P., Bebiák, J. (2016): Az egyedi kistisztítók telepítésének tapasztalatai, MASZESZ Hírcsatorna (március-április), pp. 16-21.
- Kovácsné-Benkó, Zs., Kurucz, P., Bognár, F. (2015): A gyöngyösi szennyvíztisztító telep működés optimalizációja VIRON PLUSZ 40 új generációs koagulálószer használatával. Vízmű Panoráma 2015. (6), pp. 16-20.

TERVEZŐI NYEREMÉNYJÁTÉK!

Tervezzék velünk és nyerjen egy autót!

A **Pureco Kft.** idén ünnepli 10. születésnapját, és ebből az alkalomból versenyt hirdetünk tervezők, mérnökök számára. Csapadékvíz-, ivóvíz- vagy akár szennyvíztisztítási munkája van? Október végéig tervezzen Pureco terméket és/vagy technológiát és **nyerjen egy Toyota Yaris Hybrid személyautót!**

További információk: www.tervezzen.pureco.hu

Információs telefonszám: **+36 1 224 0697**

Eredményhirdetés: **2016.november 17-én**
a Pureco Születésnap Gálavacsoráján.



Víziszta megoldások
Ránk számíthat, velünk tervezhet!

A MIKROBIOLÓGIAI ÜZEMANYAGCELLÁK ALKALMAZHATÓSÁGA ENERGIAHATÉKONY SZENNYEZÉS ELIMINÁCIÓS TECHNOLÓGIÁK KIALAKÍTÁSÁBAN

LÓKA MÁTÉ, LÓRÁNT BÁLINT, TARDY GÁBOR
BME ALKALMAZOTT BIOTECHNOLÓGIA ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI TANSZÉK

Kulcsszavak: mikrobiológiai üzemanyagcella, biodegradáció, energia hatékonyság

Bevezetés

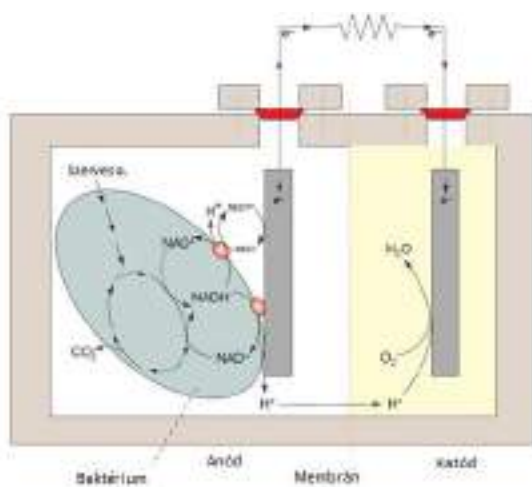
A szennyvíztisztítási technológiák fejlesztésében a szennyezés elimináció hatékonyságának növelése mellett az utóbbi évtizedekben kulcskérdéssé vált az energiahatékonyság növelése. A konvencionális (pl. eleveniszapos) tisztítási módszerek energiaigényének csökkentése kapcsolt energiatermelő technológiák alkalmazásával (pl. biogáz előállítás anaerob rothasztással), valamint új, kis energia igényű technológiák alkalmazása az ágazat gazdasági és környezeti fenntarthatóságát is növeli.

1. Az üzemanyag cellák (MFC)

Az elmúlt két évtizedben a biotechnológiai kutatásokban egyre nagyobb szerepet kaptak a mikrobiológiai üzemanyagcellák (Microbial Fuel Cell – továbbiakban: MFC), amelyek ígéretes lehetőséget nyújtanak energiahatékony szerves szennyezés eliminációra. Az MFC-k speciális bioreaktorok, melyekben ún. exoelektrogén baktériumok végzik a szerves anyagok lebontását. Az exoelektrogén baktériumok oxidatív anyagcserével rendelkező heterotróf szervezetek, amelyek oldott termi-

nális elektron akceptorok (oxigén, nitrát, szulfát) hiányában speciális elektrontranszport mechanizmusaikkal képesek szilárd vezető felületére transzportálni a szerves anyagok oxidációjából származó elektronokat. A mikrobiológiai üzemanyagcellában ez a vezető felület az anód. A leggyakrabban vizsgált ún. két folyadékterű MFC-kben (**ld. 1. ábra**) az anódtér szigorúan anaerob, az anód felületén biofilmet képező exoelektrogén mikroflóra itt végzi az anódtérben lévő folyadékban oldott szerves anyagok biodegradációját.

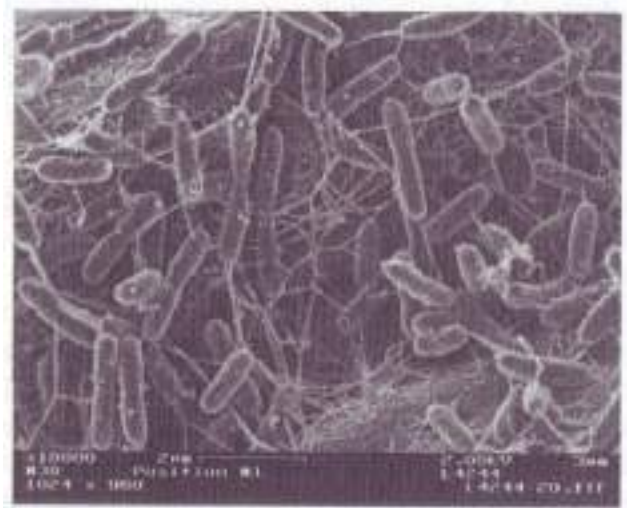
A szerves anyag oxidációjából származó, baktériumok által leadott elektronok az anódról egy áramkörön keresztül jutnak el a katódra. Az áramkörbe kötött fogyasztóval a keletkező elektromos energia hasznosítható. Az elkülönített katód és anód folyadéktérrel rendelkező cellák esetében a katódtér aerob, és az anódtértől egy speciális, protonokra szelektív ioncserélő membránnal van elválasztva. A membrán lehetővé teszi a protonok áramlását az anódtérből a katódtérbe, ahol azok a folyadékban oldott oxigénnel és a katódra érkező elektronokkal (az elektród felületén) vízzé alakulnak.



1. ábra Két folyadéktérű MFC-k alapvető folyamatainak sémája
(Rabaey és Verstraete 2005)

Az exoelektrogén elektrontranszportnak egyik útja ún. redox mediátorok segítségével lehetséges. Ilyen anyag pl. az AQDS (antra-kinon-diszulfonát) de például az antibiotikus hatásai miatt is ismert piocianin is. Ezeknek az anyagoknak nagyon fontos tulajdonsága, hogy vízben oldhatóak és több (legalább két-) redox állapottal rendelkeznek. A mediátor a sejttől átveszi az elektront, a kevertetés vagy a diffúzió hatására az elektródfelülethez kerülve ott leadja azt.

Az exoelektrogén elektron transzport másik formáját fémredukáló baktériumok (pl. a *Shewanella* és *Geobacter* nemzetségek tagjai) végzik. Ezek a baktériumok vezetőképessé nanopilusokat hoznak létre és ezek segítségével adják le elektronjaikat az anódfelületre (ld. 2. ábra). Az MFC-k hatékonysága szempontjából ez utóbbi elektrontranszport forma a meghatározó.



2. ábra Nanopilusokat képző *Shewanella oneidensis* MR-1 törzs egy MFC-ben.
(Gorby et al. 2006)

Egy mikrobiológiai üzemanyagcella anódján növekedő exoelektrogén biofilm egy nagyon fontos különbséget mutat egy hagyományos biofilmhez képest. A biofilmekben a hordozón először megtapadó sejtekre általában újabb rétegek telepednek, és túlzott biofilm vastagodást követően elzárják a mélyebb rétegeket a szubsztráttól és az oldott terminális elektron akceptoroktól, ami a szubsztrát hiányos réteg pusztulását, és a biofilm leromlását okozhatja. Ezzel szemben egy anódfelületen növekvő exoelektrogén biofilmnek az anódhoz és a szubsztráthoz (azaz az oldathoz) is hozzá kell férnie, így a biomassza képződés és a biofilm vastagsága limitált. A kialakult biofilmben a biomassza hozam rendkívül alacsony (0,07-0,2 g biomassza/g szubsztrát), ami jelentősen kisebb az eleveniszap vonatkozó értékénél (0,4-0,5 g biomassza/g szubsztrát) (Rabaey és Verstraete 2005).

Egy mikrobiológiai üzemanyagcellában az elérhető maximális feszültség a redukált koenzimek és az oxigén elektródpotenciáljai alapján számolható: megközelítőleg 1,2 V, ugyanakkor a cellában fellépő potenciálvesztések következtében a jellemzően tapasztalható feszültségértékek 0,3-0,8 V közötti értékek (Logan 2008). A biodegradáció által létrehozott áram elektromos teljesítménye jelentősen függ a cella kialakításától és az elektródok felületétől, így jellemzően az ún. teljesítménysűrűség értékeket szokták alkalmazni a cellák összehasonlítására. Ez a paraméter úgy számítható, hogy a kapott teljesítmény értéket osztjuk az elektród (anód vagy katód) felülettel. A legtöbb MFC-ben az anódon zajló biokémiai folyamatok a sebesség meghatározóak, ennek megfelelően a teljesítménysűrűséget legtöbbször az anód felületére vonatkoztatjuk. Egy cella teljesítménysűrűség értékei a szakirodalomban jellemzően 10 és 800 mW/m² közé esnek (Lóránt et al. 2015). Az elérhető feszültség és teljesítmény értékek azonban több cella soros vagy párhuzamos kapcsolásával jelentősen növelhetők.

A cellából kinyerhető teljesítmény maximalizálása mellett fontos cél lehet, hogy egységnyi szerves szubsztrátból a lehető legnagyobb mennyiségű elektromos töltést nyerjük ki az áramkörben. Ennek számszerűsítésére bevezethető a coulombikus hatásfok (Coulombic efficiency – CE). Ez azt mutatja meg, hogy a tápoldatban található, elméletileg maximálisan kinyerhető elektromos töltés hányad része (vagy hány százaléka) áramlik át az áramkörön:

$$C_E = \frac{\text{Kinyert töltésmennyiség}}{\text{Összes töltés a szubsztrátban}}$$

Az MFC-k coulombikus hatásfoka szintén jelentősen függ a MFC kialakításától, valamint a szubsztrátként alkalmazott szerves anyag minőségétől. Jellemzően 10-50% közötti értékeket vesz fel, de speciális, tiszta kultúrával oltott és katalizátorral ellátott cellák esetében extrém magas, 98%-os értékekről is beszámoltak már (Du et al. 2007).

2 Mikrobiológiai üzemanyagcellák alkalmazásának lehetőségei

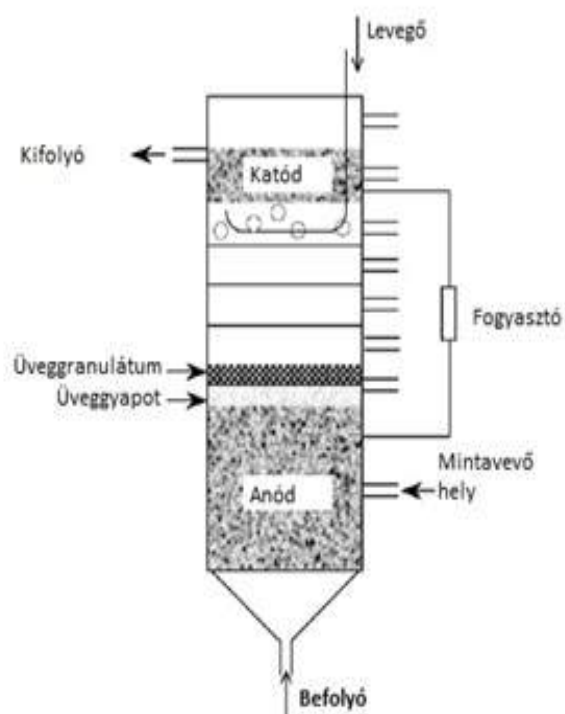
Az MFC-k alkalmazása lehetőséget nyújt biodegradálható szerves anyagok, adott esetben szerves szennyeződések alternatív, energetikai hasznosítására. Az utóbbi évtized kutatási trendjei szerint a jövőben MFC-k működtethetnek kis energiaigényű vezeték nélküli szenzorokat és kommunikációs rendszereket (Shantaram et al. 2005). Az úgynevezett üledék MFC-eket (sediment MFC, SMFC) – amik az élővizekben az üledék anaerob rétegében zajló folyamatokat aknázzák ki – már napjainkban is alkalmazzák például bóják fényforrásainak energiaellátására (Reimers et al. 2006). Kutatások folynak olyan miniatűr üzemanyagcellák kifejlesztésére, amik az emberi testbe beültetve biztosíthatnák más implantátumok (például pacemaker) áramellátását a vérben keringő tápanyagok felhasználásának segítségével (Chiao et al. 2002). A jövőben tehát az élet több területén az MFC-k széles körű felhasználására lehet számítani, az elterjedésnek jelenleg azonban gátat szab a szükséges alapanyagok (platinázott grafit elektródok, proton szelektív membránok, stb.) magas ára. Alternatív szerkezeti anyagok kifejlesztésével és felhasználásával viszont már a közeljövőben is hatékony és gazdaságos energiatermelés lesz elérhető MFC-k felhasználásával (Logan 2008).

Az MFC-k felhasználási lehetőségeiből az egyik legígéretesebb az energiahatékony szennyvíztisztítási technológiákban történő alkalmazás. A fenntarthatóságot célozva az utóbbi évtizedek szemléletmódja szerint a szennyvízre, mint energia és hasznosanyag forrásra kell tekinteni: a biogáz termelésével jelenleg is energiát nyernek a szennyvíztisztítási technológiákban keletkező fölösiszapból, a legújabb kutatások pedig a szennyvíz nitrogén-, illetve foszfortartalmának hasznosíthatóságát vizsgálják (Valverde-Pérez et al. 2016). Az MFC alapú szennyvíztisztítási technológiák kutatása jelenleg világszerte elsősorban laboratóriumi szinten zajlik. A kutatási eredmények azonban azt mutatják, hogy a jövőben MFC alapú tisztítási technológiák kialakításával, vagy konvencionális tisztítási technológiákkal történő kombinálásával a szerves anyag eliminációval kapcsolt energiatermelésen túl további energia megtakarítás érhető el: megfelelő kialakítású (ún. légkatódos) MFC-k alkalmazása esetén a technológia nem igényel levegőztetést, ami a hagyományos eleveniszapos technológiáknál önmagában kiteszi a villamosenergia-szükséglet ~50%-át (Metcalf és Eddy 2014). Rendkívül fontos érv továbbá az MFC-k szennyvíztisztítási célú alkalmazása mellett, hogy tisztítás során a biomassa hozam akár 80%-kal is kisebb lehet, mint a hagyományos biológiai tisztítási technológiáknál (Rabaey és Verstraete 2005), tehát jelentősen kisebb mennyiségű további kezelést/elhelyezést/ártalmatlanítást igénylő fölös biomassa keletkezik.

Az MFC-eket már az 1990-es években alkalmazásnak tartották kommunális szennyvíz tisztítására. (Habermann és Pommer 1991), mivel az ezekre jellemző szerves komponensek nagy része biodegradálható, így a cellában szubsztrátként hasznosítható. Egyes tanulmányok szerint egészségügyi és élelmiszeripari – például a konvencionális szennyvíztisztításban sok gondot okozó tejipari és húsipari szennyvizek is – kiválóan biodegradálhatók MFC-k segítségével (Min et al. 2005; Zuo et al. 2006). Az exoelektrogén biomassa metabolizmusából adódóan elsősorban a szerves anyag eltávolítását végzi, ezért a nagy szerves anyag

tartalmú nitrogén és foszfor hiányos ipari (pl. borászai, cukoripari) szennyvizek, tisztításánál és előkezelésénél különösen hatékony lehet az MFC alapú technológiák alkalmazása (Pant et al. 2010).

Szennyvíztisztítási célokra a méretnövelési kísérletek alapján elsősorban az egyterű légkatódos és membrán nélküli konstrukciók tűnnek a legmegfelelőbbnek (Jang et al. 2004; Moon et al. 2006). A jelenlegi fixágyas technológiához hasonló, folytonosítható töltött oszlop jellegű technológia (ld 3. ábra) MFC-k szennyvíztisztítási alkalmazásának egyik legkézenfekvőbb lehetősége.



3. ábra Alsó betáplálású, fix ágyas MFC (Jang et al. 2004)

A szennyezés elimináció mellett az üzemanyagcellák fontos felhasználási területe lehet a bioszenzorként történő alkalmazás oldott biodegradálható szerves szennyeződések vagy épp toxikus anyagok jelenlétének jelzésére. A szenzorként történő alkalmazás alapja, hogy a cella által produkált feszültség a biodegradációs folyamatok sebességével függ össze. Ez könnyen belátható, hiszen állandó ellenálláson (R) az Ohm-törvény értelmében akkor mérhetünk nagyobb feszültséget (U), ha nagyobb az áramerősség (I), azaz adott idő alatt a biofilm több elektront ad le

az elektródnak. Egy tetszőleges víz/szennyvíz minta beadagolása után mérhető feszültség-változás utalhat a szennyezők biológiai hasznosíthatóságára (feszültség növekedés) vagy toxicitására is (feszültség csökkenés).

Ilyen elméleti alapon szennyvizek biológiai oxigénigénye (BOI) is mérhető MFC-k segítségével (Kim et al. 2003). A mért áramerősség-idő függvényt a rátáplálástól a teljes biodegradáció végéig integrálva megkapható, hogy hány mol elektron vándorolt át az áramkörön. Az értéket a cellára jellemző coulombikus hatékonysággal korrigálni kell, majd az így kapott eredményből már következtetni lehet a biológiai oxigénigényre. A módszer alkalmazható felszíni vizek, tisztítótelepek elfolyóinak és hígított, magas BOI tartalmú szennyvizek mérésére (Jang et al. 2004), valamint anaerob rothasztási technológiák folyamatainak valós idejű nyomon követésére (Liu et al. 2011)

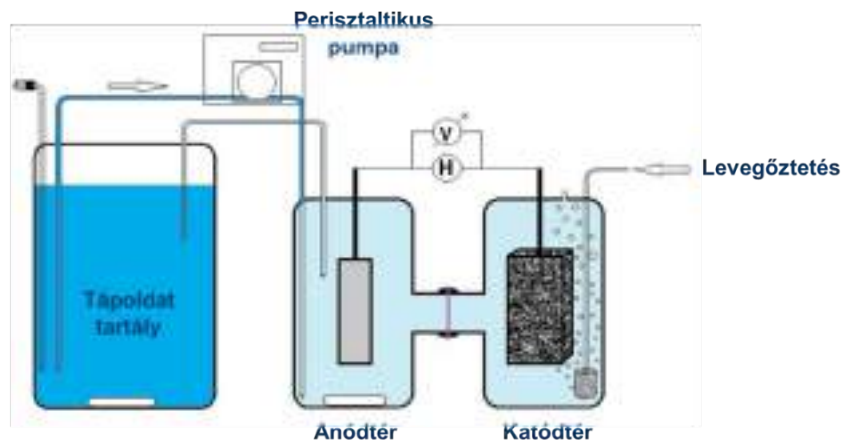
3. Tisztítási hatékonyság és az elfolyó határértékek teljesíthetőségének vizsgálata H-típusú mikrobiológiai üzemanyagcellában

Kutatásunkban H-típusú, kétcellás MFC-ben vizsgáltuk a biodegradáció kinetikáját és a kapcsolt elektromos energiatermelési hatékonyságot különböző modell szubsztrátok (1. szintetikus tápközeg: acetát, mint szén- és energiaforrás; 2. komplex tápközeg: pepton, mint szén- és energiaforrás) esetében. Célunk volt megvizsgálni, hogy a biodegradáció hatékonysága alacsony szubsztrát koncentrációk mellett lehetővé tesz-e a hatékony szerves anyag eliminációt, és ez alapján feltételezhető-e hogy a jövőben kialakítandó szennyvíztisztítási célú alkalmazásokban a mikrobiológiai üzemanyag cellák alkalmasak lehetnek-e szigorú tisztító elfolyó szennyvíz határértékek teljesítésére.

A vizsgálatok során alkalmazott mikrobiológiai üzemanyagcella katód és az anód tere egyenként 335 ml térfogatú volt, azonban a részletes analitikai vizsgálatok és a megfelelő számú minta biztosítása érdekében az anódteret puffer tartállyal bővítettük (**ld. 4. ábra**). Az anódtér és az 1 l-es puffertartály között perisztaltikus pumpa biztosította a cirkulációt. Mivel a biodegradáció kinetikai vizsgálata volt kutatásunk fő témája, a cella tervezésénél és kialakításánál, valamint az elektród (katód/anód) felület arányok meghatározásánál elsődleges cél volt, hogy az anódon zajló biodegradáció legyen a sebesség meghatározó folyamat. Korábbi kutatási eredményeink alapján (Lóka és Lóránt 2013) ennek megfelelően grafit lap anódot és grafit szövet katódot alkalmaztunk, olyan méretezéssel, hogy a katód/anód felület arány 3-nál nagyobb legyen. A kutatásban



platina tartalmú katalizátor réteggel ellátott, ill. katalizátor réteg nélküli grafit katódokat is alkalmaztunk. A cellát kommunális szennyvíztisztító telepről származó primer (előülepített) iszappal oltottuk be és 30 °C-ra beállított termosztátban üzemeltettük. A 0 - 10000 Ohm között változtatható külső ellenállásra (helipot) eső feszültséget Uni-Trend 71-A multiméterrel regisztráltuk.



4. ábra: A kutatás során alkalmazott kísérleti rendszer

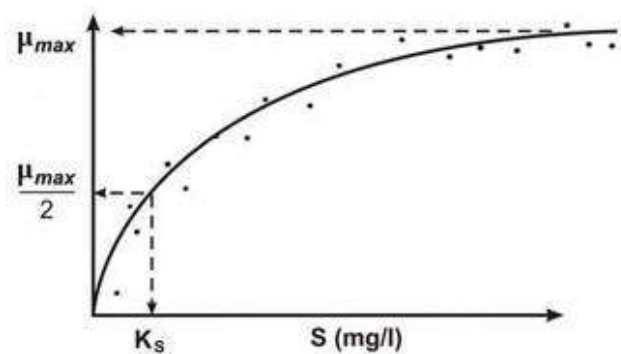
A mikrobák fajlagos növekedési sebességének koncentráció függését biológiailag bontható, nem mérgező tápanyagokon szaporodó biomassa esetében a Monod-egyenlet írja le (Monod 1949):

$$\frac{dx}{dt} = \mu \cdot x$$

ahol X a pillanatnyi sejtkoncentráció/biomassza mennyiség, μ a biomassza fajlagos növekedési sebessége. A 1. egyenlet állandó μ értékkel, csak az ún. exponenciális növekedési fázisra érvényes. Feltéve, hogy az exponenciális növekedési szakasz korlátozott időtartamát az okozza, hogy egy esszenciális szubsztrát (az ún. limitáló szubsztrát) nem áll megfelelő mennyiségben a mikroorganizmusok rendelkezésére, a fajlagos növekedési sebesség értéke a limitáló szubsztrát koncentrációjának függvényében a következőképpen módosul:

$$\mu = \mu_{\max} \cdot \frac{S}{K_s + S}$$

ahol μ_{\max} a maximális fajlagos növekedési sebesség, S a limitáló szubsztrát koncentrációja, míg K_s az ún. féltelítési állandó (az a szubsztrát koncentráció, amelynél a fajlagos növekedési sebesség a maximális érték fele). A Monod-kinetika szerint a biomassza szaporodási sebessége a szubsztrát koncentráció függvényében ábrázolva ún. telítési görbét ad (ld. 5. ábra).

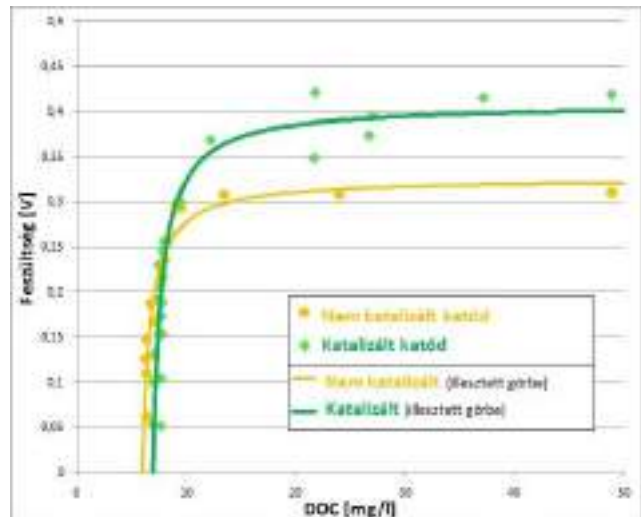
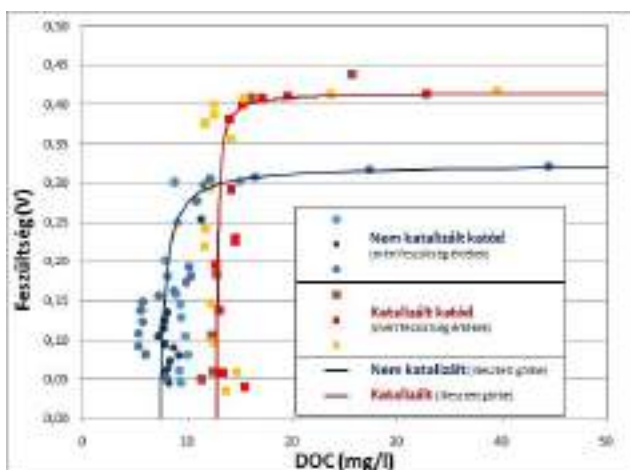


5. ábra: Mikrobák fajlagos növekedési sebességének leírása Monod-kinetikával

Mikrobiológiai üzemanyagcellát alkalmazva a szubsztrátok biodegradációja elektronáramlást generál az áramkörben. A Monod egyenletekből levezethetően ennek megfelelően, a cella áramkörében kialakuló feszültség, ill. áramerősség szubsztrátfüggése a következő egyenletekkel írható le (Lóka és Lóránt 2013):

$$I = I_{\max} \cdot \frac{S}{K_s + S} \quad \text{és} \quad U = U_{\max} \cdot \frac{S}{K_s + S}$$

Kísérleteinkben a biodegradáció lefolyását oldott szerves szén (Dissolved Organic Carbon, DOC) vizsgálatokkal követtük nyomon. Az anódtérben lévő tápoldatból időszakonként mintát vettünk, a mintavételkor jelentkező aktuális feszültségértékeket feljegyeztük, majd centrifugálást követően (13000 rpm, 3 min.), Elemental High-TOC analizátor alkalmazásával mértük az oldat DOC koncentráció értékét. Vizsgálatunk során a H-típusú MFC működése során a biodegradációnak köszönhetően az anódtérben lévő tápoldatban csökkent a szubsztrát koncentrációja, majd elérve egy kritikus szintet a cella által produkált feszültség is csökkenni kezdett (ld. 6. és 7. ábra).



7. ábra: A cellában kialakuló feszültség koncentráció függése pepton szubsztrát esetén (Lóránt 2016)

A biodegradáció kinetikai vizsgálatainak eredményei az általános szakirodalmi tapasztalatokkal (Logan 2008) koherens módon arra utalnak, hogy az alkalmazott platina katalizátor réteggel ellátott valamint katalizátor réteg nélküli katódokat alkalmazó cellákban kialakuló feszültség és áramerősség mind az acetát (6. ábra), mind a pepton (7. ábra) koncentrációjának függvényében Monod-kinetika jellegű telítési görbét képez. A mérési eredményekre Excel Solver bővítményének segítségével illesztettünk feszültség-koncentráció függési

6. ábra: A cellában kialakuló feszültség koncentráció függése acetát szubsztrát esetén (Lóránt 2016)

görbék, az illesztés során kapott kinetikai paramétereket az **1. táblázatban** foglaltuk össze. A kapott függvények a Monod-kinetikától eltérően nem 0 szubsztrát koncentrációnál metszik az x tengelyt. A függvény eltolódását inert szerves anyag tápoldatban való jelenléte okozhatja, amely feltételezhetően a biomassa líziséből ered. Ezt a kinetikai egyenletben egy új állandó bevezetésével (S_{inert}) vettük figyelembe.

$$U = U_{max} \cdot \frac{(S - S_{inert})}{K_s + (S - S_{inert})}$$

		U_{max} V	KS mg DOC/l	S_{inert} mg DOC/l	$KS + S_{inert}$ mg DOC/l	KOI mg/l
Acetát	Nem katalizált	0,32	0,46	7,3	7,8	25 - 30
	Katalizált	0,42	0,11	12,7	12,8	40 - 50
pepton	Nem katalizált	0,33	0,72	6,0	6,7	20 - 25
	Katalizált	0,41	0,79	7,0	7,8	25 - 30

1. Táblázat. A függvény illesztéssel kapott kinetikai paraméterek acetát és pepton szubsztrát felhasználásával, katalizátor réteggel ellátott és katalizátor réteg nélküli katód felhasználásával (Lóránt 2016)

A kapott féltelítési állandó értékek közel két nagyságrenddel kisebbek a szakirodalom vonatkozó értékeinél (Sharma és Li 2010; Tront et al. 2008). Ez arra utal, hogy az MFC-kben a biodegradáció és a kapcsolt energiatermelés a korábbiakban feltételezettnél jelentősen alacsonyabb szubsztrát koncentráció értékek mellett is hatékony lehet. Ezen felül MFC-ben a biodegradációt követően a minták megközelítőleg maradó KOI koncentrációi jellemzően 20 és 40 mg/l közé estek, egy esetben tapasztaltunk ~50 mg-os KOI értéket. Ez alapján tehát valószínűsíthető, hogy a jövőben szennyvíztisztítási céllal kifejlesztendő megfelelően tervezett és üzemeltetett mikrobiológiai üzemanyagcellákban a tisztított szennyvíz minősége a jelenleg hatályos jogszabályban rögzített legszigorúbb, 50 mg KOI/l-es határértéknek is megfelelhet. A cella coulombikus hatásfokának meghatározását a szakirodalomban elterjedt képlet (5) alapján végeztük (Logan 2008)

$$C_E = \frac{\text{Kinyert töltésmennyiség}}{\text{Összes töltés a szubsztrátban}} = \frac{8 \int_0^t I \cdot dt}{F \cdot V_{an} \cdot \Delta KOI}$$

ahol az F a Faraday-konstans (96 500 C/mol elektron), v_{an} az anódtér térfogata literben (0,355 l), ΔKOI a tápoldat KOI koncentrációjának megváltozása a mérés kezdetétől t időpontig (amit a megszokott mg/l helyett g/l-ben kell behelyettesíteni a képletbe). A konstans szorzó 8, egy mól elektron által redukált oxigén tömegét adja meg grammal. Ezeknek az értékeknek a segítségével kiszámolható a szubsztrátból elméletileg összesen kinyerhető töltésmennyiség. Az áramkörön áthaladó töltésmennyiséget az áramerősség az idő függvényében történő integrálásával kaptuk.

Mivel az tápoldat KOI értékei nagyon alacsonyak voltak (különösen a mérés végén tapasztalt értékek, **ld. 1. táblázat**) így a szabvány szerinti kálium-dikromátos módszert nem alkalmazhattuk, ezért az oldatok TOC koncentráció értékéből a szubsztrátok KOI/TOC arányának ismeretében számoltuk ki az oldat KOI koncentrációját. A coulombikus hatékonyság meghatározását elvégeztük acetát, mint egyszerű és pepton mint komplex modell-szubsztrát esetében, Pt katalizátor réteggel ellátott, és katalizátor réteg nélküli katódokkal (utóbbi esetben két különböző hőmérsékleten: 25 °C és 35°C-on). A mérések során kapott coulombikus hatékonyság értékeket a **2. táblázatban** foglaltuk össze. A 14,6 és 19,8 % közötti értékek megfelelnek a szakirodalomban H-típusú cellára kapott jellemző értékeknek (Du et al. 2007). A kapott eredmények alapján a mérési tartományon belül nem lehet összefüggést feltételezni a coulombikus hatásfok és a hőmérséklet valamint a coulombikus hatásfok és a katód minősége között.

Katód	Acetát		Pepton	
	CE [%]	T [°C]	CE [%]	T [°C]
Katalizátor réteg nélkül	19,3	25	14,6	25
	16,1	35	16,3	35
Pt-katalizátor réteggel	19,8	25	19,3	25

2. Táblázat. A vizsgált cella coulombikus hatásfok értékei (Lóka 2016)

4. A szennyvíz energiatartalma

Az elmúlt évtizedekben alapvető paradigma-váltás történt a szennyvíztisztítás és a hulladékkezelés tudományterületén. Korábban a tisztítási/kezelési technológiák célja elsősorban a szennyvíz szennyezőanyag-tartalmának eliminációja és a hulladék ártalmatlanítása volt. Ezeknek a céloknak a megtartása mellett, a fenntarthatóságra való törekvés jegyében napjainkban kulcsfontosságú céllá vált a kapcsolt anyag- (nitrogén, foszfor, biopolimerek) és energia (biogáz, elektromos energia) újrahasznosítás (Metcalf és Eddy 2014; Jenkins és Wanner 2015). Jelenleg a mikrobiológiai üzemanyagcellákon alapuló szennyvíztisztítási technológiák fejlesztése világszerte elsősorban laboratóriumi/félüzemi szinten zajlik,

azonban a technológiát integrálva vagy önmagában alkalmazva a közeljövőben (a rothasztáshoz hasonlóan) energia visszanyerési technológiaként lehet majd alkalmazni.

Kalorimetrikus mérések eredménye azt mutatja, hogy a kommunális szennyvíz a szerves anyag tartalmában akár 9,3-szer annyi kémiai energiát is hordozhat, mint amennyit a jelenlegi technológiákban a megtisztítására fordítanak (Shizas és Bagley 2004). A szennyvíz által hordozott energiatartalom nagyságrendjének szemléltetésére számításokkal becsültük meg a budapesti szennyvizek teljes energiatartalmát.

A három nagy budapesti szennyvíztisztító telep naponta átlagosan 480 000 m³ szennyvizet tisztít meg, átlagosan egy köbméter budapesti szennyvíz KOI értéke ~650 g (Tardy et al. 2012; www.fcsm.hu, 2016; www.vizmuvek.hu, 2016). Kommunális szennyvizek szennyezőanyagainak kalorimetrikus vizsgálataival meghatározták, hogy 1 g KOI-nak megfelelő szerves anyag teljes oxidációja 14,7 kJ energia felszabadulásával jár (Shizas és Bagley 2004). Ezeknek a paramétereknek az ismeretében kiszámítható az egy nap alatt megtisztított szennyvíz összes szerves anyag tartalmának teljes oxidációjából nyerhető teljesítmény (felhasználva azt, hogy egy nap 86 400 s, és hogy J/s=W):

$$U = 650 \cdot \frac{\text{gKOI}}{\text{m}^3} \cdot 480\,000 \frac{\text{m}^3}{\text{nap}} \cdot 14,7 \frac{\text{kJ}}{\text{gKOI}} = 53,1 \text{ MW}$$

A 6. egyenlet eredménye a fentiekben megadott paraméterek alapján számított elméleti maximális kinyerhető teljesítmény értékét adja meg. A szennyvíz tényleges szerves anyag tartalmának biodegradálhatósága, valamint az energia kinyerésének hatékonysága (akár mikrobiológiai üzemanyagcellában, akár egyéb módon, pl. biogáz termelésével) jelentősen csökkenti ezt az elméleti maximális értéket.

Egy átlagosnak tekinthető kommunális szennyvíz frakcionálása során a szakirodalom és modellezési gyakorlat alapján feltételezhető, hogy a teljes KOI tartalom ~20%-a inert, nem biodegradálható (Biowin, 2015). A kidolgozási fázisban lévő energia visszanyerési technológiák hatékonyságát a jövő fejlesztéseinek reménybeli eredményeivel számolva a szakirodalom 25-50%-nak becsüli (Logan 2008). A biodegradálható szerves anyag-tartalom felhasználásával és 25% feltételezett energia visszanyerési hatékonysággal számolva a budapesti szennyvízből kinyerhető teljesítmény, ill. egy évre jutó elektromos energia tehát (Lóka 2016):

$$P_{\text{kinyerhető}} = 53,1 \text{ MW} \cdot 0,80 \cdot 0,25 = 10,6 \text{ MW}$$

$$E/\text{év} = 10\,600 \text{ kW} \cdot 24 \cdot 365 \frac{\text{h}}{\text{év}} = 92\,856\,000 \text{ kW h/év}$$

A hulladékból előállított megújuló energia átlagos kötelező átvételi tarifáinak (MEKH, 2015) ismeretében kiszámítható a feltételezés szerint kinyerhető energia piaci értéke:

$$92\,856\,000 \text{ kW h} \cdot 28,6 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} = 2,7 \frac{\text{mrd Ft}}{\text{év}}$$

Fontos megjegyezni, hogy több feltételezett paraméter (szerves anyag tartalom, annak biodegradálhatósága, energia visszanyerési hatékonyság) bizonytalansága miatt számításunk csupán az energiatartalom és annak értéke nagyságrendjét hivatott megbecsülni. Mindazonáltal a kapott eredmények egyértelműen arra utalnak, hogy a szennyvíztisztítás területén az energia visszanyerésben nagy lehetőségek rejlenek, így a jelenlegi technológiák (anaerob rothasztás, biogáz termelés) továbbfejlesztése, valamint új technológiák kidolgozása (pl. mikrobiológiai üzemanyagcellák alkalmazása) az ágazat környezeti és gazdasági fenntarthatóságát is jelentősen előre mozdíthatja.

5. Összefoglalás

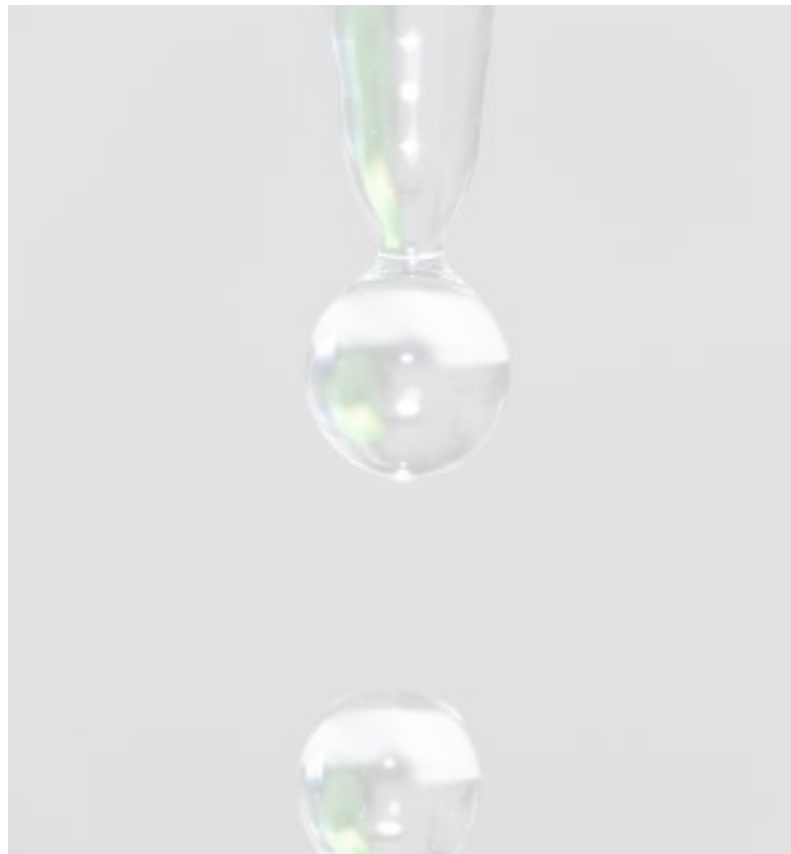
Saját fejlesztésű H-típusú mikrobiológiai üzemanyagcellában végzett biodegradációs kinetikai vizsgálataink eredményei az általános szakirodalmi tapasztalatokkal koherens módon azt mutatták, hogy a cellában kialakuló feszültség és áramerősség mind a pepton, mind az acetát koncentrációjának függvényében Monod-jellegű telítési görbét képez. A kutatásunkban tapasztalt 0,1-től 0,8 mg DOC/l-ig terjedő tartományba eső féltelítési állandó értékek azonban közel két nagyságrenddel alacsonyabbak a szakirodalomban korábban leírt értékeknél. Ennek alapján az feltételezhető, hogy bár az MFC alapú szennyvíztisztítási technológiák kutatása világszerte alapvetően laboratóriumi méretekben zajlik, a méretnövelési problémák megoldását követően a jövőben mikrobiológiai üzemanyagcellákból igen hatékony szennyező anyag eliminációs technológiákat lehet kifejleszteni: a hazánkban a tisztított szennyvízre vonatkozó hatályos legszigorúbb elfolyó KOI határértékek is tartathatók lehetnek ilyen jellegű technológiákban. A cellákban tapasztalt 14-20 %-os coulombikus hatékonyság a szakirodalomban leírtakkal egyezett, bár feltételezhetően jelentősen javítható.

Egy rövid esettanulmányban megbecsültük Budapest szennyvizének hasznosítható energiataralmát. Ennek a számításnak az eredménye rámutat a szennyvíz ágazatban alkalmazott innovatív energia visszanyerési technológiák kidolgozásának, valamint a jelenleg alkalmazott technológiák továbbfejlesztésének jelentőségére.

6. Irodalomjegyzék

- BioWin 4.1. Software (2015) EnviroSim Associated Ltd. Kanada, Ontario.
- Chiao, M. et al., 2002. A miniaturized microbial fuel cell. Technical Digest of the 2002 Solid-State Sensors and Actuators Workshop. pp. 59–60.
- Du, Z., Li, H. és Gu, T., 2007. A state of the art review on microbial fuel cells: A promising technology for wastewater treatment and bioenergy. *Biotechnology advances*, 25(5), pp.464–82.
- www.fcsm.hu (2016.január)
- Gorby, Y. a et al., 2006. Electrically conductive bacterial nanowires produced by *Shewanella oneidensis* strain MR-1 and other microorganisms. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(30), pp.11358–11363.
- Habermann, W. és Pommer, E., 1991. Biological fuel cells with sulphide storage capacity. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 35(1), pp.128–133.
- Jang, J.K. et al., 2004. Construction and operation of a novel mediator- and membrane-less microbial fuel cell. *Process Biochemistry*, 39(8), pp.1007–1012.
- Jenkins, D. és Wanner, J., 2015. *Activated Sludge – 100 years and counting*, London: IWA Publishing.
- Kim, B.H. et al., 2003. Novel BOD (biological oxygen demand) sensor using mediator-less microbial fuel cell. *Biotechnology letters*, 25(7), pp.541–545.
- Liu, Z. et al., 2011. Microbial fuel cell based biosensor for in situ monitoring of anaerobic digestion process. *Bioresource Technology*, 102(22), pp.10221–10229.
- Logan, B.E., 2008. *Microbial Fuel Cells*, New Jersey: Wiley and sons.

- Lóka, M., 2016. Szén-dioxid semleges elektromos energia előállítása szerves szennyezőanyagokból mikrobiológiai üzemanyagcellákban. 5. MaSzeSz Junior Vízgazdálkodási Szimpózium. Budapest, 2016 február 11.
- Lóka, M. és Lóránt, B., 2013. Mikrobiológiai üzemanyagcella fejlesztése és alkalmazása biodegradáció kinetikai vizsgálatára, TDK dolgozat.
- Lóránt, B., 2016. Mikrobiológiai üzemanyagcellák (MFC) szervesanyag-eliminációs hatékonyságának vizsgálata. 5. MaSzeSz Junior Vízgazdálkodási Szimpózium, Budapest, 2016 február 11.
- Lóránt, B., Lóka, M. és Tardy, G.M., 2015. Substrate Concentration Dependency of Electricity Production in Microbial Fuel Cells. pp. 1–7. MEKH, 2015. Feed-in tariffs for renewable electricity and waste-to-energy. http://archivum.mekh.hu/gcpdocs/96/Feed-in_Tariffs_RES-E_Waste-to-Energy_2008-2015.xlsx
- Metcalf és Eddy, 2014. Wastewater Engineering – Treatment and Resource Recovery, New York: McGraw-Hill.
- Min, B. et al., 2005. Electricity generation from swine wastewater using microbial fuel cells. *Water Research*, 39(20), pp.4961–4968.
- Monod, J., 1949. The Growth of Bacterial Cultures. *Annual Review of Microbiology*, 3, pp.371–394.
- Moon, H., Chang, I.S. és Kim, B.H., 2006. Continuous electricity production from artificial wastewater using a mediator-less microbial fuel cell. *Bioresource Technology*, 97(4), pp.621–627.
- Pant, D. et al., 2010. A review of the substrates used in microbial fuel cells (MFCs) for sustainable energy production. *Bioresource Technology*, 101(6), pp.1533–1543.
- Rabaey, K. és Verstraete, W., 2005. Microbial fuel cells: novel biotechnology for energy generation. *Trends in Biotechnology*, 23(6), pp.291–298.
- Reimers, C.E. et al., 2006. Microbial fuel cell energy from an ocean cold seep. *Geobiology*, 4(2), pp.123–136.
- Shantaram, A. et al., 2005. Wireless sensors powered by microbial fuel cells. *Environmental Science & Technology*, 39(13), pp.6658–6661.
- Sharma, Y. és Li, B., 2010. The variation of power generation with organic substrates in single-chamber microbial fuel cells (SCMFCs). *Bioresource Technology*, 101(6), pp.1844–1850.
- Shizas, I. és Bagley, D.M., 2004. Experimental Determination of Energy Content of Unknown Organics in Municipal Wastewater Streams. *Journal of Energy Engineering*, 130(2), pp.45–53.
- Tardy, G., Bakos, V. és Jobbágy, A., 2012. Conditions and technologies of biological wastewater treatment in Hungary. *Water Science and Technology*, 65(9), pp.1676–1683.
- Tront, J.M. et al., 2008. Microbial fuel cell biosensor for in situ assessment of microbial activity. *Biosensors and Bioelectronics*, 24(4), pp.586–590.
- Valverde-Pérez, B. et al., 2016. Short-sludge age EBPR process - microbial and biochemical process characterisation during reactor start-up and operation. *Water Research*, In press.
- www.vizmuvek.hu (2016.január)
- Zuo, Y., Maness, P. és Logan, B., 2006. Electricity production from steam-exploded corn stover biomass. *Energy and Fuels*, 20(4), pp.1716–1721.





SIKERREL ZÁRULT A MASZESZ ORSZÁGOS KONFERENCIÁJA

2016. MÁJUS 24-25.

LAJOSMIZSE, GERÉBY KÚRIA HOTEL ÉS LOVASUDVAR

A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség (MaSzeSz) immár 17. alkalommal rendezte meg országos konferenciáját, idén a *„Víziközmű fejlesztés forrásai és a források költség-hatékony felhasználásának”* témakörében. A konferencia egyediségét az aktuális témákat gyakorlati szempontból megközelítő előadásokhoz kapcsolódó pezsgő szakmai vitafórum biztosította, melynek célja, hogy az elhangzottak alapján megfogalmazott ajánlásokat és együttműködéseket követően tényleges megoldások születhessenek a felmerült problémákra.

A MaSzeSz közel két évtizedes fennállása óta minden évben megrendezi a már hagyománynak számító országos konferenciáját Lajosmizsén. A kétnapos konferenciára meghívást kaptak a hazai települési vízgazdálkodási ágazat képviselői, a víziközmű és vízipari cégek, illetve a minisztériumok és hatóságok mellett az önkormányzatok és a témában érintett oktatási intézmények is.

Az idei rendhagyó konferencia nem csak a vízes szakma találkozásának szolgáltatott kiváló színteret, de a megújuló MaSzeSz jövőbeli terveibe és előremutató működési struktúrájába is bepillantást engedett a résztvevőknek.

A MaSzeSz az elmúlt néhány hónapban működésében és a tagjainak nyújtott szolgáltatásaiban is megújult: *„A szervezeti struktúránk megszilárdítását követően meghatároztuk céljainkat annak érdekében, hogy a széleskörű együtt gondolkodás és együttműködés lehetőségének megteremtésével, a hazai és nemzetközi tudás- és szakmai tapasztalat megosztásával, illetve a szakmai és technikai irányelvek, ajánlások kidolgozásával értékes és valódi szolgáltatást nyújtsunk a széles körben értelmezett települési vízgazdálkodás területén dolgozó szakemberek munkájához.*

*További kiemelt feladatunk az oktatási intézmények és a fiatal tehetségek integrálása a szakmai közösségbe, valamint a friss, innovatív elképzelések támogatása.” – hangsúlyozta előadásában **Sinka Attila, a MaSzeSz főtitkára.***

A konferencia főbb témái mentén három plenáris ülés keretében tartottak előadásokat a **Gördülő Fejlesztési Tervekbe** foglalt víziközmű fejlesztések forrásairól, tapasztalatairól és lehetőségeiről, valamint az ágazatban egyre erősödő hazai és nemzetközi érdeklődéssel és elismeréssel kísért **életciklus költség alapú közbeszerzésekről.** Az elmúlt évek tapasztalati alapján a MaSzeSz újító tevékenysége a plenáris üléseket követő szakmai fórumok szervezésében is tetten érhető: az előadások után a megjelent ágazat képviselői aktívan részt vehettek és hozzászólhattak az előadásokon elhangzottakhoz, így véleményüket megosztva valódi megoldási javaslatok kerültek megfogalmazásra. *„Célunk, hogy ezzel is hozzájáruljunk egy megoldásközpontú szakmai vita kialakulásához, amellyel a MaSzeSz egy újabb lépést tesz egy eredményes érdekvéleményi szolgáltatás irányába.”* – tette hozzá a MaSzeSz főtitkára.

A számos elismert szakembert és kiváló előadót felsorakoztató konferencia egyik kiemelkedő pillanata a **Települési Önkormányzatok Országos Szövetsége (TÖÖSZ)** és a MaSzeSz között létrejövő együttműködési megállapodás aláírása volt. A megállapodás keretében a MaSzeSz – mint a TÖÖSZ ágazati kérdésekben elsődleges szakmai partnere – a megfelelő információs és szakmai tudásháttér biztosításával segíti a tulajdonos önkormányzatok munkáját.

A konferencián Kovács Károly, a szervezet elnöke ünnepélyes keretek között adta át a MaSzeSz legmagasabb rangú kitüntetését, az **Aranyfedlap díjat** Boda János főmérnöknek, akit a szennyvíztisztítás és szennyvíziszap kezelés szakterületén végzett több évtizedes kiemelkedő tervezői, oktatói tevékenységének és a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség Elnökségi tagjaként végzett odaadó munkájáért részesített elismerésében a Szervezet.

A MaSzeSz XVII. Országos Konferenciája a kötetlen hangulatának köszönhetően olyan aktív légkörben zajlott le, amely kiváló találkozási pontként lehetőséget biztosított arra, hogy a résztvevő szakemberek megosszák egymással véleményüket, tapasztalataikat, és párbeszédet kezdeményezzenek a vitás szakmai kérdésekről és problémákról.

Találkozzunk jövőre is a MaSzeSz Országos Konferenciáján!

Ezúton is köszönjük a rendezvény támogatóinak, hogy ilyen magas színvonalon valósulhatott meg a rendezvényünk!

A rendezvény támogatói:





A MASZESZ ÚJABB SIKERES SZAKMAI NAP SZERVEZÉSÉVEL HOZTA KÖZELEBB A HAZAI ÉS NEMZETKÖZI SZAKEMBEREKET

A városainkat és hazánkat behálózó nagy átmérőjű ivóvíz vezetékek jellemző életkora 40-től 70 évig terjed, amelyek anyaguktól és gyártástechnológiájuktól függően élettartamuk vége felé közelednek. Biztonságos üzemeltetésük és az ellátás biztonsága az egyik legfontosabb szempont, jelen állapotukról azonban keveset tudunk.

A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség (MaSzeSz) Csődiagnosztikai Szakmai Napja alkalmával a nagy átmérőjű, öntöttvas, SENTAB, azbeszt-cement, KM-PVC és acél vezetékek jelenleg elérhető diagnosztikai módszereivel foglalkozott, elsősorban a technológiák bemutatását, alkalmazását, illetve a piaci szereplők bemutatkozását célozva.

A Csődiagnosztikai Szakmai Napunk hazai és nemzetközi cégek részvételével, valamint ennek a speciális területnek a legkiválóbb és elismert képviselőinek a meghívásával teljesebb képet nyújtott a létező diagnosztikai eljárásokról, azok várható eredményeiről.

Az előadásokat követően a résztvevők az egyes technológiákkal kapcsolatban azonnal választ kaptak a felmerülő kérdéseikre, a Szakmai Nap végén pedig személyes konzultációs lehetőséget biztosítottunk az előadó cégek képviselőivel.

A Csődiagnosztikai Szakmai Nap egyik kiemelt célja volt, hogy összehozza a vizes és szennyvízes szakembereket és az üzleti szféra képviselőit, és megteremtse az üzleti célú megbeszélések lehetőségét, ahol az egyedi elképzeléseken túl a potenciális együttműködések kialakításán át az üzleti szféra bemutatkozhatott.

A MASZESZ SZAKMAI EGYÜTTMŰKÖDŐ PARTNERKÉNT SEGÍTI A TOÖSZ MUNKÁJÁT

A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség (MaSzeSz) és a Települési Önkormányzatok Országos Szövetsége (TOÖSZ) ünnepélyes keretek között írta alá együttműködési megállapodásukat a MaSzeSz Országos Konferenciáján, Lajosmizsén. A megállapodás aláírását megelőzően Schmidt Jenő, a TOÖSZ elnöke a konferencia fórumán is részt vett, ahol egy közös ajánlás megfogalmazására is sor került az életciklus-költség alapú közbeszerzések gyakorlati alkalmazásában rejlő lehetőségekről és kihívásokról.

A számos elismert szakembert és kiváló előadót felsorakoztató konferencia egyik kiemelkedő pillanata a **Települési Önkormányzatok Országos Szövetsége** (TOÖSZ) és a MaSzeSz között létrejövő együttműködési megállapodás aláírása volt. A megállapodás keretében a MaSzeSz – mint a TOÖSZ ágazati kérdésekben elsődleges szakmai partnere – a megfelelő információs és szakmai tudásháttér biztosításával segíti a tulajdonos önkormányzatok munkáját.

A konferencián beszédében **Schmidt Jenő TOÖSZ elnök** is kiemelte azt a célt, amit a két szervezet közötti megállapodás is rögzít: *„A megfelelő szakmai információs háttér biztosításával, a hazai tudásbázis és tananyagok fejlesztésével, valamint képzések, tréningek, illetve konferenciák szervezésével elősegítsük a hatékonyabb szakmai működést. Így a települési vízgazdálkodási beruházások, a lehető legmagasabb szakmai színvonalon, a hosszú távú, gazdaságos fenntartást és üzemeltetést célul kitűző formában valósuljanak meg.”*

Az együttműködés egyik állomásaként **Kovács Károly, a MaSzeSz elnöke** Schmidt Jenő meghívására részt vett a TOÖSZ szakmai napján, ahol a kistelepülések szennyvíz elvezetésének és tisztításának gazdasági megoldásainak lehetőségéről tartott gondolatébresztő előadást. A közel 25 önkormányzat részvételével zajló eseményen a MaSzeSz és TOÖSZ közös ajánlást fogalmazott meg, melyben olyan javaslatok és módosítási indítványok kerültek összegyűjtésre, amelyek elősegítik a hatékonyabb és minőségi víztisztítást és szennyvízkezelést, figyelembe véve a település adottságait és hálózatának kondícióit.

Bízunk benne, hogy együttműködésünk a TOÖSZ-szal új perspektívába helyezi a hatékony települési vízgazdálkodást!



REKORDOKKAL ZÁRULT AZ IDEI IFAT KIÁLLÍTÁS

A legrangosabb nemzetközi környezetvédelmi szakkiállítás, az IFAT idén ünnepelte 50. születésnapját. A legismertebb expo idén minden rekordot megdöntött: az 59 országból 3091 kiállító mutatta be innovációit és technológiáit a 170 országból érkező közel 138 ezer látogatónak. A kiállítást 182 konferencia, szimpózium, fórum, bemutató, előadás és egyéb rendezvény kísérte, így az ötnapos eseményen résztvevői teljes képet kaphattak a környezetvédelem és a vízipar aktualitásairól, újdonságairól, eredményeiről.

A magyar kiállítók számára is igazi sikertörténet volt a május 30. és június 3. között Münchenben megrendezett seregszemle, ahol a látogatók százai találkozhattak a méltán ismert és elismert magyar vizes szaktudással, az általa képviselt innovációval, technológiákkal, termékekkel.

Magyarország nemcsak üzleti, hanem szakma közéleti, szövetségi oldalon is képviseltette magát Münchenben, a **Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség (MaSzeSz)** az EWA standján társkiállítóként vett részt. A tevékenységének újabb fordulópontjához érkező, működésében megújuló, közel húsz éves MaSzeSz valódi szolgáltatást végző, független szakmai szervezetként a határon átnyúló partnerség és az együttműködés megerősítésének céljából **Duna-Régió** fogadással egybekötött szakmai találkozót tartott, ahol Kovács Károly, a MaSzeSz elnöke átnyújtotta a szövetség legrangosabb elismerését, az Arany Fedlap díjat az EWA főtítkárának, Johannes Lohaus-nak és Jiri Wanner professzor úrnak, a Cseh Vízügyi Szövetség elnökének.



A kiállítás kísérő eseményeként szervezett konferenciákon előadóként a MaSzeSz munkatársai is részt vettek, amelyek közül kiemelkedik az **Európai Vízügyi Szövetség (EWA)** által szervezett szimpózium, amely immár hagyományként, minden IFAT-on megrendezésre kerül és a leglátogatottabb találkozónak számít.

Összességében elmondható, hogy az IFAT hazai és nemzetközi szinten hozott sikerei hosszú távon is érvényesülő eredményeket hoznak mind üzleti, mind szakma közéleti oldalon, melyek hozzájárulnak a víz értékének, valamint az e mögött álló szakmai munka presztízsének társadalmi elfogadtatásához.

MAGYAR SIKEREK AZ IWA FIATAL KELET-EURÓPAI VÍZÜGYI SZAKEMBEREK SZÁMÁRA NYOLCADIK ALKALOMMAL MEGRENDEZETT KONFERENCIÁJÁN

BAKOS VINCE ÉS JOBBÁGY ANDREA
BME ALKALMAZOTT BIOTECHNOLÓGIA
ÉS ÉLELMISZER-TUDOMÁNYI TANSZÉK

A konferencia résztvevői és témája

Az 8th IWA Eastern European Young Water Professionals Conference rendezvényt 2016. május 12 és 14. között tartották a lengyelországi Gdanskban. A konferencia több mint 160 résztvevőt fogadott, elsősorban Közép- és Kelet-Európa országaiból. A zömében 35 év alatti szakemberek természetes vízbázisokra fókuszáló, ivóvízes és szennyvízes szakmai területekről egyaránt jelen voltak a két és fél napos programon.

A konferenciának a Gdanski Műszaki Egyetem (GUT, Gdansk University of Technology) adott otthont. Pomeránia fővárosa és egyben Lengyelország legjelentősebb kikötője évezredek történelme során számos alkalommal volt kulturális, gazdasági és politikai kapocs Észak és Dél, Nyugat és Kelet között. A ma dinamikus fejlődő, nagy múltú város, valamint a patinás egyetemi épület ideális helyszín volt és jól illett a konferencia mottójához: Bridging the Gap between Academia, Industry, Services, and Public Sector.

A Maryna Feierabend által vezetett nemzetközi szervezőbizottság mellett nemzetközi hírnevű „senior” kutatókból és szakemberekből álló tudományos program bizottság biztosította a magas színvonalú konferencia programot, a beküldött előadások előzetes bírálatával és kiválogatásával. A konferencia tudományos bizottságában a lengyel szervezők által felkért tagként Dr. Jobbágy Andrea (BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszer-tudományi Tanszék) kép-

viselte hazánkat, akinek aktív közreműködése a benyújtott előadások bírálata, ill. kiválasztása mellett helyszíni hozzászólásokra és a senior kutatók képviseletére is kiterjedt.

Mindezek mellett a rendezvény sikeréhez a Jakub Drewnowski által koordinált és lengyel fiatal szakemberekből álló helyi szervezőbizottság Prof. Jacek Makinia mentori támogatásával végzett előkészítő munkája is elengedhetetlen volt. A helyi szervező bizottság tagjai között Lengyelország más egyetemeiről (Poznan, Wroclaw, Bialystok, Silesia, Slupsk, Varsó, Lublin, Krakkó, Warmia, Mazury és Lodz) érkező fiatalok is helyet kaptak.

A konferencia résztvevők 25 különböző országból érkeztek, főként Közép- és Kelet-Európából, de emellett számos nyugat-európai országból is: népes német küldöttség, osztrákok, spanyolok, olaszok, stb. Közép- és Kelet-Ázsia országai is képviseltették magukat.

Az angol nyelven zajló konferencián 62 előadás és 58 poszter került bemutatásra. Az előadások négy fő szakmai területnek megfelelően tagozódtak szekciókba a következők szerint: Vízgazdálkodás (természetes vízbázisok, klímaváltozás); Ivóvíz (új ivóvíz kezelési és szolgáltatási technológiák); Szennyvíztisztítás (új technológiák a szennyvíztisztításban); Egyéb vízhez kapcsolódó témák. A szekciók időben egymást követték, azaz plenáris fórumon zajlottak, így igen szűk (10 perces) időkeret állt az előadók rendelkezésére a két napos előadói program alatt. A résztvevők jól felkészülten és magas színvonalon teljesítették ezt a követelményt.



*166 vizes szakember Közép-Kelet Európából, Közép- és Kelet-Ázsiából és más országokból
(8th IWA Eastern European YWPs Conference, Gdansk, Lengyelország)*

Magyar előadói és szervezői részvétel

A konferencia előkészítő szakaszában, április 17-én a rendezvény résztvevői ingyenes „webináriumon”, azaz internetes szemináriumon vehettek részt, ami a fiatal előadók számára kívánt segítséget nyújtani előadásaik összeállításához. A másfél órás online oktatás az IWA (International Water Association) történetének első hivatalos webináriuma volt, amit „Hey, the floor is yours!” címmel a belgrádi előadása alapján felkért Bakos Vince, a nemzetközi szervező bizottság magyar tagja tartott. A webinárium 35 online résztvevővel zajlott, de a webes előadás és konzultáció rögzítésre került és minden regisztrált konferencia résztvevőhöz eljutott. A konferenciát megelőző utolsó 10 napban azok az előadók, akik időben elküldték előadásukat, jó szempontokat kaphattak annak véglegesítéséhez. Így 44 előadás került előzetesen átnézésre. Az előadók ilyen formán történő, előzetes

felkészítése és támogatása is nagymértékben hozzájárulhatott ahhoz, hogy magas színvonalú előadások jelentek meg a konferencián.

A konferencia magyar résztvevői a színvonalas nemzetközi rendezvényhez méltóan álltak helyt. Az előadók között Sebestyén Éva (Fővárosi Vízművek Zrt.), Al Heboos Sonia (BME Víziközmű és Környezetvédelmi Tanszék), Klapcsik Kálmán (BME Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék), valamint a BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszer-tudományi Tanszékről három további résztvevő: Lóka Máté, MaSzeSz 2016. évi junior díjas (a MaSzeSz anyagi támogatásával), Weinpel Tamás és Bakos Vince, 2015. évi MaSzeSz junior díjas is a magyar előadások sorát gazdagította. A magyar előadói létszám ezzel tavaly óta - amikor Bakos Vince egyedül képviselte hazánkat a Belgrádban szervezett konferencián - hatszorosára növekedett.

A fiatal magyar résztvevők bemutatott előadásai:



Sebestyén Éva Zofia
Fővárosi Vízművek Zrt.

- **Sebestyén Éva Zofia:** Experiences of full-scale deammonification of dewatering sidestream from thermophilic anaerobic digestion process at Budapest CWWTP

Az előadás beszámolt a Budapesti Központi Szennyvíztisztító Telepen létesített mellékáramú nitrogén eltávolítási technológia több

mint két éves üzeme során elért eredményekről, valamint számos üzemeltetési tapasztalatot körvonalazott, így az alkalinitás hiányát, a magas BOI és lebegőanyag terhelésre adott választ. A nitrogénformák koncentrációját sikerült az inhibíciós korlát alatt tartani. Kihangsúlyozásra került a rendszer karbantartás utáni viszonylagosan gyors felterhelhetősége a speciális baktériumok újraoltásának szükségessége nélkül. Szó esett további optimalizációs kérdésekről is, különös tekintettel a vegyszeradagolás lehetőségeinek átgondolására és gazdaságossági vizsgálatára. Összességében bemutatásra kerültek azok a tényezők, melyek a megépítés óta segítik ezen érzékeny technológia folyamatos beillesztését a komplex szennyvíztisztítás egészébe.



Al Heboos Sonia,
BME Vízközmű és
Környezetmérnöki Tanszék

- **Al Heboos Sonia:** Investigation and modeling of bulk chlorine decay kinetic in water distribution system

A tanulmányban bemutatásra került, hogy az adagolt klór és a vízben jelenlévő szerves anyagok mennyisége miként befolyásolja az ivóvízellátó hálózatban kialakuló klór koncent-

rációkat. A Szerző két különböző empirikus egyenlet származtatását és összehasonlítását végezte el a modellezés során, valamint meghatározta az ivóvízellátó hálózatban bekövetkező klórfogyást leíró egyenletek koefficienseit.



Klapcsik Kálmán,
BME Hidrodinamikai
Rendszerek Tanszék

- **Klapcsik Kálmán:** Optimal pressure measurement layout planning in real life water distribution systems

A konferencián bemutatott munka nyomásmérő műszerek optimális kiosztásával foglalkozik, azaz arra a kérdésre keresi a választ, hogy amennyiben egy hidraulikai hálózat minden csomópontját lehetséges

nyomásmérési pontnak tekintjük, de csak néhány - jellemzően 10-nél kevesebb - műszert van lehetőségünk telepíteni, melyik csomópontokat válasszuk. Valós hálózatokon végzett esettanulmányokkal demonstráltuk a Tanszéken kifejlesztett megközelítés életképességét.



Lóka Máté
BME Alkalmazott Biotechnológia
és Élelmiszer-tudományi Tanszék

- **Lóka Máté és Lóránt Bálint:** Carbon-dioxide neutral electricity production in microbial fuel cells from wastewater

A kutatás során H-típusú mikrobiológiai üzemanyag cellában vizsgáltuk a biodegradáció kinetikáját és hatékonyságát, valamint a biodegradáció során nyert elektromos teljesítményt acetát

és pepton szubsztrátok esetében. Az eredmények alapján vizsgáltuk a technológia jövőbeli alkalmazhatóságát a szennyvíztisztítás területén a határértékek teljesíthetősége szempontjából. Esettanulmányban becsültuk meg a budapesti szennyvizek energiatartalmát.



Weinpel Tamás
BME Alkalmazott Biotechnológia
és Élelmiszer-tudományi Tanszék

alkalmazásával mutattuk ki azt, hogy a vizsgált, tejipari szennyvízhányadot is fogadó kommunális szennyvíztisztító telep időszakos nitrifikációs hatékonyság csökkenéseit nem az ipari terhelés okozta, hanem a nem megfelelő levegőztetés. A kommunális szennyvíz rossz denitrifikációs kapacitása miatt a nitrát megfelelő mértékű eltávolítása éppenhogy a két szennyvízáram együttes tisztításával vált lehetségessé. Ennek megfelelően került sor a bioreaktor elrendezés, a levegőztetés és a recirkulációs áramok optimalizálására, valamint az is beigazolódott, hogy tejipari hányad nélkül pót-szénforrás adagolás válna szükségessé.



Bakos Vince
BME Alkalmazott Biotechnológia
és Élelmiszer-tudományi Tanszék

A kutatás célja egy szörpüzemi hányadot is fogadó, kiterjedt agglomerációval rendelkező kommunális szennyvíztisztító telep biológiai nitrogén eltávolítási hatékonyság növelése volt. A nagymértékben ingadozó befolyó terhelés és a nagy hidraulikai tartózkodási idő miatt egyedi, a hely-

- **Weinpel Tamás és Bakos Vince:** Utilization of dairy wastewater as carbon source in a domestic activated sludge treatment plant

A biológiai nitrogén eltávolítás fokozását célzó esettanulmány során helyszíni profil-mérések és szimulációs vizsgálatok al-

színi profil-méréseket szimulációs számításokkal kombináló módszer kifejlesztésére volt szükség, hogy a befolyó szennyvíz terhelés spektrum reprezentatívan meghatározható legyen. Az eredetileg kizárólag levegőztetett, ún. low DO medencékkel üzemelő tisztítótelep reaktorainak tagolásával az elfolyó nitrogén határértékek a teljes szennyvízminőség spektrumon teljesíthetővé váltak, amely egyúttal az eleveniszap szerkezet és ülephetőség jelentős javulását is eredményezte.

A konferencián bemutatott magyar poszter:

- **Varga Roxána és Hős Csaba:** Community structure of hydraulic systems, BME Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék

Az első nap záróeseményén több nemzeti junior vízügyi szervezet is bemutatkozott, ismertette megalakulásának történetét (Albánia, Ausztria, Cseh Köztársaság, Spanyolország és Lengyelország). A bemutatkozásokat a pódiumon helyet kapott senior szakemberek hozzászólásai követték. Üdvözölte a fiatalok kezdeményezését Helmut Kroiss az IWA elnöke, Jacek Makinia, a Gdanski Műszaki Egyetem rektor-helyettese, Florin Iliescu az IWA Kelet-Európai régiójának korábbi igazgatója. Jobbágy Andrea kiemelte azt, hogy a fiatalság, különösen, ha a határát 35 évben húzzuk meg, átmeneti állapot, sőt nem is feltétlenül korfüggő. A szakemberek minél szélesebb körű együttműködése lehet az előrelépés kulcsa.

A konferencia második napja a legjobb előadás és a legjobb poszter díjazásával zárult, aminek odaítélésében a konferencia valamennyi résztvevője leadhatta szavazatát. Az első díjakat szoros versenyben Monika Sabic (Horvátország) és Maria Danylicheva (Oroszország) nyerték el.

A harmadik napon a konferencia szponzorai (WTE Wassertechnik GmbH, Endress+Hauser Group, Hach) fakultatív workshop-ot szerveztek, bemutatva a vízipar számára érdekes legújabb termékeiket. Délután az érdeklődők számára lehetőség nyílt vezetett városnézésre is.

Közösségi és kulturális programok

Az első nap estéjén a résztvevők meglátogatták a European Solidarity Centre megrendítő kiállítását, ami elsősorban a Gdanskban született szolidaritási mozgalomnak állít emléket. A kiállítás megtekintése után az épület földszintjén lévő étteremben hangulatos élő-zene mellett került sor a gálavacsorára.

A záróesten a résztvevőket országokénti fellépésre szólították fel. A mi csapatunk magyar nótákkal és csárdással versenyezve aratott elsőprő sikert a nemzetek kiscsoportjainak tánccs-énekes "tornáján", Jobbágy Andrea pedig, aki ezúttal egyedül képviselte a szenior résztvevőket, elnyerte a fellépők között meghirdetett „Youngest Participant Award”-ot.



A magyar vetélkedő csoport a résztvevők országokénti tánccs-énekes tornáján



Szenior (balról jobbra: Prof. Makinia, Florin Iliescu, Helmut Kroiss és Jobbágy Andrea) és junior szakemberek (cseh és spanyol) a pódiumon

9th IWA Eastern European Young Water Professionals Conference

„Come close to water, see you soon in Budapest!”

Megtiszteltetésnek vehetjük, hogy a színvonalas szakmai részvétel és az aktív szervezőmunka eredményeképpen hazánk a BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszer-tudományi Tanszék gondozásában elnyerte a következő, 9. IWA Eastern European YWPs konferencia megrendezésének lehetőségét. Ehhez a nemzetközi szervezőbizottság által megkívánt támogatást a MaVíz biztosította. A rendezvény előkészítését és lebonyolítását Maryna Feierabend, IWA Eastern European YWPs szervezőbizottsági elnök mellett felkért társelnökként Bakos Vince fogja koordinálni fiatal magyar kollégák szervezésbe való bevonásával.

Köszönetnyilvánítás

A magyar résztvevők nevében köszönetet mondunk a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség sokirányú támogatásáért, Lóka Máté részvételi költségeinek fedezéséért. Idén is megmutatkozott, hogy a MaSzeS Junior Szimpózium - mint hazai nivós szakmai fórum – igen jó előszobája a magyar fiatalok nemzetközi szereplésének. A magyar előadók többsége több ízben is jól szerepelt ezen a megmérettetésen. Sebestyén Éva részvételét a Fővárosi Vízművek Zrt., a további résztvevőket pedig a BME vonatkozó tanszékei biztosították.

Köszönjük a MaVíz nemzetközi szervezők által kért háttér-támogatásának biztosítását a Budapesten rendezendő konferenciához.

KA – WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER, ABFALL TARTALOMJEGYZÉK MAGYAR NYELVŰ FORDÍTÁSA 04/2016

TARTALOMJEGYZÉK

A KIADÓ ELŐSZAVA	
A Víz Napja, 2016 – Alábecsültük a Víz Keretirányelv céljait? <i>Maria Krautzberger (Dessau-Roßlau)</i>	241
BESZÁMOLÓK	
A természet vízkörforgása – fontos része vagyunk! A délnyugati országgrész vízgazdálkodási szakemberei találkoznak a Baden-Württemberg DWA-tartományi szövetségi konferencián <i>Stefan Bröker</i>	248
A KEK-10. DWA-szakbizottság ad-hoc-közleménye „Energia a víz- és szennyvízgazdálkodásban”	256
A Ruhrverband (Ruhr Szövetség) „Tudás, értékek, víz” szakmai megbeszélése 2016. február 26-án elbúcsúztattuk Harro Bode urat, az igazgatóság elnökét <i>Thomas Grünebaum és Michael Weyand (Essen)</i>	258
Kutatás és innováció A DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Német Vízügyi Szövetség) az IFAT-on (Nemzetközi Környezetvédelmi Szakkiállítás) szabványokat ismertet, lehetőségeket és elképzeléseket mutat be <i>Alexandra Bartschat (Hennef)</i>	262
VÍZELVEZETŐ RENDSZEREK	
Eljárások a kevertszennyvíz-tisztítás koncepcióinak értékelésére, összetett csatornahálózatokban <i>Kai Klepischewski (Eppingen), Stefanie Seiffert (Rockenhausen), Raymond Erpelding (Pétange/Luxemburg) és Thierry Flies (Luxemburg)</i>	266

KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZTISZTÍTÁS

Granulált aktívszén teljesítőképessége a kommunális szennyvíztisztító telepek
elfolyásaiból származó szerves nyomanyagok eltávolításában 276

Félüzemi és ipari vizsgálatok áttekintése – 2. rész: Eljárások, eredmények és
kitekintés

*Frank Benstöm (Aachen), Andreas Nahrstedt (Mülheim a. d. Ruhr), Marc Böhler
(Dübendorf/Svájc), Gregor Knopp (Darmstadt), David Montag (Aachen), Hansruedi
Siegrist (Dübendorf/Svájc) és Johannes Pinnekamp (Aachen)*

ÚJRAHASZNOSÍTÁS / ENERGIA / SZENNYVÍZISZAP

(Szennyvíz)iszap KOI-elemzése 290

Egy összehasonlító mérés eredményei

Christian Schaum, Johannes Rühl, Robert Lutze és Ute Kopf (Darmstadt)

GAZDASÁG

A szennyvíztisztító telepek, mint az energiapiac rugalmas szolgáltatói 299

A BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung, Szövetségi Oktatási és
Kutatási Minisztérium) által támogatott „arrivee” kutatási projekt időközi
eredményei a szennyvíztisztító telepek üzemeltetőinek lehetőségeivel
és politikai-jogi keretfeltételeivel kapcsolatban

*Frank Hüesker (Kaiserslautern), Thomas Charles (Berlin), Tobias Kornrumpf
(Wuppertal), Michael Schäfer és Theo G. Schmitt (Kaiserslautern)*

DWA

A KEK-10. DWA-szakbizottság ad-hoc-közleménye 256

Irányelv 305

Tartományi szövetségek 313

Kiadványok 315

KA – WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER, ABFALL TARTALOMJEGYZÉK MAGYAR NYELVŰ FORDÍTÁSA 05/2016

TARTALOMJEGYZÉK

ÜDVÖZLET	
IFAT – a környezetvédelmi technológiai szakma platformja <i>Stefan Rummel (München)</i>	339
IFAT – 50 év alatt a világ vezető környezettechnikai vásárává vált <i>Otto Schaaf (Köln)</i>	341
BESZÁMOLÓK	
25 év szennyvíztisztító telep-szomszédolás Szászország és Tübingia tartományokban – visszapillantás és kitekintés <i>Gabriele Lang és Beatrice Möller (Drezda)</i>	348
25 év szennyvíztisztító telep-szomszédolás Szászország és Tübingia tartományokban A szennyvíztisztító telep-szomszédolások alapítása – izgalmas időszak! <i>Michael Kuba (Zittau)</i>	354
Bemutakozott az új DWA politikai memorandum A környezetpolitikai pozíciók frissítve	356
Az európai vízügyi szakma kihívásai Az EWA (European Water Association, Európai Vízügyi Szövetség) 11. brüsszeli konferenciája <i>Johannes Lohaus (Hennef)</i>	358
DWA Vízügyi Fejlesztési Díj a Bad Dürkheim-i „Isenach” projektért Dicséret Zeil am Main város „Altach” projektjéért	362
IFAT Environmental Technology Forum Africa (Környezetvédelmi Technológiai Fórum, Afrika) Stabil helyzet egy új földrészen	363
Az IFAT 50 éve – Források, újítások, megoldások	452

VÍZELVEZETŐ RENDSZEREK	
A Zöldek és a Kékek együtt gondolkodnak – A ZUGABE (RÁADÁS) együttműködési modul <i>Emanuel Grün (Essen), Volker Lindner (Herten), Heiko Sieker (Hoppegarten) és Brigitte Spengler (Essen)</i>	369
A bajorországi csatornázás állapotának elemzése 1. rész: Módszertan és a csatornahálózat általános statisztikai adatai <i>Nils Horstmeyer, Brigitte Helmreich és Jörg E. Drewes (Garching b. München)</i>	378
KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZTISZTÍTÁS	
Biocid hatóanyagok a kommunális szennyvízbevezetésekben Szászországban <i>Uwe Engelmann (Drezda)</i>	388
Homokfogó terelőfallal Új, nem levegőztetett homokfogó kifejlesztése a finom homok magasabb leválasztási határfoka elérése érdekében <i>Alexander Sonnenburg és Wilhelm Urban (Darmstadt)</i>	404
GAZDASÁG	
Decentrális szennyvíztisztító telepek centrális üzemeltetése: c*dec A decentrális szennyvízelvezetés újszerű üzemeltetési és szervezeti modellje <i>Jutta Niederste-Hollenberg, Thomas Hillenbrand (Karlsruhe), Andrea Ungermann (Tübingen) és Eberhard Lachenmayer (Ravensburg)</i>	418
GYAKORLATI BESZÁMOLÓ	
Energia-adatok megfigyelése és értékelése kommunális szennyvíztisztító telepeken <i>Thomas Znanewitz, Yannick Taudien és Gerd Kolisch (Wuppertal)</i>	429
Készletfelmérés – legfrissebb építési tervek – megjelenítés a GIS térinformatikai rendszerben <i>Ulrich Epp (Siegburg)</i>	436
DWA	
Irányelv	441
Szakmai grémiumok	447
Tartományi szövetségek	448

EGYÜTTES ELŐADÓÜLÉST TARTOTT A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖRNYEZET ÉS EGÉSZSÉG BIZOTTSÁGA ÉS A KÖRNYEZETTUDOMÁNYI ELNÖKI BIZOTTSÁGA, A VÍZELLÁTÁSI ÉS CSATORNÁZÁSI BIZOTTSÁG TAGJAINAK RÉSZVÉTELÉVEL

A 2016. május 6-án **„Az élető víz: szennyezettség, tisztítás egészség”** címmel tartott előadóülést a Magyar Tudományos Akadémia Környezet és Egészség Bizottsága és a Környezettudományi Elnöki Bizottsága a **Budapesti Központi Szennyvíztisztító Telepen**. Az MTA Vízgazdálkodás-tudományi Bizottság Vízellátási és Csatornázási Bizottság tagjai is meghívást kaptak a rendezvényre, így számos tagtársunk is részt vett a népes számú közönségben az előadásokon, valamint az azt követően tartott szennyvíztisztító telepi bejárásán.

Az ülés bevezetőjét **Poór Gyula**, a KEB elnöke tartotta, amelyet **Riz Levente**, a BEK elnökének, és **Haranghy Csaba**, a Fővárosi Vízművek vezérigazgatója és az ülés házigazdájának a köszöntője követett.

Az előadások közül kiemelem **Körösi Csaba** igazgató úr (Köztársasági Elnöki Hivatal Környezeti Fenntarthatóság Igazgatóság) nagy ívű előadását, melyet **„A víz és fenntartható fejlődési program. Merre tart a világ?”** címmel tartott meg.

A következő előadásban – mely a Vízellátási és Csatornázási Bizottság és a MaSzeSz tagjainak szakterületét legjobban érintette – Magyarország csatornázási és szennyvíztisztítási

helyzetéről hallottunk összegző és az elmúlt évtizedek fejlesztési folyamatait elemző előadást **Murányiné Krempels Gabriellától**, a Belügyminisztérium Vízgazdálkodási Főosztályának főosztályvezetőjétől. A több évtizedes szakmai igyekezet alapján a közmű-olló zárási folyamatának eredményei már tükröződnek az adatokban, de megállapítható, hogy az ivóvíz és szennyvíz szakterület közötti ellátási különbség még mindig 10 % feletti. A Nemzeti Települési Szennyvízelvezetési- és Tisztítási Megvalósítási Programról szóló 25/2002. (II. 27.) Korm. rendelet (Program) 2002. évi hatályba lépése óta, az akkor tervezett vezetékhozhoz képest mintegy 25%-kal több szennyvízcsatorna épült az országban, és a nemzetközi trendekkel összhangban lévő

folyamatként a 2002-ben tervezett műszaki megoldások helyett mintegy 20%-kal kevesebb darab-számú agglomerációval épül meg a Program keretében. A szennyvíztisztítási adatok közül említést érdemel, hogy a biológiai és a harmadik fokozattal tisztított szennyvíz mennyisége 2000. és 2014. között megduplázódott, továbbá a tápanyag-eltávolítási országos adatok is 80%-os határfok feletti értékeket mutatnak. A Program tervezési főösszege 2002-ben 1300 milliárd Ft volt, a jelenleg ismert adataink közelítik az 1600 milliárd Ft-os összeget. A csatornahálózatok nagyobb hossza, valamint a Programba 2009. előtt bekerült mintegy 400 kistelepülés adataival korrigálva az elődeink tervezési adatait megállapítható, hogy azok tervezése időtálló és felelős volt.

Az előadás végén összefoglaló gondolatokat hallottunk a jövő feladatairól. Ezek közül ki kell emelni a 91/271 EGK Direktíva (Szennyvíz Irányelv) teljesítése mellett a kistelepülések megfelelő műszaki megoldásait, a víziközművek vagyoneértéke megőrzésének fontosságát és az energiahatékonyság növelését. Az új idők kihívására válaszolva vizsgálni kell az „új víz”, azaz a tisztított szennyvíz megfelelő közegészségügyi feltételeket teljesítő hazai hasznosítási lehetőségeit.

A további előadások témakörei:

- A felszíni vizek vízminőségi állapota (**Kovács Péter** főosztályvezető BM),
- A Balaton vízminőségének változása (**Bíró Péter** akadémikus, Tihanyi Limnológiai Kutatóintézet),
- Ivóvízbiztonság a nyersvíztől a csapig (**Vargha Márta** főosztályvezető, OKI),
- Felszínalatti vízszennyezések egészségügyi hatásai (**Rudnai Péter** főosztályvezető, OKI).

A nagyszerű ülés zárszavát **Németh Tamás** KÖTEB elnök tartotta, aki értékelte az együttes ülés eredményeit.

Az ülést követően **Márialigeti Bence** meghívására a résztvevők megtekintették a Budapest Központi Szennyvíztisztító Telepet, ahol számos kérdés hangzott el a telep kialakításával, technológiájával és működésével kapcsolatosan.

Murányiné Krempels Gabriella főosztályvezető asszony összefoglalóját felhasználva: lejegyezte Prof. Emerita Dulovics Dezsőné dr.



100 ÉVES A MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG

DR. SZLÁVIK LAJOS ELNÖK AZ MHT CENTENÁRIUMI ÉVÉNEK PROGRAMJAIRÓL, AKCIÓIRÓL

A Magyar Hidrológiai Társaság a Magyarhoni Földtani Társulat Hidrológiai Szakosztályaként 1917. február 7-én alakult meg, s 1949. január 26-án lett önálló tudományos társadalmi szervezet.

Annak ellenére, hogy a centenáriumi dátum 2017 februárjában esedékes, Társaságunk jubileumi rendezvényeit a 2016. évi közgyűléstől a 2017. évi vándorgyűlésig bezárólag terjedő, valamivel több, mint egy esztendőre tervezzük. Mindezt az is indokolhatja, hogy az 1917-es szakosztályi szervezés is több mint fél éven keresztül zajlott, tehát a történeti hűség sem szenved csorbát.

Emlékülések

1. Központi emlékülést tartunk 2017. február 7-én az MTA dísztermében, Áder János köztársasági elnök fővédnökségével.
2. A 2016. és a 2017. évi közgyűléseken is megemlékezés történik a centenárium jegyében
3. A jubileumi év során valamennyi területi szervezet, valamint szakosztály és állandó szakmai bizottság előadóülést tart, ünnepi rendezvényt szervez, amelyet elsősorban saját szervezete történetének szentel. A szervezés során időbeli egyeztetést folytatunk, hogy még ne legyen ugyanazon napon két helyen rendezvény. Az egyes rendezvényekről a MHT honlapja külön beszámol a centenáriumnak szentelt oldalon.



Megemlékezések a hagyományos nagyrendezvényeinken

A „Centenárium év” során kerül sor a 2016. és 2017. évi rendes közgyűlésre, két vándorgyűlésre, egy-egy alkalommal Ifjúsági Napokra, illetve Hidrobiológus Napokra. A hat rendezvény szerepét a megemlékezésekben egységesen tervezzük meg és hangoljuk össze. A 2016. májusi közgyűlés jelenti a megnyitót, a 2017. évi (mosonmagyaróvári) vándorgyűlés pedig a záró rendezvényt.

Kiadványok

1. Az MHT szaklapjai megemlékeznek a jubileumról. 2016-ban a HT jelentet meg egy tematikus számot, 2017-ben pedig hasonló szempontok alapján a HK.
2. 2017-ben újból – bővített tartalommal – megjelentetjük az MHT kitüntetettjeinek életrajzi lexikona, amely nyomtatásban utoljára 2000-ben adtuk ki.
3. Valamennyi területi szervezet, valamint szakosztály és állandó bizottság összeállítja – megadott szempontok alapján – saját történetét, amelyeket összegyűjtve egy központi kiadványban megjelentet az MHT. Hasonló – szerény küllemű, de gazdag tartalmú – kiadvány már megjelent a 75. évfordulóra. Amennyiben a területi szervezetnek módja van rá, hogy saját történeti anyagát külön is megjelentethesse, akkor azt – függetlenül a központi kiadványtól – tegye meg.

Rövidfilm, dokumentumfilm

1. A jubileumi megemlékezések rögzítése filmen/fotón. A rendezvények lezárultakor a felvételekből egy rövidfilm készül 20-25 perc terjedelemben.
2. A Hidrológia Hungarica Alapítvány digitalizált filmvagyónának felhasználásával öt szakterületre dokumentumfilmek készülnek.

MHT történeti dokumentumok összegyűjtése, vándorkiállítás

1. Az évforduló alkalmából összegyűjtjük a Társaság történetének még felelhető írásos emlékeit és fotódokumentumait.
2. Feltárjuk az MHT történetének dokumentumait a Vízügyi Szaklevéltárban és a publikált dokumentumokat a szakfolyóiratokban, egyedi kiadványokban.
3. Az MHT történetét feldolgozó vándorkiállítást készítünk a fellelhető dokumentumok bemutatásával kb. 10 tablón. A vándorkiállítás a területi szervezetek megemlékezési helyszínein és a nagyrendezvényeken volna időről-időre látható.

Emléktáblák

1. Emléktáblát kívánunk állítani a 19/20. századforduló nagy hidrológusának, Bogdánfy Ödönnek, aki 1917-ben alapító titkára volt a Hidrológiai Szakosztálynak.
2. Vitális Sándornak, a Társaság legendás vezetőjének is emléktáblát kívánunk állítani.
3. A további emléktáblákra vonatkozó javaslatokat egyeztetjük a működési egységekkel.

Koszorúzási ünnepségek

A központi és területi megemlékezésekre a javaslatok alapján egy ajánlati listát fogunk összeállítani a meglévő emléktábláról, emlékhelyekről.

Emlékbélyeg

A Magyar Postánál kezdeményeztük (a BM támogatásával) egy MHT emlékbélyeg kiadását 2017-re.

Emlékbélyegző

Terveztetünk egy bélyegzőt és azzal megkeressük a jogi tagokat: tegyék ezt minden kimenő levelükre, úgy, hogy a bélyegzőn az álljon a nevük után, hogy: „A 100 éves Magyar Hidrológiai Társaság jogi tagja”.

MHT centenáriumi honlap, internetes megjelenés

1. A MHT Hírei között minden esetben megjelöljük, hogy az adott program a centenáriumi rendezvények része.
2. A Centenárium kapcsán indítunk egy, az MHT Honlapjához kapcsolódó facebook-oldalt.
3. A Centenáriumi eseményekről, programokról, rendezvényekről mobil telefonos applikációt indítunk.

Egyéb tervek

1. Az ENSZ legutóbbi Közgyűlése 2017-t a „Víz és a nők éve”-nek nyilvánította („Water and Women Year 2017”). Ehhez kapcsolódva – a társegyesületek bevonásával – 2017. március 8-án nőnap ünnepséget szervezünk „Nők a vízgazdálkodásban” mottóval.
2. Pályázat az MHT története emlékezetes pillanatainak írásos megörökítésére. Tervezzük, hogy a Társaság életének emlékezetes, felemelő vagy éppen humoros pillanatait megörökítő „novella” pályázatot hirdetünk, azzal a céllal, hogy a múltunknak ezek az érdekes történetei ne merüljenek a feledés homályába.
3. A Hydrologia Hungarica Alapítvány digitalizált filmvagyonából szakmai filmnap(ok)at rendezünk, a filmeket beépítjük a központi és területi megemlékezésekbe.

A centenáriumi év eseményeiről folyamatosan hírt adunk honlapunkon (www.hidrologia.hu) és az INFO@HAND alapú okos telefonos szolgáltatáson keresztül.

A MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA A LEGNAGYOBB KITÜNTETÉSÉBEN RÉSZESÍTETTE DR. DULOVICS DEZSŐNÉT ÉS POSZTUMUSZ DR. DULOVICS DEZSŐT

A Magyar Mérnöki Kamara két alapító tagját a legnagyobb kitüntetésében, a Zielinszki Szilárd díjban részesítette: posztumusz **Dr. Dulovics Dezsőt** a Vízgazdálkodási és Vízépítési Tagozat alapításától kezdve annak elnökségében, míg **Dr. Dulovics Dezsőné dr. Dombi Máriát** a Tagozat minősítő bizottság és az oklevelek szakirányúságát megállapító bizottság tagjaként végzett kiemelkedő munkájának elismeréseként.

Dr. Dulovics Dezső okleveles mérnök, címzetes egyetemi tanár diplomáját 1959-ben a Pozsonyi Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karán szerezte, ahol később tanársegédként, majd adjunktusként tevékenykedett. Magyarországra történt áttelepülése után 1971-től a Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karán a Vízellátás Csatornázás Tanszéken dolgozott, 1997-től már docensként. A Szent István Egyetem szenátusa az Ybl Miklós Építőmérnöki Karon folytatott oktató munkáját címzetes egyetemi tanár címmel ismerte el. A Magyar Tudományos Akadémia köztestületi tagjaként a speciális kutatási területei a szennyvíztisztítás és vízminőségi kérdések tanulmányozása. A Magyar Mérnöki Kamara egyik alapító tagja, ahol már a kezdetektől a Vízgazdálkodási és Vízépítési Tagozat elnökségének tagja. A Magyar Hidrológiai Társaság vezetőségi tagjaként meghatározó szerepet játszott a Társaság és a Kamara együttműködésének kialakításában. Kezdeményezője volt a Magyar Szennyvíztechnikai Szövetség megalapításának és haláláig meghatározó szerep volt a szervezet működésében.

Jelentős szerepe volt a szakterület hazai szabványainak és műszaki irányelveinek kidolgozásában, az Európai Unió szabványok honosításában, kamarai és más szakmai útmutatók készítésében.

Nagy fájdalom mindannyiunk számára, hogy a kitüntetés átadását nem érthette meg. Emlékét megőrizzük.

Dr. Dulovics Dezsőné dr. Dombi Mária okleveles mérnök, professor emerita oklevelét 1960-ban Budapesten az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetemen, majd ugyanott 1970-ben, okleveles építési gazdasági mérnöki diplomát szerzett. Az Egyetem Vízgazdálkodási Tanszékén tanársegédként tevékenykedett, majd megalapította az Ybl Miklós Főiskola Mélyépítési Tanszékét, amely ma az Ybl Miklós Építéstudományi Kar Építőmérnöki Intézetének része. Főiskolai tanár és a tanszék-csoport vezetője volt, majd 2007 óta professor emerita.

Mérnöki tudományos és oktató munkája révén a mai hazai víziközmű kultúra egyik meghatározó személyisége. Több mint 100 publikáció, tankönyv, egyetemi jegyzet és szakcikk szerzője, a Magyar Tudományos Akadémia Vízgazdálkodási-tudományi Bizottsága Vízellátási és Csatornázási Bizottságának tagja, az Oktatási Bizottság vezetője.

A Magyar Mérnöki Kamarának és a Vízgazdálkodási és Vízépítési Tagozatnak egyik alapító tagja, 1999 óta pedig részt vesz a Tagozat Minősítő Bizottságának munkájában.

A Magyar Szabványügyi Testület Vízvezetés és Csatornázás Bizottságában 2002 óta képviseli a Magyar Mérnöki Kamarát.



MAVIZ - ÖKO AQUA 2016.

2016. június 8-10 között Egerben, a Hotel Eger & Park Szállóban tartotta a MaVíz szokásos éves Konferenciáját, a hagyományos ÖKO AQUÁ-t, melynek mottója: **„Tiszta lappal-tiszta vízért” volt.**

Kurdy Viktor elnök megnyitója utáni **Plenáris ülésen** három előadás hangzott el:

- **Nógrádi György:** Az ivóvíz, mint vízbiztonság politikai kérdés,
- **Haranghy Csaba:** Export lehetőségek,
- **Zarándy Tamás:** A víziközművek szabályozási környezete címmel.

A plenáris ülést három szekcióülésben követték az előadások.

Az **I. Szekcióban** hat vízellátási témablokkban, a **II. Szekcióban** öt csatornázási témablokkban hangzottak el az előadások, és a két Szekció ezeken felül **együttes ülést** tartatott a GFT tervezés aktuális kérdései és a vízbiztonsági tervezés gyakorlati kérdései című témablokkokban.

A **III. Szekció** hat témablokkján túlmenően generációs kérdések vitájára és oktatási kerekasztal szervezésére került sor.

A Konferenciát kiállítás színesítette.

Az első konferencianapot a szokásos „Víziközművek napja” program zárta.

Gratulálunk a rendezőknek a monstre program színvonalas és zökkenőmentes lebonyolításához!

GLOBAL WATER PARTNERSHIP (GWP)

STOCKHOLM JUNIOR WATER PRIZE – MAGYAR VERSENY 2016

Az Áder János, Magyarország köztársasági elnökének fővédnökségével lezajlott Stockholm Junior Water Prize (SJWP) magyar versenyt 2016-ban **Kovács Dávid** és **Szűcs Iván Ákos** (Kecskeméti SZC Kada Elek Közgazdasági Szakközépiskolája) nyerték „What can we gain by using grey water?” című pályázatukkal. Az SJWP Hungary 2016 díjat Joó István, a Duna Régió Stratégia miniszteri biztosa adta át.

A kecskeméti fiatalok képviselik Magyarországot a stockholmi **Víz Világhéten** rendezendő nemzetközi döntőben augusztus végén. Dolgozatuk a csapadékvíz hasznosításával foglalkozik, amellyel jelentős megtakarítás érhető el, elsősorban közintézményekben. Az iskolájukban lefolytatott takarékosági kampányukról készült videó a youtube-on is megtekinthető. A nyertesek szerepet kapnak a 2016 novemberében megrendezésre kerülő Budapesti Víz Világtalálkozón is.

Második helyen végzett **Filipcsuk Péter Gusztáv és Jónás Andrea Petra** (Kisvárdai Bessenyei György Gimnázium) „Environment-efficient and sustainable reusing of different greywater and deposit forms” című munkájával.

Harmadik **Rappay Bence Zsolt és Varga Peter** (Szekszárdi I. Béla Gimnázium): „The living water”- The solutions of the surface water protection at the Szedresi Ős-Sárvíz” című pályázatával.



Elek Kada Secondary School of Economics
Vocational Education Centre in Kecskemét

