

Hírsatorna

A MAGYAR VÍZ- ÉS SZENNYVÍZTECHNIKAI SZÖVETSÉG LAPJA
2019/4. szám



MIKROSZENNYEZŐK II.

ÉRJE EL HIRDETÉSÉVEL SZAKEMBEREK SZÁZAIT!

A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség a kor követelményeinek megfelelő, elektronikus formában megjelenő szakmai lapját, a Hírcsatornát **AZ ÁGAZAT 1000 SZAKEMBERE KAPJA KÖZVETLENÜL KÉZHEZ** kéthavonta.

Ennél talán még fontosabb, hogy – statisztikáink alapján – átlagosan mintegy **750 ALKALOMMAL MEGTEKINTÉSRE IS KERÜL** minden lapszám.

A Hírcsatorna széles körben történő terjesztésével, így a Hírcsatorna több száz, a **TELEPÜLÉSI VÍZGAZDÁLKODÁS SZÉLESKÖRŰ SZAKEMBER CSOPORTJÁT** érheti el hirdetésével hatékonyan!

- a vízközmű üzemeltetők
- tervezők, kivitelezők
- ipari vízfelhasználók
- oktatási intézmények
- minisztériumok és kormányzati szervek
- önkormányzatok



Az elektronikus formának köszönhetően hirdetésében aktív tartalmak megjelenítésére is lehetőség van, így **KÖZVETLEN LINKEK, VIDEÓK, ANIMÁCIÓK** tehetik még vonzóbbá és informatívabb hirdetését.

Kedvezményes árainkról az alábbi **linken** tájékozódhat!

Reméljük, Ön is meglátja lehetőséget a Hírcsatornában!

IMPRESSZUM

A Magyar Víz –és Szennyvíztechnikai Szövetség online folyóirata

1046 Budapest, Kiss Ernő u. 3/A 419.

www.maszesz.hu

Kiadó: MaSzeSz

Kiadásért felel: Sinka Attila –főtitkár

Főszerkesztő: Papp Mária

Szerkesztőbizottság tagjai: Csörnyei Géza, Géczi Ágnes, Jobbágy Andrea, Karchesz Tamás, Kárpáti Árpád, Kiss Katalin, Liczkó István, Laky Dóra, Makó Magdolna, Madarász Emese, Medgyessy Pál, Vadkerti Edit

Megjelenik negyedévente

Tördelés: Két Zsiráf

TARTALOM

Beköszöntő	4
SZAKMAI - TUDOMÁNYOS ROVAT	
Mikroszennyező anyagok a vizeinkben – valós veszély vagy felnagyított mítosz? - Dr. Fleit Ernő	5
Kometabolizmus: mikrobiológiai segítség a gyógyszermaradványok szennyvízből való eltávolításához - Bezsenyi Anikó	11
A felhagyott, lezáratlan, kedvezőtlen műszaki állapotú kutak veszélyei, avagy az aktív vízbázisvédelem fontossága és kihívásai - Csiszár Endre	38
Települési szennyvizek nehézfém-tartalmának változása az elmúlt 50 évben - Gulyás Gábor	45
MASZESZ HÍREK, AKTIVITÁSOK	
Vegyszerigény és vegyszeradagolás szabályozása az ivóvízellátásban és a szennyvíztisztításban	66
Üzemeltetés változó körülmények között Szakmai nap beszámolója	72
"Megelőzni a vízválságot" Országos Vízérték Konferencia	74
Kitüntetések: Somlyódi László, Buzás Kálmán	77
JurTa Híradó	78
ÁGAZATI KÖRKÉP	
NKE - Csapadékvízgazdálkodás Országos Konferencia	79
Integrált vízgazdálkodás - A hidroinformatika születése - Dr. Ijjas István	81
Közepes és kis szennyvíztisztító telepek üzemeltetése - Dr. Patziger Miklós	87
Indul az új programozási időszak	88
HAZAI ÉS NEMZETKÖZI KUTATÁSI PROGRAMOK	
Mozgósítás egy vízbiztos világot - Gayer József	92
Rövid beszámoló a 11th IWA Eastern European Young Water Professionals Conference prágai rendezvényéről - Huzsvár Tamás	95
5. európai iszapkezelési konferencia (ECSM)	98
Magyarok a Belorusz és Azeri Vízipari szakmai találkozón	101
See you next time Wetskills Hungary! - Dr. Bakos Vince, Szabó Zsombor	103
PROGRAMAJÁNLÓ	106
TÖRTÉNETI VISSZATEKINTÉS	
Ultraszűrés, mint forradalmi változás a vízközmű technológiában - a technológia őstörténete - Várszegi Csaba	108
KÉPZÉSAJÁNLÓ	114

BEKÖSZÖNTŐ



KEDVES OLVASÓK!

A 2019. év őszi időszaka igen mozgalmas volt a magyar vízügyi ágazatban. Ez év novemberében a fővárosunkban rendezték meg az egyik legfontosabb diplomáciai eseményt a Budapest Víz Világtalálkozót (Budapest Water Summit).

A rendezvényre számos országból érkeztek, többek között Délkelet-Ázsiából és Afrikából, ahol már napi szinten is érzik a víz válságát, a víz okozta problémákat.

Jogosan kérdezhetik a hazai vízügyi szakemberek, hogy miért volt fontos számunkra az ott elhangzottak, és a nemzetközi exportcélkitűzések támogatása mellett fel kell ismerni, hogy ez a kiemelt fontosságú vízügyi esemény egyedülálló lehetőséget biztosít a hazai települési vízgazdálkodás területén működő szervezetek számára, hogy a hazai helyzetre fordítsa a kormányzati szakemberek figyelmét.

Ennek a felismerésnek, a vízválság megelőzésének hazai vonatkozását hangsúlyozták november 14.-én is megtartott a MaSzeSz éves rendezvényén,

a "Megelőzni a vízválságot" - Országos VÍZÉRTÉK Konferenciáján elhangzott előadások és pódiumbeszélgetések, melyek a következő témaköröket érintették:

- Mit jelent a vízválság nemzetközi szinten és mit jelent a vízválság Magyarországon?
- Ágazati kihívások és válaszok a vízválság megelőzésére
- Társadalmi szerepvállalás, mint a vízválság megelőzésének alapja
- Nemzetközi üzletfejlesztési lehetőségek a magyar vízipar számára

Folytatva a Hírcsatorna előző számának tematikáját, ennek a számnak is fő témája a mikro-szennyezők a vízben:

- biológiai segítség a gyógyszermaradványok eltávolításához
- települési szennyvizek nehézfém tartalma
- víztermelő kutak, létesítmények műszaki állapota, vízbázis védelem fontossága

Végezetül gratulálunk Somlyódi László professzor és Búzás Kálmán c. egyetemi docens uraknak a munkájuk elismeréséért, melyet Szövetségünk elnöke, Kovács Károly és Dr. Benedek Pál özvegye ünnepélyes keretek között nyújtottak át.

Dr. Papp Mária
főszerkesztő

MIKROSZENNYEZŐ ANYAGOK A VIZEINKBEN – VALÓS VESZÉLY VAGY FELNAGYÍTOTT MÍTOSZ?

DR. FLEITERNŐ

KÖRNYEZETVÉDELMI ÉS VÍZGAZDÁLKODÁSI SZAKÉRTŐ



A mikroszennyező anyagokkal kapcsolatosan jár körülöttek az írott és az elektronikus sajtó, a média. A felröppenő hírek hallatán élénk és negatív lakossági reakciókat tapasztalhatunk, miközben a hatóságok és vízi közmű szolgáltatók többnyire halk és kevésbé meggyőző

érvekkel reagálnak. (Mérgező a víz a Dél-Alföldön! Veszélyes anyagok a csapvízben!, stb.) A problémát talán érzékelteti, hogy a Google keresés a „mérgező víz” összetételre 488,000 találatot dob ki. (Szerencsésnek mondható, hogy ez a keresés a „mérgező csapvízre” már „csak” 35,000 magyar találatot ad.)

A kérdéskör elemzését azzal kezdjük, hogy bemutatjuk, melyek a környezeti/környezetegészségügyi és a humánegészségügyi kockázatkezelés egyes elemei és ezek elemzésével talán választ kapunk bizonyos társadalmi félelmekre és azok lehetséges kezelésére is. De mik is azok a mikroszennyező anyagok? Azokat a kémiai anyagokat nevezzük mikroszennyező anyagoknak, amelyek tipikusan a 106-10-12 g/l koncentrációban fordulnak elő vizeinkben. (A mikrogram/l (10⁻⁶) nagyságát érzékelteti, hogy ez körülbelül az a koncentráció, amikor egyetlen kockacukrot feloldunk egy köbméter vízben). Mint látható maga a koncentrációtartomány is hat nagyságrendet foglal magában, de még nehezebb megválaszolni, hogy milyen természetű anyagok ezek? Ide soroljuk a toxikus nehézfémeket és az arzént, a gyógyszer- és hormonmaradványokat, a rendkívül sokféle molekulaszerkezetű peszticideket, a mikroműanyagokat is. A fent leírt jellemzők egyben azt is érzékeltetik, hogy milyen nehéz ezekről az anyagokról általánosításokat tenni, vagy éppen eltávolításukra alkalmas technológiai javaslatokat vázolni.

A mikroszennyező anyagok kockázati sémáját áttekintve, megkülönböztetjük a kockázatbecslés egyes szakaszait: a veszély azonosítása, a veszély jellemzése, az expozíció becslése és a kockázat jellemzése. Ezt követi a kockázat kezelése, a kockázat értékelése (esetlegesen költség/haszon elemzése), a kockázat monitorozása és a kockázat kommunikációja. Itt kell megjegyeznünk, hogy míg a kockázatbecslést objektív és szigorúan műszaki-tudományos szempontok alapján végezzük, úgy a kockázatkezelésben

megjelennek a szubjektív elemek (pl. társadalmi félelmek), hatósági döntések és politikai vagy gazdasági szempontok is. Nyilvánvalóan a hatósági döntések (pl. határértékrendszerek bevezetése, vagy módosítása) szigorúan a kockázatbecslési módszerek eredményein alapulnak.

Milyen problémákkal szembesülünk a fenti bemutatott kockázatbecslési és kockázatkezelési folyamatok gyakorlatában? Az első és talán az egyik legfontosabb tapasztalat, hogy a veszély azonosítása és egyáltalán felismerése nem megy egyik pillanatról a másikra, gyakran akár több évtizedet is felölő folyamat. Erre iskolapélda a DDT, amely molekulát már 1874 óta ismerünk, és Hermann Müller svájci kémikus 1948-ban orvosi Nobel díjat kapott a rovarirtásban történő széleskörű alkalmazása kapcsán. Ezt tette lehetővé a malária, a tífusz és a sárgaláz visszaszorítását világszerte. Egyedül az Egyesült Államokban 1942 és 1972 között 675 ezer tonna DDT-t szórtak ki, amelynek hatására az USA maláriamentes területté vált. A múlt idővel azonban sokasodtak a bizonyítékok a DDT korábban nem ismert, káros hatásairól, nevezetesen, hogy bioakkumulációra hajlamos vegyület, rákkeltő hatású és állatok és emberek körében is nemzőképtelenséget okoz. A DDT többek között gátolja a kalciumfelvételt, minek következtében elvékonyodik a tojás héj. A tojó súlya alatt összeroppanó tojásokból pedig nem lesz életképes madárfióka. (Az Egyesült Államokban ezért lett a fehérfejű rétisas a DDT elleni közdelem logója.) Nem mellékesen említjük meg, hogy világon elsőként hazánkban tiltották be a DDT alkalmazását, 1968-ban.

Tehát az első probléma az, hogy a kockázat felismeréséhez idő kell, mondhatni elegendően nagy populációt kell, elegendően hosszú időn keresztül érjen expozíció a kockázat felismeréséhez. Azt talán nem kell külön hangsúlyozni, hogy a korabeli DDT gyártóknak nem igazán állt érdekében ezeket a negatív következményeket el-, illetve beismerni. Hasonló volt a helyzet az ólmozott benzintündöklésével és bukásával kapcsolatban is, amikor is elegendően hosszú időn keresztül kellett közegészségügyi és környezeti bizonyítékokat gyűjteni ahhoz, hogy a döntéshozókban egyáltalán felmerüljön a gondolat, hogy az ólmozott benzint – ha fokozatosan is – de

ki kell vonni a forgalomból. Mivel mindkét esetben dollármilliárdos üzletágakról volt szó, egyértelműen megállapíthatjuk azt is, hogy a tudományos tényeknek sziklaszilárdnak kellett lenniük ahhoz, hogy a politikai döntések egyáltalán megszülethessenek. És itt exponálhatjuk a következő dilemmát is: miért olyan nehéz pert nyerni egy dohánygyár ellen? Tegyük fel, hogy szerencsétlen nagypapa elhalálozott, egy dohányzásban eltöltött boldog életet követően. A családja pedig úgy érzi, hogy jogosan indíthat kártérítési pert a dohánygyár ellen, mert a szegény felmenő éppen tüdőrákban halálozott el. De mit fog kérdezni a peres ügyben a dohánygyár ügyvédje:



MaSzeSz –Konferencia- Mikroszennyezők a vízben-2019. április 19.

hogyan élt a nagypapa, dohányzott, ivott? Stresszes élete volt? Mennyi ideig dolgozott a szénbányában? Ember legyen a talpán, aki évtizedekre visszamenően szét tudja szálazni a különböző krónikus, ám alacsony szintű expozíciókból származó hatásokat. Mindenesetre ma már feliratozzák a cigarettás dobozokat (mi ugye megmondtuk).

A dohányos ember példája két további szálát mutat be a kockázatkezelés problémáiból. Az első kifejezetten szubjektív elem és ez a hatalmas különbség az önkéntes (önként vállalt) és a nem önkéntes kockázati források megítélése között. Az, hogy valaki dohányzik, önkéntes, bár rendkívüli bátor cselekedet, különösen ha a biztosítási (halálozási) statisztikákat nézzük. Sajnos kevesen tudják, de tény, hogy egyetlen cigaretta elszívásának a kockázata megfelel 16 km közúti kérekpározásnak, vagy 400 km autózásnak, vagy egy 1600 km-es légiút megtételének. Tehát, ha valaki tegyük fel 2 doboz cigarettát szív el naponta, az ugyanakkora kockázatot vállal (önkéntesen!) mintha minden nap az egyenlítő mentén repülővel megkerülné a Földet. Pszichológiai vizsgálatok igazolták azt is, hogy az önkéntesen vállalt kockázatok esetében az átlagember hajlamos elfogadni az akár 1000-szer magasabb kockázati szintet is, mint a nem-önkéntes kockázatokét. Igaz, hogy a repülőút választása önkéntes, de ha felszáll a gép bizony az autopilot, a légitársaság előírásai, a nemzetközi repüléstechnikai eljárásrend, stb. kezébe helyezzük az életünket. Ez sok embert zavar és inkább autóba ülnek, „mert én nagyon defenzíven vezetek,

és fantasztikus tehetségem van a vezetéshez”. A tévedésük abban áll, hogy az utakon nem egyedül vannak, hanem egy átlagos képességű vezetővel teli autóúton, átlagos műszaki felszereltségű gépjárművekkel körülvéve. Ezt a statisztikai sokaságot pedig nem lehet legyőzni sem reflexekkel, sem pedig ABS-el. A repülő többszörösen biztonságosabb közlekedési eszköz az autónál (kilométerre vetítve). Az már csak hab a tortán és merőben tükrözi az emberi természetet, hogy az USA adatok szerint a nem önkéntes kockázati szinteket összehasonlítva azt tapasztaljuk, hogy a számok (halálozási kockázat/fő/év) azt mutatják, hogy ez az influenza esetében 1:5000, leukémia 1:12,500, gázolás 1:20,000, tornádók 1:460,000, földrengés 1:588,000, meteorit becsapódás 1:100 milliárd arányokkal jellemezhető. Mégis a Hollywood-i filmek között keveset találunk, amelyben az influenza, mint alapmotívum megjelenik. A csaknem zéró közeli kockázatok bemutató katasztrófafilmek viszont jelentős kasszasikereket hoztak.

A vezetékes vízfogyasztás is ilyen nem önként vállalt kockázatot jelent. A lakosságnak bíznia kell a szolgáltatókban, a monitoring rendszerekben, a jogszabályi előírásokban és azok betartásában. A mikroszennyező anyagokkal kapcsolatban az egyik fő probléma abban jelentkezik, hogy döntő többségük érzékszervileg (organoleptikusan) nem érzékelhető, tehát „láthatatlan” és ezért a laikusok számára kezelhetetlen kockázati elemként jelentkezik. Ezzel kapcsolatban nagyon aggasztó az a tévhit, amely az átlagember fejében él. Az US FDA (Food and Drug Administration

– az amerikai NÉBIH és ÁNTSZ vegyesintézménye) folytatott kérdőíves felmérést arról, hogy az átlag amerikai fogyasztó mitől fél az élelmiszerekben? A válaszadók a következő sorrendet jelölték meg: 1. peszticid (növényvédőszer) maradványok, 2. vírusok és baktériumok, 3. koleszterin, 4. zsírok, 5. magas energia (szénhidrát) tartalom. Nem meglepő módon a megalapozott, statisztikailag igazolt sorrend ennek pontosan az ellenkezője, gondoljunk csak az ipari társadalmak elhízott, szív- és érrendszeri betegségekben szenvedő tömegeire. A fenti sorrend azonban mégiscsak tükrözi az átlagember félelmeit és ezt nem hagyhatjuk figyelmen kívül akkor, amikor a hazai vízbiztonság kérdéseit feszegetjük és kezeljük. Ezzel együtt a félelmi sorrend két listavezetője valóban nem érzékelhető, tehát a laikus fogyasztó ebben a tekintetben logikusan ítél, mert a vegyileg szennyezett húst nem tudja színre-szagra megkülönböztetni a bio-élelmiszertől, miközben világosan érzékeli a különbséget a csirkemell és a tokaszalonna között, illetve vélhetőleg meg tudja ítélni azok frissességét és fogyaszthatóságát.

A települési vízgazdálkodás területén a mikroszennyező anyagok problematikáját illetően elmondhatjuk, hogy a vízkezelés tekintetében „bármely” anyagot el tudunk távolítani és határérték alatt tartani, ennek azonban ára van, amit a mindenkori fogyasztónak kell(ene) megfizetnie. Ezért óvakodnak még a leggazdagabb országokban is határértékeket megszabni pl. a gyulladásgátló szerek, vagy a röntgenkontaszt anyagok ivóvízben megengedett maximális értékeire. Ezek gyógyszermaradványok

a nyersvízben (különösen ott, ahol a nyersvíz felszíni víz eredetű) a nano- és pikogram/l tartományban fordulnak elő és közegészségügyi kockázatuk rendkívül alacsony, ám eltávolításuk nagyon költséges lenne (fejlett oxidációs és membránszűrési műveletekkel). Mégis, a már bemutatott társadalmi félelmek nyomán az várható, hogy a belátható jövőben a hatóságok lépni kényszerülnek.

Szennyvíz oldalról egyszerű a képlet: az ipari és kommunális szennyvíztisztító telepek az utolsó olyan pontok (védőbástyák), ahol érdemben be lehet avatkozni a pontszerű kibocsátások ellenőrzésével. Itt még viszonylag magas koncentrációkban található meg ezeket az anyagokat (pl. acetaminofen: 10-20 ezer nanogram/l; difenilhidramin 3-4 ezer nanogram/l, öszttron 100 nanogram/l) ám egy molekuladzsungelbe ágyazottan, a nyers szennyvízben. Biológiai úton történő eltávolításuk nehézkes – mivel mellettük a szennyvízben számos, és magas koncentrációjú, biológiailag könnyen bontható szubsztrát található, - fotóoxidációjuk, membránszűrésük pedig bonyolult és költséges technológiát igényel. A szennyvíztelepek feladatait nagyban segítené a folyékony lakossági hulladékok szelektív gyűjtése (legalább a vizeletvonal leválasztása a többi szennyvíz típusról), ahogyan azt néhány skandináv és svájci közintézményben már bevezették. Ennek megvalósításához szükség van a lakosság nevelésére, környezettudatos hozzáállásának erősítésére. Ez utóbbi legfeljebb ha részben lehet a vízi közmű szolgáltatók feladata.

Összegezve ma az általános szakmai vélemény az, hogy minden olyan országban, ahol ökológiai állapotfelmérést végeztek a mikroszennyező anyagok, különösen pedig a hormonháztartást megzavaró anyagok tekintetében az ökológiai állapot leromlásáért egyértelműen a tisztított szennyvizekkel a befogadóba jutó mikroszennyező anyagok tehetőek felelőssé. Fennáll az ok-okozati kapcsolat. Ugyanez nem mondható el az egyébként romló humán egészségügyi mutatók (pl. csökkenő aktív spermaszám, hererákos megbetegedések növekvő gyakorisága, stb.) és az ivóvízben esetlegesen megjelenő gyógyszermaradványok tekintetében. Itt nem sikerült ok-okozati kapcsolatot találni. Mindenesetre a jövőben gondoljunk majd többet a dohányzó nagypapára és a korábban DDT-ben fürdő termőföldjeinkre.

SZERZŐ:



A jelenlegi munkahelyén **Fleit Ernő** vezető kutató beosztást tölt be. Ezt megelőzően 15 évre visszatekintő felsőoktatási tapasztalatai vannak, melyből a 2013-tól kezdődött a bajai Eötvös József Főiskolán szerzett gyakorlat emelhető ki. Az oktatott tárgyak széles köre (környezeti kárelhárítás, katasztrófavédelem, környezeti állapotfelmérés és hatásvizsgálatok, mérnökökológia, innováció menedzsment) mellett a jelentős szerepe volt a főiskolai K+F pályázati tevékenység intenzívebbé tételében, úgy a hazai, mind pedig az EU-s pályázati források

kiaknázásában. A víztechnológiai területen megemlíthető szerepe az együttműködési rendszerek fenntartásában és erősítésében a Novi Sad-i és az Osijek-i egyetemekkel és számos más hazai és külföldi intézménnyel, ideértve a vízügyi ágazat számos szereplőjét (GE Process and Water, Fővárosi Vízművek, Paks II., Országos Vízügyi Főigazgatóság), illetve a hazai felsőoktatási intézményekkel. Kuratóriumi tagja a Fővárosi Vízművek mellett működő Wein Alapítványnak.

Fleit Ernőnek több mint 35 éves tapasztalata van a biológiai szennyvíztisztítás és a felszíni vizek vízminőség-szabályozása területén. Mintegy 60 különböző projektben volt témavezető, illetve működött közre résztvevőként.

KOMETABOLIZMUS: MIKROBIOLÓGIAI SEGÍTSÉG A GYÓGYSZERMARADVÁNYOK SZENNYVÍZBŐL VALÓ ELTÁVOLÍTÁSÁHOZ

BEZSENYI ANIKÓ^{1,2}, SÁGI GYURI³, BODÁNE KENDROVICS RITA⁴, BAKOS-NÉ DIÓSZEGI MÓNKA⁵, MAKÓ MAGDOLNA¹, PALKÓ GYÖRGY¹, WOJNÁROVITS LÁSZLÓ³, TAKÁCS ERZSÉBET³

¹ FŐVÁROSI CSATORNÁZÁSI MŰVEK ZRT., 1087 BUDAPEST, ASZTALOS SÁNDOR ÚT 4.

² ÓBUDAI EGYETEM, ANYAGTUDOMÁNYOK ÉS TECHNOLÓGIÁK DOKTORI ISKOLA, BUDAPEST

³ MTA ENERGIATUDOMÁNYI KUTATÓKÖZPONT (MTA EK), 1121 BUDAPEST, KONKOLY-THEGE MIKLÓS ÚT 29-33.

⁴ ÓBUDAI EGYETEM, REJTŐ SÁNDOR KÖNNYŰIPARI ÉS KÖRNYEZETMÉRNÖKI KAR KÖRNYEZETMÉRNÖKI INTÉZETE

⁵ ÓBUDAI EGYETEM, BÁNKI DONÁT GÉPÉSZ ÉS BIZTONSÁGTECHNIKAI MÉRNÖKI KAR NŐKI KAR

1. BEVEZETÉS

A széleskörű használat miatt a gyógyszerek, illetve bomlástermékeik folyamatosan jutnak a környezetbe. A különböző felszíni és felszín alatti vízformákban, a szennyvízben és az ivóvízben megjelenő gyógyszermaradványok környezeti és egészségügyi kockázatot hordoznak. Koncentrációjuk ng/L és µL/g közötti tartományban változik, de az egyes vízbázisok szennyezettsége nagymértékben eltér. A vízi környezetbe, akár közvetlenül (ipari szennyvízből), akár a nem megfelelő hatékonysággal működő szennyvíztisztító telepekről, az elfolyó tisztított szennyvízen keresztül kerülhetnek. A terület népsűrűsége, illetve a gyógyszeripar esetleges jelenléte a legfontosabb tényező, amely a természetes vizekben megjelenő gyógyszermaradványok koncentrációját alapvetően meghatározza,

de a hígulás mértéke és az alkalmazott szennyvíztisztítási technológia is jelentős hatással bír. A biológiailag nehezen bontható szerves mikroszennyezők gyakran változatlan formában jutnak keresztül a hagyományos szennyvíztisztító rendszereken, mivel azokat alapvetően nem az ilyen típusú szennyezések eltávolítására tervezték. Ráadásul az üzemeltetéssel szemben támasztott követelmények (határértékek) sem kívánják meg egyelőre a technológia olyan irányú módosítását, amely a mikroszennyezők hatékonyabb eltávolítását eredményezné.

Általában az ember által előállított környezetidegen vegyületekről van szó (xenobiotikumok), amelyek legtöbb esetben az anyagcsere-folyamatokba nem tudnak bekapcsolódni, emiatt nehezen vagy

egyáltalán nem bomlanak le és emiatt tartósan jelen vannak a környezetben. Számos, környezetbe kerülő xenobiotikumról bizonyosodott be, hogy káros hatással van a bioszféra egyes elemeire, például toxikus, vagy antibiotikumrezisztens kórokozók kialakulását indukálja (Oberoi és mtsai, 2019). Bár a gyógyszermaradványok egészségre gyakorolt toxikus hatása nem ismert nyomnyi mennyiségeknél, a folyamatos kibocsátásuk és a krónikus (hosszan tartó) kitettség ezeknek a vegyületeknek kockázatot jelenthet az emberi egészségre. (Tran és mtsai, 2013b).

Számos olyan technológiai újítás született az elmúlt évtizedekben, amely alkalmas lehet a mikroszennyezők – közöttük a különböző gyógyszervegyületek – hatékony eliminálására. Ezek közül a nagyhatékonyságú oxidációs eljárások (Advanced Oxidation Processes, AOPs) és a membrántechnológiák kecsegtetnek a legtöbb sikerrel (Luo és mtsai, 2014; Moreira és mtsai, 2016), azonban költséges technológiákról van szó.

Az eleveniszapos technológia, illetve annak mikroorganizmus közössége számos mikroszennyező szignifikáns eltávolítására képes, főként a biodegradációnak, illetve az adszorpciónak (szilárd részecskék, kolloidok felületén) köszönhetően. A gyógyszerek bomlásának fő útjai a természetes vizekben: a biodegradáció és a fotodegradáció. A biológiai lebontás az egyik legígéretesebb tisztítási technológia az alacsony költsége és a szennyező anyagok teljes lebomlásának (mineralizáció) lehetősége miatt (Tran és mtsai, 2013b). Nem utolsó sorban ez a technológia áll rendelkezésünkre a legtöbb

szennyvíztisztító telepen, így a legnagyobb biodegradációs hatékonyság elérése alapvető célkitűzés lehet minden üzemeltető számára. A tanulmány a jelenlegi tudásunkat összegzi a témával kapcsolatban.

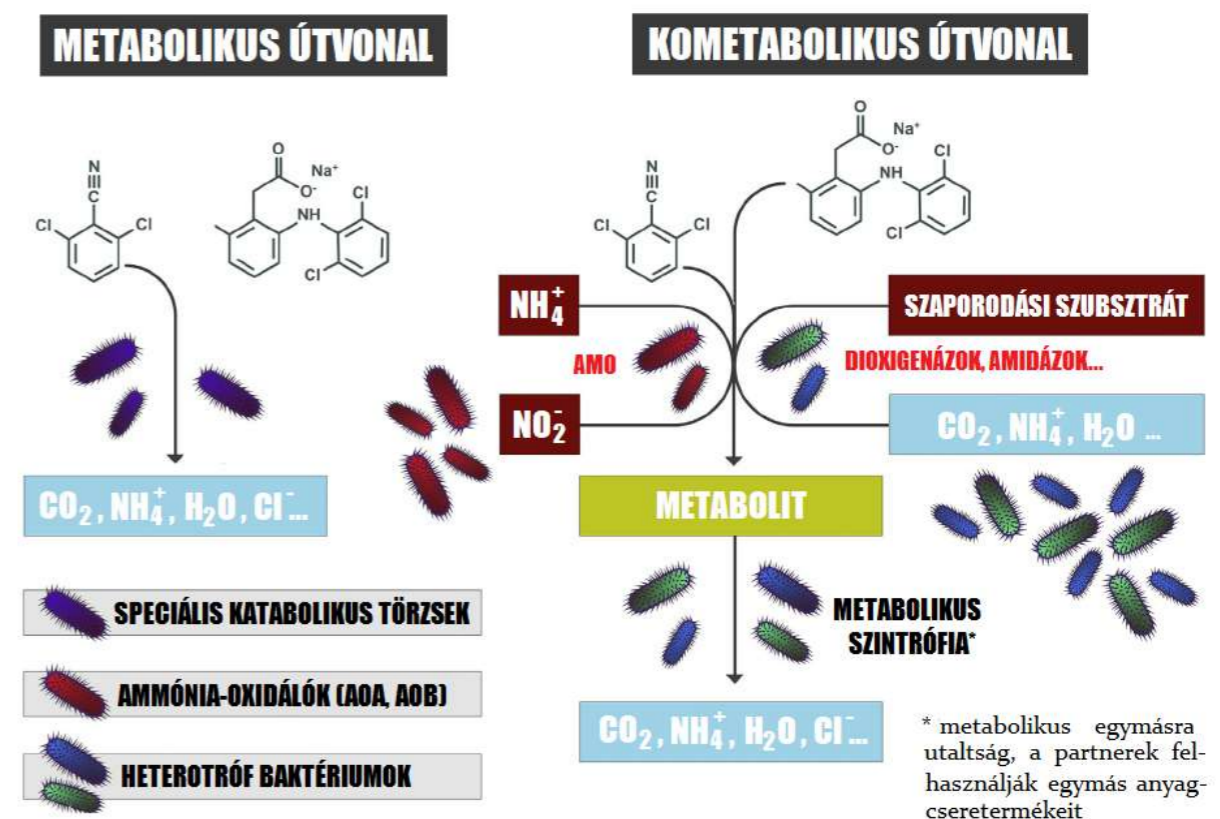
2. A BIODEGRADÁCIÓ FORMÁI

A szerves anyagok lebontása (biodegradáció) során az átalakulás olyan mértékű lehet, hogy egészen szervesen összetevőig (mint CO_2 , H_2O , NH_3 , SO_4^{2-} stb.) bomlanak a szerves molekulák. Ebben az esetben ásványosításról, azaz mineralizációról beszélünk. A biotranszformáció során a baktériumok nem bontják le teljesen a kérdéses molekulát, pusztán a vegyület szerkezetét változtatják meg (pl. oxidáció).

Az enzimek kulcsfontosságú szerepet töltenek be a biodegradációban, hiszen a biokémiai folyamatok „átfutnak rajtuk”. Mint biokatalizátorok gyorsítják a lejátszódó kémiai reakciókat (valójában csökkentik a reakciók elindításához szükséges aktiválási energiát). Az enzimek túlnyomó többsége fehérje (kivételek a ribozimok, amelyek enzimaktivitású RNS molekulák). A katalitikus aktivitás a fehérjék (enzim) és a szubsztrátok között kialakuló speciális kölcsönhatásnak köszönhető, amelyet a molekulák térszerkezete befolyásol alapvetően. A fehérjék (enzim) azon részét nevezzük kötőhelynek, ahol ez a térszerkezetfüggő kapcsolódás megtörténik. Az enzim átalakítást végző régiója az aktív hely, vagy aktív centrum, de enzimtől függően lehet azonos a kötőhellyel. Az enzimek specifitását a katalizált folyamatok, illetve az elfogadott szubsztrátok köre jelöli ki.

A szigorúan szabályozott folyamatot katalizáló enzimek specifikusabbak. A katalízisben nem-fehérje természetű anyagok is közreműködnek, ezek az ún. kofaktorok (szerves vagy szervetlen is lehet, pl. fémionok, vitaminok).

A „hagyományos” biológiai lebontási folyamat során a szerves molekulák a mikroorganizmusok számára növekedési szubsztrátként (növekedést támogató szubsztrátok, primer szubsztrátok)



1. ábra A metabolikus és a kometabolikus biodegradációs útvonalak. A metabolikus forma alapja, hogy a mikroorganizmusok a növekedéssel/szaporodással összekapcsolt folyamatokban alakítják át a mikroszennyezőt, amelyet így energiatermelésre és/vagy a sejtanyagok felépítésére használnak. A folyamatok a mikroszennyező mineralizációját eredményezhetik végsősoron. A kometabolikus stratégiában a mikroorganizmusok valamilyen növekedési szubsztrátot (primer szubsztrát) igényelnek a biomassza fenntartásához, mivel az átalakított mikroszennyező sem energiatermelésre, sem felépítésre nem alkalmas. A folyamatokban részt vevő enzimek valamelyike véletlenszerűen transzformálja a mikroszennyezőt a saját szubsztrátja helyett. A képződő metabolitok ezután felhasználhatók primer szubsztrátként a populáció heterotróf tagjai számára. A mineralizáció a legpozitívabb forgatókönyv. A metabolikus és a kometabolikus folyamatok sem jutnak el feltétlenül a teljes ásványosításig. (Benner és mtsai, 2013 alapján)

szolgálnak. Egyrészt hozzájárulnak a sejtek növekedéséhez és a szaporodáshoz, másrészt ezek indukálják az enzimeket az anyagcsere-folyamataikhoz. Azokat a lebontási útvonalakat, amelyek megfelelnek az előbbi kritériumoknak, metabolikusnak nevezik (Tran és mtsai, 2013b). A nyers szennyvízben jelenlévő, a biológiai bonthatóság különböző fokozatait képviselő szervesanyagformák tömegéhez képest a mikroszennyezők mennyisége elenyésző. Ha az átlagos, 600 mg/L KOI (Kémiai Oxigénigény) értékkel rendelkező nyers szennyvizet vesszük alapul, és 1000 mg KOI/g szerves anyag fajlagos KOI-értékkel (szénhidrátok, fehérjék) számolunk, akkor a literenként 600 mg szerves anyaggal érkezik a szennyvíztisztító telepre. Az egyik leggyakrabban vizsgált, és egyben leggyakoribb antibiotikum a szulfametoxazol (SMX), melynek koncentrációja körülbelül 1 µL/L a szervesanyagokban gazdag szennyvízben (Luo és mtsai, 2014). Ez a gyógyszer mennyiség hozzávetőlegesen az összes szervesanyag tartalom 1/600000 része. Mindemellett ezek a vegyületek gyakran perzisztensek, vagyis az adott körülmények között nem bomlanak számottevően az ember várható átlagos életkorának megfelelő időintervallumban, esetleg toxikusak is. Ezek alapján a környezetben jelenlévő gyógyszermaradványok jelentős része nem képes egyedüli szén- vagy energiaforrásként funkcionálni, amely a biomassa növekedésének fenntartásához és a metabolikus folyamatok enzimjeinek indukálásához szükséges. Ebben az összefüggésben valamilyen növekedési szubsztrát jelenléte elengedhetetlen. Így már nem beszélhetünk metabolikus biodegradációs útvonalról, hanem a kometabolizmus néven

ismert jelenséggel állunk szemben (Benner és mtsai, 2013; Tran és mtsai, 2013b; Xu és mtsai, 2016). Tehát a kometabolizmus egy szerves anyag mikrobiális átalakítása, anélkül, hogy a vegyület energia-, vagy esszenciális tápanyagforrásként szolgálna a mikroorganizmus számára. Tehát egy olyan biotranszformációs folyamat, ahol az átalakított anyag sem energiatermelésre, sem sejtfelépítésre nem alkalmas. A metabolikus és a kometabolikus biodegradációs útvonalak közötti különbségeket szemlélteti az 1. ábra.

Mind a természetes, mind a mesterséges rendszerekben a mikroszennyezők biodegradációja a mikroorganizmusok metabolikus és kometabolikus útvonalain egyaránt végbe megy. A metabolikus lebomlásában szerepet játszó mikroorganizmusok heterotrófok (szerves vegyületeket hasznosítanak), amelyek képesek a gyógyszervegyületeket, mint egyedüli szén- vagy energiaforrást felhasználni.

A mikroorganizmusok abban az esetben képesek a metabolikus útvonalakon hasznosítani egy gyógyszervegyületet, ha az nem toxikus, a sejtet nem károsítja, a mikrobiális növekedést nem gátolja, és elegendően nagy a koncentrációja a környezetben a biomassa fenntartásához, a lebontáshoz szükséges enzimek (és kofaktorai) indukációjához. Nem világos azonban, hogy a mikroszennyezők mekkora koncentrációja képes elindítani a mikroorganizmusok metabolikus aktivitását (Tran és mtsai., 2013b).

A mai napig korlátozott a száma azoknak a kutatásoknak, amelyek a gyógyszerek metabolikus

degradációját, azaz egyedüli szénforrásként való hasznosítását mutatták ki. Az 1. táblázatban foglaljuk össze a metabolikus lebontás igazolt eseteit, a teljesség igénye nélkül.

2. 1. AZ AUTOTRÓF KOMETABOLIZMUS

A kometabolikus biodegradációra nem csak heterotróf szervezetek képesek, hanem autotrófok is. Valójában az egyik legjelentősebb mikroorganizmus-csoport ebből a szempontból, amely a legtöbb kometabolizmussal foglalkozó kutatás alanya is egyben, a nitrifikálók csoportja, azon belül is az ammónia-oxidálóké (Tran és

mtsai, 2013b; Xu és mtsai, 2016). Bár a heterotrófok és az autotróf nitrifikálók sok tekintetben különböznek egymástól, a kometabolizmus azonos elvi alapokon működik mindkét esetben. Fontos kritérium a növekedési szubsztrát (primer szubsztrát) jelenléte, amely az ammónia-oxidálók esetében az ammónia.

A nitrifikáció az ammónium biológiai oxidációja nitritre és nitrátra, amely a redukált nitrogénvegyületek eltávolítását indítja el a nitrogén-ciklus részeként. A mesterséges rendszerekben a nitrifikáció gyakran a biológiai szennyvíztisztítási folyamatok során zajlik, és része a szerves

Gyógyszer-vegyület	Lebontási hatékonyság	Biomassa/törzs	Referencia
Acetaminofen	~100%	Delftia tsuruhatensis Pseudomonas aeruginosa	De Gusseme és mtsai (2011)
Diklofenák	70%	Labrys portucalensis F11	Moreira és mtsai (2018)
	75%	Eleveniszap	Langenhoff és mtsai (2013)
Ibuprofén	35%	Brevibacterium D4	Bessa és mtsai (2017)
	-	Sphingomonas Ibu-2	Murdoch és Hay (2005)
Fluoxetin	~100%	Eleveniszap	Langenhoff és mtsai (2013)
	100%	Labrys portucalensis F11 (fluoroorganikus-degradáló törzs)	Moreira és mtsai (2014)
Karbamazepin	50%	Pseudomonas sp. CBZ-4	Li és mtsai (2013)
Szulfametoxazol	24-44%	MBR rendszerből szelektíven dúsított és azonosított:	Bouju és mtsai (2011)
		Microbacterium sp. BR1, Rhodococcus sp. BR2, Achromobacter sp. BR3, Ralstonia sp. HB1 és HB2	
		Pseudomonas psychrophila HA-4	
	15%	Rhodococcus equi (13557)	Larcher és Yargeau (2011)

1. táblázat- A metabolikus lebontás igazolt eseteinek összefoglaló táblázata.

tápanyagok eltávolításának. Valójában a nitrifikáció egy kétlépcsős folyamat, amelyben számos mikroorganizmus-csoport vesz részt. A folyamatban egymást követő lépések során először az ammónia oxidálódik hidroxil-aminon keresztül nitritté, az ammónia-oxidálók közreműködésével. A második lépésben a nitrit oxidálódik nitráttá a nitrit-oxidáló baktériumok (NOB) segítségével. A folyamatokat a 2. ábrán foglaltuk össze.

Az ammóniaoxidálók a Nitroso- (Nitrosomonas, Nitrosococcus fajok), míg a nitritoxidálók a Nitro- (Nitrobacter fajok) előtagot viselik a nemzetségnevükben (Márialigeti és mtsai, 2013). Az ammónia-oxidálók csoportja nem egységes, az ammónia-oxidáló archeákat (AOA) és az ammónia-oxidáló baktériumokat (AOB) mindenképpen külön kell választani. Az archeákat korábban a baktériumok közé sorolták, de a sejtjeik egyedi tulajdonságai elkülönítik a csoportot

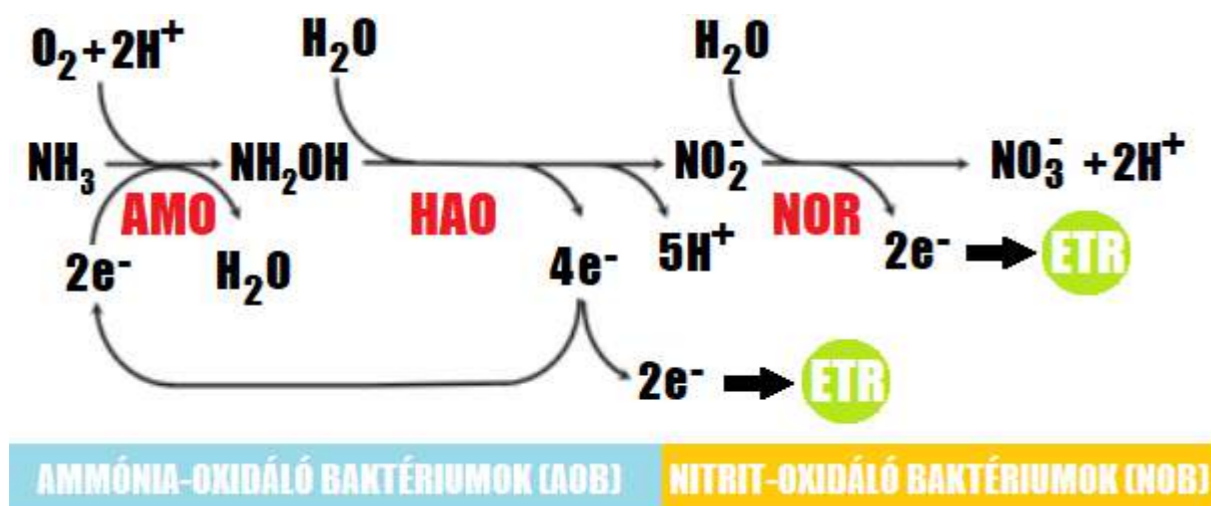
az élőlények másik két birodalmától, a baktériumoktól és az eukariótáktól (növények, állatok, „gombák” egy része). Bár egyes heterotróf baktériumok, gombák és autotróf annammox baktériumok szintén oxidálhatják ammóniát nitritré, az AOA és az AOB fő ammónia-oxidálók mind a természetes, mind az mesterséges rendszerekben (Tran és mtsai., 2013b). Az AOA és az AOB elkülönítése nem csupán rendszer-tani kérdés, hanem a kometabolizmus szempontjából is jelentősége van. A gyógyszervegyületek és egyéb mikroszennyezők kometabolikus lebontásában az ammónia-monooxigenáz (AMO) enzim működik közre. Az AMO enzim minkét ammónia-oxidáló csoportban megtalálható, az AOA és az AOB is rendelkeznek vele. A biológiai szennyvíztisztító rendszerek működése során mégis eltérő hatékonysággal vesznek részt az ammónia oxidációjában, mivel környezeti igényeik és érzékenyséjük eltér egymástól, így az egymáshoz viszonyított

gyakoriságuk is jelentősen különbözhet a nyers szennyvíz összetételétől és az üzemelési körülményektől függően. A bakteriális és az archaeális AMO hozzájárulását a mikroszennyezők kometabolikus biodegradációjához még nem sikerült tisztázni (Tran és mtsai., 2013b).

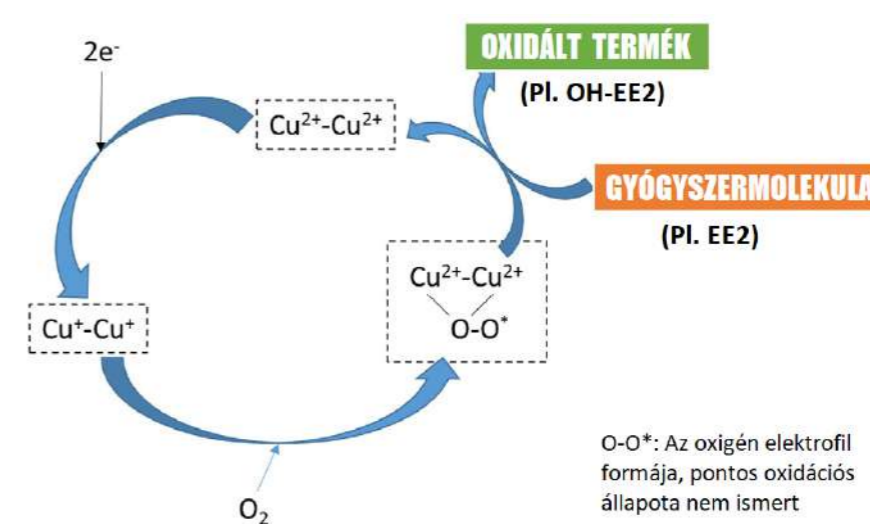
Az ammónia oxidációja összetett folyamat, számos enzim és fehérje vesz részt benne. A nitrifikáció lépései a közreműködő enzimekkel és termékekkel a 2. ábrán láthatóak. A két kulcsfontosságú ezek közül az AMO és a hidroxil-amin-oxidoreduktáz (HAO). In vivo (az élő szervezetben belül) mindkét enzim egymástól függ, mivel szubsztrátot és elektronokat generálnak egymásnak. Először hidroxil-amin (NH₂OH) képződik az AMO enzim közreműködésével, amely egy réz tartalmú integráns membránfehérje. Az AMO az oxigén molekulából egy oxigén atom beépülését segíti az ammónia molekulába. A következő lépésben a hidroxil-amin

(a periplazmatikus) hidroxil-amin-oxidoreduktáz (HAO) enzim katalizálta reakcióban nitritté oxidálódik. Az oxidáció során 4 elektron keletkezik, amelyből 2 egy újabb ammónia molekula hidroxil-aminná történő átalakulásában hasznosul (Márialigeti és mtsai, 2013, Tran és mtsai, 2013b, Xu és mtsai, 2016).

Az elektronok ezután belépnek egy ún. katalitikus ciklusba. Az AMO enzim aktív helyén (a katalízis helye) található egy kettős rézmagot Cu (I)-Cu(II) formában tartalmazó fehérjérsz. A katalitikus ciklus úgy kezdődik, hogy az oxigén reakcióba lép a Cu(II) formával, így az Cu (II) formává alakul, eközben az oxigén elektrofil csoportként kötődik. Az enzim „oxigénezett” formája ezután reagál a szerves szubsztrátokkal, és így Cu (II) formát képez. A Cu (II) forma a HAO enzim által katalizált reakcióból érkező 2 elektronnal redukálódik, és visszaáll a kettős rézmag Cu(I)-Cu(I) formája,



2. ábra A nitrifikáció, azaz az ammónia biológiai oxidációja nitráttig. (AMO: ammónia-monooxigenáz enzim, HAO: hidroxil-amin-oxidoreduktáz enzim; NOR: nitrit-oxidoreduktáz enzim) (Márialigeti és mtsai, 2013 alapján)



3. ábra Az ammónia-monooxigenáz (AMO) enzim aktív helyének működése és a kometabolikus transzformáció elméleti modellje (Xu és mtsai, 2016 alapján).

amely fogadhatja az újabb oxigénmolekulát (Yi és Harper, 2007). Az aktív hely szerkezetének változása és az oxidáció folyamata a 3. ábrán követhető.

Mint sok más **monooxigenáznak**, az AMO enzimnek is figyelemreméltóan széles a szubsztrátspektruma, vagyis sokféle szerves szennyezőanyagot képes oxidálni. Palettáját az ammónián kívül gazdagítja a metán, a hosszabb alkánok, alkének, halogénezett és aromás szénhidrogének (Tran és mtsai, 2013b), valamint számos mikroszennyező, így különböző gyógyszervegyületek is (Khunjar és mtsai, 2011; Maeng és mtsai, 2013; Roh és mtsai, 2009; Sathyamoorthy és mtsai, 2013; Shi és mtsai, 2004; Yi és Harper, 2007). **Azokat a gyógyszereket, amelyek az AMO enzim közreműködésével kometabolizálódnak a 2. táblázatban gyűjtöttük össze.**

Ammónia hiányában (ammónia-éhezés) azonban az ammónia-oxidálók hidroxil-amint nem termelnek (2. ábra), és az elektronok visszaáramlása sem működik. Ha nem áll rendelkezésre az ammónián kívül más redukálószer, akkor a mikroszennyezők biotranszformációja sem lehetséges. A más redukálószer itt a sejtben lévő redukált vegyületeket jelenti, amelyet a mikroorganizmus az endogén légzése során képes használni. Az AOB endogén légzése elegendő redukálószerrel szolgáltat a szerves mikroszennyezők biotranszformációjához ammónium hiányában egy ideig, ám hosszútávon ammónia-nitrogént kell biztosítani a mikroorganizmusok szaporodásának és energiaháztartásának fenntartásához (Tran és mtsai, 2013b).

A nem-növekedési szubsztrátok (szerves mikroszennyezők) néha gátolják az AMO működését, illetve a bomlástermékeik szintén kiterjedt sejtkárosodást okozhatnak. Ezen kívül verseny alakulhat ki a növekedési szubsztrát (NH₄⁺) és a nem-növekedési szubsztrátok között az AMO aktív helyéért, ami mindkét szubsztrát csökkent oxidációs sebességét eredményezheti. Nem-kompetitív gátlás esetén az NH₄⁺ és a mikroszennyezők az AMO különböző aktív helyeihez kötődnek, és ez a teljes oxidációs sebesség visszaesését eredményezi (Tran és mtsai, 2013b).

Általánosságban az ammónia-oxidálók obligát kemolitoautotrófok, azaz a sejtjeiket szerves szénforrásból (CO₂/HCO₃⁻) építik fel, és ugyancsak szerves vegyületeket oxidálnak energiaforrásként. Mégis néhányuk szerves vegyületeket (például acetátot, piruvátot) is képes hasznosítani, azaz mixotróf (Márialigeti és mtsai, 2013). A bonyolult szerves molekulák metabolikus úton zajló biodegradációja ezért sem lehetséges esetükben.

2. 2. A HETEROTRÓF KOMETABOLIZMUS

A kometabolikus biodegradáció során a mikroorganizmusok sokféle növekedési szubsztrátot hasznosíthatnak, de alapvetően az adott mikroorganizmus anyagcsere-útvonalaitól függ, hogy melyeket. A heterotróf szervezetek esetében mindenképpen valamilyen egyszerűbb szerves vegyület az, amely gyorsan és könnyen bontható, így a szaporodást és az enzimek termelését kellőképpen támogatja. A kísérletek során gyakran alkalmaznak glükózt (Larcher és

Yargeau, 2011), glicerolt (Osorio-Lozada és mtsai, 2008), ecetsavat (Bessa és mtsai, 2017; Langenhoff és mtsai, 2013; Moreira és mtsai, 2014), adipinsavat (O'Grady és mtsai, 2009) élesztőkivonatot (O'Grady és mtsai, 2009; Osorio-Lozada és mtsai, 2008), toluolt (Langenhoff és mtsai, 2013), tripton (Osorio-Lozada és mtsai, 2008), vagy tejport (Quintana és mtsai, 2005). A növekedési szubsztrát jelenléte nélkülözhetetlen,

a gyógyszermolekula (koszubsztrát) enzimati- kus átalakításához. A heterotróf kometabolizmus igazolt eseteit és a folyamatokban résztvevő enzimeket a 2. táblázatban gyűjtöttük össze. A kometabolikus biodegradáció aerob vagy anaerob körülmények között történhet. A mikroszennyezők aerob kometabolizmusa a domináns, az anaerob kometabolizmus kevésbé érvényesül (Tran és mtsai, 2013b).

Mikroszennyező	Enzim	Biomassza	Referencia
Bezafibrát	amidázok	nitifikáló eleveniszap	Quintana és mtsai (2005), Helbling és mtsai (2010)
Atenolol	ammónia-monooxigenáz (AMO)	eleveniszap	Sathyamoorthy és mtsai (2013)
Etinilösztadiol (17 α -ethynylestradiol, EE2)	ammónia-monooxigenáz (AMO)	nitifikáló eleveniszap	Yi és Harper (2007)
	ammónia-monooxigenáz (AMO)	nitifikáló eleveniszap	Shi és mtsai (2004), Maeng és mtsai (2013), Khunjar és mtsai (2011)
	toluol-dioxigenáz katekol-1,2- dioxigenáz katekol-2,3- dioxigenáz	eleveniszap	Khunjar és mtsai (2011)
Ketoprofen	dioxigenázok	eleveniszap	Quintana és mtsai (2005)
Szulfametoxazol	arilamin-N-acetiltransz-feráz amidázok uretán-hidroláz N-acetil-fenetilamin-hidroláz	Rhodococcus equi	Larcher és Yargeau (2011)
Triklózán	AMO	Nitrosomonas europaea	Roh és mtsai (2009)
	2,3-dioxigenázok	Sphingopyxis KCY 1 törzs	Lee és mtsai (2012)

2. táblázat A gyógyszerek kometabolizmusában részt vevő mikrobiális enzimek (Fischer és Majewsky 2014 alapján).

2. 3. SPECIÁLIS KÜLSŐ SEGÍTSÉG: A HETEROTRÓF GOMBÁK ÉS AZ EXTRACELLULÁRIS LIGNINOLITIKUS ENZIMEK

A fehérkorhasztó gombák mind a cellulózt, mind pedig a lignint képesek lebontani, amittől a faanyag fehéressé, porladóvá válik. Azért fontosak jelen esetben, mert az aerob baktériumoktól eltérő katabolikus útvonalak működnek sejtjeikben, és sok perzisztens szerves szennyező anyag (halogénezett aromás vegyületek, peszticidek és ipari hulladékok) katabolikus lebontását hajtják végre, különféle környezeti elemekben (talaj, víz stb.) (Tran és mtsai, 2013b). Hatékonyságukat az extracelluláris ligninolitikus enzimeknek (oxidázoknak és peroxidázoknak) tulajdonítják, mint például a lignin-peroxidáz (LiP), a mangán-peroxidáz (MnP) és a lakkáz (Lac). A fehérkorhasztók egy vagy több extracelluláris ligninolitikus enzimet termelnek. Ezeket az enzimeket alacsony szubsztrátspecifitás jellemzi, ami miatt alkalmasak a szerves mikro-szennyezők széles spektrumának lebontására (Eibes és mtsai 2011; Ricken és mtsai, 2013; Rodarte-Morales és mtsai, 2011a). Előnyös az enzimek extracelluláris jellege, vagyis az, hogy a sejten kívülre termelődnek és ott működnek. Továbbá ezek a gombák kis molekulatömegű mediátorokat választhatnak ki, amelyek lehetővé teszik a szennyezőanyagok széles skálájának fokozott oxidációját. A mediátorok közvetítő molekulák. Például MnP működése során hidrogén-peroxid jelenlétében fejt ki hatását, de ezt közvetve teszi, Mn³⁺ ionon keresztül. Az enzim szubsztrátja a Mn²⁺, amelyből a Mn³⁺-at képez (redox mediátor), amely nagyon reaktív. Szükség van mangán-keláló ágensre (pl. oxalát,

malát), amelyet a gomba szintetizál, és a környezetébe bocsát. A szerves savakkal képzett kelát forma „maszkírozza” a reaktív Mn³⁺-at. Ez a mangán komplex kicsi molekula, így bejut a lignocellulóz hálóba, és ott reagál a fenollokkal (Perei és mtsai, 2013).

Hasznos és hátrányos is egyben, hogy fonalas felépítésűek, a hifákkal (gombafonalak) terjednek a talajban és minden más környezeti elemekben. A hifák segítségével könnyebben eléri a szennyeződések, mint a baktériumok, ugyanakkor a fonalas felépítés miatt eltömíthetik a biológiai szennyvíztisztító létesítmények egyes elemeit, és a gombákkal kezelt mátrixok mechanikai homogenizálása a micélium (a gombafonalak szövődése) növekedését gátolja. Más oka is van annak, hogy ritkán választják a mikro-szennyezők eltávolításához ezeket a szervezeteket, ugyanis a baktériumok megjelenése a rendszerben akadályozhatja a gombák élettevékenységeit (Tran és mtsai, 2013b).

A LiP és az MnP enzimek instabilak üzemi körülmények között. A lakkáz néhány előnnyel rendelkezik a LiP-val és az MnP-vel szemben a szennyvízkezelés során. Például a lakkáz enzimaktivitása viszonylag stabil széles környezeti feltételek mellett (pH és hőmérséklet) és nem igényel kofaktorokat a reakció során. Sajnálatos azonban, hogy a lakkáz nem működik hatékonyan a nem-funkcionális aromás vegyületek (un-functionalized aromatic compounds) és a nem fenolos szerkezetű molekulák esetében, ugyanis ezek magas redoxpotenciállal rendelkeznek, így redox mediátorok szükségesek a lakkáz működéséhez.

Ezért elengedhetetlen a redox mediátorok adagolása a lakkáz-reakcióban, ugyanis ezek segítik a lakkázt a kinetikus akadály leküzdésében, amely olyan mikro-szennyezők esetében jelentkezik, amelyek oxidációs-redukciós potenciálja magasabb, mint a lakkáz enzimé (Tran és mtsai, 2013b). A lignolitikus gombák kometabolikus aktivitásával kapcsolatban a 3. táblázat nyújt részletesebb információkat.

2. 4. AZ AMMÓNIA-OXIDÁCIÓ MELLÉKTERMÉKE: AZ ABIOTIKUS NITRÁLÁS

Nitrálásnak nevezzük azt a kémiai reakciót, melynek során NO₂ (azaz nitro-csoportot) viszünk be egy szerves vegyületbe, és C-N kötést hozunk létre. Ez a folyamat természetes jelenségként is működőképes, ugyanis az AOA/AOB tevékenységeként megjelenő,

Faj/törzs	Gyógyszer	Eliminációs hatékonyság	Forrás
<i>Irpex lacteus</i> ,	norfloxacin, ofloxacin, ciprofloxacin	~100%	Čvančarová és mtsai (2015)
<i>Trametes versicolor</i>	norfloxacin, ofloxacin, ciprofloxacin	~100%	Čvančarová és mtsai (2015)
<i>Bjerkandera adusta</i> (lignolitikus gomba) lignolitikus peroxidáz enzime	Szulfametoxazol	64-80%	Eibes és mtsai (2010); Ricken és mtsai (2013)
<i>Bjerkandera</i> sp. R1, <i>Bjerkandera adusta</i> , <i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Citalopram, Fluoxetine	100%	Rodarte-Morales és mtsai (2011b)
	Szulfametoxazol	100%	
	Diclofenák, Ibuprofen, Naproxen	100%	
	Karbamazepin	100%	
<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Diklofenák	100%	Rodarte-Morales és mtsai (2011a)
	Ibuprofen	100%	
	Naproxen	77 - 99%	
<i>Phanerochaete sordida</i> YK-624	Diklofenák	100%	Hata és mtsai (2010)
	Mefenaminsav	90%	
<i>Trametes versicolor</i>	Diklofenák	≥94%	Marco-Urrea és mtsai (2010)
<i>Trametes versicolor</i> ATCC 42530	Naproxen	31%	Rodriguez-Rodriguez és mtsai (2010)

3. táblázat A fehérkorhasztó gombák extracelluláris enzimeinek eliminációs hatékonysága különböző gyógyszervegyületek esetén

bizonyos üzemeltetési körülmények között felszaporodó nitrit a szerves mikroszennyezők (pl. gyógyszer-molekulák) abiotikus nitrálására eredményezheti. Az acetaminofen valószínűleg nitrálással eliminálják a megfelelő nitrogén-távoztató végző szennyvíztisztító telepeken, valamint a nitrifikáló eleve nitrálással végzett kísérletekben (Chiron és mtsai, 2009). Az etinilösztadiol (EE2), amely az ösztadiol szintetikus származéka, biodegradációjában fontos szerepe lehet az ammónia-oxidálók kometabolikus hatása mellett a nitrálásnak is (Gaulke és mtsai, 2008).

3. LEDÉR ENZIMEK: AZ ENZIMEK PROMISZKUITÁSA

Ugyan a **promiszkuitás** szó eredendően az emberi szexuális viselkedéshez kapcsolódik (gyakori partnercsere), mégis **frappáns kifejezés** bizonyos enzimek sajátos vonására: **a megszokott szubsztrátok, illetve a katalizált reakciók lecserélésére, váltogatására**. Az enzimek promiszkuitása a természetestől eltérő reakciók katalízisét jelenti, vagyis a **nem természetes szubsztrátok** átalakítását. A jelenség valószínűleg rendkívül fontos az enzimek evolúciója szempontjából, és sokkal elterjedtebb, mint korábban feltételezték.

A promiszkuitás három formáját különböztetik meg (Hult és Berglund, 2007):

1. A működési körülmények szerinti promiszkuitás

A környezeti feltételek függvényében változhat a katalitikus aktivitás. Bizonyos

enzimek nem veszítik el aktivitásukat a természetes körülményektől eltérő, esetleg szélsőséges pH-értékek, hőmérséklet mellett, vagy vízmentes tápközegben.

2. A szubsztrát szerinti promiszkuitás

A szigorú szubsztrátspecifitás azt jelenti, hogy csak egyfajta molekula megkötésére alkalmas az enzim. A szubsztrát szerinti promiszkuitás tulajdonképpen a szigorú szubsztrátspecifitás ellentéte. Az adott enzim szélesebb, illetve laza szubsztrátspecifitással rendelkezik.

3. A katalitikus promiszkuitás

A szigorú reakcióspezifitás ellentéte. Teljesen eltérő, határozottan különböző kémiai átalakításokat katalizáló enzimek jellemzője. Különböző átmeneti állapotok jöhetnek létre a reakciók során, esetleg a fehérjemolekula (enzim) más-más doménjeit mint aktív helyeket felhasználva. Összefoglalva a természetestől teljesen eltérő mechanizmussal, teljesen más katalitikus aktivitás valósul.

A promiszkuitásnak két formája van:

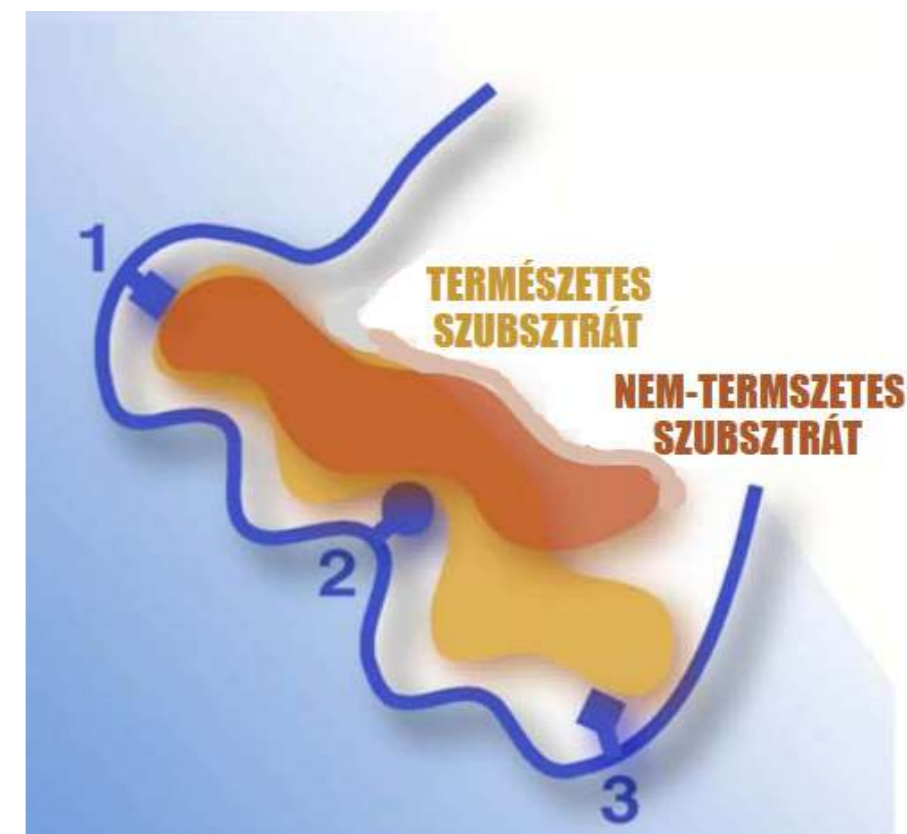
- vad típusú enzim esetében mellékreakció
- indukált mutációkkal genetikai módosítással mesterségesen kiváltott.

Valószínűleg az enzimek divergens evolúciója képezi alapját a jelenségnek. Az enzimet előállító mikroorganizmus túlélését jelentősen befolyásolja közvetve a promiszkuitásuk. A nem-természetes szubsztrát felé alacsony affinitást mutató enzim „viselkedése”

jelentősen megváltozhat egy egyszerű pontmutáció következtében is, ha az az adott szubsztráthoz való affinitását érinti. Ha szubsztrátként ismer fel egy olyan vegyületet, amit addig nem, akkor a „gazdasejt” „tápanyag-repertoárját” bővítheti hosszútávon. A pontmutáció csak a kezdőlépést adja meg, ezután az enzim egyre tökéletesebb katalizátorra csiszolódhat, fejlődhet (Hult és Berglund, 2007). Tehát a promiszkuitás nem csak

az enzimek evolúciójában játszik fontos szerepet, hanem a mikrobiális anyagcsere-hálózatok evolúciójában is.

Valószínűleg a legtöbb jelenleg ismert, „körtárs” enzim a promiszkuitás következtében és / vagy többfunkciós „generalista” ősi enzimekből fejlődött ki, egy fokozott katalitikus specifitást és hatékonyságot eredményező evolúciós optimalás eredményeként. Egyszerűbben



4. ábra A szubsztrát szerinti promiszkuitás sematikus ábrája. Az aktív hely szerkezete optimális a természetes szubsztrát megfelelő iránybú bekötéséhez, így kölcsönhatásba tud lépni az ott található kofaktorokkal, funkcionális csoportokkal (1, 2 és 3 jelöléssel). A promiszkuitás esetén általában a szubsztrátok szerkezetükben az enzim eredeti szubsztrátjához hasonlítanak, és képesek felhasználni ugyanazon kötő interakciókat és funkcionális csoportokat (1. és 2.). (Babtie és mtsai, 2010 alapján)

megfogalmazva kezdetben olyan enzimek léteztek, amelyek sokféle/többféle szubszttrát átalakítására voltak képesek. **Az evolúciós folyamatok eredményeként egyre kevesebb szubszttrátot ismertek fel sajátjukként az enzimek, de azt növekvő affinitással.** A szelektív nyomás növeli az enzim-specifitást, ha a keresztreakció (más szubszttráttal „folytatott viszony”) káros a sejtre. Ebben az esetben tehát eggyel kevesebb szubszttrátot ismer majd fel az enzim. Ha a promiszkuitás adott esetben nem okoz változást fiziológiai szempontból, akkor fennmaradhat, ezzel megkönnyítve a mikroorganizmus számára az alkalmazkodást a környezeti változásokhoz (Babtie és mtsai, 2010)

Ahhoz, hogy megértsük, miként jelenhet meg a promiszkuitás, figyelembe kell vennünk az enzimre vonatkozó alapvető követelményeket. A katalízis eléréséhez, a reakciósebesség gyorsításához szükség van az átmeneti állapot (TS) preferenciális stabilizálására, rögzítésére az reagensek energia alapállapota fölött. Az enzimek ezt a stabilizálást a szubszttrátok megkötésével és orientálásával érik el. Ezzel elérhetővé teszik a funkciós csoportokat, illetve biztosítják a megfelelő elektrosztatikus környezetet a reakcióhoz az enzim aktív helyén. Az aktív hely az evolúció során egy adott mechanizmus elvégzéséhez „formálódott”. Mivel azonban a legtöbb aktív helyen számos potenciális interakciós pont és több reaktív csoport van jelen, így az elvi lehetőség fennáll alternatív reakciók katalizálására (Babtie és mtsai, 2010). Egyszerűbben megfogalmazva az enzimek aktív helye/ kötőhelye gyakran

„lötyög”, vagyis nem köti kémiaailag szorosan a szubszttrátot, így hasonló kémia karakterű vegyületeknek lehetősége nyílik arra, hogy alternatív szubszttrátként kötődjenek az enzimen. Az előzőekben leírtakat a szubszttrát szerinti promiszkuitás alapján szemlélteti a 4. ábra.

4. A TRANSZFORMÁCIÓS TERMÉKEK

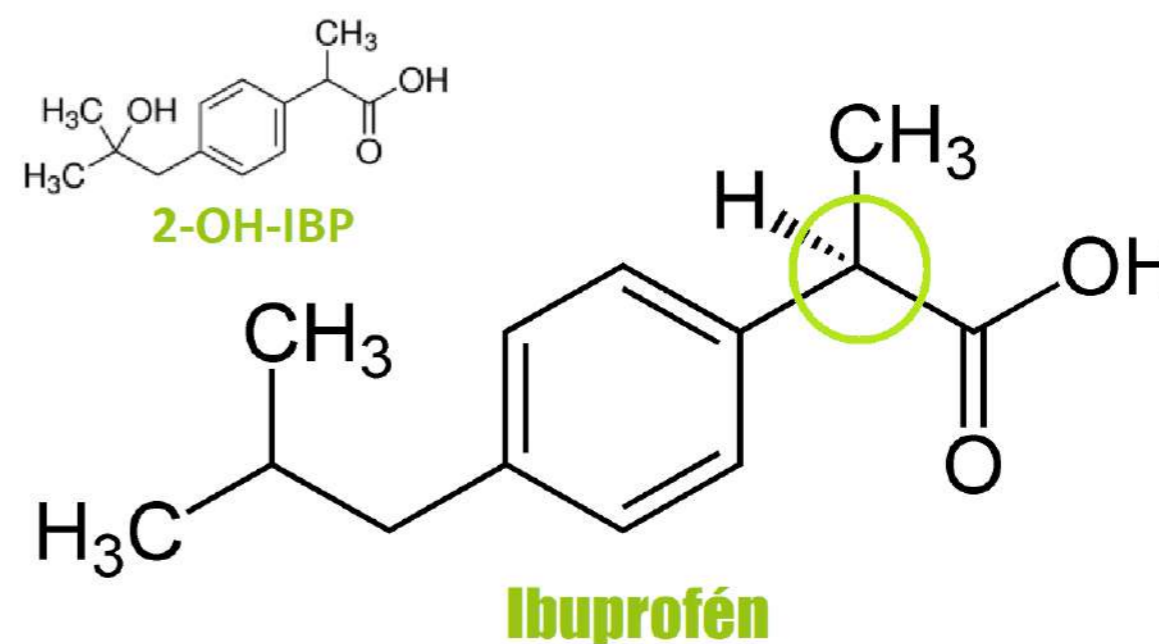
A kometabolikus köztitermékek gyakran biológiailag jobban bonthatók, mint az eredeti molekulák, így a további biotranszformáció során beléphetnek a központi metabolikus útvonalakra (Yi és Harper, 2007). Bizonyos esetekben azonban a kometabolizmus során képződő molekulák toxikusabbak lehetnek, mint az alapvegyületek, így a mikroorganizmusok nem tudják a továbbiakban hasznosítani azokat. Ez utóbbira példa a diatrizoát aerob bomlásterméke, a 3,5-diamino-2,4,6-triodobenzoesav, és a diklofenák kometabolikus biodegradációjából származó 5-OH-diklofenak-p-benzonkinon-imin (Tran és mtsai, 2013b). Bizonyos szervezetekre ezek ugyan toxikusak lehetnek, de mások talán képesek mineralizálni. Így a szerves mikroszennyezők kometabolikus biodegradációja új vegyületek (köztitermékek / bomlástermékek) széles repertoárját kínálja a mikroorganizmusoknak (Quintana és mtsai 2005; Khunjar és mtsai, 2011).

A kometabolizmus a nem specifikus enzimek közreműködésével zajlik. Ilyen az ammónia-monooxigenáz (AMO) enzim, amely számos szerves szennyezőanyagot oxidál. A heterotróf mikroorganizmusok esetében

mind a kometabolizmus, mind metabolikus útvonalak működhetnek, a környezeti koncentrációtól és a sejtre gyakorolt toxicitástól függően. A heterotrófok többféle enzimmel képesek kaput nyitni a biodegradáció előtt. Dioxigenázok, acetiltranszferázok, amidázok, hidrolázok játszanak kiemelkedő szerepet az esetükben. (2. táblázat)

A közti termékek is különbözőek a két mikroorganizmus-csoport kometabolizmusában. **Az AMO közreműködésével (hidroxilezés) az el nem ágazó szénláncú szénhidrogének (C1 – C8) könnyen oxidálódnak alkoholokká. Az el nem ágazó alkil-láncok másodlagos és tercier szénatomjai, amelyek könnyű célpontjai a nukleofil támadásnak (elektronban gazdag részecske „indítja a támadást”),**

rendelkezésre állnak az IBP-ben például, így a biodegradáció során 2-hidroxi-ibuprofén (2-OH-IBP) képződik. Ha az ibuprofén biodegradációját hagyományos eleveniszap oltókultúrával végzik, akkor háromféle metabolit is képződik: OH-IBP, 2-OH-IBP és CA-IBP (karboxi-ibuprofén). Az etinilösztadiol (EE2) gyorsabban biotranszformálódik az ammónia-oxidálókkal, mint a heterotróffokkal, mivel az AOB-k általi biotranszformáció egyetlen hidroxilációt foglal magában, összehasonlítva a heterotrófok bonyolultabb biodegradációs útvonalaival, amelyek általában több enzimatis reakcióval járnak, mint például a gyűrűhasítás és az mineralizáció (Khunjar és mtsai, 2011). A benzol, alkil-benzol, N- és O-tartalmú aromás anyagok biotranszformációját is segítheti az AMO. Általában egy



5. ábra Az ibuprofén és hidroxilált termékének, a 2-hidroxi-ibuprofénnek (2-OH-IBP) a szerkezete

hidroxilcsoportot illeszt be az alifás láncba, és nem a gyűrűt nyitja fel (Fernandez-Fontaina és mtsai, 2016). Az ibuprofén és hidroxilált termékének, a 2-hidroxi-ibuprofénnek (2-OH-IBP) a szerkezete az 5. ábrán látható.

Egyes szerves mikroszennyezők lebontásában a két csoport együttműködése kiemelt jelentőségű. A heterotróf baktériumok katechol-dioxigenáz enzimeinek gyűrűhasítása könnyebben megvalósul, ha előzőleg hidroxilálódtak (Fernandez-Fontaina és mtsai, 2016). Ezért a nitrifikáció fontos szerepet játszhat például az IBP eltávolítási sebességének növelésében az eleveniszapos reaktorokban, bár a heterotrófok lassabban képesek lebontani azt.

A fehérrothasztó gombákból **származó extracelluláris lakkáz nem specifikus, és erős oxidációs / redukciós képességgel rendelkezik a sokféle perzisztens** fenolgyeület transzformálására, amelyek lebontásra a baktériumok kevésbé alkalmasak. A lakkáz enzimnek azonban kihívást jelent, ha nem fenolos szerkezetű, vagy nem-funkcionális aromás (un-functionalized aromatic compounds) vegyületekkel találkozunk. (Tran és mtsai, 2013b). A bakteriális monoxigenáz és a dioxigenáz képes számos nem fenolos szennyező anyag hidroxilálására, mint például a legtöbb szerves mikroszennyező. Ennek ellenére az oxigenázokkal végzett bakteriális hidroxilezésből származó lebontási termékekről ismert, hogy jobban ellenállnak a bakteriális lebontásnak és gátolhatják a bakteriális biotranszformációt (Khunjar és mtsai, 2011). Ezzel szemben a bakteriális hidroxilációval előállított melléktermékek általában

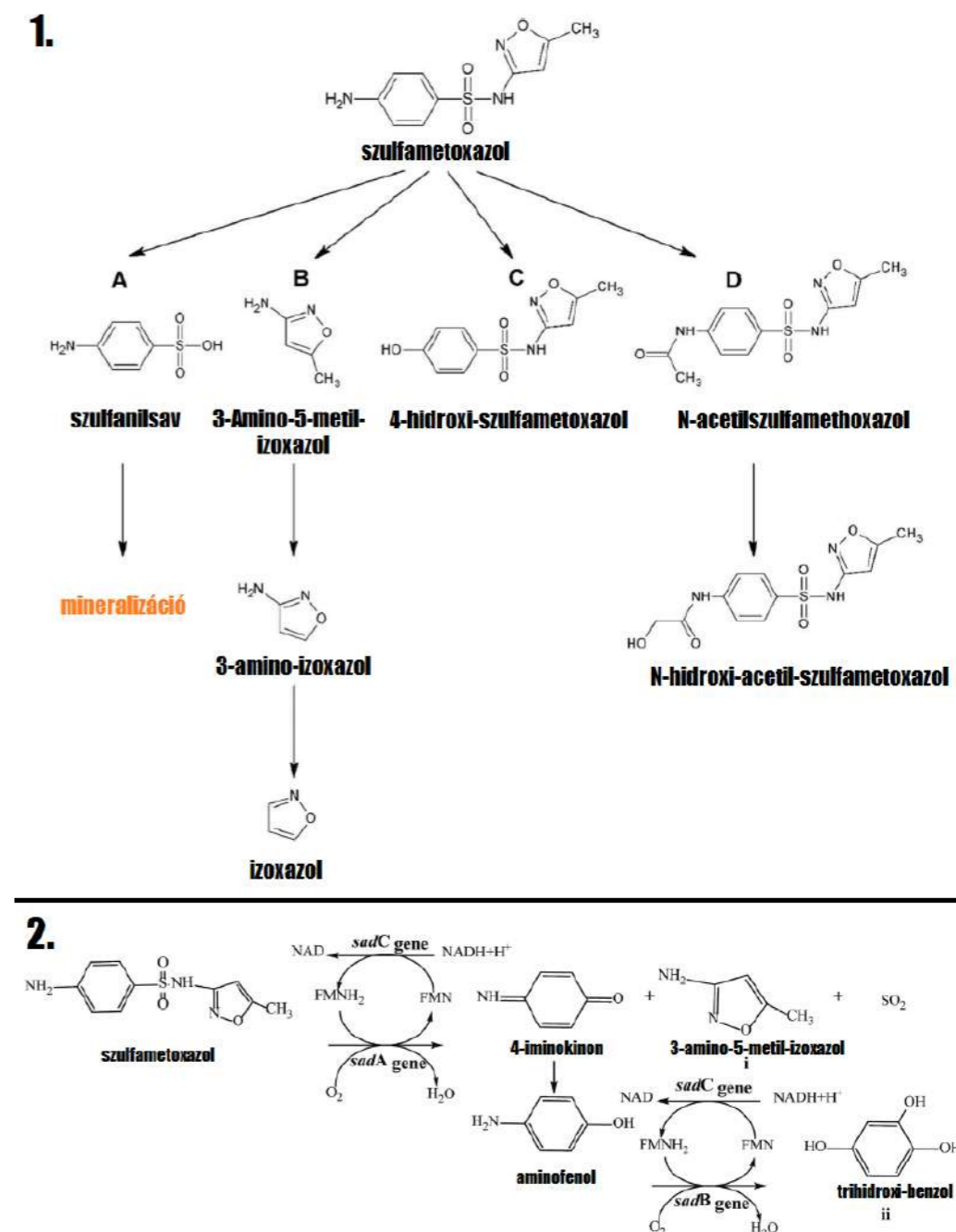
fenolcsoportokat tartalmaznak, amelyek kedvezőek lehetnek a gombák lakkáz enzimének alkalmazásakor. Ennél fogva a lakkáz enzim adagolásának, illetve egy baktérium-konzorciumnak a technológiai kombinációja előnyös lehet a mikroszennyezők eliminálásához mind a mesterséges, mind a természetes rendszerekben. (Tran és mtsai, 2013b)

Ugyanazon gyógyszervegyületek metabolikus, illetve kometabolikus úton képződő transzformációs termékei is különböznek általában. Illetve a kometabolikus köztitermékek között is jelentős különbség lehet, ha a kometabolizmus több formában is megvalósulhat. A szulfametoxazol esetében:

1. Ha az SMX az egyetlen szénforrás (metabolikus út), akkor 3-amino-5-metil-izoxazol és 4-hidroxi-szulfametoxazol képződik, amelyekben a p-amino-csoportot hidroxilcsoport helyettesíti;
2. Ha növekedési szubsztrát is jelen van, akkor N-acetil-szulfametoxazol és szulfanilsav képződik. Az utóbbi képződése a 3-amino-5-metil-izoxazollal együtt a szulfonamid-csoport hidrolitikus hasítását jelzi (Müller és mtsai 2013, Majewsky és mtsai, 2014).

A 6. ábrán az SMX kometabolikus, illetve metabolikus útvonalakon képződő transzformációs termékeit gyűjtöttük össze.

Természetesen bizonyos vegyületek bakteriostatikus (sejtosztósádt gátló) jellege (pl. SMX) a mikrobiális fajösszetétel eltolódását



6. ábra A szulfametoxazol kometabolikus (1.) és metabolikus (1. és 2.) útvonalain képződő transzformációs termékek összehasonlítása. 1. A, B, C és D: kometabolikus (Gauthier és mtsai, 2010; Larcher és Yargeau, 2011; Müller és mtsai, 2013); 1. B és C: metabolikus (Müller és mtsai, 2013); 2. metabolikus a *sad* gén közreműködésével (Oberoi és mtsai, 2019).

okozhatja, amelyet azonban meg kell különböztetni a metabolikus, vagy kometabolikus adaptációs folyamatoktól. Ráadásul a biodegradációs lépések során nem feltétlenül tűnik el az antibakteriális hatás. A szulfametoxazol esetében a p-amino-csoport módosítása után fennmarad a hatás, csak a váz szétesésével járó reakciókban tűnik el. A 4-NO₂- és a 4-OH-SMX hatékonyabban gátolja a baktériumok szaporodását, mint az eredeti molekula. Ezzel szemben a N4-acetil- és a N4-hidroxi-acetil-derivátumok csupán 10 és 5%-át őrizték meg az SMX hatásának (Majewsky és mtsai, 2014)

5. A BIOLÓGIAI FOLYAMATOK SZÍNTERE: AZ ELEVENISZAP ÉS A BIOFILM

A szennyvízben megjelenő biopolimerek (poliszacharidok, fehérjék, nukleinsavak) és a nagyobb molekulaméretű komplex szerves molekulák (pl. lipidek) a mikroorganizmusok számára fontos energiaforrást jelentenek. Ezek felvétele a sejtbe csak akkor lehetséges, ha mono-, vagy oligomerjeikre, illetve komponenseikre „esnek szét” valamilyen módon. Emiatt a baktériumok ún. extracelluláris enzimeket (proteázok, nukleázok, lipázok stb.) termelnek a sejtnek kívülre, amelyek „feldarabolják” számukra a biopolimereket (Márialigeti et al. 2013). Ezek az enzimek gyakran felülethez kötötten jelennek meg a baktérium környezetében. Ez lehet magának a baktériumnak a sejtfa- la is, de a baktériumok spontán aggregációjával kialakuló pelyhek is szolgálhatnak felszínként. Az eleveniszappelyheket nem csak maguk a baktériumok alkotják, hanem

az összetapadást szolgáló, és a baktériumok által termelt extracelluláris polimer anyagok (EPS, „nyálkaszerű” anyag), valamint a mátrixba tapadó szervetlen és szerves részecskék. A pelyhek mátrixanyagában ugyancsak kimutathatók az extracelluláris enzimek (Yu és mtsai, 2008a). Hasonló elven épül fel a biofilm is, ahol a baktériumok felszínhez aggregálódnak, így a mátrixban ugyanúgy fellelhetőek ezek az extracelluláris enzimek. A 7. ábrán az extracelluláris enzimek megoszlása látható a vízfázis és EPS mátrix különböző formái között.

Fontos megjegyezni, hogy az enzimek többsége induktív, vagyis csak adott szubsztrát jelenlétében termelődik. Az enzimek leggyakrabban fehérjék, előállításuk költséges energetikailag a mikroorganizmusok számára, és mint minden felesleges veszteség, a túlélésük esélyét csökkenté az indokolatlan szintézisük. Csak azok az enzimek termelődnek konstitutívan, azaz folyamatosan, amelyek esszenciálisak minden sejt számára.

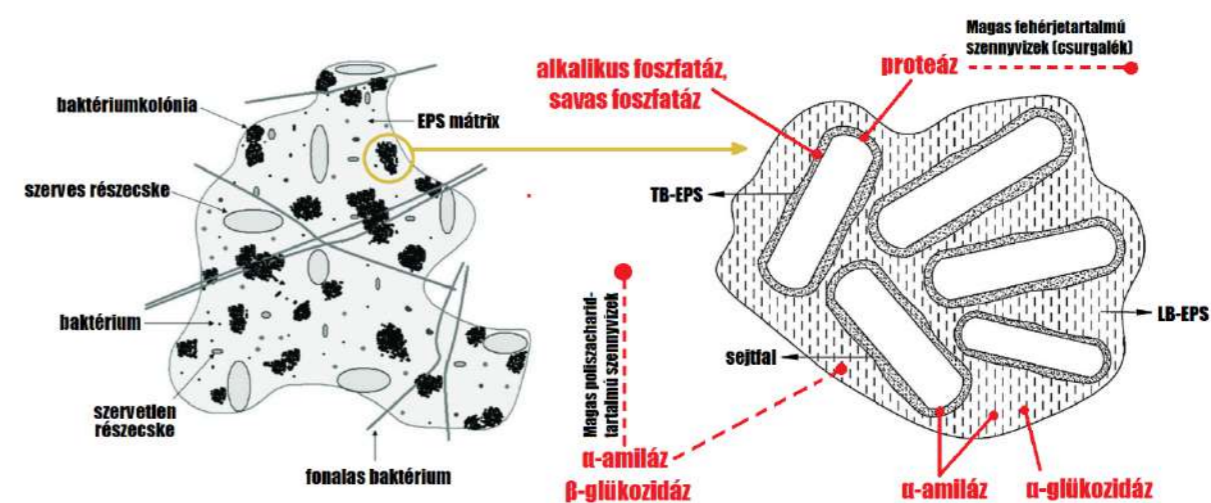
A kometabolikus aktivitás intra- (sejten belülről termelt), illetve extracelluláris enzimekhez kapcsolatosan is megnyilvánulhat. Krahn és mtsai (2016) eleveniszapból előállított lizátummal (szétesett sejtek maradványa, élő sejtek nélkül) vizsgálták különböző mikroszennyezők biodegradációját. Acetaminofen, N-acetil-szulfametoxazol (acetil-SMX), atenolol, bezafibrát, eritromicin és 10,11-dihidro-10-hidroxi-karbamazepin (10-OH-CBZ) esetében reprodukálható bomlást tapasztaltak. A sejtmentes kivonatoknak kimutatható savas foszfátáz, β -galaktozidáz és β -glükuronidáz aktivitása volt. Ezek alapján az eleveniszap

pehely-mátrixában vagy annak felületén elhelyezkedő extracelluláris enzimek diverzitása, feldúsulása, stabilitása, elérhetősége, konformációs rugalmassága és aktivitása döntő jelentőségűek lehetnek a gyógyszermaradványok eltávolítása szempontjából.

Azokban az esetekben, amikor az extracelluláris enzimeket vizsgálják, amelyek elsősorban az iszappelyhekhez kapcsolódnak, tisztázni kell, hogy az enzimek hozzáférhetőségét, szelektivitását, aktivitását és élettartamát befolyásolja-e a kötődésük. Például az alkalikus foszfátáz aktivitását a talajban szignifikánsan gátolhatja humusz szuperstrukturákkal létrejött kölcsönhatások, ugyanis megváltoztathatják az enzimek stabilitását és affinitását a különböző szubsztrátokhoz. A szennyvíz bizonyos szennyező elemei, például a fémionok, szintén módosíthatják az enzimaktivitást (Fischer és Majewsky, 2014).

6. ASZTALKÖZÖSSÉG, VAGY INKÁBB METABOLIKUS HÁLÓ

A tanulmányban összegyűjtött információk alapján körvonalazódik egy kép arról, hogy az eleveniszapként, esetleg biomfilmként működő biológiai szennyvíztisztítási rendszerek nem elszigetelt mikroorganizmusok összességként működnek, hanem közösségi interakciók gazdagítják az ökológiai funkciókat. Bizonyos mikroszennyezők lebontásában a különböző mikroorganizmus-csoportok együttműködése kiemelt jelentőségű lehet (ibuprofén), hiszen az egyik transzformációs termékét csak a másik képes tovább alakítani. Például a heterotróf baktériumok – már korábban is említett - katechol-dioxigenáz enzimeinek gyűrűhasítása könnyebben megvalósul, ha előzőleg hidroxilálódtak a vegyületek. (Fernandez-Fontaina és mtsai, 2016)



7. ábra Az eleveniszappelyhely sematikus szerkezete, valamint az extracelluláris enzimek megoszlása a vízfázis és EPS mátrix különböző formái között (Mikkelsen, 1999; Yu és mtsai, 2008a és b; Zhao és mtsai, 2015 alapján) EPS: extracelluláris polimer anyagok; LB-EPS: lazán kötött extracelluláris polimer anyagok (loosely bound extracellular polymeric substances); TB-EPS: szorosan kötött EPS (tightly bound EPS)

Ezt a jelenséget többféleképpen is megközelíthetjük. **A kommenzalizmus (asztalközösség) az ökológiában használatos fogalom és két populáció olyan kapcsolatát jelenti, amely az egyik fél számára haszonnal jár, a másiknak közömbös.** Az ilyen metabolikus interakciókban ez az eset könnyen megvalósulhat. Azonban az is előfordulhat, hogy két mikroorganizmus kölcsönösen függ egymás anyagcseretermékétől. Akkor már inkább szintrófiáról van szó, amely tényleges metabolikus egymásrautaltságot feltételez. Ma már tisztában vagyunk azzal, hogy a mikrobiális közösségek „metabolikus hálózatokat” vagy „szupermetabolómakat” hoznak létre, amelyek egyedülálló anyagcsere-minőséggel bírnak, mivel képesek sokféle anyagcsere-útvonal megszervezésére és új anyagcsere-eszközök kifejlesztésére, beleértve az enzimek szerkezeti evolúcióját. **Ez utóbbi potenciális lehetőség arra, hogy a biodegradáció kometabolikus útvonalokról metabolikus útvonalakra kerüljön át** (Fischer és Majewsky 2014).

A hálózat összetettségét mutatja, hogy nem minden „egyed” járul hozzá egyenlően a metabolikus hálózatban előállított közösségi javakhoz.

Reintjes és mtsai (2018) az Atlanti-óceánból származó minták segítségével pontosították a természetes mikrobiális közösségekre korábban felállított, kétszereplős szubsztrát-használati modellt. Korábban úgy gondolták, hogy egy mikrobiális közösség részben olyan szervezetekből áll, amelyek termelnek extracelluláris enzimeket, így a biopolimerek monomerjei mindenki számára hozzáférhetőkké válnak. A másik stratégia, amikor a mikroorganizmus „hiénaként” viselkedik, nem termel extracelluláris enzimeket, csak felveszi a monomereket. Ezt bővítették ki Reintjes és mtsai (2018) egy harmadik elemmel. Így a közösség szervezetei az alábbi csoportokba sorolhatók: Önzők: a sejtek felszínére asszociált enzimeket használnak, és a termékeket közvetlenül a periplazmába veszik fel további lebontás

céljából. Extracelluláris hidrolízis termékek egyáltalán nem keletkeznek, vagy elenyésző. Megosztók: a sejtek felülethez kapcsolódó vagy „szabad” extracelluláris enzimeket használnak. Az extracelluláris hidrolízis termékek (közjavak) előállítása jelentős.

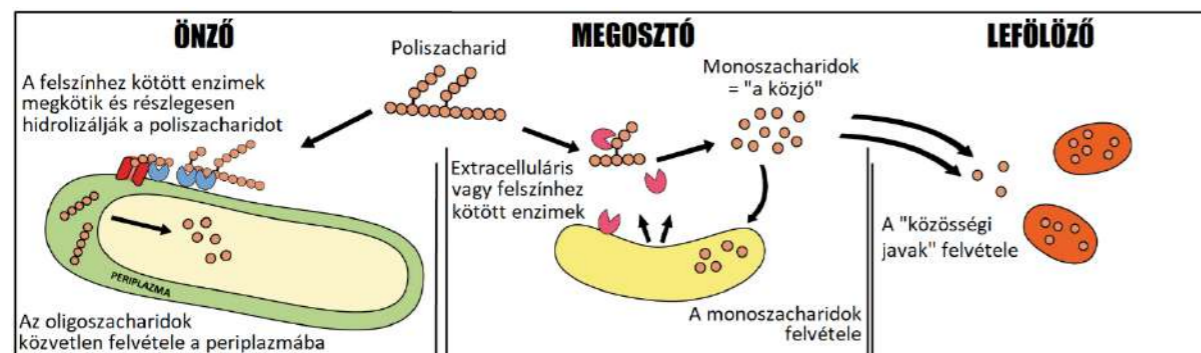
Lefölözők: a sejtek nem termelnek, vagy nem tudnak extracelluláris enzimeket előállítani. Felveszik a más szervezetek által termelt hidrolízis termékeket. (8. ábra)

Az extracelluláris hidrolízis magas fluxusa több lefölözőt képes eltartani. Az önzők arányának növekedésével a lefölözők aránya csökken (Reintjes és mtsai, 2018 alapján). Ugyan ez a modell az **óceánok mikroorganizmus-közösségeit írja le eredetileg, de valószínűleg általánosan kiterjeszthető minden metabolikus hálózatra, így az eleveniszap és a biofilmes rendszerek metabolikus hálózatára is.** Az extracelluláris enzimek termelése bizonyítottan kapcsolódik egyes gyógyszerek kometabolikus biodegradációjához (Krah és mtsai, 2016), tehát a lefölöző stratégiát követő mikroorganizmusok kisebb valószínűséggel érintettek az eltávolításukban.

a termékekhez. A jól elkevert, egyenletes enzimkoncentrációval jellemezhető környezetben a lefölözők járnak jól. Köztes esetben a két csoport stabil populációkkal él egymás mellett. Ha az enzimtermelés szintje magas, mert sok a hozzáférhető tápanyag a környezetben, akkor a lefölözők élveznek előnyt. **A nitrogén korlátozott hozzáférhetősége befolyásolja a szénforgalmat, így a baktériumszaporulatot és az enzimtermelést is. Az optimális arány a megfelelő enzimtermeléshez C:N = 3,5 (fehérje sztöchiometria alapján).** Ha ennél kevesebb a nitrogén, akkor kevés enzim képződik, így a lefölözők is kevésbé sikeresek. Természetes közegben az enzimdifúzióknak rendkívül lassúnak kell lennie ahhoz, hogy a termelők versenyképesek legyenek. Ez abban az esetben fordulhat elő, ha az enzimek a talajban, üledékekben vagy egyéb szilárd részecskékben a bonyolult pórusstruktúrák miatt nehezen diffundálnak. **Az eleveniszap és a biofilm esetében a bonyolult mátrix miatt az enzimdifúzió ugyancsak lassú, így az enzimtermelők versenyelőnybe kerülnek. Több enzimtermelő, nagyobb mennyiségű enzim állít elő, ezzel növelve a valószínűségét a gyógyszervegyületek biodegradációjának.**

Allison (2005) elméleti modell segítségével vizsgálta, hogy a mikroorganizmusok között fennálló verseny, a rendelkezésre álló tápanyag mennyisége és a térbeli mintázata hogyan befolyásolja a mikrobiális növekedést és az enzimszintézist. Az eredményei alapján elmondható, hogy a gyengébb enzimdifúzió az enzimtermelő szervezeteknek kedvez, mivel nem férnek hozzá a lefölözők egyenletesen

Traving és mtsai (2015) más szempontok alapján modelleztek, az enzimtermelés költség hatékonyságát vizsgálták a mikroorganizmusok életstratégiájától függően. Az elméleti modell alapján a felülethez kötött enzimeket az egyedülálló sejteknek érdemes alkalmazniuk. Akkor is működőképes ez a stratégia, ha a környezetben az elérhető szubsztrátok koncentrációja alacsony. A szabad enzimek



8. ábra A nagy molekulatömegű szubsztrát felhasználásának három fő mechanizmusa: önző, megosztó és lefölöző baktériumok. (Reintjes és mtsai, 2018 alapján)

akkor jelentenek előnyt, ha a sejtek metabolikus hálózatot hoznak létre, közösségként működnek, vagy az elérhető szubsztrátkoncentráció magas. Ha a mikroorganizmus mozog (úszik a közegben), akkor a kötött enzimek alkalmazása gyengén kedvező, viszont a szabad enzimek stratégiája hátrányos. **Az eleveniszap és a biofilm metabolikus hálózata valószínűleg kedvező körülményeket teremt a szabad enzimek képződéséhez, amely a gyógyszer-vegyületek eltávolítását segíti.**

A közösségszerkezetben, a fajösszetételben eltolódás jöhet létre több tényező miatt is. Egyrészt egyes vegyületek bakteriosztatikus (a baktérium sejtosztódását gátolja), baktericid (elpusztítja a baktériumot) jellege bizonyos fajokat kiszoríthat (Majewsky és mtsai, 2014). Metabolikus, kometabolikus adaptációs folyamatok is alakíthatják a fajösszetételt. Ezen alapulnak tulajdonképpen a dúsításos kísérletek is, amikor **adaptációs időszakkal a mikro-szennyező lebontására képes baktériumokat szelektíven szaporítják** (Bouju és mtsai, 2011). A metabolikus kapcsolatrendszeren keresztül is történhet változás. Elég az előbbi gondolatmenetre visszatérni, ahol a hidrolízis fluxusa a lefőlözők arányát befolyásolta a metabolikus hálózatban. A szintrófián keresztül is képesek lehetnek bizonyos baktériumok egymás segítésére, így egymás rátermettségét (fitneszt), versenyképességét kölcsönösen javíthatják.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Mind a természetes, mind a mesterséges rendszerekben a mikroszennyezők biodegradációja a mikroorganizmusok metabolikus és kometabolikus útvonalain egyaránt zajlik. A komplex mikroorganizmus-közösségek (pl. eleveniszap, biofilm) esetében azonban nem mindig lehetséges különbséget tenni a metabolikus és a kometabolikus útvonalak között. Több xenobiotikum (pl. klórozott vegyületek) lebontható mindkét vonalon, a mikrobiális közösség fajösszetételétől és a reakció körülményeitől függően. Ráadásul a kometabolikus és metabolikus reakciólépések szorosan összefüggnek, mivel egy anyagcsere-hálózat részét képezik, és az egész mikrobiális közösség specifikus anyagcsere-kompetenciájaként fejlődtek ki.

A mikroorganizmusok adaptációja új szubsztrátokhoz új anyagcsere-eszközök kifejlesztésén keresztül történik. Ilyen eszköz lehet az enzimek szerkezetváltozása, amely a szubsztrátspektrumot szélesítheti. Ez lehetőséget teremt arra, hogy a kometabolikus folyamatok végül metabolikus vonalra terelődjenek.

A kometabolikus folyamatok az **adott komponenstől**, a biológiailag hozzáférhető szubsztrát (növekedési szubsztrát) jellegétől és mennyiségétől függenek. Tehát a szennyvíz szervesanyag összetétele, valamint a szerves oldott anyagok (főként az ammónia) koncentrációja meghatározó jelentőségű.

A mikroszennyezők sorsa ily módon összekapcsolódik a „makroszennyezők” sorsával. A természetes szerves vegyületek koncentrációja a nyers szennyvízben több nagyságrenddel meghaladja a mikroszennyezők koncentrációját. Feltételezhető, hogy a nyomnyi mennyiségben jelen lévő szerves szennyezők biológiai lebontása elsősorban kometabolikus természetű. A kometabolikus utak eliminációs hatékonysága növekedési szubsztrátként szolgáló vegyületek adagolásával azonban fokozható.

Amennyiben a **kometabolikus folyamatokat a mikroorganizmus közösség egy speciális alcsoportja biztosítja (heterotrófok, ammónia-oxidálók), akkor üzemeltetési paraméterek jelentősen befolyásolhatják** azok relatív arányát az eleveniszap biomaszájában, így közvetve a szerves mikroszennyező eltávolítását. Az eltávolítás hatékonysága esetleg javítható gomba eredetű, nem-specifikus enzim (pl. lakkáz) adagolásával.

Az eleveniszap/biofilm közössége nem egyszerűen különböző mikroszervezetek egyszerű halmazaként működik, inkább **metabolikus hálózatot képezve** biztosítja a szerves és szervesetlen szennyezők eltávolítását. Mindemellett a lebontási folyamatokban közreműködő enzimek hatékonysága, mennyisége a **természetes**, vagy mesterséges környezet sajátosságaitól is függ. Éppen ezért a gyógyszerek biodegradációját is a **komplex közösség szintjén, a környezeti tényezők figyelembevételével célszerű vizsgálni, ám ezzel kapcsolatban még nem rendelkezünk részletes ismeretekkel.**

REFERENCIÁK

- Allison, S. D. (2005). Cheaters, diffusion and nutrients constrain decomposition by microbial enzymes in spatially structured environments. *Ecology Letters*, 8(6), 626–635.
- Babtie, A., Tokuriki, N., & Hollfelder, F. (2010). What makes an enzyme promiscuous? *Current Opinion in Chemical Biology*, 14(2), 200–207.
- Benner, J., Helbling, D. E., Kohler, H.-P. E., Wittebol, J., Kaiser, E., Prasse, C., Teres, T.A., Albers, C.N., Aamand, J., Horemans, B., Springael, D., Walravens, E., Boon, N. (2013). Is biological treatment a viable alternative for micropollutant removal in drinking water treatment processes? *Water Research*, 47(16), 5955–5976.
- Bessa, V.S., Moreira, I.S., Tiritan, M.E., Castro, P.M.L., (2017). Enrichment of bacterial strains for the biodegradation of diclofenac and carbamazepine from activated sludge. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 120, 135–142.
- Bouju, H., Ricken, B., Beffa, T., Corvini, P. F.-X., & Kolvenbach, B. A. (2011). Isolation of Bacterial Strains Capable of Sulfamethoxazole Mineralization from an Acclimated Membrane Bioreactor. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(1), 277–279.
- Chiron, S., Gomez, E., & Fenet, H. (2010). Nitration Processes of Acetaminophen in Nitrifying Activated Sludge. *Environmental Science & Technology*, 44(1), 284–289.
- Čvančarová, M., Moeder, M., Filipová, A., & Cajthaml, T. (2015). Biotransformation of fluoroquinolone antibiotics by ligninolytic fungi – Metabolites, enzymatic and residual antibacterial activity. *Chemosphere*, 136, 311–320.

- De Gusseme, B., Vanhaecke, L., Verstraete, W., & Boon, N. (2011). Degradation of acetaminophen by *Delftia tsuruhatensis* and *Pseudomonas aeruginosa* in a membrane bioreactor. *Water Research*, 45(4), 1829–1837.
- Eibes, G., Debernardi, G., Feijoo, G., Moreira, M. T., & Lema, J. M. (2010). Oxidation of pharmaceutically active compounds by a ligninolytic fungal peroxidase. *Biodegradation*, 22 (3), 539–550.
- Fernandez-Fontaina, E., Gomes, I. B., Aga, D. S., Omil, F., Lema, J. M., & Carballa, M. (2016). Biotransformation of pharmaceuticals under nitrification, nitrataion and heterotrophic conditions. *Science of The Total Environment*, 541, 1439–1447.
- Fischer, K., & Majewsky, M. (2014). Cometabolic degradation of organic wastewater micropollutants by activated sludge and sludge-inherent microorganisms. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(15), 6583–6597.
- Gaulke, L. S., Strand, S. E., Kalthorn, T. F., & Stensel, H. D. (2008). 17 α -ethinylestradiol transformation via abiotic nitration in the presence of ammonia oxidizing bacteria. *Environmental Science & Technology*, 42(20), 7622–7627.
- Gauthier, H., Yargeau, V., & Cooper, D. G. (2010). Biodegradation of pharmaceuticals by *Rhodococcus rhodochrous* and *Aspergillus niger* by co-metabolism. *Science of The Total Environment*, 408(7), 1701–1706.
- Hata, T., Kawai, S., Okamura, H., Nishida, T., 2010. Removal of diclofenac and mefenamic acid by the white rot fungus *Phanerochaete sordida* YK-624 and identification of their metabolites after fungal transformation. *Biodegradation* 21, 681–689.
- Helbling, D. E., Hollender, J., Kohler, H.-P. E., Singer, H., & Fenner, K. (2010). High-throughput identification of microbial transformation products of organic micropollutants. *Environmental Science & Technology*, 44(17), 6621–6627.
- Hult, K., & Berglund, P. (2007). Enzyme promiscuity: mechanism and applications. *Trends in Biotechnology*, 25 (5), 231–238.
- Jiang, B., Li, A., Cui, D., Cai, R., Ma, F., & Wang, Y. (2014). Biodegradation and metabolic pathway of sulfamethoxazole by *Pseudomonas psychrophila* HA-4, a newly isolated cold-adapted sulfamethoxazole-degrading bacterium. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98 (10), 4671–4681.
- Khunjar, W. O., Mackintosh, S. A., Skotnicka-Pitak, J., Baik, S., Aga, D. S. & Love, N. G. (2011). Elucidating the relative roles of ammonia oxidizing and heterotrophic bacteria during the biotransformation of 17 α -Ethinylestradiol and Trimethoprim. *Environmental Science & Technology*, 45 (8), 3605–3612.
- Krah, D., Ghattas, A.-K., Wick, A., Bröder, K., & Ternes, T. A. (2016). Micropollutant degradation via extracted native enzymes from activated sludge. *Water Research*, 95, 348–360.
- Langenhoff, A., Inderfurth, N., Veuskens, T., Schraa, G., Blokland, M., Kujawa-Roeleveld, K., & Rijnaarts, H. (2013). Microbial removal of the pharmaceutical compounds ibuprofen and diclofenac from wastewater. *BioMed Research International*, 2013, 1–9.
- Larcher, S., & Yargeau, V. (2011). Biodegradation of sulfamethoxazole by individual and mixed bacteria. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 91 (1), 211–218.
- Lee, D. G., Zhao, F., Rezenom, Y. H., Russell, D. H., & Chu, K.-H. (2012). Biodegradation of triclosan by a wastewater microorganism. *Water Research*, 46(13), 4226–4234.
- Li, A. , Cai, R., Cui, D., Qiu, T., Pang, C., Yang, J., Ma, F., Ren, N., (2013). Characterization and biodegradation kinetics of a new cold-adapted carbamazepine-degrading bacterium, *Pseudomonas* sp. CBZ-4. *J. Environ. Sci.* 25, 2281-2290.
- Luo, Y., Guo, W., Ngo, H. H., Nghiem, L. D., Hai, F. I., Zhang, J., Liang, S., Wang, X. C. (2014). A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. *Science of The Total Environment*, 473-474, 619–641.
- Maeng, S. K., Choi, B. G., Lee, K. T., & Song, K. G. (2013). Influences of solid retention time, nitrification and microbial activity on the attenuation of pharmaceuticals and estrogens in membrane bioreactors. *Water Research*, 47 (9), 3151–3162.
- Marco-Urrea, E., Pérez-Trujillo, M., Cruz-Morató, C., Caminal, G., & Vicent, T. (2010). Degradation of the drug sodium diclofenac by *Trametes versicolor* pellets and identification of some intermediates by NMR. *Journal of Hazardous Materials*, 176(1-3), 836–842.
- Márialigeti, K. (szerk), Borsodi, A. Felföldi T. , Jáger, K., Makk, J., Romsics, Cs., Tóth, E., Bánfi, R., Pohner, Zs. (2013). Bevezetés a prokarióták világába. ELTE
- Mikkelsen L. H., 1999. A Physico-Chemical Approach to the Floc Strength Concept – with Dewatering Implications. Thesis (PhD). Aalborg University.
- Moreira, F.C., Soler, J., Alpendurada, M.F., Boaventura, R. A.R., Brillas, E., Vilar, V.J.P. (2016). Tertiary treatment of a municipal wastewater toward pharmaceuticals removal by chemical and electrochemical advanced oxidation processes. *Water Research* 105, 251–263.
- Moreira, I. S. Bessa, V. S. Murgolo, S. , Piccirillo, C. Mascolo, G., & Castro, P. M. L. (2018). Biodegradation of Diclofenac by the bacterial strain *Labrys portucalensis* F11. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 152, 104–113.
- Moreira, I.S., Ribeiro, A .R. , Afonso, C. M. Tiritan, M.E., Castro, P.M.L., (2014). Enantioselective biodegradation of fluoxetine by the bacterial strain *Labrys portucalensis* F11. *Chemosphere* 111, 103–111.
- Murdoch, R. W., & Hay. A .G. (2005). Formation of catechols via removal of acid side chains from ibuprofen and related aromatic acids. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(10), 6121–6125.
- Müller, E., Schüssler, W., Horn, H., & Lemmer, H. (2013). Aerobic biodegradation of the sulfonamide antibiotic sulfamethoxazole by activated sludge applied as co-substrate and sole carbon and nitrogen source. *Chemosphere*, 92(8), 969–978.
- O’Grady, D., Evangelista, S., & Yargeau, V. (2009). Removal of Aqueous 17 α -Ethinylestradiol by *Rhodococcus* Species. *Environmental Engineering Science*, 26 (9), 1393–1400.

- Oberoi, A. S., Jia, Y., Zhang, H., Khanal, S. K., & LU, H. (2019). Insights into fate and removal of antibiotics in engineered biological treatment systems: A critical review. *Environmental Science & Technology*.
- Osorio-Lozada, A., Surapaneni, S., Skiles, G.L., Subramanian, R. (2008). Biosynthesis of drug metabolites using microbes in hollow fiber cartridge reactors: case study of diclofenac metabolism by actinoplanes species. *Drug Metab. Dispos.* 36, 234–240.
- Perei K., Pernyeszi T., Lakatos Gy. (2013). Bioremediáció. Szegedi Tudományegyetem; Debreceni Tudományegyetem; Pécsi Tudományegyetem. a TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0025.
- Quintana, J. Weiss, S., & Reemtsma, T. (2005). Pathways and metabolites of microbial degradation of selected acidic pharmaceutical and their occurrence in municipal wastewater treated by a membrane bioreactor. *Water Research*, 39 (12), 2654–2664.
- Reintjes, G., Arnosti, C., Fuchs, B., and Amann, R. (2019). Selfish, sharing and scavenging bacteria in the Atlantic Ocean: a biogeographical study of bacterial substrate utilisation. *ISME J.* 13, 1119–1132.
- Ricken, B., Corvini, P. F. X., Cichocka, D., Parisi, M., Lenz, M., Wyss, D., Martínez-Lavanchy, P.M., Müller, J.A., Shahgaldian, P., Tulli, L.G., Kohler, H-P.E., Kolvenbach, B. A. (2013). Ipsi-hydroxylation and subsequent fragmentation: a novel microbial strategy to eliminate sulfonamide antibiotics. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(18), 5550–5558.
- Rodarte-Morales, A. I., Feijoo, G., Moreira, M. T. & Lema, J. M. (2011a). Biotransformation of three pharmaceutical active compounds by the fungus *Phanerochaete chrysosporium* in a fed batch stirred reactor under air and oxygen supply. *Biodegradation*, 23(1), 145–156.
- Rodarte-Morales, A. I., Feijoo, G., Moreira, M. T. & Lema, J. M. (2011b). Degradation of selected pharmaceutical and personal care products (PPCPs) by white-rot fungi. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27 (8), 1839–1846.
- Rodríguez-Rodríguez, C. E., Marco-Urrea, E., & Caminal, G. (2010). Naproxen degradation test to monitor *Trametes versicolor* activity in solid-state bioremediation processes. *Journal of Hazardous Materials*, 179(1-3), 1152–1155.
- Roh, H., Subramanya, N., Zhao, F., Yu, C.-P., Sandt, J., & Chu, K.-H. (2009). Biodegradation potential of wastewater micropollutants by ammonia-oxidizing bacteria. *Chemosphere*, 7(78), 1084–1089.
- Sathyamoorthy, S., Chandran, K., & Ramsburg, C. A. (2013). Biodegradation and cometabolic modeling of selected beta blockers during ammonia oxidation. *Environmental Science & Technology*, 47(22), 12835–12843.
- Shi, J. (2004). Biodegradation of natural and synthetic estrogens by nitrifying activated sludge and ammonia-oxidizing bacterium *Nitrosomonas europaea*. *Water Research*, 38(9), 2323–2330.
- Tran, N. H., Urase, T., & Ta, T. T. (2013a). A preliminary study on the occurrence of pharmaceutically active compounds in hospital wastewater and surface water in Hanoi, Vietnam. *CLEAN - Soil, Air, Water*, 42(3), 267–275.
- Tran, N. H., Urase, T., Ngo, H. H., Hu J., & Ong, S. L. (2013b). Insight into metabolic and cometabolic activities of autotrophic and heterotrophic microorganisms in the biodegradation of emerging trace organic contaminants. *Bioresource Technology*, 146, 721–731.
- Traving, S. J., Thygesen, U. H., Riemann, L., & Stedmon, C. A. (2015). A model of extracellular enzymes in free-living microbes: which strategy pays off? *Applied and Environmental Microbiology*, 81(21), 7385–7393.
- Xu, Y., Yuan, Z., & Ni, B.-J. (2016). Biotransformation of pharmaceuticals by ammonia oxidizing bacteria in wastewater treatment processes. *Science of The Total Environment*, 566-567, 796–805.
- Yu, G., He, P., Shao, L., & Lee, D. (2008a). Extracellular enzymes in sludge flocs collected at 14 full-scale wastewater treatment plants. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 83(12), 1717–1725.
- Yu, G.-H., He, P.-J., Shao, L.-M., & Zhu, Y.-S. (2008b). Extracellular proteins, polysaccharides and enzymes impact on sludge aerobic digestion after ultrasonic pretreatment. *Water Research*, 42(8-9), 1925–1934.
- Zhao, W., Yang, S., Huang, Q., & Cai, P. (2015). Bacterial cell surface properties: Role of loosely bound extracellular polymeric substances (LB-EPS). *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 128, 600–607.
- Yi, T., & Harper, W. F. (2007). The link between nitrification and biotransformation of 17 α -ethinylestradiol. *Environmental Science & Technology*, 41(12), 4311–4316.

SZERZŐ:



Bezsényi Anikó: Az ELTE TTK biológia-környezettan szakpárján végzett (MSc). 2007 óta dolgozik a Fővárosi Csatornázási Művek Zrt-nél biológus-mérnökként. 2017-től az Óbudai Egyetem Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskolájának PhD-hallgatója. Témája a „Mikroszennyezők eltávolítása szennyvízből”. Szakértőként és oktatóként több országban képviselte a cégét (Bukarest - 2011. július-október és 2013. április; Szófia - 2013. július; Zágráb - 2017. január; Nur-Szultan - 2019. július). 2012-ben a bajai Eötvös József Főiskola és az EMVIR Nonprofit Kft. közös rendezésében meghirdetett 'Települési biológiai szennyvíztisztító telepek működés-optimalizációja' szakmai tanfolyamon oktatóként vett részt. A szennyvízkezelés, rothasztás és komposztálás biológiai optimalizálásával, problémamegoldással, fejlesztési feladatokkal széleskörűen foglalkozik.

A FELHAGYOTT, LEZÁRATLAN, KEDVEZŐTLEN MŰSZAKI ÁLLAPOTÚ KUTAK VESZÉLYEI, AVAGY AZ AKTÍV VÍZBÁZISVÉDELEM FONTOSSÁGA ÉS KIHÍVÁSAI

CSISZÁR ENDRE
BÁCSVÍZ ZRT., HIDROGEOLOGUS

„Poshadt vizű kút mellett üldögélve sosem találod meg a tiszta forrást.”
(Hioszi Tatiosz)

BEVEZETŐ GONDOLATOK

Vízbázisaink aktív védelme elengedhetetlen feladat annak érdekében, hogy a jövő generációk számára is rendelkezésre álljon a megfelelő mennyiségű és minőségű vízkészlet.

AZ AKTÍV VÍZBÁZISVÉDELEM ELEMEI

Az aktív víz bázisvédelem – megítélésem szerint – két fő feladatkört jelent:

- A potenciális szennyezőforrások működésének nyomon követése, a tényleges szennyezések folyamatos monitoringja sérülékeny víz bázisok¹ esetén, szükség esetén pedig a területileg illetékes katasztrófavédelmi igazgatóság részeként működő vízügyi vagy a területileg illetékes kormányhivatalhoz

tartozó környezetvédelmi hatóság bevonása a szükséges intézkedések megtétele érdekében;

- Az egyes védőidomokat érintő, víztermelő létesítmények számbavétele és műszaki állapotuk megismerése.

Az előbbiekben leírtakhoz szorosan kapcsolódva – a felhagyott, lezáratlan és kedvezőtlen műszaki állapotban lévő (pl. megrongált, lezáratlan kútfejjel/szellőzőcsővel rendelkező, korrózió/törés következtében vélhetően lyukas csövezetű, szakszerűtlenül – a gyűrűstér-lezárása nélkül – kivitelezett) kutakra szeretném a figyelmet felhívni, melyek a felszín alatti vízkészletek minősége szempontjából potenciális veszélyforrást jelentenek.

¹ A termeltetett vízadó réteg felett nem települtek kellő vastagsággal és megfelelően rossz szivárgáshidraulikai viszonyokkal jellemezhető agyagrétegek.

Itt elsősorban azokra a kutakra gondolok, amelyek víz jogi üzemeltetési engedélyes szinten úgyszólván senkihez sem tartoznak, azaz kezelőjük/üzemeltetőjük (hivatalos formában) nincsen, hosszú ideje (több éve) nincsenek használatban, ezáltal a műszaki állapotuk ismeretlen (pl. hajdani TSZ-telepek/majorok kútjai, települések bel- és külterületi részén egyaránt megtalálható közkifolyós artézi kutak, melyeknek egy részük napjainkra elapadt). Az előbbiekben leírtakból kifolyólag a kutak esetében szükséges fenntartási és ellenőrzési tevékenységek (vízszint- és vízminőség-ellenőrzés, a kútfej, illetve a belőle kiágazó szellőzőcső megfelelő módon történő lezárása, továbbá a kút és környezetének, valamint a kapcsolódó építmény állagmegóvása) nem kerülnek elvégzésre.

Ezeknek a kutaknak a száma országos szinten még óvatos becslések alapján is több tízezres nagyságrendű.

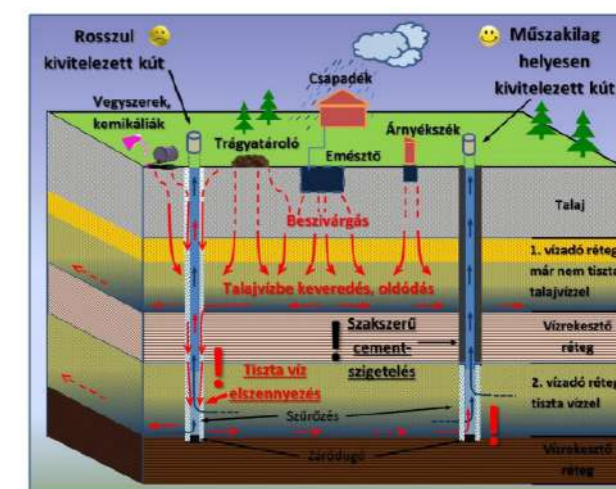
KEDVEZŐTLEN MŰSZAKI ÁLLAPOTÚ KUTAK, MINT KOCKÁZATI TÉNYEZŐK

Miért is jelent veszélyt egy lezáratlan kútfejjel/szellőzőcsővel, lyukas csövezettel rendelkező, esetleg megrongált, vagy hibásan – a gyűrűstér lezárása nélkül – kivitelezett kút a felszín alatti vízkészletek minőségére?

Azért, mert az előbbiek azt eredményezik, hogy az adott mélységben lévő, az érintett kút által beszűrőzött vízadó réteg(ek)ben tárolt víz

– az érintett vízadó réteg(ek) nyomásállapotának függvényében – közvetlen kapcsolatba kerül idegen vizekkel (pl. a csapadékkal vagy sekélyebb mélységből származó felszín alatti vízzel), tehát nagyságrendekkel lerövidül az a természetes földtani adottságtól függő elérési idő, mely alatt a felszín alá bekerült víz lejut a földtani közegen keresztül átszivárogva az adott vízadó réteg(ek)be. A rendellenes módon kútba kerülő víz szennyezést is jelentősebb eséllyel tartalmaz – mely az érintett felszín alatti víz minőségét jó eséllyel negatív irányba változtatja meg – ugyanis a természetes szűrési és adszorpciós mechanizmusok, valamint lebontó folyamatok nem mennek végbe.

Egy hibásan kivitelezett kút veszélyforrásait a felszín alatti vizek minősége szempontjából az alábbi ábra hivatott szemléltetni:



Hibásan kivitelezett kút veszélyforrásai
(<https://www.nak.hu/kiadvanyok/kiadvanyok/1232-tajekoztato-kutak-eljarasjogi-szabalyai/file>)

Fokozottan felhívom a figyelmet a jellemzően sekély mélységben települt vízáadó réteg(ek)et szűrőző monitoring kutak állagmegóvására, minimum éves szintű szemléjük elvégzésének szükségességére, és bárminemű rendellenesség (pl. megrongálódás, kiszántás, kidöntés, vagy a zárósapka hiánya) észlelése esetén a szükséges intézkedések megtételére. Azt gondolom, hogy ezek a kutak vannak leginkább kitéve a sérülésveszélynek, a vandalizmus eredményezte rongálásnak, valamint a lopásnak, ezért – az általuk szűrőzött vízáadó réteg(ek)ben tárolt víz elszennyeződésének megelőzése érdekében - komoly odafigyelést igényelnek. Éppen ezért azt gondolom, hogy amennyiben a monitoring tevékenység megszűnt, azaz nem indokolt további fenntartásuk, vízminőségvédelmi szempontok alapján a legcélravezetőbb az lenne, ha ezek a kutak eltömedékeléssel megszüntetésre kerülnének.

POTENCIÁLIS SZENNYEZŐFORRÁSKÉNT FUNKCIONÁLÓ KUTAK

A leírtak fontosságát néhány gyakorlati példán keresztül ismertetem minden további információ nélkül:



Használaton kívüli kút lezáratlan aknája település határában, a termőföldön (a szerző saját felvétele, 2019.)



Nem teljes mértékben zárt kútfej, a kútaknában pedig oda nem illő anyagok találhatóak (a szerző saját felvétele, 2019.)



Jelentős mértékben korrodált, védelem nélküli kútfej-szellőzőcső kivezetés a talajon keresztül (a szerző saját felvétele, 2019.)



Rovarháló nélküli (lezáratlan) kút-szellőzőcső fej (a szerző saját felvétele, 2019.)



Jelentős mértékben korrodált, védelem nélküli kútfej-szellőzőcső kivezetés a talajon keresztül (a szerző saját felvétele, 2019.)



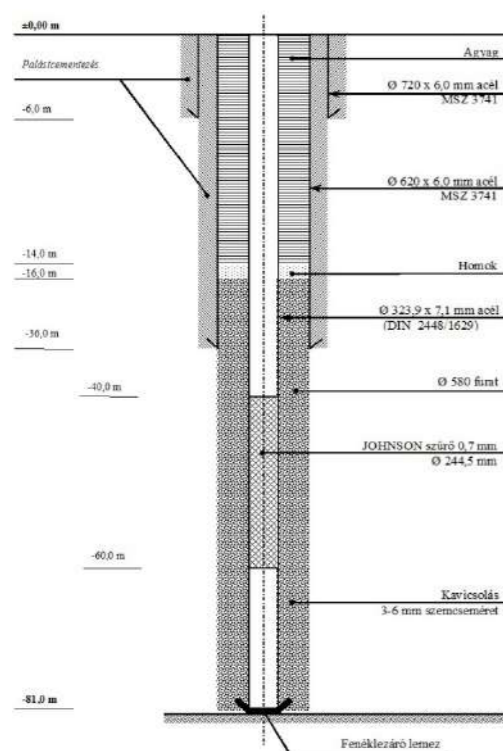
Lezáratlan monitoring kút (a PVC-rakat védelmét biztosító acélcsövet és a zárósapkát eltulajdonították) (a szerző saját felvétele, 2019.)



Részben „kiszántott” monitoring kút (a szerző saját felvétele, 2019.)

POTENCIÁLIS SZENNYEZÉSVESZÉLY ELHÁRÍTÁSA

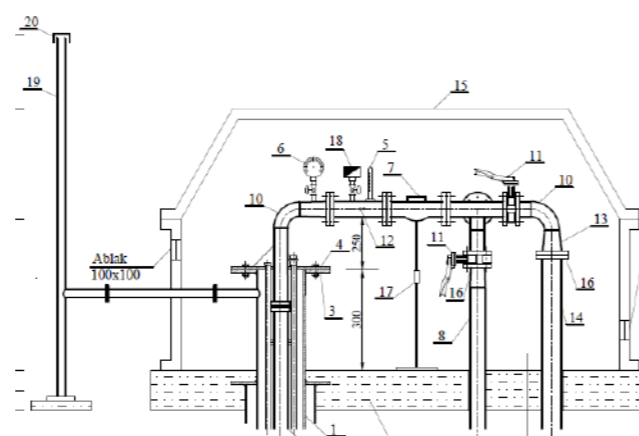
Rendkívül fontos a szűrőzött vízáadó réteg felett a furatfal és a csőakat közötti gyűrűstér vízzáró módon (cementtejjel/agyag-granulátummal) történő lezárása annak érdekében, hogy idegenvíz a felszínről vagy sekélyebb vízáadó rétegből ne jusson le a szűrőzött vízáadó rétegbe.



Szakszerű gyűrűstér-lezárás agyag-granulátummal és cementtejjel (VIKUV Zrt., 2014.)

A felszín alatti vízáadó rétegek elszennyeződésének megelőzése érdekében fontos továbbá a kútfej (ásott kutak esetében a kútkáva), valamint az esetlegesen rajta lévő, nyitott átvezetések lezárása, illetve a kültérre kivezetett

szellőzőcső fejének rovarhálóval történő lezárása, melynek épségét évente célszerű ellenőrizni.



Kútfejpépeszeti szerelvény sor felépítése (VIKUV Zrt., 2014.)

Nem zárt, kültérre kivezetett szellőzőcső-fejen és szellőzőcsövön keresztül a kútba bármilyen élő szervezet képes bejutni és ott elpusztulva szerves anyag, valamint bakteriális szennyezést okoz, melynek következtében lokálisan elszennyeződik a (kútban lévő) felszín alatti víz, arról nem is beszélve, hogy a tetem eltávolításáig és a kút alapos átfertőtlenítéséig emberi fogyasztásra alkalmatlanná is válik. A talajon keresztül kültérre kivezetett szellőzőcsöveket – az esetleges korróziós lyukadás elkerülése érdekében – célszerű saválló anyagból kiépíteni, vagy pedig korróziós hatásokkal szembeni ellenállást eredményező bevonattal ellátni.

Az üzemképtelenné vált, vagy korszerűtlen/hibás szerkezeti kialakítással rendelkező kutakat a felszín alatti vizek minősége érdekében eltömedékeléssel megszüntetni.

Használaton kívül helyezett kutaknál a kútfej a vízszintmérést lehetővé tevő, tömszelencével lezárt átvezetéssel rendelkező vakperemmel kell lezárni és a nyomásviszonyok, valamint a talajon keresztül burkolat/védelem nélkül a kültérre kivezetett szellőzőcsövet műszaki állapot (korrodáltság) függvényében célszerű a kútfejről leválasztani, a kútfejen lévő szellőzőnyílást pedig szintén vakperemmel lezárni.

VÍZBÁZISVÉDELMI MEGFONTOLÁSOK

Az előbbieken leírtak alapján célszerű lenne a vízbázisok egyes védőidomait² érintő kutaknak már a vízbázis védelembe helyezés diagnosztikai fázisa során történő szisztematikus feltérképezése a területileg illetékes vízügyi igazgatóság vagy vízügyi hatóság bevonásával, szükség esetén pedig a szennyezésveszély elhárítására irányuló intézkedések megtételének elősegítése.

A legnagyobb kiterjedésű térrész, amelyre a védelembe helyezett vízbázis vízáadó rétegei vízkészletének utánpótlódása szempontból közvetlen rálátásunk van, „csupán” az 50 éves

elérési idővel jellemezhető hidrogeológiai „B” védőidom. Azonban geológiai időléptékben gondolkodva az érintett vízbázistól való vertikális és horizontális távolságtól függetlenül minden kútra érdemes odafigyelni a lehetőségekhez mérten, ugyanis meghatározott időintervallumon – mely regionális és lokális geológiai adottságoktól függően lehet néhány nap, néhány 10, de több 10 ezer, vagy még az előbbieknél nagyságrendekkel több év is – belül a védőidom feletti térrészből is származhat az érintett, védelembe helyezett vízbázis utánpótlódó vízkészlete. Ez utóbbi esetben hosszú évek alatt a szerves szennyezőanyagok lebomlása végbemegy, azonban a szerves vagy inert³ szennyezés (pl. az iparban alkalmazott vegyszerek és a növényvédőszer egy része) hosszú idő alatt sem bomlik le.

FIGYELEMFLHÍVÁS AZ ÉRINTETTEK SZÁMÁRA

Arra biztatok mindenkit, hogy akinek a környezetében esetlegesen az előbbi példákhoz hasonló kútról van tudomása és módjában áll felhívni az ingatlan tulajdonosának a szükséges beavatkozások (kútfej/-akna/szellőzőcső lezárása / kút megszüntetése tömedékeléssel) mielőbbi elvégzésére, az bátran tegye ezt meg!

² Az a felszín alatti térrész, ahonnan a vízbázis vízkészletének utánpótlódása származik 20/180 napon, 5/50éven belül; vagy a vízbázis teljes vízgyűjtő területe.

³ Nem lebomló

ÖSSZEGRZÉS

Amennyiben ez nem lehetséges, akkor mielőbb értesíteni kell a területileg illetékes hivatalt (vízügyi igazgatóság, katasztrófavédelmi igazgatóság részeként működő vízügyi hatóság vagy a települési önkormányzat jegyzője) a kútról és annak környezetéről készült fényképfelvételek, valamint a pontos helyszín (település, ingatlan (hrs.) térképen történő megjelölésével. A bejelentést követően az illetékes hatóság végzés formájában felhívja az ingatlan tulajdonosának figyelmét a szükséges intézkedések (a kútfej/szellőzőcső lezárása, kút és környezete műszaki állapotának rendbetétele, valamint a vízjogi fennmaradási engedély megszerzése vagy az eltömedékeléssel történő megszüntetés érdekében a vízjogi létesítési engedélyezési eljárás lefolytatása) megtételére, továbbá a műszaki beavatkozások elvégzésére vonatkozó határidőt is megszabja.

Vízkincsünk múltunk, jelenünk, illetve jövőnk fontos alappillére, ezért mennyiségi és minőségi megóvása véleményem szerint kulcsfontosságú közös érdekünk!

Ezért arra buzdítok mindenkit, hogy tegyünk meg közösen minden tőlünk telhetőt a felszín alatti vizek védelme érdekében azért, hogy Európai Unió Víz Keretirányelvében és ezzel összhangban a Vízgyűjtő-gazdálkodási Tervben is megfogalmazott, felszín alatti vizekkel kapcsolatos nemes célok teljesülését minél hatékonyabban elősegítsük.

SZERZŐ:



Csizsár Endre (1989): okleveles hidrogeológus mérnök, vízellátás-csatornázás szakmérnök 2013. júliusa óta dolgozik a BÁCSVÍZ Zrt.-nél hidrogeológusként, ahol elsősorban víztermeléssel, vízbázisvédelemmel, kutak üzemeltetésével, karbantartásával és felújításával kapcsolatos szakmai feladatokat lát el. A szorosan vett szakmai feladatok ellátása mellett részt vesz a vízjogi üzemeltetési engedélyekkel kapcsolatos ügyintézésben, kapcsolatot tart a vízügyi hatóságokkal és vízügyi igazgatóságokkal, jelentéseket (pl. OSAP 1375), illetve bevallásokat (pl. vízkészlet-használati járulék) készít, közreműködik különböző műszaki adatszolgáltatások (pl. a MEKszH részére) teljesítésében, valamint részt vesz szerződések összeállításában.

TELEPÜLÉSI SZENNYVIZEK NEHÉZFÉMTARTALMÁNAK VÁLTOZÁSA AZ ELMÚLT 50 ÉVBEN

GULYÁS GÁBOR¹, FILEP ATTILA¹, KISS GERGELY¹, RÁDI JÓZSEF², DR. DOMOKOS ENDRE³, DR. KÁRPÁTI ÁRPÁD³

¹ DUNÁNTÚLI REGIONÁLIS VÍZMŰ ZRT.,

² ELGOSCAR-2000 KFT.,

³ PANNON EGYETEM, KÖRNYEZETMÉRŐK INTÉZET

BEVEZETÉS

A könnyen bontható szerves anyagok és növényi tápanyagok mellett az utóbbi néhány évtizedben a szerves és szervesetlen mikro-szennyező anyagok is a települési szennyvizek jellemző szennyező anyagaivá váltak. Utóbbi csoportba tartoznak többek között a nehézfémek és a gyógyszermaradványok, melyek mennyiségük helyett sokkal inkább perzisztens és toxikus jellegük miatt kaptak egyre nagyobb figyelmet, miközben eltávolítási lehetőségeik kutatása a vízminőség-védelmi törekvések fontos irányává vált.

A nehézfémek csoportja alatt a nagy sűrűségű (5 g/cm³ felett), kis mennyiségben is mérgező hatású fémeket értjük (Acharya et al, 2018). Közéjük tartozik többek között az ólom, a kadmium, a higany, az arzén, a cink, a réz, a nikkel, az arany, az ezüst, a titán, a vanádium és a króm. Emberi egészségre gyakorolt hatásukat évtizedek óta széles körben

tanulmányozzák, és ma is rendszeresen felülvizsgálják (WHO és USEPA – Egyesült Államok környezetvédelmi Hivatala.) (Gradebo et al, 2012).

A nehézfémekkel kapcsolatos fokozott aggodalmak alapja, hogy rendkívül stabilak, biológiailag nem bonthatók, így a környezetbe kerülve hosszú távon is kiemelt kockázatot jelentenek (Li et al, 2016). A szennyvízben lévő nehézfémek az élővilágba kerülve közvetlenül vagy a táplálékláncban keresztül veszélyeztetik az embert, az állatot és a növényeket (Kim et al, 2012; Hariri et al., 2015).

Bár a nehézfémek egy része az élőlények számára nélkülözhetetlen nyomelem, túlzott expozíciójuk rendkívül káros következményekkel járhat (idegrendszeri és légzőszervi károsodások, tüdőgyulladás, rák). A Nemzetközi

Rákkutatási Ügynökség (IARC) a nikkelt 1990-ben, az ólmot 2006-ban, az arzént, a kadmiumot és a króm (VI) vegyületeit 2012-ben nyilvánította az emberre nézve rákkeltő anyagnak (IARC 1990; 2006; 2012). Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) és az Egyesült Államok Környezetvédelmi Hivatala (US EPA) is a legveszélyesebb anyagok között tartja nyilván a nehézfémeket (Ray et al, 2015; Singh et al, 2015).

A nehézfémek a települési szennyvízbe négyféle módon kerülhetnek be: a lakossági és szociális vízfelhasználás következtében, az ipari szennyvízkibocsátásokkal, a talajvíz infiltrációjával és a városi csapadékvíz-lefolyásokkal (pl. közlekedési eredetű nehézfém-szennyezés). Ennek megfelelően a szennyvízbe jutó antropogén eredetű nehézfém-szennyezés forrásai: az emberek életvitele, a közlekedés, a hulladéklerakók üzemeltetése, a mezőgazdaság, valamint az ipari tevékenység (Akpor et al. 2014, Hu et al, 2014).

A lakossági eredetű nehézfém-kibocsátás az élelmiszer-fogyasztásból, háztartási vegyszerek és festékek használatából, csővezetékek kopásából és az azokban kialakuló lerakódásokból, személyes kozmetikai termékek használatából, valamint a lakossági építőanyagok felhasználásából származik.

Az egyes országok közötti éghajlati vagy egyéb (pl. kulturális) különbségektől függetlenül a világ nagy részén alkalmazzák hasonló formában ugyanazokat az anyagokat (például rezet a belső vízvezeték-hálózatok kiépítéséhez, vagy fémszálas gumibroncsokat,

esetleg horganyzott anyagokat az építkezésekhez), melyek korróziós és kopásból eredő termékei minden esetben megjelennek a szennyvízben.

A szennyvizek toxikus nehézfém-tartalmát rendkívül káros hatásuk miatt széles körben az 1980-as évek eleje óta tanulmányozzák (Choubert et al, 2011). A települési szennyvíztisztító telepek nehézfém-mérlegét több tanulmányban is vizsgálták, illetve egyre nagyobb figyelem terelődik a városi nehézfémforrások lokalizálására, illetve a nehézfémek oldott és szilárd fázisban történő megoszlásának vizsgálatára.

Jelen összefoglalónkat a városi szennyvíztelepekre érkező szennyvíz napjainkban jellemző nehézfém-tartalmának behatárolása, és a települési szennyvíz nehézfém-koncentrációjában az elmúlt évtizedekben bekövetkezett változások bemutatása céljából készítettük, részben korábbi irodalmi adatok, valamint saját mérési eredmények alapján.

ANYAG ÉS MÓDSZER

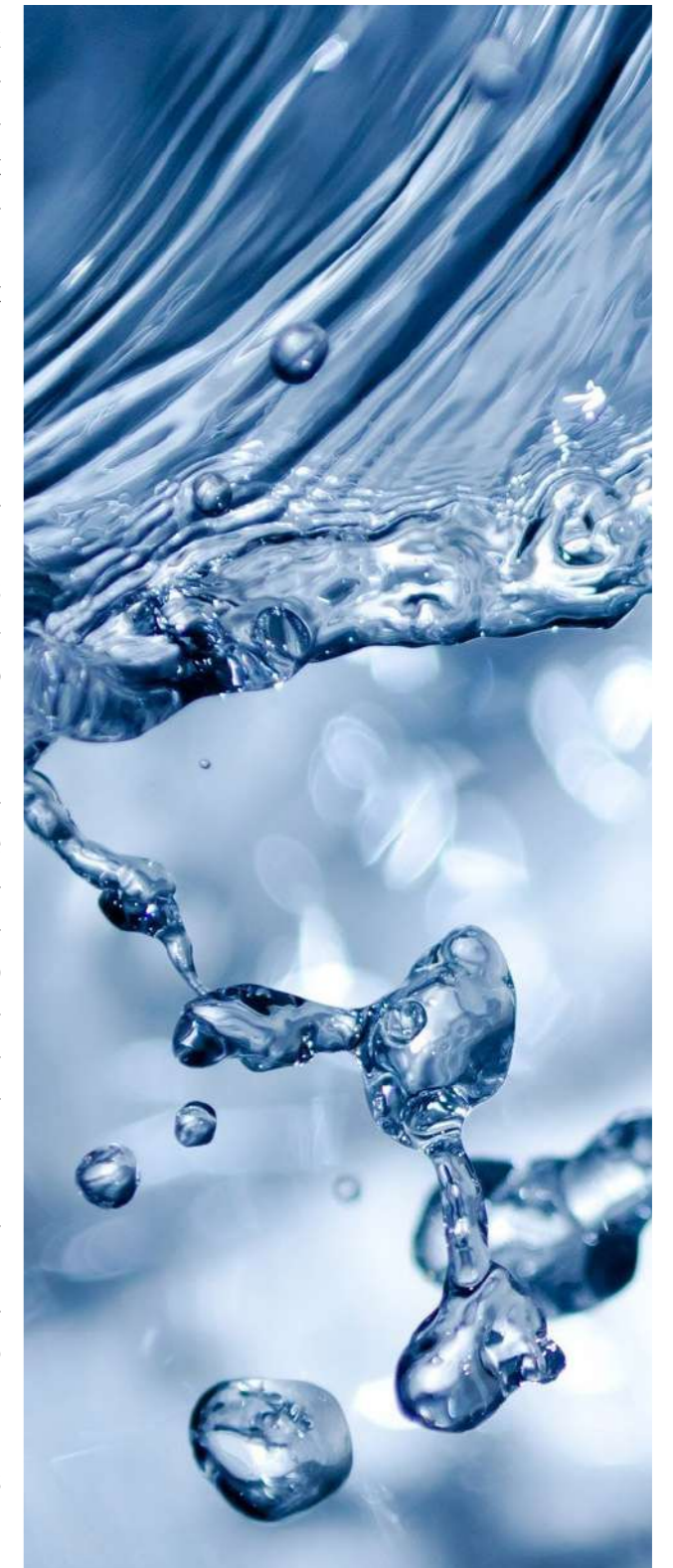
A cikk megírásához a települési szennyvizek nehézfém-tartalmára vonatkozóan a korábbi évek, évtizedek szakirodalomban közölt mérési adatain túl általunk végzett mérések eredményeit is felhasználtuk. Az analízisünkhöz szükséges minták egy magyarországi hagyományos, eleveniszapos rendszerű települési szennyvíztisztító telepről származtak.

A szennyvízminták nehézfém-tartalmának meghatározását ICP-OES-módszerrel, szabvány szerint végeztük. A szennyvíz mintavételek és a minták tárolása szintén a hivatkozott szabvány előírásai alapján történtek. A minták feltárása zárt mikrohullámú roncsolóban történt. A feltárt minták nehézfém-tartalmát ICP-ES-módszerrel határoztuk meg.

TÁRGYALÁS

A városi szennyvíztisztítóba érkező szennyvizek a legtöbb esetben ipari kibocsátásokkal, városi lefolyásokkal és beszivárgó talajvízzel is terheltek, tehát a lakossági eredetű nehézfém-tartalom csak ritkán és nehezen határozható meg pontosan.

Sörme és társai (2002) munkájukban megállapították, hogy a nagyvállalatok mindössze kis részét (max. 4 %-át) adják az összes nehézfém-kibocsátásnak, illetve az is bizonyítható, hogy az autósok kivételével a kisebb vállalkozások szintén csak kismértékben járulnak hozzá a települési szennyvíz nehézfém-terheléséhez. Emiatt az eredmények részletezésénél nem választjuk szét lényegesen a tisztán lakossági, illetve változó arányban ipari bebocsátással is érintett telepek szennyvizének adatait. Indokolja ezt továbbá az is, hogy az infiltrációval egyik szerző sem számolt, illetve a települési lefolyások várható hatását sem figyelték, ugyanis nem minden esetben közöltek információt a mintavételi napok időjárásáról (száraz vagy csapadékos időszak).



Év	Ország	Minta	Cd µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Hg µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	As µg/l	Ag µg/l	Co µg/l	Al µg/l	Hivatkozás
2019	Magyarország	Befolyó	-	5,5	53	-	24	2	162	6,5	-	-	312	
		Elfolyó	-	1	10	-	18	-	56	5,5	-	-	55	
		Csök. (%)	-	82	81	-	25		65	15	-	-	82	
	Ostrava, Csehország	Befolyó	1	2,6	19,5	-	3,5	5,5	167	0,61	-	-	-	
Kravare, Csehország	Befolyó	1	2,8	21,3	-	4	5	181	0,54	-	-	-		
	Csehország	Befolyó	0,8	12,7	35	-	18	17,3	230	1,4	-	-	-	
2015	n.a	Befolyó	0,3	10,5	63,4	0,5	7,6	32,9	216,2	8,8	-	-	-	Cecchini et al, 2015
		Elfolyó	0,2	5,5	14,7	0,4	10	6	68,6	5,2	-	-	-	
		Csök. (%)	33	48	77	20	-	82	68	41	-	-	-	
	Algéria	Befolyó	-	160	220	-	-	520	790	-	-	-	-	Cherfi et al, 2015
		Elfolyó	-	90	40	-	-	190	250	-	-	-	-	
	Csök. (%)	-	44	82	-	-	63	68	-	-	-	-		
2014	Veszprém, Magyarország	Befolyó	23	185	231	-	123	-	-	-	-	-	-	Gulyas et al, 2014
		Elfolyó	21	161	202	-	107	-	-	-	-	-	-	
		Csök. (%)	9	13	13	-	13	-	-	-	-	-	-	
2012	Göteborg, Svédország	Befolyó	35	34	54	-	10,4	2,4	203	-	-	-	-	Mattsson et al. 2012
2010	Bangkok	Befolyó	2,3	18,5	455	-	32,2	13,9	311	-	-	-	-	Chanpiwat et al, 2010
		Elfolyó	0,4	4,8	95,9	-	22,6	4,8	101	-	-	-	-	
		Csök. (%)	83	74	79	-	30	65	68	-	-	-	-	
2009	Bursa, Törökország	Befolyó	19	1086	60	-	100	86	533	-	-	-	1891	Üstün, 2009
		Befolyó (max)	137	2120	179	-	202	358	982	-	-	-	3753	
		Elfolyó	6	54	17	-	53	30	150	-	-	-	-	
		Csök. (%)	96	97	91	-	74	92	85	-	-	-	-	

Év	Ország	Minta	Cd µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Hg µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	As µg/l	Ag µg/l	Co µg/l	Al µg/l	Hivatkozás
2008	Nancy, Franciaország	Befolyó	0,13	10,2	59	-	6,8	6,2	140	-	-	-	-	Houhou et al, 2009
	Olaszország	Befolyó	-	8,1	9,9	1,5	3,5	8	348	4	-	-	786	
		Elfolyó	-	6,9	13,5	0,6	3,9	9,5	82,8	2	-	-	413	
		Csök. (%)	-	15	-	60	-	-	76	50	-	-	47	
	Olaszország	Befolyó	8,7	56,4	9,8	0,7	16,6	8,6	1233	-	-	-	1940	
		Elfolyó	-	2,7	5,59	0,7	2,41	4,4	63	-	-	-	209	
		Csök. (%)	-	95	43	0	85	49	95	-	-	-	89	
	Olaszország	Befolyó	27,8	56,4	38	1,8	61,7	2	2411	2,7	-	-	2489	
		Elfolyó	0,1	14	15,2	1,35	7,15	16,4	325	1,6	-	-	557	
		Csök. (%)	100	75	60	25	88	-	87	41	-	-	78	
	Olaszország	Befolyó	0,6	59,2	60,9	-	21,6	10,5	227	6	-	-	2531	
		Elfolyó	-	19,8	15,6	-	1,93	4,95	164	4,9	-	-	512	
Csök. (%)		-	67	74	-	91	53	28	18	-	-	80		
2008	Milwaukee, USA	Befolyó	1,6	43,6	72,6	-	11,1	10,7	164	-	-	-	-	Soonthornnonda et al, 2008
2008	Párizs, Franciaország	Befolyó	0,4	-	79	-	-	23	172	-	-	-	-	Gasperi et al, 2008
2007	Ribeiro Preto, Brazília	Befolyó	0,2	6,9	17	0,1	-	37	79	-	-	-	-	da Silva Oliveira et al, 2007
2006	Párizs, Franciaország	Befolyó	0,6	8,5	62	-	12	18	-	-	-	1,76	-	Buzier et al, 2006
		Elfolyó	0,3	3,8	18	-	10	<1	-	-	-	1,1	-	
		Csök. (%)	50	55	71	-	16	95	-	-	-	38	-	
2005	Stockholm, Svédország	Befolyó	0,19	3,5	81	-	10,4	2,4	203	-	-	-	-	Palmquist és Hanaeus, 2005
2003	Gdansk, Lengyelország	Befolyó	15	-	112	-	-	60	455	-	-	-	-	Chipasa, 2003
		Elfolyó	12	-	23	-	-	40	62	-	-	-	-	
		Csök. (%)	20	-	79	-	-	33	86	-	-	-	-	
	Tessaloniki, Görögország	Befolyó	3,3	40	79	-	77	39	470	-	-	-	-	Karvelas et al, 2003
		Elfolyó	2,3	25	58	-	60	31	380	-	-	-	-	
		Csök. (%)	30	38	27	-	22	21	19	-	-	-	-	

Év	Ország	Minta	Cd µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Hg µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	As µg/l	Ag µg/l	Co µg/l	Al µg/l	Hivatkozás
1992	Regina, Kanada	Befolyó	279	116	703	-	572	-	627	-	-	-	-	Rao és Viraraghavan, 1992
		Befolyó (max)	400	250	1372	-	1095	-	1228	-	-	-	-	
1983	Cincinnati, USA	Befolyó	20,9	630	800	<2,0	450	880	1240	20,6	8	-	-	Petrasek et al, 1983
		Elfolyó	7,9	340	160	<2,0	180	110	460	16,7	<5	-	-	
		Csök. (%)	62	44	80	-	60	88	63	19	min. 40	-	-	
	Washington, USA	Befolyó	1,2	17	49	0,8	-	23	110	1,49	3,98	-	-	
	Dallas, USA	Befolyó	14	205	224	0,43	62	52	366	14,8	0,78	-	-	
	Edmonton, Kanada	Befolyó (max)	34	6290	180	-	132	-	850	-	-	-	-	
Calgary, Kanada	Befolyó (max)	9	1330	176	-	54	-	238	-	-	-	-		
1973	Kansas City, Missouri	Befolyó	24	189	223	1,3	-	390	1050	-	-	-	-	Brown és Hensley, 1973
		Elfolyó	18	120	68	0,6	-	160	342	-	-	-	-	
		Csök. (%)	25	37	70	54	-	59	67	-	-	-	-	
	Kansas City, Kansas	Befolyó	20	747	147	0,8	-	250	734	-	-	-	-	
		Elfolyó	20	553	61	0,6	-	180	353	-	-	-	-	
	Joplin, Missouri	Csök. (%)	0	26	59	25	-	28	52	-	-	-	-	
		Befolyó	21	66	136	1,5	-	190	984	-	-	-	-	
		Elfolyó	15	41	47	0,8	-	65	484	-	-	-	-	
	Jefferson City, Missouri	Csök. (%)	29	38	65	47	-	66	51	-	-	-	-	
		Befolyó	16	135	97	2,5	-	120	289	-	-	-	-	
Elfolyó		15	96	85	1,6	-	86	227	-	-	-	-		
		Csök. (%)	6	29	12	34	-	28	22	-	-	-		

1. táblázat. A vizsgált szennyvízminták mért nehézfém-koncentrációja

KADMIUM

A kadmium koncentrációja a települési szennyvizekben ma már jellemzően csak néhány $\mu\text{g/l}$ -re korlátozódik. Ennél nagyobb értékek az iparral érintett területeken sem gyakran jellemzők; a higany és a kadmium a 25%-os ipari terhelési aránnyal üzemelő bangkoki szennyvíztelepen is minimális mennyiségben volt kimutatható. (Chanpiwat et al, 2010).

A közelmúltban tapasztalt mérési eredmények is legfeljebb mikrogrammos koncentrációkról adnak jelentést, ugyanakkor az összehasonlítás érdekében fontos megemlíteni, hogy alig 30 évvel ezelőtt Rao és Viraraghavan (1992) egy $76.000 \text{ m}^3/\text{d}$ átlagos teljesítményű városi szennyvíztelep befolyásánál $400 \mu\text{g/l}$ kadmiumtartalmat is mértek, de kiugró adat még Üstün (2009) eredménye is, aki egy törökországi szennyvíztisztító telepen határozott meg $137 \mu\text{g/l}$ -es kadmiumkoncentrációt a nyers szennyvízben.

A kadmium ipari felhasználásának és kibocsátásának szabályozását jól mutatja, hogy napjainkban a fejlett területeken a kadmiumkibocsátás 60%-a a háztartásokból, leginkább mosóporokból és mosószerekből származik (Drozdova et al, 2019). Ezen kívül egyes szerzők a kadmium meghatározó forrásának tartják a talajvízzel történő infiltrációt is, melynek felelőse a mezőgazdaságban és a városi kertekben is korábban elterjedten használt kadmiumtartalmú peszticidek alkalmazása (Houhou et al, 2009). A talaj kadmiumtartalmának ma is meghatározó forrása lehet a foszfátműtrágyák felhasználása (Thévenot et al, 2007).

A kadmium eltávolítása a nyers szennyvízből az eleveniszap adszorpciós képességének hatására sokszor jelentős, több szerző számolt már be 95% feletti kadmiumkoncentráció-csökkenésről hagyományos eleveniszapos rendszerekben. (Carletti et al, 2008; Üstün, 2009).

KRÓM

A króm mennyisége a befolyó szennyvízben a legtöbb esetben kimutatható. Feltűnő Üstün (2009) mérési eredménye, aki olykor 2 mg/l feletti krómkoncentrációt tapasztalt a nyers szennyvízben. Ezt az érintet terület jelentős ipari tevékenységével magyarázta, amiben nagy arányt tesz ki a textilipar (80 üzem) és a bőrfeldolgozás (90 üzem), illetve a fémfeldolgozás és az autóipar is. A krómot nagy mennyiségben használják szövetfestékekben a ruhaiparban, illetve autóipari felhasználása is jelentős.

Napjainkban a fejlett európai országokban a települési szennyvíz krómtartalma $20\text{-}100 \mu\text{g/l}$ között mozog.

Talán a króm által okozott káros környezeti és egészségügyi hatások csökkentésére irányuló törekvés eredménye mutatkozik meg abban, hogy az évtizedekkel ezelőtti vizsgálatok még sokszor nagyságrendekkel ($\sim 600 \mu\text{g/l}$) nagyobb krómtartalmat állapítottak meg a nyers szennyvízben (Petrasek és Kugelman, 1983), sőt Nielson és Hrudey (1983) Edmontonban még $6,29 \text{ mg/l}$ koncentrációt tapasztalt.

Bár Sörme és társai (2002) szerint a szennyvízbe kerülő króm eredete leginkább csak becsülhető, a széles körben elterjedt gépkocsihasztnálattal megjelenése a városi lefolyásokban is általánossá vált (Bender, 2008). Ezenkívül a háztartási krómozott használati eszközök és díszítő elemek is nehézfémforrások, hiszen tökéletesen oldhatatlan, kopásnak teljesen ellenálló anyagokról ritkán beszélhetünk. Textilipari felhasználásából következik, hogy a ruhák otthoni mosása szintén nagymértékben hozzájárulhat a szennyvíztelepek krómterheléséhez.

A hagyományos eleveniszapos rendszereket elhagyó tisztított szennyvízben maradó krómkoncentráció a befolyó mennyiség mindössze töredéke. Eredményeinkből is látható, hogy a nyers szennyvíz krómtartalmának meghatározó része az iszapba kerül, de ezen kívül több szerző is beszámolt a króm eleveniszapban történő nagyarányú koncentrációjáról (Carletti et al, 2008, Üstün, 2009).

RÉZ

A befolyó szennyvíz réztartalma jellemzően $100 \mu\text{g/l}$ alatti, de egyes területeken napjainkban is elérheti, meghaladhatja a $200 \mu\text{g/l}$ -t. A szennyvíz rézkoncentrációjában a 90-es évek második feléhez képest egyértelmű csökkenés figyelhető meg. Sörme és társai (2002) tanulmánya szerint a nyers települési szennyvíz réztartalma a 80-as évek elején általánosságban jelentősen csökkent, de azzal együtt stabilizálódott is.

A szennyvízben megtalálható réz nagyobb arányban az ivóvízből, illetve az ivóvízvezeték-rendszerből származik, a szennyvízre jellemző megnövekedett rézkoncentráció a háztartási vízvezetékrendszerek korróziójának tulajdonítható (Drozdova et al, 2019). Ennek megfelelően a szennyvízben kimutatható réz mennyisége egyértelműen csökkenthető a műanyag vezetékek elterjedésének ösztönzésével, bár kérdés, hogy a műanyag csövek széles körű használata milyen egyéb, esetleg toxikus komponensek megjelenését generálja vagy fokozza a települési szennyvizekben. A növénytermesztésben és állattenyésztésben is jelentős rézfelhasználás és -kijuttatás történik, a csatornában megjelenő réz egy része az élelmiszer-fogyasztás következménye.

A korábbi és a friss eredményeket is figyelembe véve elmondható, hogy a befolyó réz teljes mennyiségének mindössze 15-30%-a marad a tisztított vízben, miközben meghatározó része az iszapban koncentrációzik, rendszerint $200\text{-}300 \text{ mg/kg}$ tömegarányt eredményezve a víztelenített szennyvíziszap szárazanyag-tartalmára vonatkoztatva. A kutatások alapján a réz nagyobb része lebegő anyag formájában van jelen a szennyvízben (koncentrációja összefüggésben van a lebegőanyag-tartalommal), és a szennyvíz réztartalmának nagyarányú csökkenése is erre vezethető vissza.

HIGANY

A települési szennyvíz higanytartalma legfeljebb néhány tized, esetleg 1-2 µg/l, de legtöbbször ma már a kimutathatósági határ alatti. A 2,5 µg/l feletti befolyó higanykoncentrációról már az 1970-as években sem számoltak be a szakirodalomban.

A lakossági eredetű higanykibocsátás része az amalgámtömések kopása, viszont az anyag fogászatban történő felhasználása már ipari kibocsátásnak számít. Az amalgámtömések alkalmazása miatti higanyterhelés az esztétikai fogászat térhódításával egyre inkább háttérbe szorul.

A nehézfémek felhasználásának és kibocsátásának korlátozására jó példa, hogy a higanyt 2013 óta az Egyesült Nemzetek Környezetvédelmi Programja (UNEP) keretében a Minamata-egyezményről szóló szerződés alapján forrásellenőrzésnek vetették alá, és többek között azt is kijelentették, hogy a fogászatban felhasznált higany mennyiségét is jelentősen csökkenteni kell olyan alternatív anyagok használatának ösztönzésével, amelyek az említett nehézfém nem tartalmazzák (UNEP1). Napjainkban a települési szennyvíztisztítóba beáramló higany gyakran mezőgazdasági eredetű, forrása lehet továbbá a háztartási vegyi anyagok (pl. festékek) használata, illetve a hulladéklerakók csurgalékvizeinek és a csapadékvizek csatornába vezetése (Gbondon-Tugbawa et al, 2010; Wang et al, 2004). A mezőgazdasághoz szorosan kapcsolódik a műtrágyagyártás és a növényvédőszer-gyártás, melyek során nehézfém-tartalmú termékek előállítása történik, amely magával hozza a nehézfémek gyártási hulladékáramokban

történő megjelenését is (Li et al, 2016). A 60-as évek előtt a növényvédelemben jellemző volt az arzén-, ólom- és higanytartalmú peszticidek használata, melyeket ma már tilos alkalmazni.

Buzier és társai (2006) szerint a higany az egyik legnehezebben eltávolítható nehézfém. Amennyiben a szennyvíz kimutatható mennyiségben tartalmaz higanyt, koncentrációjában a szakirodalmi adatok alapján az eleveniszapos tisztítást követően 20-60%-os csökkenés figyelhető meg.

NIKKEL

A rézhez hasonló koncentrációtartományban van jelen a növényi és állati szervezetben szintén nyomelemnek számító nikkellel, melynek koncentrációja a települési szennyvizekben ma már csak elvétve haladja meg a 100 µg/l-t. Kiuugró eredménynek számít Rao és Viraraghavan (1992) mérése, akik Kanadában 0,5-1 mg/l rézkoncentrációt állapítottak meg a nyers szennyvízben.

A szennyvíz nikkeltartalmának legmeghatározóbb forrása egyértelműen a lakossági kibocsátás. A nikkellel valamennyi esetben megtalálható az élelmiszer-feldolgozásban használt ötvözetekben, valamint az egészségügyi berendezésekben és a védőbevonatokban. A nikkelvezeték konyhai eszközök elterjedését mutatja, hogy a háztartási forrásokból a csatornába jutó nikkellel 61%-a a székleten keresztül kerül a szennyvízelvezető rendszerbe (Rule et al, 2006).

A nikkellel iszapba kerülő és a tisztított szennyvízben maradó aránya erősen változó; vélhetően megjelenési formájától függően a befolyó mennyiség 20-80%-a marad benne a tisztított szennyvízben.

A szennyvízben a nikkellel legtöbbször oldott komplexek formájában fordul elő, ezért nagyon mobilis, ami az iszapban történő megkötődését alapvetően korlátozza. Buzier és társai (2006) szerint részben emiatt a nikkellel a nehézfém-eltávolíthatósági sorrend végén található.

ÓLOM

A települési szennyvíz ólomkoncentrációja változó, leggyakrabban a néhány µg/l-estől a néhány 10 µg/l-esig fordul elő, amely ötöd-tized része a 90-es években mért koncentrációknak. Ettől függetlenül közlekedési eredetű ólomszennyezés miatt csapadékos időszakban az ólomkoncentrációban rendkívüli értékek is tapasztalhatók.

A települési ólomkibocsátás forrása egyértelműen a közlekedés. Ezen kívül a szennyvizek ólomtartalma várhatóan jelentősebb azokban az országokban, ahol az ólomvezeték még nagyobb arányban van használatban az ivóvízellátó rendszerekben. Textilipari felhasználása miatt a mosás során keletkező szennyvizek szintén meghatározó forrásai a települési szennyvíz ólomtartalmának.

Mivel a szennyvíz az ólomot meghatározó arányban lebegő anyag formájában tartalmazza, eltávolítása a települési szennyvíztisztító telepeken hatékonyan mondható; így a gyakran 80-90%-os eltávolítási hatékonysággal a tisztított szennyvíz néhány µg/l-es kezdeti ólomkoncentrációja könnyen a kimutathatósági határ alá csökkenthető.

Ezt bizonyítja többek között Buzier és társai (2006) tapasztalata is, akik a befolyó oldalon 15-20 µg/l-es ólomkoncentrációt mértek, miközben a szóban forgó komponens a tisztított szennyvízben már nem tudták kimutatni.

CINK

A kommunális szennyvizek és szennyvíziszapok esetén leggyakrabban emlegetett fémszennyezők a cink és a réz. Széles körű felhasználásuk miatt a lakossági szennyvízben is jelentősebb mértékben koncentrálnak a többi nehézfémhez képest.

A települési szennyvizek cinkkoncentrációja jellemzően 100-250 µg/l közötti, melynek a saját méréseink eredményei (0,14-0,20 mg/l) is megfelelnek.

Ez a koncentrációtartomány egyébként nagyjából fele-negyede az 1980-as és 1990-es években mért értékeknek, bár egyes esetekben a városi lefolyások, ipari üzemek hatására még ma is előfordulhatnak akár 2 mg/l-es cinkkoncentrációk is a nyers kevert szennyvízben.

A befolyó települési szennyvíz cinktartalmát Petrasek és Kugelman (1983), illetve Rao és Viraraghavan, (1992) vizsgálatai is 1 mg/l felettinek határozták meg, amely a mostanában mért koncentrációk közel tízszerese.

A rézhez hasonlóan a cink forrása is jól nyomon követhető (Sörme et al, 2002).

Legmeghatározóbb forrásai a háztartási be- menetek (European Commission, 2001), továbbá a személyes ápolási termékek is, beleértve a sampont, a dezodorokat és a fogkrémet, valamint a háztartási vegyszereket (pl. mosószer) (Hargreaves et al, 2018). A cink gyógyszeripari felhasználása is számottevő, illetve ma is forgalomban vannak cinktartalmú növényvédő szerek és rágcsálóírtók, melyek nehézfém-tartalma a talajvízzel történő bemosódással kerülhet a csatornarendszerbe.

A cink átlagosan 60-70%-a kerül az iszapba a tisztítás során, ami a víztelenített szennyvíziszapban jellemzően 1 g/kg sz. a. körüli feldúsulást jelent. A cink a szennyvízben általában lebegő anyag formájában vannak jelen (Choubert és társai, 2011; Hargreaves et al, 2018), ami az iszapban való nagyobb arányú megjelenését is magyarázza.

ARZÉN

A hazai vízbázisok legkritikusabb szennyezőjének tartott arzén friss mérési eredményeink alapján körülbelül 8 µg/l koncentrációban érkezik a szennyvíztisztító telepre. Ez az érték

az ivóvízben megengedhető legnagyobb arzénkoncentrációnak (10 µg/l) is alatta marad, bár arányait tekintve sokkal magasabb a szolgáltató ivóvíz 1 µg/l alatti arzénkoncentrációjánál. Az irodalmi adatokat tekintve a települési kevert szennyvíz arzénkoncentrációja ma már a 10 µg/l-es ivóvíz-határértéket is ritkán éri el. A korabeli elemzések csak ritkán terjedtek ki a szennyvíz arzéntartalmára, és azok is legfeljebb 15-20 µg/l-es koncentrációkról számoltak be.

A háztartási szennyvízben található arzén forrásaira vonatkozóan kevés információ van, de arzént tartalmaznak egyes gyógyszerek, mosószeres és festékek is (Drozdova et al, 2019). Az arzén gyógyszerkészítményekben történő felhasználása maig gyakorlat, így a szennyvízben azok használatán keresztül egyértelműen megjelenik.

Annak ellenére, hogy az általunk vizsgált területen az ivóvíz arzénkoncentrációja minimális, sok helyen épp az arzén lehet annak példája, hogy az emberi tevékenységen kívül egyes nehézfémek megjelenése az adott terület geokémiai jellemzőivel is magyarázható.

Choubert és társai (2011) például 13 települési (városi és vidéki) szennyvíztisztító telep nehézfém-mérlegét ellenőrizték. Magasabb koncentrációtartományt a vidéki szennyvízben egyedül az arzén esetében figyeltek meg, amely véleményük szerint valószínűleg az érintett terület földtani jellemzőivel lehetett összefüggésben.

A szennyvíz összetételét tekintve a szerzők jellemzően 50% alatti (20-40% közötti) arzéntartalom-csökkenésről számoltak be az eleveniszapos szennyvíztisztítás során, így az általunk mért 15-20%-os csökkenés általánosnak mondható.

EZÜST

A lakossági szennyvíz ezüstkonzentrációja az általunk végzett mérések alapján kimutatható határ alatti volt, és több szerző is az ezüst hasonló arányú jelenlétéről számolt be. Az ezüst koncentrációja évtizedekkel ezelőtt is mindössze néhány µg/l-nek bizonyult a kevert települési szennyvízben.

Choubert és társai (2011) korábban hivatkozott felmérése során, melyben 13 települési szennyvíztisztító telep nehézfém-mérlegét ellenőrizték, az ezüst 80%-os előfordulással volt megtalálható a nyers szennyvízben. Számottevő ezüstfelhasználás történik a fényképészetben, illetve az amalgám fogtömések is ezüst felhasználásával készülnek (JMESS, 2015; Mahmud et al, 2016).

KOBALT

A kobaltra vonatkozóan a szakirodalomban minimális mérési eredményeket találtunk, és esetünkben is csak a víztelenített szennyvíziszapban volt csekély mennyiségben kimutatható. Ez alapján a kobalt esetében még az ezüsthöz is kisebb koncentráció számítható ki a befolyó szennyvíz kobalttartalmára, amely maximum néhány tized µg/l-es

koncentrációnak adódhat. Buzier és társai (2006) a kobaltra éppen a kimutatható határhoz közel eső koncentrációt állapítottak meg a nyers szennyvízben (1,8 µg/l) és a tisztított szennyvízben (1,1 µg/l) is.

A kobalt az egyik legfontosabb átmeneti fém, az emberi szervezetre kettős hatással bír; jelenléte egyaránt okozhat kedvező és ártalmas hatást. Shahat és társai (2015) szerint forrása a petrokémia, a bányászat, az akkumulátorgyártás és az elektronikai ipar, amelyek jelentős mennyiségű kobalttal szennyezett szennyvíz keletkezését eredményezik.

ALUMÍNIUM

Az alumíniumot a települési kevert szennyvízek gyakran több g/l-es koncentrációban tartalmazzák, melynek oka részben a háztartási termékekben történő gyakori felhasználása, és az építőiparban való elterjedt alkalmazása. Nagyobb mennyiségben származhat a fémfeldolgozási és a fémmegmunkálási iparágakból, ugyanakkor bizonytalan része a nem lakossági szennyvízek előtisztításánál alkalmazott alumíniumsók maradéka lehet.

Könnyen kicsapódik, ezért a szennyvíz alumíniumtartalmának nagy része az iszapban koncentrálódik. Szennyvíztisztításban történő alkalmazása is épp ennek a kedvező tulajdonságának köszönhető.

KÖVETKEZTETÉSEK

A jelen cikkünkben összefoglalt, a világ számos pontján végzett kutatások eredményei is megerősítik, hogy a befolyó szennyvíz nehézfém-koncentrációja az elmúlt időszakban lényeges változáson ment keresztül.

Ennek oka a vízfelhasználási szokások változásán túl az egyes anyagok egészségre veszélyes tulajdonságának felismerése, és ezen keresztül felhasználásának és kibocsátásának ellenőrzése és korlátozása. Annak ellenére, hogy a települési szennyvizek tisztítási gyakorlatában az elmúlt évtizedekre vonatkoztatva nem tapasztalhatók lényeges különbségek, a befolyó szennyvíz összetételének módosulása magával hozta a tisztított szennyvíz, illetve a keletkező szennyvíziszap minőségében tapasztalható változásokat is.

Bár a hagyományos szennyvíztisztító technológiákat leginkább szerves anyag és tápanyag eltávolításra méretezik, a legtöbbször megfelelő kapacitással rendelkeznek a nehézfémek visszatartására is (Buzier et al, 2006; Choubert et al, 2011). Vélhetően az érkező nehézfém-tartalom csökkenése is nagymértékben hozzájárul ahhoz, hogy a legtöbb esetben a hagyományos eljárásokkal az évtizedekkel ezelőttihez képest szigorúbb előírások is teljesíthetők, bár a változó szennyvízösszetételtől függően ez a megfelelés jelentős mértékben függ az adott területre jellemző vízfelhasználási szokásoktól.

A fejlett országokban a veszélyes fémek koncentrációja a szennyvízben általában csökkent az 1970-es évek végéhez képest, melynek oka többek között a nehézipar leépítése,

az iparszennyvíz-előkezelési technológiák fejlesztése és alkalmazásának általánossá válása, a nehézfémek ipari felhasználásának és kibocsátásának szigorúbb szabályozása, illetve azok kereskedelmi forgalomba kerülésének korlátozása. A réz, a cink, az ólom, a nikkel és a króm koncentrációja a világ legtöbb városában hasonló és jól behatárolható tartományban mozog (Houhou et al, 2009), de ennek ellenére, különösen a fejlődő országokban a nyers szennyvizek fémkoncentrációja még ma is meghatározó lehet, illetve a nehézfémek származása sem minden esetben tisztázott teljesen.

A települési szennyvizekre jellemző csökkenő koncentráció ellenére a nehézfémek a természetben mindenütt jelen vannak, és szinte mindig kimutathatók a kezeletlen nyers szennyvízben. Legalacsonyabb koncentrációban általában a higany van jelen, míg a legmeghatározóbb a cink előfordulása lehet (Hargreaves et al, 2018), de a nehézfémek szennyvízben való jelenléte alapvetően a fogyasztói szokásoktól és az életstílustól függ (Chirila et al, 2014; Spanos et al, 2016).

Bár az ipari eredetű nehézfém-kibocsátások a szigorú környezetvédelmi szabályozások miatt ma már jobbára kézben tartottak, a lakosság és a kisvállalkozások mindennapos ellenőrzése kivitelezhetetlen, ezért a települési szennyvizek fémtartalma nem csökkenthető le teljesen. Bár az autómosók és szervizek rendszeres ellenőrzése hozhatna eredményt, de fontos megjegyezni, hogy ezek a vállalkozások a közlekedéseredetű

nehézfém-szennyezésnek csak kis arányát adják, és a szennyvízben megjelenő mennyiségtől sokkal nagyobb tömegű nehézfém kerül közvetlenül a környezetbe (talaj, élővizek) és a csatornarendszerbe a járművek üzemeltetése (pl. üzemanyag-égetés, gumikopás, fékbetétek kopása) során, vagy csapadékos időjárás esetén. Más területekhez hasonlóan az egészségügy is nagy fejlődésen ment keresztül az elmúlt évtizedekben, emiatt például a fogorvosok ellenőrzése sem jelenthet már megoldást a higanykibocsátás számottevő csökkentésére.

Habár a kapcsolódó szabályozások és ellenőrzések az illetékes hatóságok és végrehajtó szervek feladata, a nehézfémek kibocsátásának csökkentése a hatósági fellépésen kívül sokkal inkább az erős társadalmi (fogyasztói) hozzáállástól függ, amely a legerősebb befolyással bír a gyártói szokásokra. Ameddig a fogyasztók igénylik a jelenleg nehézfémterhelést okozó termékeket és szolgáltatásokat, addig azok vélhetően elérhetők is lesznek. Mivel az ipar nehézfém-kibocsátása ma már rendkívül szigorú és ellenőrzött, a települési szennyvízben megjelenő nehézfém-tartalom innentől inkább a nehézfémek környezetre gyakorolt hatásainak a lakosságban való tudatosításával, és ezzel az emberek életmódjának megváltoztatásával csökkenthető tovább.



IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- Acharya J., Kumar U. Rafi P. M. (2018) Removal of Heavy Metal Ions from Wastewater by Chemically Modified Agricultural Waste Material as Potential Adsorbent-A Review International Journal of Current Engineering and Technology 8 (3) pp. 526-530, DOI: <https://doi.org/10.14741/ijcet/v.8.3.6>
- Akpor O. B., Ohiobor G. O., Olaolu T. D. (2014) Heavy metal pollutants in wastewater effluents: Sources, effects and remediation Oghenerobor Advances in Bioscience and Bioengineering 2014; 2 (4) pp. 37-43. (doi: 10.11648/j.abb.20140204.11.)
- Bender M. Facing up to the hazards of mercury tooth fillings. A report to US House of Representatives Government Oversight Subcommittee on Domestic Policy assessing state and local regulations to reduce dental mercury emissions. MercuryPolicyProject. 2008. [cited 2015 Jan 14].
- Brown H. G., Hensley C. P., McKinney G. L., Robinson J. L. (1973) Efficiency of heavy metals removal in municipal sewage treatment plant, Environmental Letters 5 (2) pp. 103-114. <https://doi.org/10.1080/00139307309435517>
- Buzier R., Tusseau-Vuillemin M. H., dit Meriadec C. M., Rousselot O., Mouchel J. M. (2006) Trace metal speciation and fluxes within a major French wastewater treatment plant: Impact of the successive treatments stages, Chemosphere 65 pp. 2419–2426, doi:10.1016/j.chemosphere.2006.04.059
- Buzier, R., Tusseau-Vuillemin, M.-H., Keirsbulck, M. and Mouchel, J.-M. (2011) Inputs of total and labile trace metals from wastewater treatment plants effluents to the Seine River. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 36(12), 500–505. 10.1016/j.pce.2008.09.003
- Carletti G., Fatone F., Bolzonella D., Cecchi F. (2008) Occurrence and fate of heavy metals in large wastewater treatment plants treating municipal and industrial wastewaters, IWA Publishing 2008 Water Science & Technology 57 (9) pp. 1329–36. doi: 10.2166/wst.2008.230.
- Cecchini G., Cirello P., Eramo B. (2015) Partitioning dynamics and fate of metal in an urban wastewater treatment plant, Environmental Engineering and Management Journal 14 (7) pp. 1511-1520
- Chanpiwat P. Kim K-W., Sthiannopkao S. (2009) Metal Contents and Its Variation in Wastewater and Sewage Sludge: A Case Study of Bangkok Central Wastewater Treatment Plants, Proceedings of the International Symposium on Geoscience Resources and Environments of Asian Terranes (GREAT 2008), 4th IGCP 516, and 5th APSEG; November 24-26, 2008, Bangkok, Thailand
- Cherfi A., Achour M., Cherfi M., Otmani S., Morsli A. (2015) Health risk assessment of heavy metals through consumption of vegetables irrigated with reclaimed urban wastewater in Algeria Process Safety and Environmental Protection 9 8 pp. 245–252, DOI: 10.1016/j.psep.2015.08.004
- Chirila E., Draghici C., Puhacel A. (2014) Total and dissolved metals occurrence in municipal wastewater treatment plant effluents, Environmental Engineering and Management Journal 13 (9) pp. 2211-2218 DOI: 10.30638/eemj.2014.246
- Choubert J.-M., Pomiès M., Martin Ruel S., Coquery M. (2011) Influent concentrations and removal performances of metals through municipal wastewater treatment processes, IWA Publishing 2008 Water Science & Technology 63 (9) pp. 1967-1973. doi: 10.2166/wst.2011.126
- Drozdova J., Raclavska H., Raclavsky K., Skrobankova, H. (2019) Heavy metals in domestic wastewater with respect to urban population in Ostrava, Czech Republic Water and Environment Journal 33 pp. 77–85. doi: 10.1111/wej.12371
- European Commission. Pollutants in urban waste water and sewage sludge. Final report. Office for Official Publications of the European Communities; 2001.
- Gbondo-Tugbawa S. S., McAlear J. A., Driscoll C. T., Sharpe C. W. (2010) Total and methyl mercury transformations and mass loadings within a wastewater treatment plant and the impact of the effluent discharge to an alkaline hypereutrophic lake. Water Res. 44 (9) pp. 2863–2875. DOI: 10.1016/j.watres.2010.01.028
- Gradebo A. M., Taiwo A. M., Ayedun, H., Adeola A. J. (2012) Geochemical analysis of groundwater quality in Agbara and Environs Applied Ecology and Environmental Research 10(3) 375-384
- Gulyás G., Pitás V., Kárpáti A., Fazekas B., Domokos E., Rédey E., (2014), Heavy metal balance in a Hungarian municipal sewage treatment plant, Environmental Engineering and Management Journal, 13, 2039–2044.
- Hariri E., Abboud M.I., Demirdjian S., Korfai S., Mroueh M., Taleb R.I. (2015) Carcinogenic and neurotoxic risks of acrylamide and heavy metals from potato and corn chips consumed by the Lebanese population. Journal of Food Composition and Analysis 42: pp. 91-97.
- Hargreaves A. J., Constantino C., Dotro G., Cartmell E., Campo P. (2018) Fate and removal of metals in municipal wastewater treatment: a review, Environmental Technology Reviews 7 (1) pp. 1-18, DOI: 10.1080/21622515.2017.1423398
- Houhou J., Lartiges B. S., Montarges-Pelletier E., Si-eliechi J., Ghanbaja J., Kohler A. (2009) Sources, nature, and fate of heavy metal-bearing particles in the sewer system Science of the Total Environment 407 pp. 6052–6062., doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.08.019.
- Hu, Z., Chandran, K., Grasso, D., and. Smets, B.F. (2003). Impact of metal sorption and internalization on nitrification inhibition. Environ. Sci. Technol., 37, 728–734. <https://doi.org/10.1021/es025977d>
- IARC (1990) International Agency for Research on Cancer 1990 IARC monographs supplement 7—nickel and nickel compounds. 49:264–9
- IARC (2006) International Agency for Research on Cancer (2006) IARC monographs supplement 7—lead and lead compounds. 87:230–2

- IARC (2012) International Agency for Research on Cancer (2012) IARC Monographs—arsenic, metals, fibres and dusts. A review of Human Carcinogenic. Lyon. 100C.
- Kim, K. R., Kim, J. G., Park, J. S., Kim, M. S., Owens, G., Youn, G. H., Lee, J. S. (2012) Immobilizer-assisted management of metal-contaminated agricultural soils for safer food production. *Journal of Environmental Management*, 102, pp. 88-95.
- Li Z., Chen J., Guo H., Fan X., Wen Z., Yeh M-H., Yu C., Cao X., Wang Z. L. (2016) Triboelectrification-Enabled Self-Powered Detection and Removal of Heavy Metal Ions in Wastewater, *Advanced Materials* Vol.28, Issue 15 pp. 2983-2991. <https://doi.org/10.1002/adma.201504356>
- Mattsson, A., Mattsson, J., Davidsson, F. (2012) A strategy for reducing pollutants at the source in order to obtain sustainable agricultural recycle of wastewater sludge. *Water Science & Technology* 66 (9), 1879–1884.
- Mattsson A., Finnson A., l’Ons D. (2017) Heavy metal content of Swedish municipal wastewater sludge – status and goals, *Water Sci Technol.* 76 (3-4) pp. 869-876. doi: 10.2166/wst.2017.277.
- Neilson J. S., Hrudey S. E. (1983) Metal Loadings and Removal at a Municipal Activated Sludge Plant. *Water Research* 17 pp. 1041-10452.
- Palmquist H, Hanaeus J. Hazardous substances in separately collected grey- and blackwater from ordinary Swedish households. *Sci Total Environ* 2005;348:151–63.
- Petrasek A. C., Kugelman I. J. (1983) Metals removals and partitioning in conventional wastewater treatment plants. *J. Water Pollut. Control Fed.*, 55 pp. 1183-1189.
- Rao G. A. K., Viraraghavan T. (1992) Removal of heavy metals at a Canadian wastewater treatment plant *Journal of Environmental Science and Health . Part A: Environmental Science and Engineering and Toxicology* 27 (1) pp. 13-23. <http://dx.doi.org/10.1080/10934529209375714>
- Ray P. Z., Shipley H. J. (2015) Inorganic nano-adsorbents for the removal of heavy metals and arsenic: a review. *RSC Advances*, 5 (35) pp. 29885-29907.
- Rule K. L., Comber S. D. W., Ross D., Thornton A., Makropoulos C. K., Rautiu R. (2006) Diffuse sources of heavy metals entering an urban wastewater catchment *Chemosphere* 63 (1) pp. 64–72. doi:10.1016/j.chemosphere.2005.07.052
- Shahat A., Awual M. R., Naushad M. (2015) Functional ligand anchored nanomaterial based facial adsorbent for cobalt (II) detection and removal from water samples *Chemical Engineering Journal* 271: pp. 155-163
- da Silva Oliveira A., Bocio A., Beltramini Trevilato T.M., Magosso Takayanagui A.M., Domingo J.L., Segura-Muñoz S.I., (2007), Heavy metals in untreated/ treated urban effluent and sludge from a biological wastewater treatment plant, *Environmental Science and Pollution Research*, 14, 483 – 489.
- Singh R. P., Agrawal M. (2008) Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste Manag* 28 (2) pp. 347–358. DOI: 10.1016/j.wasman.2006.12.010
- Soonthornnonda P, Christensen ER. Source apportionment of pollutants and flows of combined sewer wastewater. *Water Res.* 2008;42(8):1989–1998.
- Sörme L., Lagerkvist R. (2002) Sources of heavy metals in urban wastewater in Stockholm, *The Science of the Total Environment* 298 (1-3) pp. 131–145
- Spanos T., Ene A., Karadjova I. B. (2015) Assessment of toxic elements Cu, Cr, Ni, Pb, Cd, Hg, Zn, As and hexavalent chromium in sewage sludge from municipal wastewater treatment plants by combined spectroscopic techniques *Rom. Journ. Phys.*, Vol. 60 (1–2) pp. 237–245.
- Thévenot D. R., Moilleron R., Lestel L., Gromaire M-C., Rocher V., Cambier P., Bonté P., Colin J-L., de Pontevès C., Meybeck M. (2007) Critical budget of metal sources and pathways in the Seine River basin (1994–2003) for Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb and Zn, *Science of the Total Environment* 375 (1-3) pp. 180–203, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2006.12.008
- Üstün G.E., (2009), Occurrence and removal of metals in urban wastewater treatment plants, *Journal of Hazardous Materials*, 172, 833–838.
- Wang Q., Kim D., Dionysiou D. D., Sorial G. A., Timberlake D. (2004) Sources and remediation for mercury contamination in aquatic systems—a literature review. *Environ Pollut.* 131 (2) pp. 323–336. DOI: 10.1016/j.envpol.2004.01.010

SZERZŐ:



Szakmai tapasztalat

DRV Zrt.
Bakonykarszt Zrt.]
Bácsvíz Zrt.
Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatósága

Tanulmányok

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Vízellátás-Csatornázás Szakmérnök [2013-2015]
Pannon Egyetem
Vegyészmérnök és Anyagtudományok Doktori Iskola [2012-]
Környezetmérnök M.Sc, környezettudomány szakirány [2010-2012]
Környezetmérnök B.Sc, környezettudomány szakirány [2006-2010]
Kocsis Pál Mezőgazdasági és Környezetvédelmi Szakközépiskola
Környezetvédelem tagozat [2002-2006]

VEGYSZERIGÉNY ÉS VEGYSZERADAGOLÁS SZABÁLYOZÁSA AZ IVÓVÍZELLÁTÁSBAN ÉS A SZENNYVÍZTISZTÍTÁSBAN

SZAKMAI NAP
2019. SZEPTEMBER 12.



„A vízelőkészítés vegyszer, berendezés és technológia igénye” c. előadásában **dr Liczkó István** a víz és szennyvíz kolloid részecskéi felületi töltésének semlegesítését részletezte bevezetésként, majd az azok aggregálódásához szükséges körülményeket (PH, keverési intenzitás és időtartam) elemezte. Részletezte az alumínium- és vassók pozitív töltésű hidroxó-komplexinek a kezdeti

semlegesítő, majd hidrogénhidjainak kialakulása utáni adszorpciós hatását. A polielektrolitok a koagulált csapadékot tovább sűrítik a kisebb részecskéket lassú keverés mellett nagyobbakká, gyorsabb ülepedésre, vagy felúszásra képes csapadékká kapcsolva össze. Ezek a folyamatok mind az ivóvíz előkészítésében, mind a szennyvíztisztításban meghatározók a hatékonyság tekintetében.

„Törésponti klórozásos technológiák optimalizációja” előadásban **Lugosi Ramóna, Gergelics Gergő** és **Szebényiné Vincze Borbála** ismertették a DRV-nél a KEHOP vízminőség javító programjuk során az ammónium törésponti klórozásánál szerzett tapasztalataikat. Legfontosabbnak azt találták, hogy már a tervezés és kiépítés folyamatában figyelemmel kell lenni a tisztítandó nyersvíz minőségre. Ezen túl a vegyszerek megfelelő hatását biztosító reakciós idők biztosítása is elengedhetetlen. Az üzemeltetés ellenőrzése (műveleti lépcső közötti vízparaméterek ellenőrzése, s a szabályozása is alapvető fontosságú. Az előklórozásnál adagolandó hipó mennyiségét jelentősen növelni lehet, csökkentve vagy akár el is hagyva az aktív szenes befejezés előtti hipó és mangán adagolást. A hipóigény is esetenként a felére csökkenthető. adagolást. Ezzel jóval megnövelhető az aktív szenes adszorpció elhasználódásának, inaktíválódásának az üzemideje.

„Sóelektrolízissel történő fertőtlenítés, avagy a klórgázzal való fertőtlenítés kiváltása” tapasztalatait ismertette a **Bakonykarszt Zrt.** Veszprémi Üzemmérnöksége Veszprémi üzeme tapasztalatai alapján **Somodi Ferenc** ének működési területén. A fertőtlenítés általános lehetőségeinek ismertetése után egy vállalata által kiválasztott és beszerzett német berendezés beüzemelésénél felmerült kisebb nagyobb problémákat és áthidalásukat, kiküszöbölésüket vette sorra, amihez a hallgatóság részéről később igen sok kérdés jelentkezett. Összegzésként megállapította, hogy az egyszerű biztonságtechnikai szabályok betartásával biztonságos a berendezés, illetőleg

megoldás. Ezen túl a közeli épületben lakók (és óvodások!) is nagyobb biztonságban vannak. Minimális felügyeletet igényel, így ajánlott módszer, amennyiben minden aspektusát a jövőbeni alkalmazó végiggondolja!

„Ivóvíz fertőtlenítés klórdioxiddal” című előadásában **Vizkeleti Zsolt** a ProMinent Magyarország Kft ismereteit, tapasztalatait részletezte a nagy számban megjelent szakembereknek. Bemutatta a klórdioxid stabilitását a vízben, különböző káros hatás szerkezetek inaktiválásának idősükségletét, pH igényét, összehasonlítva egyben a többi célirányos vegyszer hatásával, környezetigényével. Különleges előnyeiként említette a csőrendszer biofilmjének az egyidejű minimalizálását, az ivóvíz minőségi javulását (íz, szag, szín), a hosszú fertőtlenítő hatását, még alacsony adagolási mennyiségénél is, THM (trihalometán) képződésének az elkerülését, valamint azt, hogy ammonium vegyületek jelenléte (NH₄⁺) esetén sincs jelentős vesztesége. Adagolása erősen limitált dózisban is elégséges, ugyanakkor a keletkező klorit mennyiségére is figyelemmel kell lenni. A hatóanyag helyben történő előállítására és adagolására alkalmas berendezések, az ellenőrzéshez rendelkezésre álló analitika és jelátvitel és annak hasznosításának bemutatása zárta előadását.

„Gyors homok szűrés, aktív szenes adszorpció és vegyszer adagolás kapcsolata” címmel **Németh Miklós** a **Remiplan Kft.** munkatársa tartott nagyon részletes előadást a lassú, gyors, a gravitációs és a nyomás alatti szűrés lehetőségeiről, vegyszeradagolás igényéről,

s annak szabályozásáról. Bemutatta a szóba jöhető szűrőanyagokat, s felhasználásuk lehetőségét különböző vas, mangán és DOC tartalmú nyersvizeknél szóban igen részletesen, migis mindössze egyetlen ábrával „Klóradagolás – oxidáció, töréspont”. Még a Greensandre is kitért, megjegyezve, hogy Greensand regenerálás – klórral hatékony. Az aktív szén kimerülésének ellenőrzéséről, regenerálási lehetőségéről is említést tett. Végül a mérés és irányítástechnika szükségességének hangsúlyozásával zárta előadását.

„Fonalsodás elleni vegyszeres megoldások” címmel **Kecskés Judit** tartott ismertetőt az UNICHEM Kft részéről. Előadása igen sok ismeretanyagot felelt: ülepedési problémák, fonalas iszapduzzadás, okok, technológiai paraméterek, megoldások, vegyszeres beavatkozások, biológiai megoldások, kezelés megtervezése, kezelés eredményességének követése, mikroszkópos követés, célspecifikus kombinált termékek. Kihangsúlyozta, hogy a „vegyszeres megoldást meg kell hogy előzze a technológiai paraméterek rendezése, mert a probléma megoldatlansága a fonalsodást újratermeli”. Ehhez felsorolta az szükséges technológiai, gépészeti ismereteket, kiküszöbölésük lehetőségeit. Előadását 55 vetített képpel illusztrálta, melyek mind a biológiai ellenőrzés és beavatkozás, mind a vegyszer célirányos felhasználásának lehetőségeit kellő részletességgel bemutatták.

Vas-klorid alkalmazása kén-hidrogén okozta problémák megelőzésére - Biogázüzemi, csatornahálózati, szennyvíztelepi tapasztalatok”

témaköréről **Bobák Ede László**, Donauchem Kft. részéről tartott igen széleskörű áttekintést. A kénhidrogén okozta problémák bemutatásával kezdte, majd részletesen a vegyszeres, azon belül is a vas-szulfid formában történő megkötést elemezte. Felsorolta a kénhidrogén fermentációra és a biogáz égetésére gyakorolt kedvezőtlen hatásokat, majd gyakorlati példaként a Kaposvári Cukorgyár Biogáz Üzeme esetében történt vegyszerhasználati tapasztalataikat mutatta be, ahol a keletkező biogáz elsőnek az országban megfelelő tisztítás után a városi gázellátásba kerül be. Ez természetesen a kénmentesítés után előzetes membrános széndioxid szeparációt is jelent(98 %-os metán tartalom).

„Vegyszeradagolók új generációja” címmel Balogi Csaba tartott rövid ismertetőt a KATALIN Novum Kft. részéről. A membrános adagolók rövid bemutatása után a korszerű adagolószivattyúk bemutatására tért át. Kiemelte a Smart Digital DDE egyszerű felépítését, egyszerű kezelhetőségét, léptetőmotoros hajtását, elektromos léptető rendszerét. Ezt követően a Smart Digital DDC széles adagolási tartományát (1:3000), szöveges hibaüzenet kijelzését, többféle vezérlési módját (impulzus, 4-20mA), grafikus kijelzőjét mutatta be. A Smart Digital DDA ezeken túl Többféle vezérlési móddal, grafikus kijelzővel, nyomásfelügyelettel (FCM változat), automata légtelenítéssel is rendelkezik. Az egyes berendezések távfelügyeleti rendszerbe kapcsolhatók. Kénhidrogén mérő/távadó rendszerrel is áll a vásárlók rendelkezésére.

„A fürdővízkezelés technológiai, vegyszerigénye” címmel **dr Diós János DINAX** Kft tartott igen értékes ismertetőt a rendezvény résztvevőinek. A fürdővízzel szemben támasztott követelmények közül kiemelte a két legfontosabbat, s az azok eléréséhez szükséges lépéseket, eszközöket. A fürdővíz esetében aláhúzendő, hogy nem végfelhasználásáról, hanem tartót, tisztításával kombinált recirkulatív felhasználásáról (többszöri hígításos, forgatásos felhasználásáról) beszélhetünk. Ennek megfelelően mind a töltővízre, mind a medencevízre rögzített előírások vannak. Ezen túl a vizsgálatok gyakoriságát a vízforgatásos és a töltő-ürítős medencékre eltérően szabályozzák. Részletesen áttekintette, összehasonlította az egyes technológiáknál használatos szűrőanyagokat, kiemelve a pelyhesítés fontosságát is. Az összehasonlító értékelés végén a fokozott biztonság fontosságára a fürdővízkezelésre is hangsúlyozta nagyszámú dián bemutatva azt.

„Lebegőanyag csökkentés, foszfor és szerves anyag előkicsapás és hatása a szexkunder biológiára” c. előadásában **dr. Szabó Anita** az Inno-Water Zrt. részéről bővítette rendezvény résztvevőinek ismereteit. Ennek a fejezetei : foszfor eltávolítás (foszfát kicsapás), lebegőanyag és szervesanyag eltávolítás; koaguláció-flokkuláció (hidroxidok); szulfid kicsapás (bűz csökkentése) voltak. Az igen részletes elméleti ismertető után a környezeti tényezők egyes folyamatokra gyakorolt hatásaival is részletesen foglalkozott. A címben jelölt paraméterek mellett az előtisztított víz BOI-jére gyakorolt hatásokat, s azok további

biológiai tisztításra gyakorolt hatásait is bemutatta. A vegyszerigények mellett a keletkező iszapmennyiségekről is számot adott. Végül üzemi tapasztalatként a kecskeméti és a miskolci szennyvíztelepeken végzett ilyen irányú gyakorlati tapasztalataikat eredményeiket, adatszerűségeit ismertette. Összegzésüket a következőkben adta meg:

Szennyezőanyag eltávolítási folyamatok összetettek, nem különíthetők el egymástól

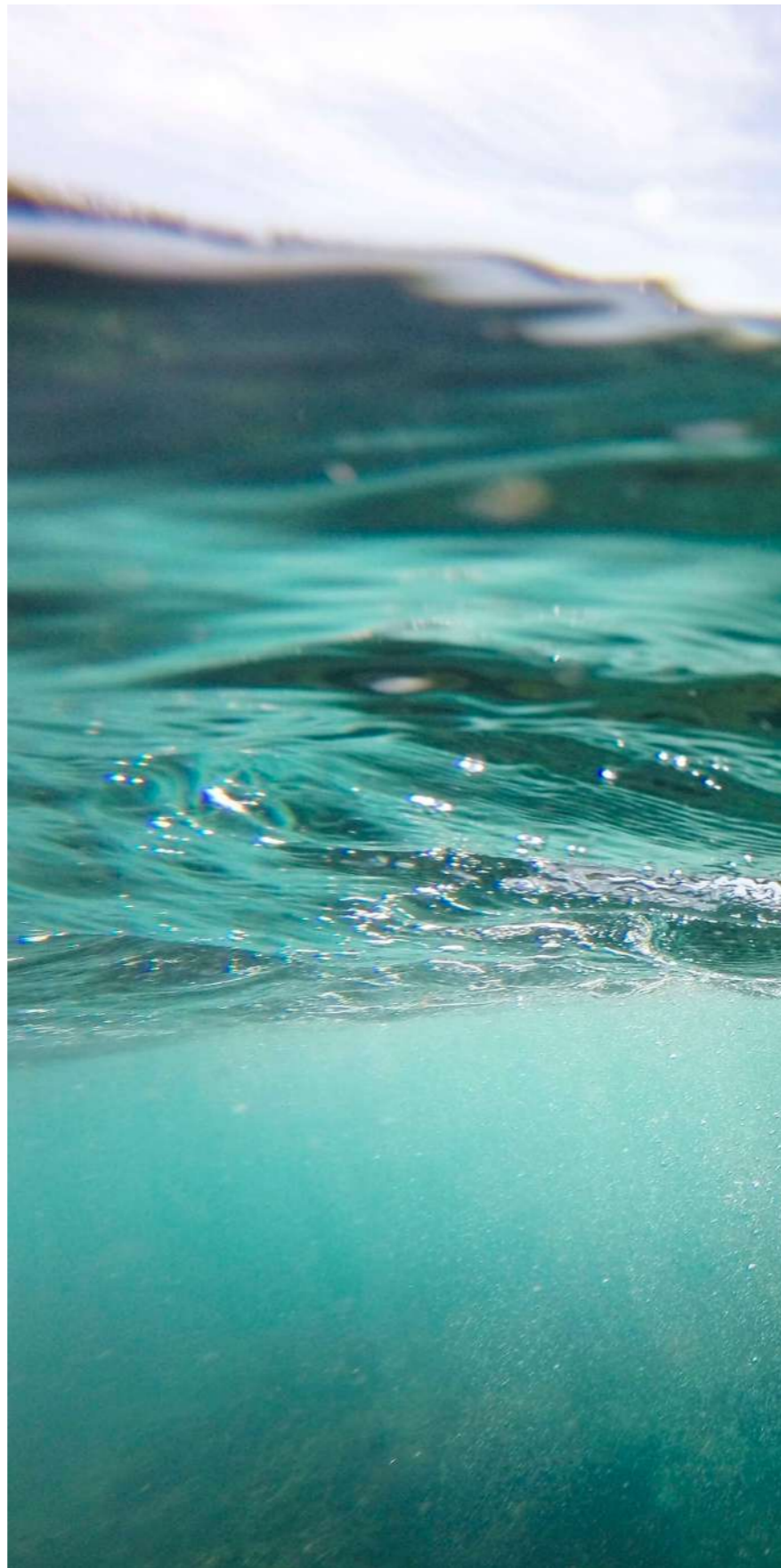
- Az előkezelés számos ponton hatással van a technológiára
- Megfelelő üzemeltetéssel és irányítástechnikával (keverés, EMVIR, on-line mérések és visszaszabályozás, több pontos adagolás stb.) ugrásszerűen növelhető a költséghatékonyság és a szennyezőanyag eltávolítási hatékonyság, a hátrányok minimalizálhatók
- Elengedhetetlen az üzemeltetési paraméterek monitorozása!
- A teljes rendszert komplexen kell vizsgálni (rothasztással, iszapelhelyezéssel, vegyszeradagolás és biológiai folyamatok optimalizálásával).

„Csatornában megjelenő szaghatások okai, lehetséges megelőzésük, kezelésének szempontjai” címmel **Horváth Gábor** (Környezetmérnöki Kft.) tartott nagyon érdekes előadást, eredményre törekvő kísérletes és üzemi eredmények bemutatásával. Alapproblémaként kiemelte, hogy a szennyvízben a BOI, és a szulfát azok a természetes komponensek, melyek végül a kénhidrogén, s vele a szag keletkezését eredményezik a szennyvízcsatornában az azokban kialakuló hosszú tartózkodás, s vele

az anaerob mikroorganizmusok túlszaporodása következtében. Különleges eredményük a szagcsökkentésben a vegyszerek speciális, kiemelt pontokon történő adagolása. Ezen túl új felismerésük, hogy a rendszerek ilyen pontokon történő lúgosabbá tételével a mikroorganizmusok szaporodása jelentősen lassítható, s ez is a kénhidrogén képződésének csökkenését eredményezi.

„Az online-méréstechnika szerepe a speciális iszapproblémák proaktív megelőzésében, valamint a kémiai segédanyagok adagolásának optimalizációjában” címmel tartott igen összefoglaló előadást **Bognár Ferenc** a HACH képviselőjében. Elemezte a biológiai szennyvíztisztítás költségtényezőit és azok csökkentésének a lehetőségeit. A javítás lassítójának ugyanakkor a a bevált szokásoktól való megváltás nehézségét, aggodalmát a „pengeélen táncolástól”, és a vezérlési algoritmusok kidolgozása/tesztelése nem könnyű feladatát értékelte. Bemutatta a lehetséges vezérlés és szabályozás korszerű módszereit, a dolgozó biomassza koncentrációjának, állapotának stabilizálási lehetőségét a változó hőmérsékletek mellett is. Külön bemutatta a fonalasodás felismerésének a lehetőségét, s az estében alkalmazható SRT modul kontrollt. A vegyszeres foszforeltávolítás szabályozásával is külön foglalkozott. Ugyanígy külön elemezte denitrifikáció javítása céljából történő külső tápanyag hozzáadás és az iszapsűrítés lehetőségét is.

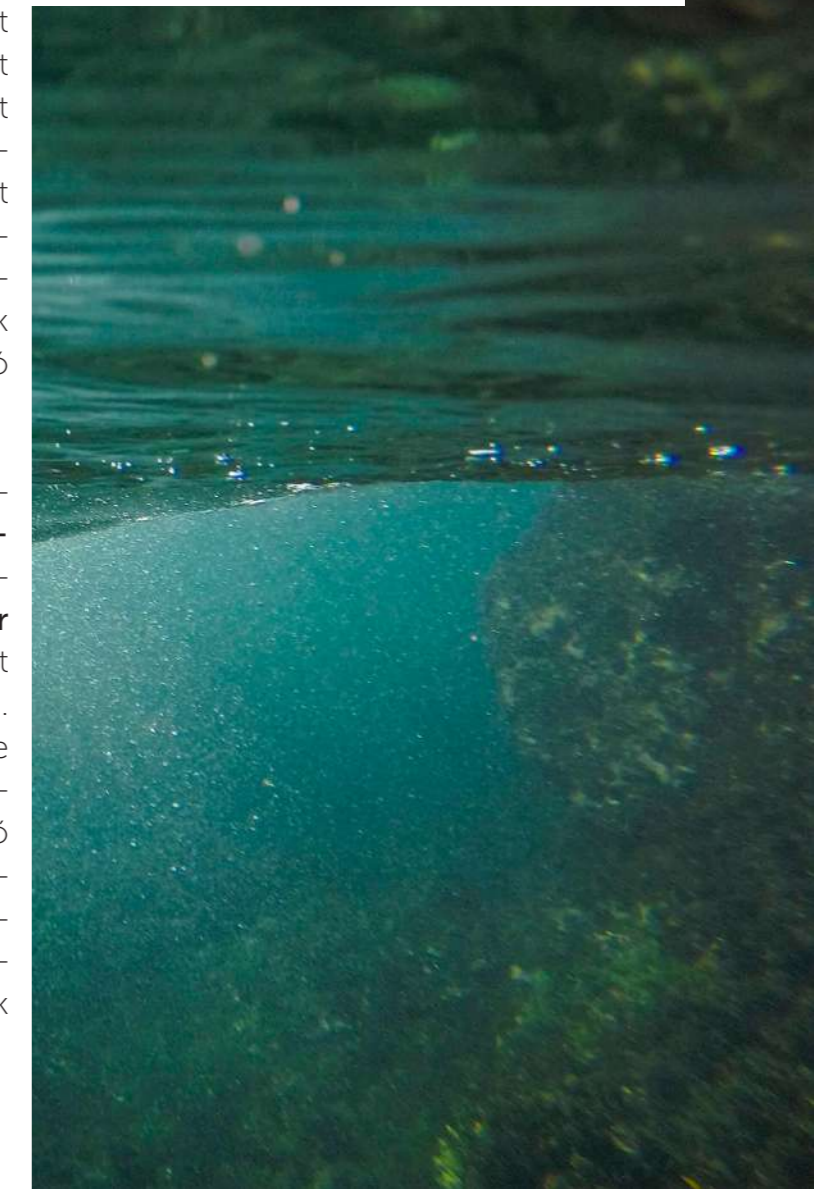
Kassai Zsófia és **Kiss Katalin** az „Iszapvíztelenítő centrifugák polimerfogyasztásának optimalizációja az Észak-pesti Szennyvíztisztító



Telepen” címmel elhangzott előadásában egyértelmű ipari tapasztalatról számolt be. Az észak-pesti szennyvíztelepen a keletkező rothasztott iszap víztelenítését centrifugákkal végzik. A polielektrolit adagolás csökkentésére két megoldást próbáltak ki a rendelkezésre álló két víztelenítő soron. Az egyik a meglévő, három kaszkádos polielektrolit bekeverőnél történő hígítás (polielektrolit koncentráció csökkentés) volt az első centrifuga esetében, a másik pedig a régi szabad térfogatokkal történő új beoldó egység beiktatása, ugyancsak hígítás céljából. Mindkét megoldás pozitív eredménnyel járt. A hígabb polimer oldat változatlan szóranyag tartalmú centrifugált iszapot eredményezett, ugyanakkor csökkent a fajlagos vegyszer felhasználás a víztelenítésnél. Ez 30 %-os költségcsökkenést is hozott az iszapvíztelenítésnél. A második sor esetében a folyamatirányítást is sikerült jobban ellenőrzötté, szabályozhatóvá tenniük, aminek alapján a centrifuga előtti iszapkoncentráció megfelelő ellenőrzését is fontosnak találták.

A rendezvény utolsó előadása a szennyvíztisztítás során keletkező **struvit kicsapata- sának üzemeléséről** hangzott el, egyidejűleg értékelve az azzal **lehetséges foszfor visszanyerést** is. Az előadó Román Pál volt az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telepről. A struvit ($MgNH_4PO_4 \times 6H_2O$)képződése igen gyakori a rothasztókat követően az iszapvízben, ha a pH abban megemelkedik, s kellő mennyiségű magnézium ion is rendelkezésre áll. Kiválása különösen a vezetékek eltömődésével okoz üzemeltetési gondot. Lehetőség van ugyanakkor ennek a struvinak

a kicsapata- sára magnézium adagolással, s valamilyen pH beállítással mind a rothasztást követően az iszapos vízből, mint a centrifugás víztelenítésnél keletkező iszapvízből is. Számtalan üzemelő technológiát bemutatva is meg kellett állapítania, hogy így a vizes fázisból csak a nyersiszap P tartalmának a 10-14 %-a nyerhető vissza mezőgazdasági hasznosításra. Nagyobb hatásfokú P visszanyerés csak savazással érhető el. Ez viszont olyan utótisztítási lépcsőt és vegyszerköltségeket igényel, ami ma még nem gazdaságos.



ÜZEMELTETÉS VÁLTOZÓ KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT

SZAKMAI NAP
2019. OKTÓBER 9.



A szakmai nap levezető elnöki feladatait Prof. Dr. Juhász Endre látta el. Tizenegy előadás hangzott el.

Az előadók egyetemi oktatók, víziközmű üzemeltetők, a vízellátás és szennyvízkezelés területén dolgozó vállalkozások szakemberei voltak. Az összejövetel fő célja az volt, hogy

a résztvevők segítséget kapjanak a víziközmű rendszerekben, főként a szennyvíztisztító telepeken téli körülmények között felmerülő nehézségek megelőzésében vagy megoldásában.

Alapos, a mikrobiológia mélységeibe merülő ismertetéseket kaptunk az eleveniszap ülepedőképességét befolyásoló hatásokról,

a megfelelő iszapszerkezet kialakulásának feltételeiről, a tápanyagarányok optimalizálásának lehetőségeiről.

Megismertünk olyan segédanyagokat és kapcsolódó technológiákat, amelyek támogatják az üzemeltetőket a tisztítási hatásfok javításában, a meghibásodásoktól mentes üzemeltetésben, a meghibásodások felderítésében, a rendszerek hatékonyságának vizsgálatában, a medencék gyors tisztításában.

Üzemeltetők osztották meg a hallgatósággal azokat a tapasztalatokat és megoldásokat, amelyek segítették őket a téli üzemeltetési nehézségekben, a megfelelő tápanyagarányok beállításában, a költséghatékony működésben.

Néhány vízipari résztvevő kiállította termékeit és újabb fejlesztéseit.

Szakmai és baráti beszélgetésekre is sikerült sort keríteni. Nem jöttünk hiába.

A szakmai napon elhangzott előadások megtalálhatóak a [Tudástárban](#).

A rendezvény Arany fokozatú támogatója:



A rendezvény Ezüst fokozatú támogatója:



MASZESZ VÍZÉRTÉK KONFERENCIA: A MAI VÍZGAZDÁLKODÁSI GYAKORLAT NEM FENNTARTHATÓ- PARADIGMAVÁLTÁSRA VAN SZÜKSÉG



A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség országos konferenciája idén, a Budapesti Víz Világtalálkozó (BWS) fókuszának jegyében, a BWS utórendezvényeként a vízválság megelőzésének hazai vonatkozásait vizsgálva került megrendezésre VÍZÉRTÉK Konferencia néven.

A konferenciát a Magyar Export-Import Bank Zrt. és a Nemzeti Közszolgálati Egyetem társ-szervezésével 2019. november 14-én tartották a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen.

A rendezvény köszöntőjében Kovács Károly elnök úr köszöntőjében kiemelte, hogy a VÍZÉRTÉK konferencián arra keressük a választ, mit jelent a vízválság Magyarországon,

mit tehet a hazai vízipar és a társadalom annak megelőzésére? A témában érintett, ismert és elismert szakemberek, szakigazgatási és társadalmi szereplők bevonásával áttekintésre kerül a települési vízgazdálkodás helyzetképe és górcső alá vonjuk, milyen szerepet vállalhat és kell, hogy vállaljon a szakma és a társadalom a hazai és nemzetközi víziközmű infrastruktúra, a vízkészlet- és

vagyongazdálkodás-, vízipari erőforrás gazdálkodás, munkaerő utánpótlás, és vízárságválság megelőzésében.

Joó István úr, a Külgazdasági és Külügyminisztérium export növekedésért felelős helyettes államtitkára köszöntőjében örömmel üdvözölte a MaSzeSz VÍZÉRTÉK konferenciáját, mint a Budapesti Víz Világtalálkozó (BWS) utórendezvényét. Beszédében összefoglalta a pont egy hónappal ezelőtt kezdődő Világtalálkozó szakmai eredményeit. Az immár harmadik alkalommal megrendezett BWS 118 országból több mint 2400 résztvevőt vonzott hazánkba, ami 57 magas szintű delegáció részvételét jelentette. Döntéshozók, a tudományos élet képviselői, politikusok, finanszírozó intézmények, ipari szereplők aktív részvételével és közreműködésével zajló háromnapos tanácskozás és szakkiállítás rendkívül eredményesen zárult. Több mint 700 üzleti tárgyalás, 109 bilaterális egyeztetés, 5 jelentős együttműködési megállapodás aláírása és egy éven belül realizálódó konkrét üzleti sikerek fényjelezték a rendezvényt. Helyettes államtitkár úr megnyitó beszédében hangsúlyozta a Külgazdasági és Külügyminisztérium vízdiplomáciai, vízipari exportfejlesztést támogató tevékenységét is.

Aki a vizet szolgálja, a közt szolgálja, emelte ki Dr. Bíró Tibor, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem dékánja köszöntőjében. A rendezvény társszervezőjeként dékán úr üdvözlő beszédében kitért a vizes oktatás fontosságára, a szakmai utánpótlás-nevelés nélkülözhetetlenségére, melyhez ugyancsak elengedhetetlen

a vízárságválság, a vizes szakmai iránti érdeklődés növekedése, erősödése. Felszólalásában elmondta, hogy a közeljövőben vízdiplomáciai mesterképzés is indul az NKE-n és jelentős fejlesztéseken is dolgoznak annak érdekében, hogy az oktatás fel tudja venni a lépést a piaci, szakmai innovációkkal. trendekkel.

Szőcs Gábor, az EXIM Bank kabinetvezető-igazgatója, mint a konferencia másik társszervezője és a negyedik plenáris ülés házigazdája köszöntőjében kiemelte a Bank által nyújtott támogatások-finanszírozások sokszínűségét, hangsúlyozva, hogy ebben mindig kiemelt szerepet szántak a víziparnak, a vízipari fejlesztésnek (lásd három afrikai szennyvíztisztító projekt EXIM finanszírozása).

A köszöntőket követően a kiemelt jelentőségű konferencián négy plenáris blokkban, felvezető előadásokat követő moderált panelbeszélések keretében vizsgálták a résztvevők, mit jelent a vízválság Magyarországon. A rendezvényen megfogalmazásra került, hogy a vízválságot hazánkban a víziközmű-szolgáltatás fenntarthatatlansága, a rekonstrukció és a szakmai utánpótlás hiánya, a nem megtérülő beruházások, a finanszírozási források szűkössége, jövőbeni kiszámíthatatlansága jelenti. Szakértők megfogalmazása alapján átléptünk azon az inflexiós ponton, melyen túl már egyértelmű akarat és erőfeszítés elvárt ahhoz, hogy a jövő generációi számára alapjogként megfogalmazott vízhez jutást, szanitációt fenntartható módon hazánkban is biztosítani lehessen.

A megoldás az összefogásban, az ágazaton belüli és azon túlnyúló, társadalmi szerepvállalásig, intézményi összefogásig érő partnerségben keresendő, ez jelent megoldást a szektor kihívásaira.

A partnerség jegyében az EXIM Bank által vezetett negyedik szekcióban a fókusz a nemzetközi üzletfejlesztési lehetőségek bemutatásán volt a vízpar számára, a finanszírozási és támogatási lehetőségek ismertetése. Az EXIM részéről a multidonor fejlesztési intézmények által kínált nemzetközi projekt lehetőségek, illetve a külföldön finanszírozható beruházások paraméterei kerültek részletesen bemutatásra. A VÍZÉRTÉK konferencián került átadásra a Szövetség elismerései. A MaSzeSz elnöksége Dr. Somlyódy László professzort a magyar vízgazdálkodás szakmai hírnevének erősítéséért és a MaSzeSz elnökeként a Szervezet hazai és nemzetközi elismertségének megteremtéséért tiszteletbeli elnök kitüntetésben részesítette.

A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség Elnöksége Dr. Benedek Pál elismerésben részesítette Dr. Buzás Kálmán címzetes egyetemi tanárt hazánk fenntartható települési vízgazdálkodás, csapadékvíz-gazdálkodás területén végzett több évtizedes kiemelkedő jelentőségű, pótolhatatlan szakmai tevékenységéért.

A VÍZÉRTÉK konferencia előadásai elérhetők a [Tudástárban](#).

A konferencia társszervezői:



KIEMELT támogató:



RENDEZVÉNY támogató:



GRATULÁLUNK ...

Dr. Somlyódy László professzor a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja, az MTA Műszaki Tudományok Osztály elnöke és az Elnökség tagja (1999-2005) volt, valamint ő volt a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség (MaSzeSz) első elnöke.

2004-2006 között az IWA (International Water Association) vezetőjeként egyesítette az addig külön vízzel és szennyvízzel foglalkozó szakmai szövetségeket, megteremtve a teljes vízügyi szakma egységét. 2006-2009 között az Európai Környezetvédelmi Ügynökség Tudományos Bizottság elnöki posztját is betöltötte. A magyar vízgazdálkodás szakmai hírnevének erősítéséért és a MaSzeSz elnökeként a szervezet hazai és nemzetközi elismertségének megteremtéséért **a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség Elnöksége Tiszteletbeli elnök** kitüntetésben részesítette.



Dr. Buzás Kálmán címzetes egyetemi tanárt hazánk fenntartható települési vízgazdálkodás, csapadékvíz-gazdálkodás területén végzett több évtizedes kiemelkedő jelentőségű, pótolhatatlan szakmai tevékenységéért és a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség Csapadékvíz-gazdálkodási Munkacsoport Elnökeként végzett odaadó munkájáért **a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség Elnöksége** Dr. Benedek Pál díj elismerésben részesítette.





JURTA-LÁZ

LÁZBÉRCI CSAPATÉPÍTŐ PROGRAM A MASZESZJURTA SZERVEZÉSÉBEN, 2019. OKTÓBER 25-26.

SAMU KATALIN ÉS BAKOS VINCE, MASZESZJURTA ELNÖKSÉGI TAGOK

Kétnapos csapatépítő programunk során az ÉRV Zrt. vendégszeretetét élveztük, több tekintetben is.

Pénteken Budapestről indultunk, hogy a több órás út után elfoglaljuk az ÉRV Zrt. üdülőjében takaros szállásunkat (a szuper összkomfortos II. sz. gátórházat). A lázbérci víztározónál Csörsz Krisztián vezetésével megtekintettük a vízkivételi művet, illetve a víztisztító üzemet is, professzionális szakmai vezetésben volt részünk! A több, mint 4 órás üzemlátogatás után vacsorára közös erővel paprikás krumplit készítettünk, melyet a jóféle sörök és borok mellett jólesően fogyasztottunk el nagy társasjátékozás közben.

Szombaton a reggeli és a szállás elhagyása után szintén Krisztián vezetésével a 20-25°C-os késő őszi napsütéses kánikulában Szilvásvárada

vettük az irányt, itt is bejártuk az „ékszerdobozként” méltán emlegetett szilvásváradai felszíni víztisztító művet, ahol víz kóstelásban is részt vehettünk a különlegesen jó minőségű szilvásváradai csapvízből, ami 2015-ben elnyerte a legjobb hazai ivóvíz díjat. Ezt követően egy könnyebb sétával megtekintettük a vízkivételi helyet, illetve közelsége miatt elsétáltunk a Fátyol vízeséshez is.

Ezúton is köszönjük Molnár Attila műszaki igazgatónak és Pintér Jánosnak a program előkészítésében nyújtott készséges támogatást és segítséget. Emellett külön köszönet Csörsz Krisztiánnak a részletes és profi szakmai körbevezetésért!



TELEPÜLÉSI CSAPADÉKVÍZ-GAZDÁLKODÁSI KONFERENCIA



„A csapadékvíz érték, a víznek az ügye pedig a közügye, ezért is szolgál a konferencia helyszínül a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz Tudományi Kara, ahol a hazai vízügyi igazgatás szakembereit képezik – hangsúlyozta a második alkalommal megrendezett Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencián Bíró Tibor dékán. A mintegy négyszáz fő részvételével zajló kétnapos bajai rendezvényen hazai és határon túli szakemberek vitatták meg a vízügy, kiemelten a csapadékvíz gazdálkodás fontosabb kérdéseit.

A november 21-ei rendezvényt megelőző este, a konferencia felvezetőjeként szakmai kerekasztal-beszélgetésre került sor a Kárpát-medencei Települési Csapadékvíz-gazdálkodás címmel. Ezt követően került sor az októberi Budapest Water Summit Világtalálkozóhoz hasonlóan ez a rendezvény is azt

Ezekkel párhuzamosan az egyetemre látogatók különböző, vízügygel foglalkozó cégek kiállító standjait is megtekinthették. Bíró Tibor dékán köszöntőjében elmondta, hogy az októberi Budapest Water Summit Világtalálkozóhoz hasonlóan ez a rendezvény is azt

a célt szolgálja, hogy a vízügyi szakemberek szakmai párbeszédet folytassanak a vízügyi krízisek megoldásai lehetőségeiről. Bíró Tibor szerint a jövőben feladatok között meg kell vizsgálni például a differenciált szolgáltatási biztonság bevezetésének lehetőségét, és át kell gondolni, hogy a stacionárius csapadék maximum függvények helyett hogyan lehet a klímaváltozást figyelembe vevő trendelemzéseket alkalmazni. „Fontos meghatározni azt is, hogyan lehet a tervezési protokollba beilleszteni a korszerű téradatmérési módszereket” – hangsúlyozta a dékán, aki szerint meg kell vizsgálni a mesterséges intelligencia eszközeinek használatát az elvezető hálózatok hidraulikai optimalizációja kapcsán is. Meg kell vizsgálni, hogy milyen tér és időbeli sűrűségű monitoring rendszert kell kialakítani és hány perces intenzitás legyen a mértékadó értékek számításának az alapja. De az is kérdés, hogy a csapadék-visszatartás, illetve -lefolyás csökkentésének eszközeit hogyan lehet integrálni a tervezés gyakorlatába? Bíró Tibor hangsúlyozta, hogy „gazdasági és jogi környezet megteremtése nélkül, érdemi lakossági csapadék-visszatartás nem képzelhető el”.

„A károk megelőzéséről gondoskodni kell” – erről már Hofmann Imre, a Belügyminisztérium közfoglalkoztatási és vízügyi helyettes államtitkára beszélt a konferencián. Hangsúlyozta, hogy ehhez osztársadalmi összefogás szükséges, „egy cél érdekében kell dolgoznia mindenkinek”. Az állam által koordinált együttműködéshez a megfelelő keretet a vízügynek kell majd biztosítani. Az államtitkár beszédében a többi között a felsőoktatásban

végzett vízügyi mérnökök jelentős szerepét, valamint a doktori iskolák fontosságát is hangsúlyozta. Elhangzott, hogy a társadalom megszólításához új kommunikációs technikákra van szükség, „El kell érni, hogy a csapadék-víz-gazdálkodás tervszerű és korszerű szemléletét tükröző intézkedéseket, beruházásokat az érintettek összehangolva tegyék meg. Ehhez az önkormányzatok és egyes ingatlan tulajdonosok hozzáállását és szemléletét is meg kell változtatni” – tette hozzá Hofmann Imre. „Szinte minden nap találkozunk a klímaváltozás kifejezéssel, illetve annak hatásaival és következményeivel. Ami néhány éve csak könyvekben és filmekben volt jelen, az a mai napra valóságosá vált” – mondta köszöntőjében Zsigó Róbert, Baja és térségének országgyűlési képviselője. Az Agrárminisztérium államtitkára szerint a kihívásokra fel kell készülni, de nem csak az agráriumban, hanem az önkormányzatoknak és a településeknek is.

A megnyitót követő plenáris előadáson Láng István, az Országos Vízügyi Főigazgatóság főigazgatója a települési vízgazdálkodásról beszélt, a klímaváltozás tükrében. Elhangzott, hogy a víz minőségi kárelhárításának érdekében fontos karbantartási terveket készíteni a településeken, amelyet elősegíthetne egy országos tervezési program is. Tóth Ferenc tű. dandártábornok, a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság polgári védelmi főfelügyelője előadását a hosszútávú vízkárelhárítási tevékenységekről tartotta. „A környezetvédelem honvédelem, ezért minden magyar állampolgár feladata megelőzni az elkerülhetőt, és felkészülni



az elkerülhetetlenre”- fogalmazott a szakember. Szerinte Magyarország egy alvizi ország, melynek minden része monitorozás alatt áll, így rendelkeznie kell egy veszélyelhárítási tervvel, hogy minden kockázati tényezőre fel lehessen készülni. Radács Attila, a Magyar Víziközmű Szövetség Műszaki Bizottságának elnöke elmondta, hogy feladatuk a szélsőséges időjárási körülmények okozta egyre nagyobb mennyiségű csapadékvíz elvezetése. „Egy új koncepció kidolgozása a cél, új szemlélet kell, a csapadékvíz tározására és elvezetésére egyszerre van szükség”- fogalmazott. Szerinte támogatni kell a lakossági csapadékvíz-tározást, illetve visszatartást, hiszen a túlcsonduló szennyvízcsatornák hatalmas károkat és közegészségügyi problémákat okoznak.

A délutáni szekcióülések szakmai megközelítésből nyújtottak betekintést a csapadék-víz-gazdálkodás folyamataiba, rámutattak a kutatási és innovációs lehetőségekre, mind a tervezés, mind az üzemeltetés, a stratégia,

a politika és az oktatás, valamint a település- és lakosságvédelem témáiban egyaránt. A szekcióülésekkel párhuzamosan intézményi Diákköri Konferencia is helyet kapott a rendezvényen, ahol a kar hallgatói mutatták be pályamunkáikat.

Bíró Tibor dékán összegzésképpen elmondta, hogy a kétnapos rendezvény átfogó célja többek között a meglévő települési csapadékvíz elvezető rendszerek fejlesztési stratégiáinak, és a település-fejlesztés lehetőségeinek bemutatása volt. Emellett a résztvevők megvitatották a klímaváltozással együtt járó szélsőséges időjárási helyzeteket figyelembe vevő hatékony települési csapadékvíz-gazdálkodás műszaki, gazdasági és jogi megoldásait is. Továbbá kiemelte, hogy a társadalmi tudatosság kialakítása a víz használatának kérdésében egyre fontosabb, illetve, hogy az újabb generációk már egyre környezettudatosabban élnek, és az életükben egyre nagyobb szerepet kap a „víztudatos” életvitel is.

INTEGRÁLT VÍZGAZDÁLKODÁS – A HIDROINFORMATIKA SZÜLETÉSE – EURÓPAI ÉS GLOBÁLIS INTEGRÁCIÓ

IJJAS ISTVÁN

A könyv az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) Vízügyi Tudományos Tanácsának kezdeményezésére, az OVF támogatásával készült a Jövőépítés a vízgazdálkodásban című, a hazai vízgazdálkodás kiemelkedő tudósainak életműveit bemutató sorozat harmadik eleme. A sorozat eddigi kötetei:

Szigyártó Zoltán: Válogatás Dr. Szigyártó Zoltán kutatási eredményeiből - 65 év a hazai vizek szolgálatában (Budapest, OVF, 2017)

Somlyódy Laszlo: Felszíni vizek minősége. Modellezés és szabályozás (Budapest, Typotex Kiado, 2018)

IJJAS ISTVÁN a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékének professor emeritusa. Korábban a Tanszék vezetője és a vízgazdálkodás professzora volt. A BME programjai keretében szerezte építőmérnöki, gazdasági mérnöki, PhD és Dr. habil. címét a vízgazdálkodás különböző szakterületein. Jelenlegi fő kutatási területei az integrált vízgazdálkodás, a vízbiztonság, a nemzetközi vízgazdálkodás és a vízgazdálkodás a nagy, nemzetközi vízgyűjtőkön. Számos szakmai-tudományos közéleti megbízása volt. A legfontosabb tisztségei közé tartozott az, hogy a Magyar Hidrológiai Társaság elnöke, a Nemzetközi Öntözési és Vízrendezési Szövetség (ICID) alelnöke, az ICID Döntési Rendszerek Munkacsoportjának elnöke, az ICID Magyar Nemzeti Bizottságának

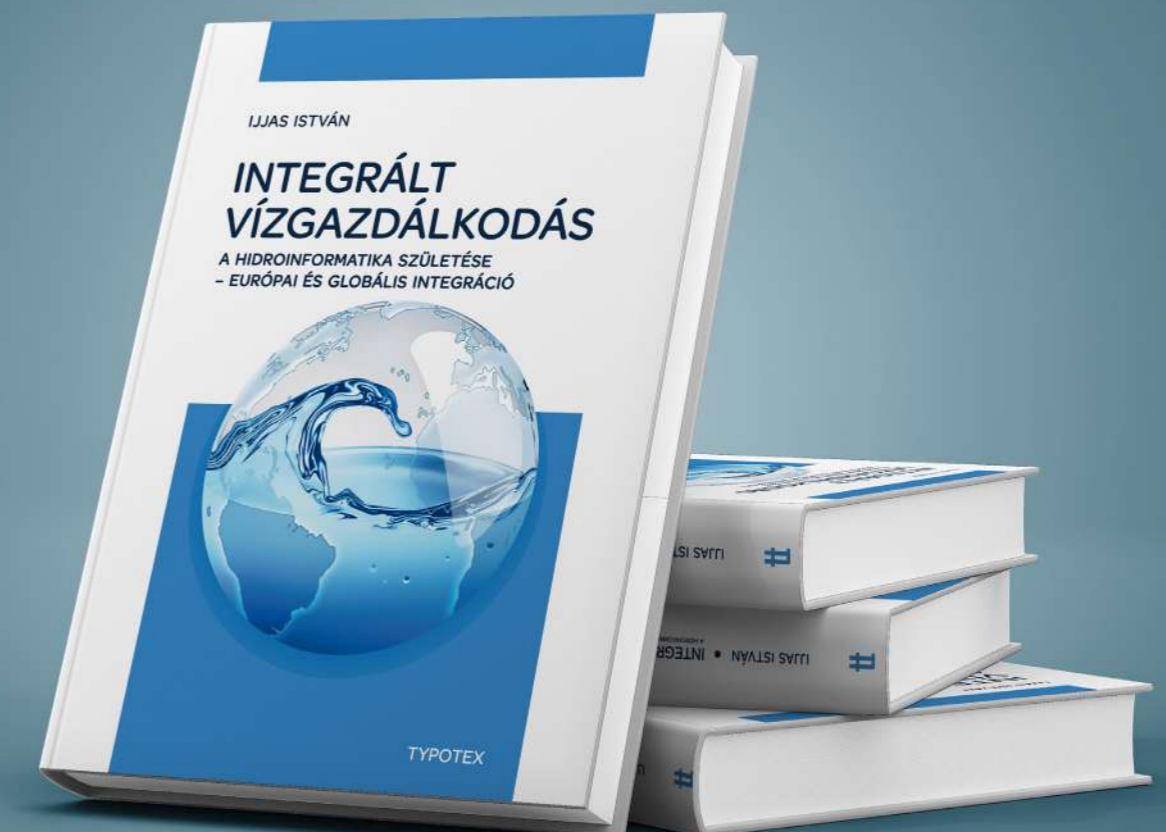
elnöke, a Magyar Környezetvédelmi Tanács alelnöke, a Nemzetközi Duna Védelme Bizottság Vízgyűjtő-gazdálkodási Munkacsoportjának, az EU Víz Keretirányelve Közös Végrehajtási Stratégiája Integrált Vízgyűjtő-gazdálkodási Munkacsoportjának, valamint az EU Regionális Főigazgatóság Duna Stratégia Akciótervét Megfogalmazó Szakértőcsoportjának tagja volt. Jelenleg tagja a Hidrológiai Társaság elnökségének és az OVF Vízügyi Tudományos Tanácsának.

A könyv a vízgazdálkodást az elmúlt ötven évben érintő nagy változásokhoz kötve mutatja be szerző szakmai pályafutását. Szerző szakmai idővonalát két, több évtizedig tartó részre osztható: a hidroinformatika születésében és az európai és globális vízgazdálkodási integrációban való részvétel időszakára. Erre

IDŐVONAL

utal a könyv alcíme, és ezzel a két témakörrel foglalkoznak a könyv fő fejezetei is. A számítógépek megjelenésének és térhódításának (a hidroinformatika születésének) nagy jelentősége volt az emberiség és a víztudományok történetében. A hidroinformatika, a digitalizáció ma az egyik legfontosabb eszköze az integrált vízgazdálkodásnak. Az emberiség és a víztudományok történetében soha nem volt olyan szoros és intenzív együttműködés Európában és a világon a vízgazdálkodásban, mint az elmúlt évtizedekben.

Az első, bevezető, „Idővonal” című fejezet összefoglalja szerző szakmai-tudományos eredményeit, önkritikusan kitérve a kudarcokra is. Szerző a saját munkáihoz kapcsolódva felhívja a figyelmet az integrált vízgazdálkodás két olyan témakörére, amelyekről nem sok szó esik a hazai vízgazdálkodási szakirodalomban. *Az egyik a hazai és nemzetközi szakmai-tudományos szervezetek jelentős szerepe az integrált vízgazdálkodási módszerek terjedésében (1.4 fejezet, 37-50. oldal), a másik pedig a vízgazdálkodás, mint a víztudományok külön szakterületének kialakulása Magyarországon,*



ÖNTÖZŐ CSŐHÁLÓZATOK SZÁMÍTÓGÉPPEL SEGÍTETT TERVEZÉSE

beleértve az integrált vízgazdálkodás mód-szereinek kialakulását és terjedését is (1.5 fejezet, 51-61. oldal). Az 1.5 fejezetben fontos témakörrel foglalkozik az 1.5.3 alfejezet (59-61. oldal), ami rámutat arra, hogy sokan a mai tudományos eredmények és eszközök birtokában kritizálják az elmúlt századok nagy vízmérnökeinek a terveit (például a Tisza-szá-bályozást), amit szerző etikátlannak tart, mert nagynevű elődjek tevékenységét csak az akkor rendelkezésükre álló hazai és nemzetközi szakmai-tudományos ismeretek és eszközök figyelembevételével szabad értékelni.

A SZÁMÍTÁSTECHNIKAI OKTATÁS ÉS KUTATÁS KEZDETEI

A könyv második fejezete a számítástechnikai oktatás és kutatás kezdeteivel foglalkozik Magyarországon. Az elmúlt ötven év igazolta, hogy nem túlzás azt mondani, hogy a hidroinformatika születése forradalmi változást hozott a vízgazdálkodásban, és a fejlődés olyan gyors és nagy, hogy ma is csak találgatjuk, hogy mit jelent majd a digitalizáció a vízgazdálkodásban. Szerző nagyon szerencsésnek tartja magát, mert a hidroinformatika bölcsőjénél saját maga is aktívan tevékenykedhetett. Ezért úgy érezte, hogy az utókor számára meg kell írnia, hogyan kezdődött ez a forradalom, hogy mit éreztek, hogyan gondolkodtak akkor arról, hogy áldást vagy átkot, vagy mindkettőt hoz-e majd a számítógépek jövője?

A gazdasági szempontoknak a hidraulikai méretezési módszerekbe való integrálása tette lehetővé azt, hogy bonyolult, nagy öntöző csőhálózatokat, sokféle üzemiállapot figyelembevételével, számítógéppel, automatikusan lehetett megtervezni, legalább olyan szinten, ahogyan a leggyakorlottabb tervezők meg tudták volna tervezni azokat. A bemutatott módszerek ma is korszerűnek tekinthetők. A hazai és nemzetközi szakirodalomban nem található ma sem olyan másik módszer, amellyel több üzemiállapot egyidejű figyelembevételével, számítógéppel méretezni lehet az elágazó csőhálózatokat. Még számítógéppel is csak találgatásos módszereket alkalmaznak, ami nagy csőhálózatok esetén gyakorlatilag nem alkalmazható megoldás. A fejezet anyaga a bemutatott módszerek oktatásához és alkalmazásba vételéhez változtatás nélkül alkalmazható.

SZÁMÍTÓGÉPPEL SEGÍTETT DÖNTÉSHOZÁS

A könyv negyedik fejezete (155-204. oldal) vízgazdálkodási rendszerek számítógéppel segített működtetéséhez és fejlesztésének tervezéséhez mutat be három matematikai modellt, amelyek többféle tényező integrálását teszik lehetővé a rendszerekben kialakuló folyamatok modelljeibe. A vízgazdálkodási rendszerekben kialakuló folyamatokat vizsgáló szimulációs modellek az alkalmazásuk bonyolultsága és nehézségei ellenére gyorsan fejlődnek és terjednek. A fejezetben bemutatott,

„menedzsment” modellnek is nevezett típusú, „döntés támogató” modellek alkalmazását azonban még a szimulációs modelleknél is több nehézség akadályozza (a menedzsment modell a szimulációs modellek eredményei alapján a működtetési illetve fejlesztési változások kiválasztását is támogatja). A szakirodalom azt tükrözi, hogy a fejezetben bemutatotthoz hasonló típusú döntést támogató modellek alkalmazásának új korszaka kezdődött. Az ismert modellek az integrált vízgazdálkodáshoz szükséges sokféle tényező figyelembevételét teszik lehetővé, és így segíthetik azt (példákat adnak ahhoz), hogy az ilyen típusú modellek alkalmazásának új korszaka Magyarországon is megkezdődjék.

EURÓPAI INTEGRÁCIÓ A VÍZGAZDÁLKODÁSBAN

A könyv ötödik fejezete (205-356. oldal) általános bevezetőt ad az integrált vízgazdálkodásról, annak alapfogalmáról, történetéről, alapvetéseiről, módszereiről, helyzetéről (5.1 fejezet, 205-236. oldal). Szerző tanulmányai alapján bemutatja, hogy milyen hatással volt az Európai Unió az európai vízgazdálkodásra (5.2 fejezet, 237-263. oldal), az európai szintű integrálásra a vízgazdálkodás különböző szakterületein (5.3 fejezet, 264-306. oldal), és az integrálásra a nemzetközi vízgazdálkodásban (5.4 fejezet, 307-352. oldal). Szerző az EU-hoz való csatlakozás előtt írt elemzése alapján mérleget készít, elmondja, hogy mit várt

a csatlakozástól a vízgazdálkodás területén és, hogy mi vált be a várakozásaiból. Rámutat arra, hogy a Víz Keretirányelv szerinti vízgyűjtő-gazdálkodás nagyon fontos eredményeket hozott, de az igazán integrált, a fenntarthatósági célok megfelelő vízgazdálkodásnak a gazdasági és szociális célok teljesítéséhez szükséges vízgazdálkodási intézkedéseket is meg kell valósítania. Az integrált vízgazdálkodás lényegének megértéséhez, a jó gyakorlatoknak a napi vízgazdálkodásban jelentkező legfontosabb problémák megoldására való alkalmazásához ez a fejezet adhatja a legnagyobb segítséget. A fejezetet olyan útmutatókra, jelentésekre, ajánlásokra, kritikai elemzésekre épül, amelyeket szerző a vízgazdálkodás jelentős problémáinak kezeléséhez az államigazgatási dolgozók, a tervezők és a kutatók számára írt. Egyetemi oktatáshoz kötelező olvasmányként célszerű használni ezt a fejezetet, úgy, hogy a tanár ppt diaszorozatban kiemeli a hallgatók számára a lényegét.

GLOBÁLIS INTEGRÁCIÓ A VÍZGAZDÁLKODÁSBAN

A könyv hatodik fejezete (357-394. oldal) a világot fenyegető vízkrisis kezelésére indított világszintű akcióprogramokkal foglalkozik, beleértve a hazai vonatkozásokat is. A 6.1 fejezet (359-388. oldal) a „vízbiztonságos világ” akciót mutatja be, a 6.2 fejezet (389-394. oldal) pedig az integrált vízgazdálkodás szerepét a fenntartható fejlődési célok elérésében.

AZ INTEGRÁLT VÍZGAZDÁLKODÁS MÓDSZEREINEK OKTATÁSÁT ÉS GYAKORLATI ALKALMAZÁSÁT IS SEGÍTŐ „ÉLETMŰ KÖTET”

A könyv nem szakkönyv vagy tankönyv az integrált vízgazdálkodásról - hanem a Vízügyi Tudományos Tanács felkérésének megfelelően - „életmű kötet”. Az integrált vízgazdálkodás keretébe tartozó legfontosabb témakörök jelentős részével foglalkozik. Olyan témákkal, amelyek kulcskérdéseinek megválaszolásához szerző és munkatársai saját szakmai-tudományos munkát végeztek. Az integrált vízgazdálkodásnak vannak olyan témakörei is, amelyek a könyvben nem szerepelnek, mert szerzőnek nem volt olyan munkája, amellyel hozzájárult a téma kidolgozásához vagy módszereinek elterjesztéséhez. Ennek ellenére a könyv úgy készült, hogy az integrált vízgazdálkodás jó módszereiről (divatos kifejezéssel „jó gyakorlatairól”) lehetőleg minél teljesebb, logikus rendben ismertetett képet kapjon az olvasó. Így szerző reméli, hogy a könyv oktatási célra és a tárgyalt módszerek gyakorlati alkalmazásának elősegítésére is használható lesz. Szerző a könyvet egyetemi hallgatóknak, volt tanítványainak és munkatársainak, valamint a víztudományok szakértőinek és szakpolitikusainak is ajánlja. Felajánlja a segítségét azoknak, akik a könyvben bemutatott modelleket és módszereket alkalmazni kívánják.

Typotex Kiadó- 416 oldal-2019.



KÖZEPES ÉS KIS SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEK ÜZEMELTETÉSE

DR. PATZIGER MIKLÓS

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízi Közmű és Környezetvédelmi Tanszékének egyetemi docense, **Dr. Patziger Miklós** által írt - „**Közepes és kis szennyvíztisztító telepek hatékony üzemeltetése** „ - című könyv, amelynek minden szennyvíztisztító telepen és minden szennyvizes szakember asztalán helye van, hiszen a benne található információk és adatok újszerűek és naprakészek, a mai technológiáknak megfelelő ismereteket és adatokat tartalmazza, ezáltal a régi – idejétmúlt – szakkönyvek is kiválthatók általa.

A könyv elérhető angol és szerb nyelven is és ajánlott minden olyan vállalat számára, ahol külföldi partnerek vannak, ahol szükséges a nemzetközi szintű tudásátadás vagy egyszerűen csak szeretnék idegen nyelven megismerni a szennyvíztisztító telepek üzemeltetésének minden apró momentumát.



MEGREDELŐ
MAVÍZ KIADVÁNYOKHOZ

INDUL AZ ÚJ PROGRAMOZÁSI IDŐSZAK

HÍREK A VIZIKÖZMŰ SEKTOR SZÁMÁRA

A Széchenyi 2020 programozási időszak keretében Magyarország mintegy 12 000 milliárd forint fejlesztési forrást használhat fel az Európai Unió és a hazai költségvetés támogatásával 2020-ig. A 2023-ban pénzügyileg is lezáródó Operációs Programok jelentős támogatást adtak a települési vízgazdálkodás problémáinak enyhítésére.

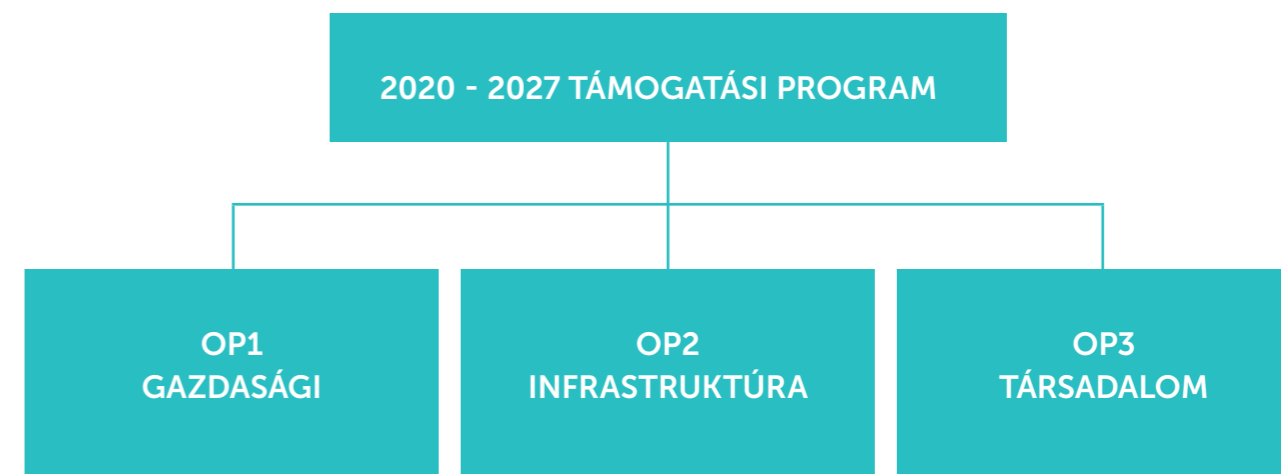
Az Innovációs és Technológiai Minisztérium Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Programokért Felelős Helyettes Államtitkársága a 2021-2027 programozási időszakra való felkészüléshez kedvezményezett találkozót tartott a víziközmű szektor részére. A tervek szerint az Európai Unió az új időszakban a zöld/kék infrastrukturális fejlesztések megvalósíthatóságát is támogatni kívánja a terület- és településfejlesztéssel összhangban.

Dr. Schweickhardt Gyula Helyettes Államtitkár Úr tájékoztatása szerint új programozási időszak támogatási rendszer jelentősen eltér a Széchenyi 2020 rendszerétől.

Újfajta gondolkodásmódra és látásmódra van szükség. Sajnos, kevesebb lesz a forrás és csökken a támogatás intenzitása. Így jól átgondolt és megalapozott projektekre lesz szükség.

A projektek előkészítésénél fontos a többcélú projektek kialakítása, vagyis a fő projekt mellett be lehet vonni a K+F fejlesztést, a környezeti oktatást, illetve a kék és zöld infrastruktúrák megvalósítását is!

Az új Támogatási rendszer tervezett felépítése Dálnoki Noémi osztályvezető ITM KEHOP HÁ előadás szerint a 2021-2027 programozási időszakban 3 Operatív Program (OP) fedi le a teljes támogatási rendszert. Az első a gazdasági, a harmadik a társadalmi kérdésekkel foglalkozik, míg a második az infrastrukturális, vagyis a vízi közmű szektor számára fontos konstrukciókat támogatja. A teljes rendelkezésre álló uniós keret várhatóan 5.5 ezer milliárd forint lesz



AZ INFRASTRUKTÚRA OP-BEN TERVEZETT INTÉZKEDÉSEK

Szennyvíz

- agglomerációk változásából adódó beruházások
- az új szennyvízirányelv többlet kötelezettségeiből adódó beruházások
- a VKI-nak való megfelelésből levezethető beruházások
- rendszerek optimalizálása, racionalizálása
- 2000 fő alatti települések tisztítási rendszerei, közműpótló rendszerek
- iszapkezelés és felhasználás, méretgazdaságos rendszerek és hatékony kihelyezés/hasznosítás
- csapadékvíz és szennyvíz komplex kezelése, kül- és belterületi vizek összehangolásával, vízviszatarthatás, tározás és hasznosítás, ideiglenes vagy állandó elöntési területek, lefolyási útvonalak, megfelelő felületképzés és kiegészítő infrastruktúra

- kiegészítő beruházások, eszközök a rendszerek fenntartása, illetve önfenntartása érdekében és innovatív megoldások kipróbálása

Ivóvízminőség

- az új ivóvíz irányelvből adódó kötelezettségek, kiemelt paraméterek, vas, mangán és ólom
- az integrált rendszerekhez szükséges strukturális átalakítások, rendszeroptimalizálás, ha a kiváltó ok a vízminőség (beleértve a hálózat, műtárgyak megújítását is, ha az szükséges a rendszer működéséhez)
- ellátási hiányok felszámolása, saját- és közcélú ivóvízművek
- aszályos időszakok, vízszükségtség áthidalásához szükséges beruházások (pl. vízbázisvédelem, kutak felújítása, áttérés új kutakra)

- kiegészítő beruházások, eszközök, a rendszerek fenntartása, illetve önfenntartása érdekében

Víztakarékosság és az éghajlatváltozás kihívásai

- meglévő rendszerek strukturális átalakítása, optimalizálása a méretgazdaságosság, el-látásbiztonság és hatékonyság érdekében
- hálózatfejlesztés, vízvesztés csökkentése és hatékonyságnövelő beruházások
- rendszerek automatizálása, folyamatirányítás
- csapadékvíz gazdálkodás, vízvisszatartás, tározás és használat, tisztítótelepek terhelésének kiegyenlítése, települési zöld és kék infrastruktúra fejlesztése és kialakítása figyelembe véve a település környezetének vízügyi helyzetét (kül és belterületi vizek), a megfelelő felületképzést és egyéb hasznosítható tényezőket (pl. kármentesítendő területek)
- A fenntartáshoz szükséges kiegészítő infrastruktúra és eszközök, kiegészítő beruházások a rendszerek önfenntartása érdekében, innovatív megoldások

Háttérrendszerek és működtetés

- Előrejelző és mérő rendszerek, monitoring eszközpark
- Térképi adatbázisok, térinformatikai rendszerek
- Döntéstámogató elemzések, EU által előírt stratégiák és tervek
- Laborok (mobil és fix)
- Lakossági tájékoztató rendszerek, applikációfejlesztés

- Interaktív oktatási és szimulációs programok óvodai, iskolai és munkahelyi oktatási rendszerekben
- Élményprogramok, honlapok, TV/rádióreklámok természetvédelmi, környezetvédelmi céllal
- Zöldmunkahelyek

MIBŐL FINANSZÍROZHATÓAK A VÍZIKÖZMŰ SZÉKTOR PROJEKTJEI?

Az új operációs programok tervezett támogatás intenzitása lényegesen elmarad a Széchenyi 2020-ban megszokott mértéktől. Így ezekkel a konstrukciókkal csak jól felépített, átgondolt és gazdaságossági szempontból indokolható elképzeléseket szabad megvalósítani.

Ki kell tekinteni a határon túlra és igénybe venni a fellelhető forrásokat:

- **Közvetlen EU-s források**
 - o Horizon Europe/Horizont Európa
 - o Life
 - o InvestEU (nagyjából a CPR tükre, garanciát tesz a piaci alapú eszközök mögé)
 - o Cosme (KKV-eknek 499 főig)
 - o Urban Innovative Action (50 000 fő feletti települések vagy csoportok)
- **Kvótapénzek**
- **Svájci és Norvég Alapok**
- **Kiseb EU-s források (ETE):**
 - o Interreg,
 - o CBC,
 - o transznacionális programok

Egy jól megalapozott projekt esetében akár a **banki források** igénybevételét is meg lehet fontolni, vagyis

- **EIB: nagy projektek közvetlen hitelezése, programfinanszírozás állami garanciával**
- **Pénzügyi eszközök (alapot alapja: Magyar Fejlesztési Bank) ezek visszatérítendő, kedvező (pl. 0%-os) hitelek, garanciák, újra felhasználható (visszatöltődik)**

A PÁLYÁZÁS FONTOSABB ALAPIGÉNYEI:

- Célszerű megfelelően képzett, tárgyaló és kompromisszum képes hazai pályázatíró bevonása
- Feljogosító feltételeknek a készülő útmutató szerinti figyelembevétele
- OP-hoz történő megfelelő illeszkedés – esetleg integrált projektek
- Vízügy – mezőgazdaság – élelmiszertermelés fenntarthatósági összhang
- /netán regionális konstrukcióban is” smart regions” /
- Pályázó önkormányzat kapcsolódó helyi igényeinek beépítése
- Megfelelő, széleskörű gazdasági megfontolásokkal betervezve
- Tökéletes angol nyelvű megszövegezés

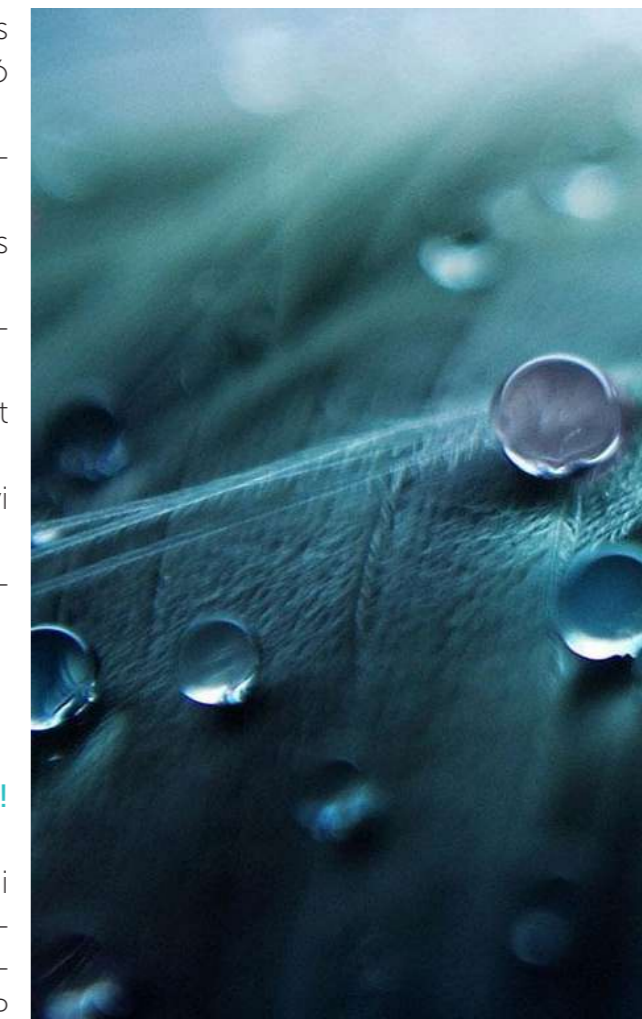
MÉG LEHETŐSÉG VAN A VÉLEMÉNYEZÉSRE!!!

Az ITM Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Programokért Felelős Helyettes Államtitkársága kéri a víziközmű szektor szereplőit, hogy véleményükkel segítség az OP

tervezett intézkedéseinek kialakítását, illetve a Széchenyi 2020 tapasztalatainak megosztásával egy új programozási időszak rendszerének kialakítását.

A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség kéri a tagszervezeteit, hogy véleményükkel és észrevételeikkel segítség az ITM munkáját.

A titkarsag@maszesz.hu címre 2019. december 30 -ig várjuk a véleményeket és a javaslatokat.



MOZGÓSÍTÁS EGY VÍZBIZTOS VILÁGÉRT - A GWP STRATÉGIÁJA 2020-2025-RE

ÖSSZEÁLLÍTOTTA : GAYER JÓZSEF -A GWP STEERING COMMITTEE TAGJA

(A VÍZMŰ PANORÁMA 2019/5 SZÁMBAN MEGJELENT CIKK UTÁNKÖZLÉSE)



Az 1996-ban a fenyegető vízválság elkerülésére létrehozott világhálózat a Global Water Partnership (GWP) ma már 13 nagyrégióban működik több mint 3000 taggal. A szervezet jövőképe egy vízbiztos világ, melynek elérése érdekében a GWP a vízügyi intézményi rendszer és a vízgazdálkodás egészének fenntartható és méltányos fejlesztését tekinti küldetésének. A GWP az érdekeltek bevonásával törekszik a vízügyi problémák megoldására és hagyományosan hat évenként megújítja stratégiáját, a vízgazdálkodás terén aktuálisan fennálló helyzethez igazítva.

A GWP 2020-2025-re vonatkozó, Mozgósítás egy vízbiztos világért címet viselő stratégiáját egy több, mint egy éves konzultációs folyamat eredményeként a hálózat 2019-es értekezletén

június 25-26-án fogadták el a partnerek. A stratégia alapján a GWP a következő hat évben három fő területre (sarokpontra) koncentrálna tevékenységét: (i) a Fenntartható Fejlődési Célok (SDGs) vízügyi megoldásai, (ii) klíma-reziliencia (rugalmas ellenállóképesség) a víz segítségével és (iii) a határokon átívelő vízügyi együttműködés.

A GWP fontosnak tartja az egymással versengő vízhasználatokból eredő feszültségek oldását, mert enélkül mind a 17 SDG elérése veszélybe kerül. A stratégia hangsúlyozza az élelmiszertermelés-ökoszisztéma-energiatermelés összefüggésrendszerét figyelembe vevő felfogás fontosságát, a víz többféle értékét, a víz szerepét a többi cél elérésében, az integrált vízgazdálkodás jelentőségét.

A klímaadaptáció terén a víznek különösen fontos szerepe van, ennek felismerését sürgeti a stratégia az egyes országok alkalmazkodási terveinek kidolgozásánál, rámutatva a határokon átnyúló vízgyűjtők szempontjaira is. Fontos, hogy az országos és regionális GWP partnerek támogassák a rezilienciát erősítő vízügyi beruházások létrejöttét, a társadalom leginkább sebezhető rétegeinek védelmében is. A GWP ágazatokon és politikai/adminisztratív határokon átívelően segíti a fenntartható vízgazdálkodást. Ennek érdekében kezdeményezi az érdekeltek közötti dialógusokat; támogatja a vízügyi kormányzásra, nemzetközi vízjogra vonatkozó tanulási folyamatokat, bevonva kormányokat és más fontos szereplőket is; és támogatja a nemzetközi vízügyi kormányzást (pl. elősegítve intézményi mechanizmusok kialakítását, akciótervek kidolgozását stb.).

A fenti három fő terület sikere érdekében a GWP forszírozza a magánszektor kötelezettségvállalását, a társadalmi nemek közötti egyenlőtlenség felszámolását és a fiatal generáció bevonását, mozgósítását.

A magánszektor vízhasználó, vízszennyező, érdekelt finanszírozásban, biztosításban, és mint ilyen jelentősen befolyásolja a vízkészletek elérhetőségét, a vízzel kapcsolatos kockázatok és lehetőségek kezelését. A GWP egyrészt a vízhez leginkább kötődő ágazatokra koncentrálna (bányászat, textilipar, élelmiszertermelés, pénzügy, biztosítás, vízszolgáltatás, gyártás), másrészt olyan területekre (monitoring, adatmegosztás, innovatív megoldások, integritás, átláthatóság, stb.) melyeken bizalmat élvező közvetítőként tud fellépni.

A GWP a 2015-ben elfogadott, a társadalmi nemekkel kapcsolatos stratégiája alapján a „soha nélkülük, ha róluk van szó” elv szem előtt tartásával dolgozik a következő hat évben is, túllépve az egyszerű szándéknyilatkozatok szintjén. Szükséges az akadályok lebontása az egyenlő alapokon nyugvó, inkluzív vízgazdálkodás megvalósítása érdekében, a nők, a marginalizált és sebezhető csoportok szempontjainak figyelembevételével.

A stratégia megvalósítása három „dimenzióban”: mozgósítás, cselekvés, tanulás képzelhető el.

A jó vízügyi irányításhoz és gazdálkodáshoz minden érdekelt bevonására, mozgósítására van szükség. Ezért a stratégia célja a meglévő hálózat kiterjesztése a hagyományos vízügyi ágazaton kívüli szereplők elérésére is, megtartva a GWP semleges platform jellegét. Földrajzi értelemben vett bővítés is elképzelhető az igények és lehetőségek függvényében. A kulcsszereplőkkel való együttműködés olyan új formáit is keresi a GWP, mint a „napirend szövetség” a globális témákkal kapcsolatban; a „stratégiai tanulási szövetség” a tudásszerzés támogatására és a „szállítmány szövetség” konkrét programok esetén.

A vízválság kezelését és az integrált vízgazdálkodás (IVG) gyakorlatba ültetését a GWP konkrét és összehangolt cselekvések alapján tervezi. Ennek során feladatául tekinti a döntéshozók támogatását és az intézményi kapacitások fejlesztését a tényleges változások kikényszerítésére; a vizes infrastruktúra befogadó jellegű

beruházásainak az elősegítését, rámutatva a víz értékére a gazdaságban és a munkahelyteremtésben; megismételhető, kézzelfogható eredményt hozó kísérleti és demonstrációs tevékenységek végrehajtását, melyek később nagyobb léptékben is megvalósíthatók.

A tanulás eredménye a vízgazdálkodás folyamatos jobbítása kell legyen, folytonos visszajelzéssel a tanulságok levonására. Szem előtt kell tartani, hogy nincs egy-az-egyben lemásolható megoldás az IVG megvalósításra. Fontosak a „stratégiai tanulási szövetségek”, mint például a már meglévő, a GWP és a UNDP Cap-Net között fennálló kapcsolat. A tanulási lehetőségeket vonzóbbá, könnyen elérhetővé és felhasználó központúvá kell tenni, ennek szellemében megújul a GWP integrált vízgazdálkodási „eszköztára” a ToolBox. Felmérés készül annak megállapítására is, hogy mely új technológiák (big data, gépi tanulás) alkalmazhatók a vízgazdálkodás különböző területeinek támogatására.

A GWP új stratégiája igencsak ambiciózus. Végrehajtásához erősíteni szükséges az egész hálózatot a partnereket, valamint a regionális és országos szinteket is. A globális programok ezért olyan elemeket fognak tartalmazni, melyek lehetőséget kínálnak utóbbiak bekapcsolódására. Megnö a GWP Műszaki Bizottságának a szerepe a régiókkal való szorosabb kapcsolattartás, mentorálás, útmutatás, minőségbiztosítás révén. Törekedni kell a hálózat tagjainak aktívabb kapcsolattartására, a szerzett tapasztalatok szisztematikus megosztására.

Megújul a GWP többszintű irányítási rendszere annak érdekében, hogy egyensúly alakuljon ki a legitimitáció és a hatékony döntéshozás között, egyben több lehetőség adódjon az országos és regionális egységeknek a rendszer befolyásolására. Ugyanakkor megmarad a mindennapi, gyakorlati koordinálást végző globális titkárság, mely kormányközi státuszt élvez.

Az ambiciózus stratégia az anyagi támogatások jelentős – konkrétan évi 16%-os – növekedését igényli. Ebben a programokhoz kötődő források megnövelése a legfontosabb, de szükséges a helyi (országos, regionális) szponzorok megnyerése is.

A stratégiához tartozó kiegészítő dokumentumok:

- Társadalmi nemek stratégia (2015)
- Társadalmi nemek – akcióprogramok (2017)
- Ifjúsági stratégia (2015)

A stratégia bemutatására a július 11-én került sor New Yorkban az ENSZ Magasszintű Politikai Fórum a Fenntartható Fejlődésről helyszínén egy kísérőrendezvény keretében. Az év hátralevő részében további helyi bemutatásokat is terveznek, például a Budapesti Víz Világtalálkozóhoz kötődően.

RÖVID BESZÁMOLÓ A 11TH IWA EASTERN EUROPEAN YOUNG WATER PROFESSIONALS CONFERENCE PRÁGAI RENDEZVÉNYÉRŐL



A konferencia csoportképe a Masaryk Hotel előadótermében.

A tizenegyedik alkalommal, 2019. október 1-5. között megrendezett IWA Eastern European YWPs konferenciának Horvátország után idén Csehország adott otthont. A konferencia helyszínéül a Prágában található Cseh Műszaki Egyetem (CVUT) campusán található Masaryk Kollégium és Konferencia Központ szolgált. A regisztrált résztvevők létszáma meghaladta a 200 főt, ebből körülbelül 20-an Magyarországról érkeztek, többségében platform előadással vagy poszterrel készülve. A konferencia

mottója ebben az évben a „Vízet mindenkinek” felkiáltás volt, hiszen a konferencia nevével függetlenül idén végleg kilépett térségünk határai közül és világszerte több mint 35 országból, többek közt Németországból, az Egyesült Államokból, Ázsiából és a Dél-koreai Köztársaságból érkeztek a konferencia előadói.

A két előadónapot magába foglaló, összességében ötnapos program változatos, interaktív

workshop-okkal indult. Ezek a konferencia helyszínén, ill. Prága új szennyvíztisztító telepén kerültek megrendezésre, gyakorlati alkalmazásokat, továbbá aktuális vizes problémák elméleti kérdéseit előtérbe helyezve. A tisztító teleppel kapcsolatban a vízbiztonsági tervezés részleteivel, a havária kezelés alapjaival, illetve az üzemeltetés során leküzdendő akadályokkal ismerkedhettek meg a résztvevők. Ezt követően a délután folyamán, az egyetemen a konferencia előadásokra való felkészülést segítő, valamint a víz újra használatának kihívásait és lehetőségeit feltáró workshop-okra került sor. A konferencia napokat megelőző workshop-ok után, a rendezvény harmadik napján került sor a konferencia előadó napjainak megnyitójára, amit kötetlen beszélgetés követett az akkor találkozó résztvevők között. Eközben a poszterek is egyre nagyobb számban kerültek fel helyükre.

A konferencia két napján a tíz perces prezentációk az eddigi gyakorlatot követve, egyidőben két szekcióban zajlottak (természetes és

ivóvíz, ill. szennyvíz témakörben). A vízgazdálkodásra fókuszáló szekción belül felszín alatti víz, klímaváltozás; modellezés és árvíz; vízminőségi monitorozás; ivóvíz; szennyezések; öntözés témaköröket érintették az előadások. A szennyvíz tematikájú szekcióban eleveniszapos rendszereket; ipari szennyvízkezelést; csatornahálózatot és természet közeli szennyvíztisztítást feldolgozó előadások hangzottak el. Az első konferencia nap végén körülbelül egy órában a senior és a junior vizes szakemberek megvitatták a vizes szakmával kapcsolatos meglátásaikat. Ezeket még érdekesebbé tette az, hogy a víz szempontjából nagyon eltérő körülményekkel bíró országokból érkezők osztották meg gondolataikat. A fő fókusz azonban közös volt, az energia- és költséghatékonyság, valamint az aktuális vízgazdálkodási problémák és a vízbázisok megővésének kérdésköre összekötötte a szakembereket. Az első konferencia napot elegáns gálavacsora zárta, melyre egy a Moldova folyón horgonyzó hajó fedélzetén került sor.



A konferencia nagy előadóterme (balra) és a gálavacsora helyszíne (jobbra)



Dr. Jobbágy Andrea tanárnő a konferencia megnyitóján (balra), ill. Szombathy Péter a harmadik helyért járó díj átvétele közben (jobbra)

A második konferencia nap végén került sor a konferencia program bizottságának döntése alapján legjobbnak ítélt előadások és poszterek eredményhirdetésére és díjazására. Ez évben Szombathy Péter előadását ismerték el harmadik díjjal a szennyvízes kategóriában, de természetesen emellett minden magyar résztvevőtől színvonalas előadásokat hallhattunk.

Az utolsó napon lehetőség nyílt csoportosan ellátogatni a Podoliban található vízmű telephelyre, ill. városnéző túrát tenni a lélegzetelátlító szépségű Prágában.

A konferencia összességében színvonalas és gazdag programokat nyújtott. Én ezúton is szeretném megköszönni a BME HDR tanszék oktatóinak Dr. Hős Csabának és Weber Richárdnak a szakmai felkészítést. Köszönöm továbbá a MaSzeSz-nek az anyagi támogatást, hogy a Dulovics Dezső Junior Szimpózium idején díjazottjaként lehetővé vált számomra

az előadóként való részvétel, ami nagyon értékes tapasztalatokkal gazdagított és feltárt előttem, eddig számomra ismeretlen kutatási irányokat. A konferencia oldott és támogató hangulatát megtapasztalva biztos vagyok abban, hogy a sorozatban következő rendezvényt – ami 2020. május 19-22. között Rigában kerül majd megrendezésre – is hasonló lelkesedés és lendület fogja majd kísérni.

Összeállította:
Huzsvár Tamás, PhD hallgató,
BME Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék

5. EURÓPAI ISZAPKEZELÉSI KONFERENCIA (ECSM)

2019. OKTÓBER 7-9
LIÈGE EGYETEM, BELGIUM

[HTTPS://EVENTS.ULIEGE.BE/ECSM2019/](https://events.uliege.be/ecsm2019/)

AZ ELSŐ ECSM- KONFERENCIÁRA 2008-BAN KERÜLT SOR LIÈGE-BEN, A MÁSODIKRA 2010-BEN BUDAPESTEN A KSGYSZ SZERVEZÉSÉBEN.

Ez volt az ötödik ECSM, 17 országból több mint száz résztvevővel, 30 előadással és 18 poszterrel.

A konferencia az iszapkezelés és az erőforrás-visszanyerés stratégia aktualizálásával (EUREAU), valamint az olasz, a cseh és a magyar nézőpontokkal nyílt. Az ülészakok ezután az iszapkezelés különféle aspektusainak kutatására irányultak, különös tekintettel a vízteleltetésre, a rothasztásra és a szárításra.

Az egyik szekcióban megvitatták a foszfor kérését szennyvíziszap-kezelés során, a vas- és alumínium-foszfátok oldhatóvá tételét a szennyvíziszapban, több foszfor-visszanyerési folyamatot (ideértve több kísérleti vagy teljes léptékű folyamat eredményeit), valamint a visszanyert STRUVIT szabadföldi kísérleteit.

Az első napon alábbi két plenáris előadás jellemezte a konferencia súlypontját:

J.P. Silan, EUREAU Az iszapkezelés stratégiai szempontjai:

Európában közel 10 millió tonna / év szárazanyag tartalomra számított szennyvíziszapot állítanak elő, és mintegy 50% -át újrahasznosítják a mezőgazdaságban tápanyag visszafoglalásra és talajjavító szerként, szinte mindig rothasztás és/vagy komposztálás után.

A mezőgazdasági újrahasznosítás lehetővé teszi a tápanyagok és a szén újrahasznosítását, a talajban és gátolja a talaj savanyodását.

Az EUREAU által megkérdezett szakértők több mint 40% - a azonban arra számít, hogy a mezőgazdaságban hasznosított szennyvíziszap mennyisége a jövőben csökkenni fog. 65% szerint a szennyvíziszapban lévő veszélyes szennyező anyagok nagyon fontos nyomást jelentenek. 60–80% szerint várhatóan növekszik a foszfor visszanyerése.

Jogi háttér:

A szennyvíziszapnak sajátos jogi háttere van, és csak akkor tekintendő hulladéknak, ha NEM kerül újrahasznosításra a mezőgazdaságban (EU hulladék keretirányelv és EU szennyvíziszap-irányelv). A hulladékokról szóló keretirányelv 2018. évi felülvizsgálata értelmében a szennyvíziszapot kizárják a „kommunális hulladékokra” alkalmazandó újrahasznosítási célokból.

Várható irányzatok:

Az EUREAU véleménye szerint a szennyező anyagoknak a forrásnál történő ellenőrzése kulcsfontosságú a szennyvíziszap-minőség fenntartása és javítása szempontjából, ezáltal lehetővé téve az újrahasznosítást. Másrészt a gyógyszerekre és a mikro műanyagokra vonatkozó esetleges növekvő határértékek kihívást jelentenek a mezőgazdasági újrahasznosításra. Ezért elengedhetetlen a különböző iszapkezelési és hasznosítási módszerek kombinálása, ugyanakkor figyelembe kell venni az energia- és a beruházási költségeket. A következő teendőkre van szükség:

- A szennyező anyagok ellenőrzése a forrásnál
- Az élelmiszerláncban található szennyezőanyagok tudományos kockázatértékelése
- Új technológiák a szennyező anyagok eltávolításához
- A biogáz termelés fejlesztése
- A tápanyag-újrahasznosítás és az anyagok visszanyerésének fejlesztése

Ludwig Hermann és Chris Thornton, az ESPP (Európai Fenntartható Foszfor Platform) képviselőjében vázolta azt, hogy a foszfor miatt

kritikus környezeti kihívás, és mennyire releváns az Egyesült Nemzetek Szervezetének fenntartható fejlődési céljai. (SDG); Összegezték a tápanyag-újrahasznosítás különböző módszereit, amelyek már ma is működnek teljes körű vagy ipari kísérleti szinten, és a következőkben foglalták össze:

- *A kezelt szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosítása.*

Jelenleg az EU szennyvíziszapjának körülbelül a fele mezőgazdasági területekre kerül, és a gazdák gazdasági és agronómiai okokból üdvözlik azt. De ezt a módszert fenyegetik olyan szennyező anyagokkal kapcsolatos aggodalmak, mint például a gyógyszerek vagy a mikro műanyagok, valamint a fogyasztók és az élelmiszeripar fogadó készsége.

- *Biochar és HTC technológiák, pl- Hitachi-Zosen, Japánban a szennyvíziszap kezelésére szolgáló teljes méretű üzemét üzemelteti, és biochar előállítására.*
- *STRUVIT előállítás műtrágyatermék céljából, amelyet az EU műtrágyatermékekről szóló rendelete alapján a STRUBIAS zárójelentésben elfogadásra javasoltak (minőségi kritériumok figyelembevételével) pl.: Crystal Green, NuReSys, Phosphogreen; Struvia*

Foszfor kinyerése iszap elégetési hamuból: minőségi foszfátermékek gyártása az ipari piacok számára (foszforsav, műtrágyák stb.), pl: EasyMining, EcoPhos, Phos4Life.

A továbbiakban az előadásokat az alábbi szekcióban tartották:

1. Az iszapkezelés stratégiai szempontjai:

Itt egy magyarországi előadást is befogadott a szervező bizottság:

Zsabokorszky Ferenc Ligetvári Ferenc: A szennyvíziszap, mint energiaforrás.

Az előadás körvonalazta kommunális szennyvíz öntözéses hasznosításának tapasztalatait csak mechanikus előkezelés után különböző ültetvényekben. A folyamatos vizsgálatok nem mutattak káros nehézfém-anyagokat a termesztett növényekben.

Az öntözés előnyei csak mechanikusan tisztított szennyvízzel:

A szennyvízben feloldott tápanyagokat teljes mértékben felhasználják. (Nincs tisztítási veszteség). Az élővizek: gyógyszer-, hormon-, xenobiotikum-, és mikro műanyag- szennyezésének kiküszöbölése. A szennyvíz tápanyagtartalmának újrahasznosítása az energiafűz ültetvényben becslések szerint 25 t / ha / év DM biomasszát eredményez. Az eredmények azt sugallják, hogy a szerves szennyezőanyagok a talajban lebontódnak ezt külföldi és hazai kutatási eredmények igazolják.

2. Foszfor visszanyerés iszaptól labor kísérletek

3. Foszfor visszanyerés kísérleti üzemek

A második napot ez a plenáris előadás nyitotta meg: *Prof. Dilek Sanin: Új szennyező anyagok megjelenése és csökkentése az iszapban.*

Szekciók: Iszaprohasztás, Iszap víztelenítés.

Ebben a szekcióban hangzott el *Kiss Katalin előadásában Kassai Zsófiával közös beszámolója: Polielektrolit felhasználás optimalizálása centrifugánál az Észak- Budapesti szennyvíztelepen.*

Sikeres előadásban elhangzott, hogy innovatív módszerrel: - valós idejű polielektrolit adagolás szabályozás alkalmazásával - csökkent a polielektrolit fogyasztás, nőtt a víztelenített iszap szárazanyag tartalma összességében 30 %-kal csökkent a víztelenítés költsége.

Ebben a szekcióban elhangzott még: *Steen Nielsen Gyökérágyas iszap-víztelenítés környezeti és gazdasági kiértékelését 30 éves tapasztalatok alapján.*

A módszer lényege a fölös iszapot szigeteléssel ellátott náddal beültetett medencékben szikkasztással vízteleníti és mineralizálja. Több év alatt a végtermék föld jellegű talajjavító keletkezik. Részletes vizsgálatokkal igazolja egyes szerves szennyezők lebomlását.

További szekciókban: Iszapszárítás illetve iszaphasznosítás szintén érdekes előadások hangzottak el.

A konferencia programja ITT érhető el.

Egyes előadások PP anyaga nálam elérhető.

Összeállította:
Dr. Zsabokorszky Ferenc
zsabo.ferenc@enqua.hu

MAGYAROK A BELORUSZ ÉS AZERI VÍZIPARI SZAKMAI TALÁLKOZÓN

2019. október 30-án megrendezésre került Első Magyar-Belorusz Vízipari Innovációs Nap. A rendezvénynek a Minszki Vízművek biztosított helyszínt a székházában. Magyar részről Gombaszögi János, a Fővárosi Vízművek területi igazgatója és Dr. Karches Tamás, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Kar Vízépítési Tanszék megbízott tanszékvezetője vett részt meghívott előadóként. A szakmai fórumot kiemelt érdeklődés kísérte belorusz részről. A két meghívott egyetemről (Belorusz Állami Egyetem, Belorusz Állami Műszaki Egyetem) a rektorok vettek részt. A Belorusz Tudományos Akadémia tudományos főtitkára, a Környezetvédelmi és Természeti Erőforrások Minisztériumának főosztályvezetője, a vízművek igazgatói és a minisztériumi háttérintézmények vezetői egyhangúan pozitívan értékelték a szakmai fórumot. Oleg Avrutin, a Minskvodokanal igazgatója hagyományt szeretne teremteni, örömmel folytatná a két ország közötti szakmai egyeztetést és tapasztalatcserét.

A három témát vitattak meg a kerekasztal-beszélgetés résztvevői:

1. szennyvíziszapkezelés;
2. a víztisztítási és vízvezetési technológiák automatizált irányítási rendszerei;
3. szakemberek képzése és továbbképzése.

A kerekasztal-beszélgetés keretében bemutatásra került a Budapest Víz Világtalálkozó 2013-as, 2016-os sikereiről és a 2019-es esemény célkitűzéseiről szóló prezentáció. Gombaszögi János a Magyarország és a Belorusz Köztársaság közötti, a vízellátás és a szennyvízkezelés területén történő együttműködési lehetőségeket ismertette. Dr. Karches Tamás a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Karán folyó szakemberképzést és kutatási területeket, az egyetem ezen területekkel összefüggő nemzetközi kapcsolatait, illetve az ösztöndíjlehetőségeket mutatta be.

Bakuban (Azerbajdzsán) megrendezett Vízipari Szakmai Szimpóziumon is szintén részt vettek magyar kollégák; Gombaszögi János - Fővárosi Vízművek területi igazgatója - előadásában bemutatta a korábbi magyar-azeri együttműködés sikereit, és vázolta, hogyan tudunk a jövőben több területen is hatékonyan együtt dolgozni. Karches Tamás bemutatta a Víz tudományi Kar oktatási és kutatási tevékenysége, kiemelve a lehetséges együttműködési lehetőségeket. Az azeri résztvevők között voltak az Azersu (Vízművek) vezetői és a Sukanal Kutatási és Tervezési Intézetének (Sukanal Scientific Research and Design Institute) igazgatója, akik érdeklődést mutattak a magyar együttműködésre.

Az eseményre a világ legnagyobb ultraszűrést alkalmazó víztisztító telepén került sor (Jeyranban Ultrafiltration Water Treatment Plants Complex), melynek kapacitása 570 000 m³/d. A telepet 2018. október 28-án adták át. Célja a 24/7-ben való vízszolgáltatás biztosítása Baku és a régió és Absheron félsziget fogyasztói számára. A vizet a Jeyranban tározóból nyerik (186 millió m³). A telepen 5280 membránszűrő működik, 13 000 szerelvényt és 116 szivattyút alkalmaz a technológia. A kezelt vizet egy 10 000 m³-es tisztavíz medencébe juttatják, ahonnan az Absheron tározóba szivattyúzzák a vizet. A tározó 118 m-en található, ahonnan Baku városába gravitációsan jut el a víz (Baku -28m-en található).



Minszk



Baku vízművek – UF membránok



Baku vízművek

SEE YOU NEXT TIME WETSKILLS HUNGARY!

*SZABÓ ZSOMBOR (MSC), KUTATÁS-FEJLESZTÉS MUNKATÁRS,
PANNON PRO INNOVÁCIÓS KFT.
DR. BAKOS VINCE, EGY. ADJUNKTUS, BME ABÉT*



A Wetskills Water Challenge egy kéthetes nemzetközi program a holland Wetskills Foundation főszervezésében, amely a világ különböző helyszínein kerül megrendezésre, évi 4-5 eseménnyel. Egy-egy programon kb. 10-20 fő közötti létszámú olyan fiatal vizes szakember (vagy annak készülő diák) vesz részt, akik max. 1-2 év szakmai tapasztalatot szereztek korábban. A program egyúttal képzés jellegű is és nagy hangsúly van a kreatív csapatmunkán. A program októberben 5-16. között a budapesti Holland Nagykövetség támogatásával

és a MaSzeSz Junior Tagozat hazai társzervezésében Budapesten került megrendezésre, a projekteket bemutató záróeseményre pedig a Budapesti Víz Világtalálkozón került sor.

Szabó Zsombor, a győztes csapat tagja:

A program kezdete előtt sokat gondolkodtam azon, hogy vajon fog-e annyit adni a program, hogy érdemes-e ennyi napot rászánnom. A válaszom egyértelműen igen lett! Heten érkeztünk az itthoni pályáról - öten pedig külföldről (Hollandia, Dél-Afrika, Vietnám),

különböző szakmai háttérrel (úgy mint építőmérnök, biomérnök, környezetmérnök). Ez a fajta sokszínűség, és még inkább a különböző nemzetiségek jó alapot teremtettek a közös munkához. A munkán túl viszont sok csapatépítő, kulturális program is volt: örült feladatok közül minél többet kellett megcsinálni a városban, közös vacsorák, sörözések, városnézés. Különleges élmény volt számomra egy vezetett sétán részt venni Budapesten, és megtapasztalni, hogy a turisták mit látnak, hallanak a fővárosunkról. Mindemellett számomra is voltak új információk.

Az első pár nap után három csapatban az alábbi témákhoz kellett kreatív, innovatív megoldásokat alkotnunk

1. Szárazságtűrő mezőgazdaság - Inspiráló útmutatás a vizes élőhelyek és az öntözés helyreállításához (Drought Resilience for Agriculture - Inspiration Guide for wetlands and irrigation restoration).
2. A víz érték kommunikálása a következő generáció felé (Communicating the Value of Water for Next Generations)
3. Egy 2030-as nyersanyag visszanyerésen és víz visszaforgatáson alapuló vízkezelő létesítmény megálmodása (Dreaming the Water Resource and Recovery Facility of 2030)

A megoldásokat háromféle formában kellett összegezni (melyek alapján a zsűri is döntött): pár oldalas jelentés, egy oldalas poszter és két perces bemutató (ún. pitch). Mindháromhoz kaptunk tréninget. A pitch meglehetősen izgalmas műfaj: egy olyan rövid és inspiráló előadás, melyben az előadó megfelelő

figyelemfelkeltés után elmondja a nagy ötletet, egyúttal motiválva a közönséget is. A két perc egy visszszámológépen pörög, az időkeretet pontosan kell tartani. A műfaj klasszikusan startup-ok használják, de a mi elképzeléseinknek is rendkívül jól állt.

A Wetskills Water Challenge végén, okt. 14-én a zsűri előtt szerepeltünk, ahol mód volt azt követően diszkusszióra is, míg okt. 15-én a BWS-en adtuk elő a pitch-eket és állítottuk ki a posztereket. Itt derült ki számunkra a zsűri döntése is - azt hiszem, mindenki nevében mondhatom, hogy alapvetően nem a győzelem motivált bennünket munkánk során. Ettől függetlenül persze örültünk csapatunkkal (2. téma, víz érték) az első helyezésnek.



A program magyar résztvevői voltak:

Lakatos Boglárka és Szabó Zsombor (Pannon Pro Innovations Kft.); Németh Evelin, Szabolcsi Balázs és Kreka Ramón (Fővárosi Vízművek); Füstös Vivien és Nagy Eszter Dóra (BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék)

A magyarországi program gyümölcsei - beleértve a csapatok által kidolgozott posztereket, az esemény során készült képeket és az egész programról összevágott videót - elérhetők a Wetskills honlapján itt: <https://wetskills.com/event/wetskills-hungary-2019/>

A Wetskills Hungary 2019 nem jöhetett volna létre számos támogató nélkül. Így ezúton is szeretnénk hálás köszönetünket kifejezni a budapesti Holland Nagykövetségnek, személyesen is René van Hell nagykövet úrnak, Szabó Éva nagykövetségi tanácsadó úrhölgynek és segítőjének Kakar Mukhtar úrnak a program anyagi és szervezői támogatásáért, valamint a résztvevők meghívásáért az okt. 16-án, a nagykövetségi rezidencián rendezett fogadásra. Köszönet Csörnyei Géza műszaki vezérigazgató helyettes úrnak, akinek köszönhetően a résztvevők egy napot tölthettek a Budapesti Központi Szennyvíztisztító Telepen, a Fővárosi Vízműveknél töltött szakmai látogatásért és ellátásért. Köszönjük a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem háttértámogatását, különösen az Építőmérnöki Kar Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék nagylelkű helybiztosítását a csoport projektmunkája számára a tanszék tantermeiben. Továbbá köszönet a Szent István Egyetemnek, hogy Gödöllőn egy napra fogadták a résztvevőket. Végül, de nem utolsósorban köszönjük a zsűri tagjainak, Dr. Szalai Sándornak (Szent István Egyetem), Dr. Princz-Jakovics Tibornak (BME Környezetgazdaságtan Tanszék) és Weinpel Tamásnak (Organica), hogy idejüket nem sajnálva részt vettek a csapatok munkájának bemutatóján és értékelésében.

Reméljük, hogy viszontlátjuk – vendégül látjuk még a rendezvényt Budapesten, pl. a következő BWS-hez kapcsolva!



PROGRAMAJÁNLÓ

DULOVICS JUNIOR SZIMPÓZIUM ÉS OSZTRÁK-MAGYAR NEMZETKÖZI WORKSHOP 2020.

Budapest, 2020. március 5-7.

2020. márciusában két rendezvény kerül megrendezésre a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség szervezésében a fiatal vizes szakemberek számára.

DULOVICS JUNIOR SZIMPÓZIUM – 2020. MÁRC. 5.

A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség Dulovics Junior Szimpózium 2020. címen konferenciát hirdet, amelyre előadóként hívja mindazokat a 35 évesnél nem idősebb szakembereket, akik a vízellátás, csatornázás, szennyvíztisztítás, vagy a települési vízgazdálkodás egyéb területén üzemeltetői, tervezői és/vagy tudományos tevékenységet folytatnak. (Részvevőként a senior korosztályt is szeretettel várjuk!)

A szimpózium időpontja: 2020. március 5. csütörtök

Helyszín: Makadám Mérnök Klub (1024 Budapest, Lövőház u. 37.)

Előadói jelentkezési határidő: 2020. január 20.

Előadói jelentkezés december 9-étől lesz lehetséges egy itt a honlapon hamarosan megjelenő online regisztrációs felületen, valamint a tervezési/kutatási feladat egyoldalas összefoglalójának titkarsag@maszesz.hu címre történő megküldésével. Az előadói részvétel ingyenes.

Részvevőként jelentkezni az oldalról hamarosan letölthető jelentkezési lap kitöltésével és titkarsag@maszesz.hu címre történő megküldésével lehet majd szintén december 9-étől.

OSZTRÁK-MAGYAR NEMZETKÖZI JUNIOR WORKSHOP – 2020. MÁRC. 6-7.

A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség és az IWA Austria YWPs a Dulovics Junior Szimpózium kísérő rendezvényeként közös szervezésben másfél napos osztrák-magyar nemzetközi junior workshopot hirdet 2020. március 6-7. napokra. Az interaktív képzési nap a 35 évesnél nem idősebb kollégák számára lehetőséget nyit előadói és kommunikációs készségeik és ismereteik fejlesztésére inspiráló, max. 30 fős osztrák-magyar csoportban, nemzetközi környezetben.

A workshop időpontja: 2020. március 6-7. (péntek reggeltől szombat ebéddig)

Helyszín: Budapest (még szervezés alatt)

Jelentkezési határidő: 2020. január 20.

Részvevőként jelentkezni az oldalon hamarosan megjelenő letölthető jelentkezési lap kitöltésével és iwaywp.workshop.athun.2020@gmail.com címre történő megküldésével lehet majd szintén december 9-étől.

A **helyek száma korlátozott**, max. 12-15 fő magyar résztvevőt tudunk fogadni, a regisztrációt jelentkezési sorrendben tudjuk elfogadni.

A két rendezvényre külön-külön szükséges jelentkezni!

Minden kedves érdeklődőt, előadót, szakembert szeretettel várunk, így amennyiben lehetséges kérjük, értesítse a Szimpóziumról és a nemzetközi workshopról kollégáit, ismerőseit, diákjait és diáktársait.

A rendezvényről bővülő információt a www.maszesz.hu honlapunkon folyamatosan teszünk közzé.

Jegyezze fel a dátumokat, és vegyen részt a vízügyi ágazat rangos, és immár nagy hagyománnyal rendelkező hazai junior rendezvényein!

ULTRASZŰRÉS, MINT FORRADALMI VÁLTOZÁS A VÍZIKÖZMŰ TECHNOLÓGIÁBAN....

Fogalom meghatározás: mit nevezünk ultraszűrésnek?

Mind az ultraszűrés, mind a membránszűrés fogalmát a mai szakirodalom és a műszaki szóhasználat is keveri, mert egy nagyobb halmaz és egy abban belülről elhelyezkedő kisebb halmaz jelölésére egyaránt használja. A nagyobb halmaz a két szó jelentéséből származik: az ultraszűrés a rendkívül kisméretű, a hagyományos szűrők által nem eltávolítható részecskék vagy kórokozók visszatartását, a membrán szó pedig a technológiai megvalósítást, a félig áteresztő berendezést jelenti.

Ugyanakkor a szakemberek ultra, vagy membrán szűrésnek neveznek - mint az 1. sz. ábrán látható- egy lényegesen kisebb halmazt is: a 0,1-0,001 mikromilliméter közötti pórusokkal rendelkező anyaggal való szűrést.

A technológia „őstörténete”

A kommunális víziközmű szakmában az ivóvízellátás történelmileg megelőzte a szennyvízkezelést. Érdekes, hogy az első alkalmazások az ultraszűrés mind beruházási, mind üzemeltetési szempontból legdrágább változatát, a fordított ozmózist /RO / választották. Ez a technológia tűnt a legmegbízhatóbbnak a tengervíz és a brak-víz - sós talajvíz- sóta- lanítására. Az első nagy tengervízből ivóvizet „gyártó” telepeket csak nagyon gazdag országok engedhették meg maguknak: Szaud-Arábia, Kuwait, Izrael, stb. Az igazi fellendülést a XXI. század eleje hozta.

Néhány jelzés

Az IWA / Nemzetközi Víz Szövetség / 2005 június 6-8 között tartotta a harmadik, a víz és szennyvízkezelés innovatív technológiáival foglalkozó nemzetközi konferenciáját Sapporóban. A 62 előadás többsége az ultraszűréssel, mint a már jelenlevő, de a közeljövőben robbanásszerű felhasználásra számító innovációval foglalkozott. Szintén a membránszűrés az egyik központi témája az IWA pekingi világkongresszusának: 2009.09.1-3. Peking. IWA membrán technológia konferencia és kiállítás. Az USA víziközmű szövetségének szaklapja, az AWWA Journal 2003 októberi számában hat nagy gyár hirdeti membránjait.

Két példa Németországból a gyors fejlődés bemutatására: 1998-ban helyezték az első membrános ivóvíztisztító telepet üzembe, 100 m³/ó kapacitással, 2006-ban már 7 000 m³/ó mennyiséget kezeltek ultraszűréssel. Ugyan ez a szennyvíz területén: bár a világon már 500 membrán bioreaktor létezett / ennek 12 %-a közműves / 2000-ben, Németországban csak egy. De 2006-ban már 16 közműves szennyvízkezelő alkalmazott membránt.

Mai helyzet

Az eljárás technológiai jelentősége azóta is folyamatosan nő:

- Nöttek az igények az ivóvíz minőségével szemben / pl. víruseltávolítás /
- Nöttek az igények a befogadóba beocsátott tisztított szennyvízzel szemben / környezetvédelem, vízbázis védelem /
- Kerülendők a vegyszeres technológiák

- Törekvés a kis helyigényű megoldásokra
- A tömegesen publikált jó tapasztalatok befolyásolták a technológia eldöntését

Ugyanakkor a membránelemek és az ultraszűrési telepek létesítési költsége csökkent:

- A membránygyártás mennyisége exponenciálisan nőtt
- A teljesítmények javultak / nagyobb átáramlási fluxus, tehát kisebb helyigény /, várható a további javulás
- Az élettartam nőtt és várhatóan nőni fog

A membránszűrés, mint elválasztó folyamat Alapjában véve minden membrán egy szűrő, mely az elválasztandó keverék egy vagy több összetevőjét többé-kevésbé tökéletesen visszatartja, mialatt a maradék komponensek a membránon megközelítően akadálymentesen átjutnak.

Az elválasztás teljesen fizikai úton történik, anélkül, hogy az elválasztandó keverék összetevői megváltoznának. A hagyományos szűréssel szemben a membránnal az elválasztási feladatot egészen a molekuláris tartomány alá lehet szorítani.

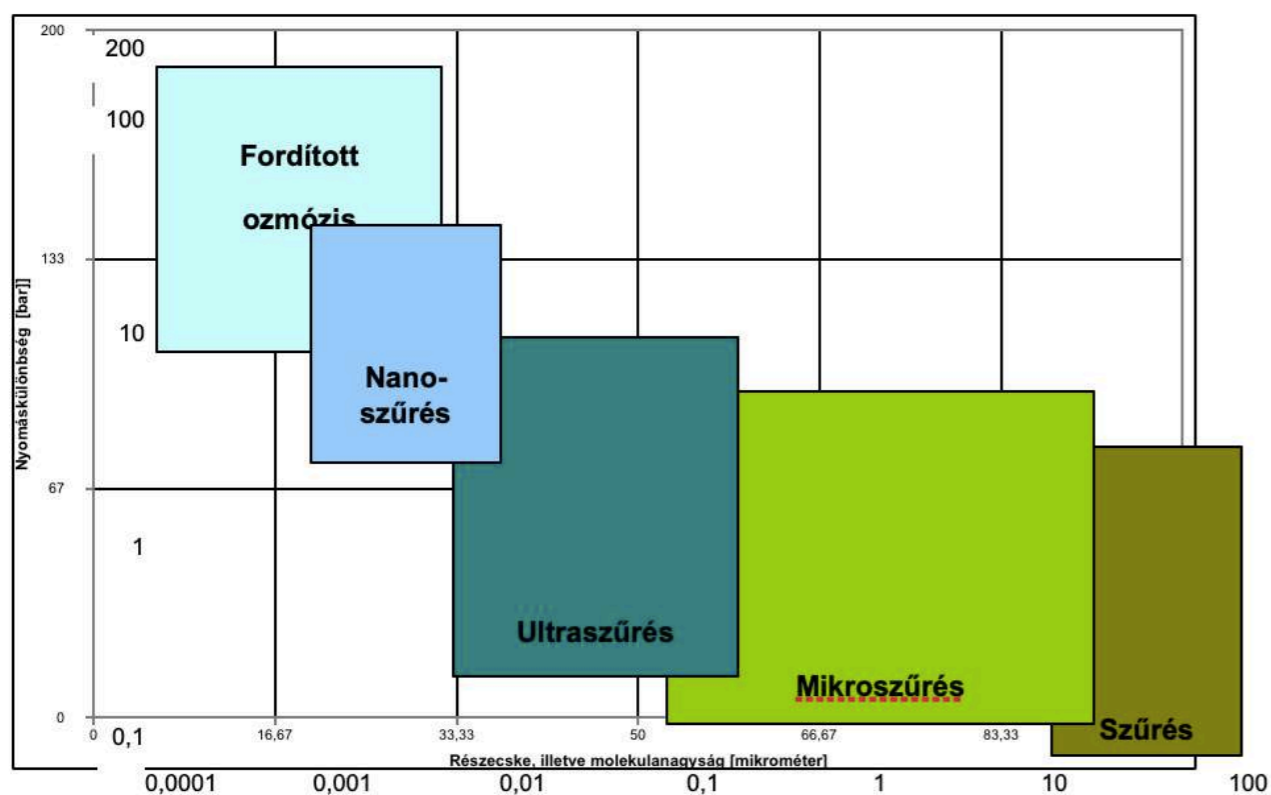
A folyamat az elválasztási fázisban nem igényel vegyszeres támogatást, energia bevitel viszont szükséges a szűrő felületen való átjutáshoz.

Az ivóvízkezelésben és a szennyvíztisztításban alkalmazott „nyomással üzemelő membrános eljárásokat” azon nagyságterületekkel lehet jellemezni, melyeken belül a módszer a különböző alkotóelemeket leválasztja / 1. ábra / . Megkülönböztetünk mikroszűrést /MF/, ultraszűrést /UF/, nanoszűrést /NF / és fordított ozmózist /RO/. A MF eltávolítja a kolloidokat, baktériumok többségét, gombákat, termelési mutató 100-1000 l/m²/ó. Az UF teljes csírátlanítást biztosít, eltávolítja a vírusokat, így az oocisztákat is. Termelési mutató 50-200 l/m²/ó. A nanoszűrés tömör membránjai a makromolekulákat /pl. nyomelemek / is visszatartják 250 g/mol molekula nagyságig,

terhelhetőség 20-50 l/m²/ó. Lágyításra is használható. A fordított ozmózissal majdnem tökéletesen el lehet távolítani minden oldott anyagot, így a sót is. Termelési mutató 10-50 l/m²/ó.

Mint látható- ami logikus is- a pórus csökkenésével a tisztítási lehetőségek növekednek, de egyre nagyobb nyomáskülönbséget, és szűrőfelületet kell biztosítani.

Cikkünkben a közműves víz-szennyvízkezelésben leggyakrabban alkalmazott ultraszűréssel fogunk részletesebben foglalkozni.



1. ábra Az ultra szűrés fokozatai

Membrán gyártás Magyarországon

Az ultraszűrés technológia hazai viszonylag gyors elterjedésének egyértelmű oka a magyar gyártás, és az ahhoz kapcsolódó kutatás, szakmai ismeretterjesztés volt. A fejlesztés története elég kalandos, sok szereplővel.

2001. Egy magyar származású vezető kanadai cége (Zenon Environmental Inc.) megalapítja Tatabányán a Zenon kft-t, melynek célja a membrán technológia bevezetése Magyarországon és Kelet Európában, valamint a gyártás.

2002. Gyártás indul Oroszlányban, a tatabányai részleg inkább fejlesztési tevékenységet folytat.

2013. A GE amerikai cég megveszi a Zenont, az új név G.E.Water&Process Technologies Hungary Kft. Megépül Oroszlányban rendkívül magas technikai színvonalon a világ legnagyobb membrán gyára.

2017. A SUEZ Water Technologies&Solutions Hungary Kft. és a membrán gyár tulajdonosa a SUEZ és egy kanadai nyugdíjalap kezelő intézmény.

Egy magyar specialitás, RO alkalmazásával

Egy hazai cég, a PURECO Kft. kifejlesztett egy könnyen telepíthető, konténerbe beépíthető a legszennyezettebb nyersvizet is akár ivóvíz minőségűvé tisztító berendezést. Fő felhasználási terület: ismeretlen minőségű nyersvizek ivóvíz minőségűvé, szennyvíz depóniák

csurgalék vizének, egyéb ipari szennyvizek felszíni vízkörnyezetbe való bebocsáthatóságú minőségűvé való tisztítása.

Membránszűrés alkalmazása a hazai vízi-közműveknél

Vízkezelő telepek

2002. Balatonöszöd, 5000 m³/d
Első hazai alkalmazás. Felszíni víz kezelés. Csak nyáron üzemel.

Oldott szerves anyagok miatt aktív szén szűrés is. Membrán csere esedékes.

2005. Lázberc I. ütem, 16000 m³/d
Első nagy teljesítményű alkalmazás. Felszíni víz kezelés

2011. Szilvásvárad, 3000 m³/d. Felszíni víz kezelés

2012. Lázberc II. ütem, újabb 8000 m³/d
2014-15. Miskolc-Tapolca, max. 1500 m³/óra.
Karszt víz kezelés

Többségben a magyar gyártmányú Zenon membránok kerültek alkalmazásra, de különböző okokból import szűrők (Inge, Pall) is beépítésre kerültek.

Szennyvíz tisztító telepek

2004. Oroszlány, 5000 m³/d. Első hazai szennyvízes alkalmazás, nagy sikerrel. Membrán cserét fontolgatják.

2006. Karcag, 4000 m³/d.

2006. Hegyesd, 560 m³/d.

2008. Budajenő, 500 m³/d.



06.1. ZW 500 Bemebülő membrán távolabbról 07.01.

2012. Veresegyház, 5000 m³/d.

2012. Zsana, 200 m³/d.

2015. Budakeszi, 3300 m³/d. Legújabb fejlesztések alkalmazása.

Összességében megállapítható, hogy a membrán technológia meghonosult Magyarországon, alkalmazása viszont az anyagi lehetőségek miatt kissé rapszodikus.

Jelenleg egy konkrét további felhasználási elképzelés ismert, a Balatonszéplaki vízkezelő műnél. Az 1973-ban megépített, majd a kilencvenes évek elején már egyszer korszerűsített telep újabb változás előtt áll.

Fejlesztésként a jelenlegi technológiában lévő többrétegű homokszűrő helyett membrán szűrő beépítését tervezik illetve a technológiai sor, egy aktív szén szűrővel egészül ki. A tervezett vízkezelő technológia 24.000 m³/d kapacitású.

Elvi vízjogi engedélyezésre benyújtott terv az alábbi technológiát tartalmazza

- Elő oxidáció kálium-permanganáttal (opcionális)
- Koaguláció, surrantó csatorna, labirint csatorna, derítőszer, segéd-derítőszer beadagolás.
- Flokkuláció, statikus műtárgyban

- Fázis szétválasztás, korridor típusú ellenáramú derítőben
- Szűrés, membránszűrővel
- Aktív szén-szűrés Fertőtlenítés, klórdioxid beadagolásával.
- Ivóvíz szétosztása a Kiliti 2 x 5.000 m³ és a Zamárdi 2 x 2.000 m³-es medencékbe

köszönhetően, a mai helyzethez hasonlóan vezető szerepet fog játszani a közeljövőben is Közép- és Délkelet Európában.

Maszesz összeállítás – Várszegi Csaba

Membrán szűrés és nyomelemek, peszticidek

A szennyező hatású nyomelemeknek ma már vannak bevált, a szennyvízből való eltávolítás-
való megoldó eljárásai. Az ezen a szakterületen élenjáró két ország (Svájc, Németország) főként a poralakú aktív szénnel megoldott adszorpciót és az ózonizálást alkalmazza néhány telepén. Természetesen a membrán is használható megoldásnak látszik, de jelenleg még csak kísérletek ismertek ezen a szakterületen. Egy magyar kutató-fejlesztő központ is élenjáró ezekben a vizsgálatokban.

Jövőkép

Nyugodtan mondhatjuk, hogy 15 évvel ez előtt a membrántechnológia valóban még csak egy forradalmi, nagy jövő előtt álló valami volt, de ma már a hétköznapi valóság. A világon szinte mindenre használják, egészen különböző célokra. Komoly az előállítási háttér, kutató intézetek gyakori témája a membrán felhasználás.

Köszönhető az ipari és a fejlesztési háttérnek, Magyarország mind saját felhasználási elképzeléseinek, mind szellemi potenciáljának



KÉPZÉSI AJÁNLÓ

VÍZELLÁTÁS-CSATORNÁZÁS SZAKMÉRNÖK KÉPZÉS

Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Kar

VÍZELLÁTÁS-CSATORNÁZÁS SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉS

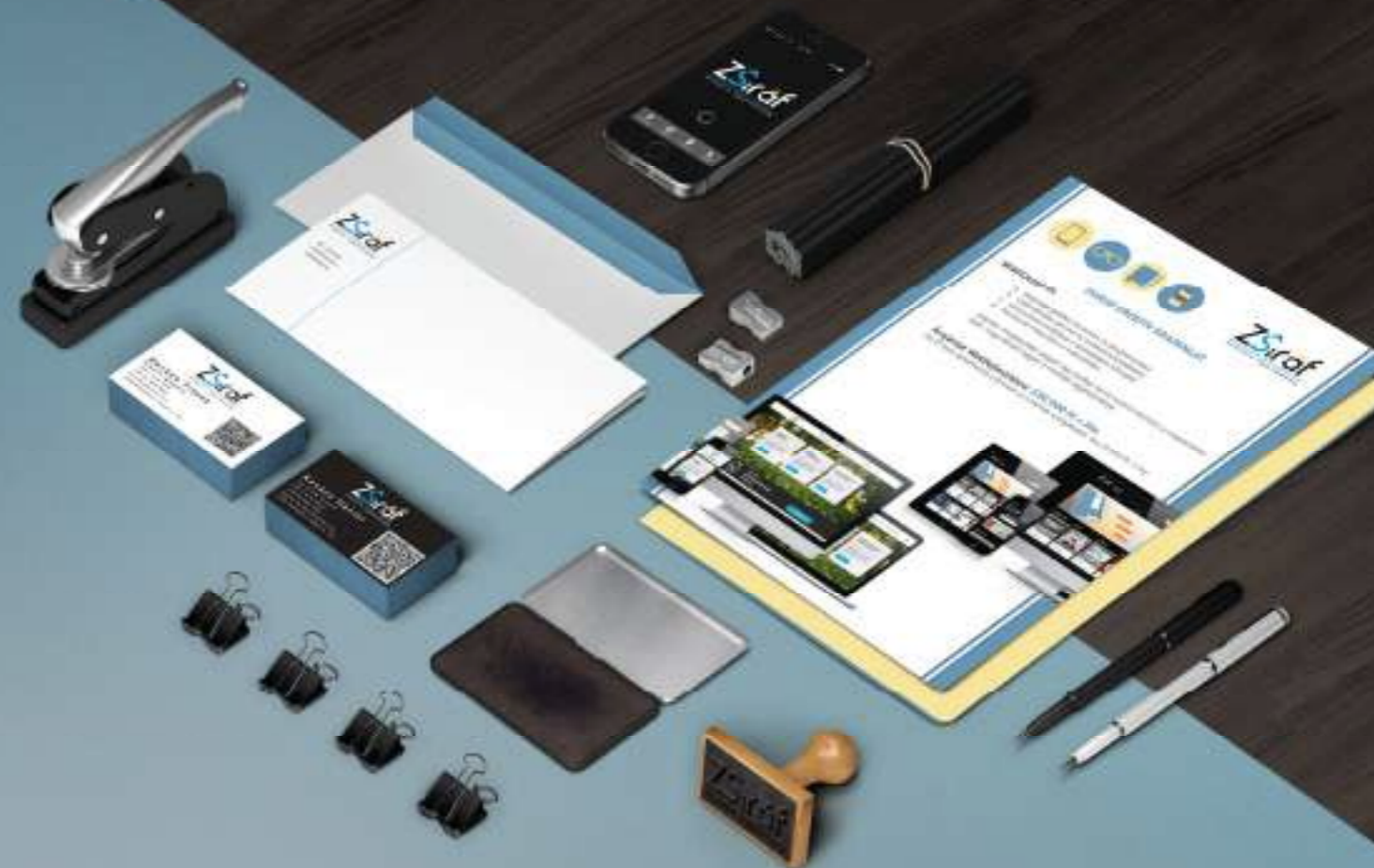
Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Kar

VÍZ- ÉS SZENNYVÍZKEZELŐ RENDSZERÜZEMELTETŐ SZAKMÉRNÖK/ SZAKEMBER

Pannon Egyetem Nagykanizsai Kampusza

TELEPÜLÉSI SZENNYVÍZGAZDÁLKODÁSI SZAKMÉRNÖK SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉSI SZAKOTW

Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könyviipari és Környezetmérnöki Kar



ZS:iráf
Kreatív ügynökség

**KÖLTSÉGKÍMÉLÉS
MAGAS FOKON**

- Webfejlesztés, weboldal tervezés
- Meglévő kiadványok, katalógusok digitalizálása
- Webáruházak
- E-magazinok
- Facebook oldalak tervezése, üzemeltetése
- Microsite-ok
- Bannerek tervezése kivitelezése
- Print kiadványok készítése
- Arculat tervezés
- Rendezvények
- Csomagolások tervezése
- Tárhelyszolgáltatás
- Költségkímélő marketing

