



Fogytató szennyvíztisztító telep madárrávalból. Készítette: AQUA Kft.



A Magyar
Víziközmű
Szövetség
lapja

XXVIII/2020.
5. szám

Érdekérvényesítés

VÍZ 2020 5 MŰ PANORÁMA



Fogytató szennyvíztisztító telep látogatóközpont. Készítette: AQUA Kft.

Egy drámaian más ICP-MS

A **Thermo Scientific iCAP RQ ICP-MS** analitikai teljesítményben és az egyszerű kezelhetőségben drámaian különbözik a korábbi készülékektől. Az új RQ Cell flatapol technológia a jelenleg elérhető legjobb kimutatási határokat biztosítja a teljes analízis idő akár 50%-os csökkenése mellett. A néhány kattintással elérhető automatizált beállítások segítségével gyorsan fejleszthet megbízható mérési módszereket, anélkül hogy az ICP-MS technika szakértője lenne. Az egyszerű karbantartás és a rendkívül kompakt méretek költséghatékony üzemeltetést biztosítanak.

nyomelem analízisre

• thermofisher.com/icaprq



iCAP 3000 AA család
Innovatív dizájn, automatikus váltás a láng és grafitkemence üzemmódok között



iCAP 7000 Plus ICP-OES család
Az elérhető legnagyobb teljesítményű ICP-OES megbízható rutin multielemes analízisre



iCAP RQ ICP-MS
Kiemelkedő teljesítményre, termelékenységre és egyszerű használatra tervezve



iCAP TQ ICP-MS
Valódi hármás kvadrupol ICP-MS a nagy kihívást jelentő mintákra

Kizárólagos képviselő:

UNICAM Magyarország Kft.

1144 Budapest, Kőszeg utca 27.

Telefon: +36 1 221 5536 • Fax: +36 1 221 5543

E-mail: unicam@unicam.hu • Web: www.unicam.hu

UNICAM

ÉRDEKÉRVÉNYESÍTÉS

A mostani helyzetben általában minden beköszöntő, figyelem felkeltő írás azzal kezdődik, hogy a járvány kapcsán mi-
ben és hogyan más az élet, mint azelőtt, ez a tény miként és hogyan nyomja rá a bélyegét a nyújtott szolgáltatásra, a bemutatott képre.

A korábbi számokban mi is foglalkoztunk ezzel a kérdéskörrel, de most nem szeretnék erre hivatkozással semmit sem felvezetni. Annyit szeretnék csupán kiemelni, hogy a nehéz helyzetben, amikor sokaknak, sokunknak másképp alakul az élete és mások a feladatai, a Vízmű Panorámát folyamatosan sikerül kiadnunk. És ez nem a Főszerkesztő érdeme, hanem annak a szakmai közösségnek, és a közösség tagjainak, akik fontosnak tartják, hogy ismereteikről, eredményeikről és tapasztalataikról a folyóirat oldalain az olvasóközönséget tájékoztassák. Nekik ezúton is köszönöm, köszönjük a hűségüket és munkájukat!

Talán nekik is jó hír, hogy a Vízmű Panoráma és a MaVíz megalapította az „Év Cikke” díjat. Az „Év Cikke” díjat először 2021-ben ítéljük oda a 2020. évi lapszámokban megjelent cikkek közül a „Szolgáltatók szemével” és a „Víz és tudomány” rovatok legjobb cikkeinek. A legjobb cikk olvasói szavazatokon keresztül kerül kiválasztásra. 2022-ben „Ipari újdonság” rovat cikkei közül is megválasztásra kerül majd a legjobb. A díjak minden évben a víziközmű konferencián kerülnek átadásra.

Őszintén reméljük, ez volt a díj megalapításának is az indítéka, hogy ezzel tovább növelhetjük az olvasótáborot és a Vízmű Panoráma körül formálódó szakmai közösséget.

Ha fellapozzák ezt a számot, másik újdonsággal is találkozhatnak.



**MÁRIALIGETI
BENCE**
főszerkesztő

Bemutatjuk a szolgáltató tagvállalatok új elsőszámú vezetőit. A mostani számban a folyó év augusztus végéig kinevezettekkel ismerkedhetnek meg. Amennyiben a jövőben változás történik ezeken a posztokon, arról minden esetben hírt fogunk adni. Ennek a lépésnek a célja az, hogy a víziközmű szolgáltatók családjának ezen fontos szereplőit ismerhesse mindenki. Folyóiratunk ezévi ötödik számát lapozgatva megismerkedhetnek a MaVíz európai érdekérvényesítő munkájáról, melyet az EurEau tagjaként fejt ki. Jó tudni, hogy az EU jogrendben élőként milyen módon és hatékonysággal lehet a készülő és tagállamokra vonatkozó jogszabályok végleges változatát befolyásolni. Nem véletlen, hogy ezen számunk

vezérszava az érdekérvényesítés. Elgondolkodtató, hogy bár úgy érezzük néha, hazai vizeken ez nehezebben megy, tágabb összefüggésekben azonban tud a MaVíz sikeres lenni... Továbbiakban a Víz és tudomány világából találhatnak több írást is, melyek a szennyvíztechnológia különböző területeire (bioreaktor elrendezés optimalizálás, természetes és felületkezelt zeolitok, nehézfém-tartalom), ill. a klórozásos víztisztítás kémiai részleteibe vezetik el Önöket. Szolgáltatók szemével rovatunkban találnak érdekes cikket a kompetenciák jelentőségéről az ügyfélszolgálati munkában. Szintén a szolgáltatók tollából származik az előző számban indított rovat, a „Szolgáltatók bemutatkozása” rovat, melyben az Aqua Szolgáltató Kft-vel ismerkedhetnek meg. És végül, amolyan csemegeként külföldi folyóiratok érdekesebb cikkeiről olvashatnak egy rövid összefoglalót.

A folyóirat olvasásához időt és örömet, a napi élethez jó egészséget kívánok!

TARTALOMJEGYZÉK

02

MAVÍZ HÍREK

A MaVíz érdekérvényesítő szerepe a nemzetközi porondon, az EurEau-tagság előnyei

04

VÍZ ÉS TUDOMÁNY

„Misztikus számok”, és ami mögöttük van: mélyebben a befolyó szennyvíz C:N:P arányának szerepéről a bioreaktorelrendezés optimalizálásában

09

VÍZ ÉS TUDOMÁNY

Friss eredmények a klórozásos ivóvízkezelés kémiai részében

12

VÍZ ÉS TUDOMÁNY

A természetes és a felületkezelt zeolitok alkalmazása az eleveniszapos szennyvíztisztításban

17

VÍZ ÉS TUDOMÁNY

A nehézfém-tartalom hatása a lakossági szennyvíziszapok mezőgazdasági hasznosíthatóságára

22

SZOLGÁLTATÓK SZEMÉVEL

A kompetenciák jelentősége az ügyfélszolgálati munkában

25

SZOLGÁLTATÓK BEMUTATKOZÁSA

Negyedszázada önállóan Mosonmagyaróvár és környéke szolgálatában az AQUA Szolgáltató Kft.

29

AHOGY ÉN LÁTOM

A Chézy-képlet és a kolmatáció

31

MAVÍZ HÍREK

Új elsőszámú vezetők a szolgáltató tagvállalatoknál

32

MAVÍZ HÍREK

Víziközmű világhíradó 2020 szeptember

36

SZAKMÁNK MEGALAPOZÓI

Pitot, Henry

A MAVÍZ ÉRDEKÉRVÉNYESÍTŐ SZEREPE A NEMZETKÖZI PORONDON, AZ EUREAU-TAGSÁG ELŐNYEI



KIVONAT Érdekvérvényesítő tevékenységét a MaVíz külföldön az EurEau segítségével, támogatásával végzi. A 29 európai ország víziközmű-szakembereit tömörítő szervezet megfelelő mennyiségű adatot és érvanyagot tud gyűjteni ahhoz, hogy ezeket felhasználva befolyással legyen az Európai Unió jogalkotóra, illetve döntéshozóra. A MaVíz aktív részvétele lehetőséget biztosít a szennyvíz- és ivóvízágazatot érintő joganyagok változásainak nyomon követésére is. Bemutatásra kerül az elmúlt időszak folyamatainak, változásain keresztül, hogy milyen eredményeket és ráhatást ért el a MaVíz az EurEau-tagság által. Saját sikernek érezzük többek között az ivóvíz minőségét szabályozó megújuló irányelv tervezett előírásainak moderálódását, a tisztított víz újrafelhasználási követelményeinek és felelősségköreinek tisztázódását, valamint az egyszer használatos műanyagokról szóló direktíva EPR-hangsúlyos előírásainak megjelenését a nedves törlőkendőkre vonatkozóan. A munka folytatódik, hogy ily módon is segíthessük a víziközmű-szolgáltatókat, akik továbbra is alkalmazkodni kénytelenek a komplex és változó jogszabályi környezethez, ugyanakkor a természeti jelenségek által okozott kihívásokhoz is.

KULCSSZAVAK európai jogalkotás, irányelvek, felülvizsgálati folyamat, EurEau, szennyező fizet elv, kiterjesztett gyártói felelősség (EPR), control at source, vízminőség, víz-újrafelhasználás, egyszer használatos műanyagok, uniós terméknövelők, szennyvízkezelés, csapadékvíz-gazdálkodás

KASPERKIEVICZ KINGA MaVíz műszaki referens, kasperkievicz.kinga@maviz.org

A hazai jogszabályok jelentős hányada az EU joganyagának átültetéséből, jogharmonizációjából ered. Az EU rendeleteinek átültetése kötelező érvényű, míg az irányelvek csupán kötelezően teljesítendő célkitűzéseket határoznak meg, és az ezen célok eléréséhez kapcsolódó döntéseket a tagországok nagyobb szabadságfok mellett hozhatják meg. A rendeletek a hatályba lépéstől számítva érvényesek az EU egész területén, míg az irányelvekben megfogalmazottak átültetésére általában 2 év áll a tagországok rendelkezésére. Az elfogadott rendeleteken, irányelveken azonban már változtatni nem lehet. Fontos tehát, hogy még az összeállítás szakaszában, illetve meglévő joganyag esetén a felülvizsgálati eljárásban részt vehessünk.

Önálló szervezetként nehéz befolyással bírni ezekre a folyamatokra, azonban létezik egy, a MaVíz-hez hasonló, ugyanakkor nemzetközi ernyőszervezet, az EurEau, mely közvetlen lobbitevékenységet végez az Európai Unió döntéshozó szervei felé. Az EurEau, melynek Európa-szerre tagjai víziközmű- szolgáltatók és szövetségek egyaránt, az ágazat szakembereit összegyűjtve egy ideális platform a vízminőség, az erőforrás-hatékonyság vagy akár a vízhez való hozzáférés kérdéseinek megvitatására. Célja, hogy a vízszolgáltatás magas szinten működhessen az európai polgárok és vállalkozások számára.

Munkája során az EurEau három bizottsággal dolgozik. Az EU1 kezeli az ivóvízágazat ügyeit, az EU2 a szennyvízágazat érdekeit képviseli, míg az EU3 a gazdasági, jogi kérdések átfogóbb vizsgálatát végzi, segítve a másik két bizottság munkáját is főként benchmarking tevékenységgel. Minden bizottságba kettő reprezentatív személy delegálható országonként. A bizottsági munka e-mailezés útján történő kapcsolattartáson és évi maximum három találkozáson, konferencián alapszik. A munka nyomán az egyező gondolatokból állásfoglalások, szakmai tájékoztatók készülnek, melyek mindenki számára elérhetőek. Továbbá a számos, belső használatra készülő anyag mellett nyilatkozatok és egyéb sajtómegjelentések is kerülnek ki a szakmai csoport kezei közül. Az EurEau Titkárság munkatársai, akik minden esetben a bizottságok egységes álláspontját



képviselik, követik az Európai Bizottság munkáját, és a különböző munkacsoportos üléseken is részt vehetnek, véleményt alkothatnak, első kézből értesülhetnek a változásokról, a felmerülő javaslatokról. Betekintést nyerve a munkaközi dokumentumokba lehetőség nyílik megfelelő időben véleményt formálni a döntéshozók javaslatairól. 29 európai ország szakembereit maguk mögött tudva az EurEau képviselői jelentős befolyást érhetnek el, megfelelő szakmai érvekkel alátámasztva mondanivalójukat, kéréseiket.

Mint ahogy az mindenki számára ismert, az Európai Bizottság számos direktíva hatékonyságát és hatását vizsgálja, és dönt ez alapján a felülvizsgálatról, módosításokról. Az EurEau számára fontos, hogy ezen értékelő folyamatok során tanácsokkal, információkkal, adatokkal lássa el az érintett döntéshozó, jogalkotó csoportokat, ezzel befolyásolva azok levont következtetéseit. Egy jó szándékú döntéshozó könnyen helyezi előtérbe a nemes és vitathatatlanul közérdekű célt az annak megvalósításához szükséges költségek, a nélkülözhetetlen technológiák meglétének, megvalósíthatóságának elemzése nélkül. Kulcsfontosságú egy jó szakmai döntés meghozatalához és a várható költségek vizsgálatához, hogy a gyakorlati megvalósulást ismerő szakemberek becslései, észrevételei, javaslatai rendelkezésre álljanak.

Az Európai Unió számos alapelvvel büszkélkedhet, ám ezek a gyakorlatban nem mindig érvényesülnek. A szennyező fizet elv, a szennyezés helyben, forrásnál történő szabályozásának elve és a kiterjesztett gyártói felelősség elve mind elengedhetetlenek a vízkezelés és szennyvíztisztítás előírásainak készítésekor. Az ipari tevékenységek bővülésével, a mezőgazdaság intenzifikálásával újabb és újabb szennyező anyagok jelentek meg, és jutottak bele a szennyvízhálózatba és akár az ivóvízkészletekbe. A víz kezelése, tisztítása kiemelten fontos feladat saját magunk és környezetünk védelme érdekében. Ugyanakkor tudatosítani kellett a jogalkotókban például, hogy a szennyvíztisztító telepek nem a szennyezés okozói, itt csak összpontosulnak a szennyező anyagok, melyek

eltávolítása az anyagok sokféleségéből kifolyólag egyre komplexebb és költségesebb feladat.

Az európai jogalkotás sebességének mércéjével nézve a közelmúltban számos, vízgazdálkodásra vonatkozó vagy arra is hatással levő uniós célkitűzés, szabályozó eszköz jelent meg, vagy van felülvizsgálat alatt. Ahhoz, hogy a szolgáltatók lépést tudjanak tartani az egyre szigorodó előírásokkal, fontos, hogy ők mint érdekelt felek is részt vehessenek a jogalkotási folyamatokban, és befolyásolhassák azokat. Az EurEau-tag-szervezetek tapasztalatait és javaslatait az egyes témakörökkel kapcsolatban állásfoglalások ismertetik. Ezek használhatóak leginkább az EP-képviselőkkel, európai bizottsági tagokkal való együttműködés során arra, hogy megerősítsük, illetve elvetésre sarkalljuk az egyes javaslatokat. A MaVíz az EurEau döntéshozó joggal rendelkező tagjaként többek között az alábbi eredményeket tudhatja magáénak:

A felülvizsgált és várhatóan 2020. decemberben megjelenő, az emberi fogyasztásra szánt víz minőségéről szóló „ivóvízes” direktíva célja ivóvizünk magas minőségi követelményeinek fenntartása, miközben az mindenki számára megfizethető marad. Munkánk során azon dolgoztunk, hogy védjük a szolgáltatók érdekeit, miközben a fogyasztók egészségmegőrzését is szem előtt tartottuk. Ennek nyomán megvalósult a direktíva tervezetének optimalizálása. A szakmai alapok nélkül előírt szigorú határértékeket sikerült moderálni, a bevezetni kívánt új paraméterek körét szűkíteni, a vizsgálati gyakoriságot pedig csökkenteni. Amennyiben ez nem történik meg, igen magas költségnövekménnyel kellett volna számolniuk a szolgáltatóknak. Vannak a bevezetni kívánt paraméterek között olyanok, melyeket a kisebb laboratóriumok nem is tudnak helyben vizsgálni az alacsonyabb szintű infrastruktúrájuk miatt. Ők nem engedhetik meg maguknak több tíz milliós vizsgálati eszköz beszerzését, és így kiszervezett tevékenységként lettek volna kénytelenek a speciális módszereket igénylő vizsgálatokat elvégeztetni. A laboratóriumi munka kihívásait ismerő szakemberek érvei azonban meggyőzték a döntéshozókat, miszerint korántsem szükséges minden ismert anyagot vizsgálni a vízből, ugyanakkor ezen mérések költségigényére is felhívták a figyelmet. Ki kellett állnunk a WHO által javasolt határértékek mellett, melyek valóban emberi egészségre gyakorolt hatásvizsgálatok alapján lettek meghatározva. A munka eredményeképpen több paraméter feltevéssel került a direktívába, ezeket csak a kockázatosnak ítélt helyeken kell vizsgálni. A kockázatalapú megközelítés bevezetése lehetőséget adott a felelősségi körök tisztázására. Sarkalatos pont volt ugyanakkor a kockázattertelékek kivitelezése. A felelősségi körök felosztása azért is fontos, hogy ne helyezzenek más érdekelt fél által elvégzendő feladatot az amúgy is leterhelt szolgáltatókra. A házi elosztórendszer vizsgálata például nem a szolgáltató felelőssége. A vízhez való jog biztosítása, a hátrányos szociális helyzetű lakosság vízhez juttatásának kötelezettsége sem terhelhető a vízszolgáltatóra. Amellett, hogy a lakosság részére nyújtott információszolgáltatás fontos a fogyasztók bizalmának elnyerése érdekében, tudni kell, hogy a nagy mennyiségű naprakész adat szolgáltatása munkaerőkapacitás-bővítést igényel. Az adatszolgáltatási kötelezettség rendszerességének csökkentésével is a szolgáltatók érdekeit képviseltük.

A tisztított víz újrafelhasználásának igénye a szárazsággal küzdő tagállamoknál jelentkezik. Egy új direktívában mégis Európa-szerte érvényes célkitűzések meghatározására tettek kísérletet a jogalkotók. Félő volt, hogy minden szennyvíztisztítóra érvényes, a jelenleginél szigorúbb határértékek kerülnek megállapításra. Ahogy ez sem került a joganyagba, a kockázatelemzés kivitelezése sem lett kötelező érvényű, kizárólag ott, ahol valóban felhasználási igény jelentkezik ilyen típusú víz öntözési célú alkalmazására. Kiemelt figyelmet fordítottunk a vízminőségért való elszámoltathatóság átruházására. Jeleztük, hogy a megfelelési pontot egyéb

jogszabályok is ott határozzák meg, ahol a víz a szállítási lánc következő szereplőjéhez kerül, és azt engedély meghatározza. Örülünk, hogy ez a felelősség a szállítási lánc mentén halad, és nem maradt a szennyvíztisztító felelőssége az után, hogy a víz elhagyja a létesítményt.

Az egyszer használatos műanyagokról szóló EU-irányelv tiltja vagy szabályozza számos, egyszer használatos műanyag, ideértve a nedves törülők használatát. Célunk, hogy a nedves törülőkendők és más, egyszer használatos műanyag cikkek gyártói vállalják a felelősséget termékeikért, amikor azok hulladékká válnak. Kiemelendő, hogy az irányelv bevezette a kiterjesztett gyártói felelősséget (EPR) a nedves törülőkendőkre vonatkozóan, mivel adatalemzésünk kimutatta, hogy a nedves törülők több száz millió euró értékű kárt okoznak a szennyvízcsatornáknak évente. Ezenfelül a termelőknek figyelemfelkeltő kampányokat kell indítaniuk a nedves törülőkendők által a szennyvízcsatorna-rendszerekben okozott károkról. Folyamatban vannak továbbá megbeszélések arról, hogy a szennyvízinfrastruktúra-takarítással és -javítással járó költségek mekkora hányadának átvállalása tartozzon az EPR követelményei közé.

Az uniós termésmenővelő anyagok forgalmazására vonatkozó szabályokról szóló rendelet kapcsán hangsúlyoztuk, hogy a szennyvíziszap olyan alapvető tápanyagokat tartalmaz, mint a szén, a nitrogén és a foszfor. Komposztálás vagy rothasztás után a helyi jogszabályoktól függően lehet felhasználni a mezőgazdaságban. Manapság az európai szennyvíziszap-termelés mintegy 50%-át felhasználják a mezőgazdaságban. Célunk, hogy ez a gyakorlat folytatódjon. Ha nem használható fel a mezőgazdaságban, akkor is lehetséges a foszfor visszanyerése a szennyvíziszapból és a szennyvíziszaphamuból ezen korlátozott erőforrás újrahasznosítása céljából. Ezek a visszanyert termékek könnyen szállíthatók és hozzáférhetők kellene hogy legyenek az EU piacán. Ez csökkentené a szükséges beruházásokkal kapcsolatos jogi bizonytalanságot.

Ez alkalommal a szennyvíziszapot nem fogadták el a komposzt és fermentációs maradék alapanyagaként, annak ellenére, hogy a jó minőségű iszap közel áll a rendeletben javasolt minőségi kritériumokhoz.

A rendeletben lévő ajánlások szerint azonban a Bizottság 2019. július 15-ét követően indokolatlan késedelem nélkül értékeli a struvitet, a bioszént és a hamualapú termékeket. Ha az értékelés megállapítja, hogy ezek az anyagok megfelelnek a rendeletben foglalt kritériumoknak, a Bizottság felhatalmazáson alapuló jogi aktusokat fogad el ezen anyagok II. mellékletbe történő felvételére vonatkozóan.

A települési szennyvíz tisztításáról szóló irányelv még csak teljesítményértékelésen esett át, a felülvizsgálati folyamat ezután kezdődhet. Az „ivóvízes” direktívával végzett munka azonban rávilágított arra, hogy érdemes elébe menni ennek az eljárásnak. Elemeztük tehát a teljesítményértékelés eredményeit, és a várhatóan szigorítandó pontokhoz elkészítettük a szolgáltatók érdekeit reprezentáló javaslatokat.

A teljesítményértékelés közben a készítő is szembesült azzal a problémával, hogy egyre több szennyező anyag jut a csatornába. Álláspontra, hogy a gyűjtőrendszereket és a szennyvíztisztító telepeket nem úgy tervezték, hogy megbirkózzanak ezzel a megnövekedett terheléssel. A szennyezés helyben, forrásnál történő szabályozásával kell megakadályozni a káros anyagok bejutását a csatornába, vagy ellenkező esetben a szennyezőknek fizetniük kell azok eltávolításáért. Ez elősegíti a beruházási igények és az üzemeltetési költségek csökkentését, miközben biztosítja a víziközmű-szolgáltatás fenntarthatóságát. Ez kulcsfontosságú a körforgásos gazdaság és az erőforrások visszanyerésének lehetővé tétele érdekében is. Hasonló megközelítést lehetne alkalmazni a városi csapadékvíz-lefolyásra is. Ehhez jó várostervezés és hatékony csapadékezelési gyakorlat szükséges, melynek alapjait EU-szinten kívánjuk lefektetni.

A teljesítményértékelés során végzett felmérések bizonyították,

hogy a rekonstrukciós igény hatalmas már ahhoz is, hogy a jelenlegi határértékeknek továbbra is meg tudjanak felelni a tagállamok. Ez szintén lefektetésre került az értékelő dokumentumban, így a jövőben nagyobb figyelem fordulhat a támogatások ez irányú felhasználására. Fontosnak tartjuk, hogy megfelelő támogatási rendszer kerüljön meghirdetésre.

A gyógyszermaradványok és mikroműanyagok is egyre nagyobb figyelmet kapnak. Eltávolításukra igény jelentkezik, ugyanakkor folyamatosan hirdetjük, hogy hosszú távú megoldásként ez nem a szennyvíztisztítók feladata, látványos eredmény csak a szennyezés forrásának megszüntetésével, így a gyártás korlátozásával, az anyagok szennyvízbe jutásának megakadályozásával érhető el.

A körkörös gazdaság kialakítása és az EU klímapolitikájának való megfelelés szempontjából felszínre került a szennyvíztisztítók energiahatékonyság-növelésének szándéka. Itt figyelmet kell fordítanunk a támogatással még kihasználható területekre, mint az energiahatékony eszközök beszerzése vagy a biogáztermelés lehetőségének kiaknázása.

Tisztán látjuk, fel kell készülnünk arra, hogy az EU szabályozni szeret-

né a 2000 LE alatti települések szennyvizének kezelését, előtérbe helyezve az innovatív természetközeli alternatívákat és egyéb egyedi berendezések alkalmazását.

Végül, de nem utolsósorban szeretnénk elérni az ipari szennyvizekre vonatkozó határértékek szigorítását a várható felülvizsgálat során.

Összességében elmondható, hogy továbbra is fel kell hívunk a figyelmet a víziközmű-szolgáltatások értékére és arra a komplex, változó környezetre, amelyhez a víziközmű-szolgáltatóknak alkalmazkodniuk kell. Törekvéseink célja a víz és a vízszolgáltatások értékének feltárása a fogyasztók, a környezet, a közegészségügy és a természet vonatkozásában. Ebben a perspektívában folytatjuk a szennyező anyagok, a gyógyszermaradványok és a mikroműanyagok szigorú, forrásnál történő ellenőrzését célzó intézkedések megtételére irányuló kampányunkat mint a leghatékonyabb tevékenységet vízkincsünk megóvásának érdekében. Fenntartjuk a kiterjesztett gyártói felelősségvállalás bevezetésének fontosságát is mindenkor, ha a víziközmű-szolgáltatóknak kiegészítő kezelést kell bevezetniük a szennyező anyagok eltávolítása érdekében.

„MISZTIKUS SZÁMOK”, ÉS AMI MÖGÖTTÜK VAN: MÉLYEBBEN A BEFOLYÓ SZENNYVÍZ C:N:P ARÁNYÁNAK SZEREPÉRŐL A BIOREAKTOR-ELRENDEZÉS OPTIMALIZÁLÁSÁBAN



KIVONAT A jellemző befolyó szennyvíz minőség alapvetően meghatározza az adott helyszínre adaptálható biotechnológiát. A bioreaktor-elrendezést a helyi adottságoknak megfelelően szükséges kialakítani, nincsen egységes kommunális szennyvíz minőség, és nincs mindenütt jól működő technológia. A befolyó szennyvíz C:N:P aránya igen fontos mutató a technológia megválasztásában, ugyanakkor körültekintően szükséges vele bánni, mivel egyrészt az adott helyre érvényes kritériumokat számos befolyásoló tényező módosíthatja (pl. a befolyó szennyvízben lévő szerves szénforrás összetétele, hozzáférhetősége és biodegradálhatósága), ami a szakirodalmi adatokhoz képest jelentős eltéréseket is eredményezhet. Másrészt meglévő rendszerrel az üzemelő technológia, újonnan létesítendőnél pedig a tervezett rendszer szerves szénforrás gazdálkodási hatékonysága meghatározó jelentőségű abban, hogy a szakirodalmi ajánlásokat milyen fenntartásokkal és módosításokkal vegyük figyelembe. Általános tapasztalat, hogy a vegyszeradagolás sok esetben méréselkelhető vagy teljesen elkerülhető lenne megfelelően megválasztott és a helyszínre adaptált korszerű biotechnológiai eljárásokkal.

KULCSSZAVAK eleveniszapos szennyvíztisztítás; C:N:P arány; szerves szénforrás hiány; tápanyaghiány; biológiai tápanyag-eltávolítás; fonalis iszappuffadás; viszkózus iszappuffadás

DR. BAKOS VINCE egy. adjunktus, BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszer-tudományi Tanszék, vbakos@mail.bme.hu

1. Mi az a C:N arány? – avagy rövid (szenny)vízi túra a determinisztikus mérnökségből a sztochasztikus biotechnológiába a varázslat sziréneinek elkerülésével

Számos alkalommal hallható konferenciákon vagy szakmai egyeztetéseken, hogy a befolyó szennyvíz C:N aránya ennyi vagy annyi... Tapasztalatom szerint legtöbbször az sem derül ki ilyenkor, hogy az elhangzó számok pontosan mire vonatkoznak. Mi a „szén”, és mi a „nitrogén”, azaz milyen formában van kifejezve? Miről beszélünk? Márpedig a szerves szénforrás mennyiségét sokféle gyűjtőkomponenssel meg lehet adni (pl. kémiai oxigénigény – KOI; ötnapos biokémiai oxigénigény – BOI5; összes szerves széntartalom – TOC, Total Organic Carbon). Az sem mindegy,

hogy az adott komponens teljes, centrifugált és/vagy szűrt (és ha szűrt, milyen pórúsátmérőjű szűrőn szűrt) mintából lett meghatározva. Ugyanígy a nitrogéntartalom esetében széles körben alkalmaznak különböző komponenseket, pl. ammónia-N, összes-Kjeldahl-N, összes-N-koncentráció. Óriási különbség lehet az előálló arányszámokban, amennyiben más-más konkrét komponenspárral fejezzük ki a C:N arányt... A foszforra hasonlóképpen: nem mindegy, hogy foszfát-foszfor, vagy összesfoszfor-koncentrációban kerül megadásra. Ha ezt nem rögzíti az előadó, a mondandója ködössé, a gyakorlatban pedig az adott problémára javasolt megoldás egzakt műszaki eljárás helyett valamiféle „varázslattá” alakul át.

A bevezetőben nem az arányszámok ellen szeretnék felszólalni, sőt hangsúlyozom, hogy ezek a mutatók nagyon fontosak a tervezésben és

az üzemeltetésben. Nem a számokkal van a baj, csak tudni kell őket használni, és tisztában kell lenni a mögöttük húzódó bizonytalanságokkal! Különben üres számháború zajlik, aminek a végén általában veszítünk – időt, pénzt, energiát, hatékonyságot –, holott lehetséges, hogy ugyanennyi erővel elérhető lenne a korszerű, költséghatékony megoldás.

A biotechnológia (biokémiai folyamatok) sokkal sztochasztikusabb, mint más mérnöki területek determinisztikus alapjai (pl. matematika, fizika, de akár a kémia). Ezt bár – főleg mérnökként – nem könnyű, de el kell fogadni, még akkor is, ha az adott szakember az egész rendszernek nem a biotechnológiai részével foglalkozik, de a tevékenysége kapcsolódik hozzá. Ugyanakkor mégsem mágia, amennyiben tudunk körültekintően bánni a számokkal. Azokat sohasem szabad ökológiai szabályok, máshol jól bevált praktikák mentén automatikusan alkalmazni. Biotechnológiai eljárás esetében – mint például az eleveniszapos szennyvíztisztítás – az adott helyszínre és problémára való megfelelő adaptálás nagy fontosságú és elengedhetetlen, hogy elkerüljük az elégtelen hatékonyságot és az igen nagy pluszköltségeket okozó tervezési és üzemeltetési hibákat.





A cikkben bemutatott témát számos esettanulmánnyal igen részletesen tárgyalja doktori értekezésem (Bakos, 2016a), amely nyilvánosan elérhető a világhálón. Jelen írás célja, hogy felkeltse az olvasó szakmai érdeklődését, rámutasson a biológiai szennyvíztisztítás biokémiai folyamatmérnöki megközelítésének hasznosságára, nélkülözhetetlenségére és szépségeire, valamint a témához kapcsolható, széles körben előforduló problémákról, azok okairól és hatékony megoldási lehetőségekről adjon színes, közérthető villámképet.

2. Mi a megfelelő C:N és C:P arány? Mi az elegendő szerves szénforrás- és tápanyagmennyiség – avagy ki lehet a számháborúk nyertese?

A denitrifikációt és a biológiai többletfoszfor-eltávolítást heterotróf mikroorganizmusok végzik, így a biológiai tápanyag-eltávolításnak igen nagy a biodegradálható szerves szénforrás igénye. Annak érdekében, hogy ennek az igénynek minél nagyobb részét a befolyó szennyvíz szervesanyag-tartalmából lehessen biztosítani, azaz hogy elkerülhető/mérsékelhető legyen a pótszénforrás-adagolás, rengeteg hatékony technológiát fejlesztettek ki az elődenitrifikáló rendszerektől (Ludzak és Ettinger, 1962) a UCT-technológián (Ekama et al., 1983) át a Bardenpho-eljárásig (Barnard et al., 1985), nem is beszélve ezek módosított változatairól. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy ezek nem csodás erővel rendelkeznek, mindenhol alkalmazható technológiák, hatékonyságuk és alkalmazhatóságuk alapvetően függ a helyi szennyvízminőségtől, a befolyó szennyvízre jellemző C:N aránytól.




A tudományos irodalomban találkozunk irányadó számokkal a C:N:P arányra vonatkozóan. Ezek az értékek részben a biológiai tápanyag-eltávolítás biokémiai reakcióegyenleteinek sztöchiometriájából, részben pedig konkrét mérések, vizsgálatok, laboratóriumi és nagyüzemi tapasztalatok eredményeiből becsült mutatók. Irányadóak lehetnek, de körültekintően szükséges őket alkalmazni. Például a denitrifikáció biokémiai egyenleteiből sztöchiometriailag következik, hogy 1 g nitrát-nitrogén redukációjához 2,86 g biodegradálható KOI-ra van szükség (Henze et al., 1987; Grady et al., 1999). A sztöchiometria segítségül hívása azonban nem elegendő a tervezéshez, mert számos tényező nagymértékben befolyásolja és módosítja ezt az értéket. Ilyen tényezők például: a KOI biomasszához kötött frakciója a befolyó szennyvízben, hozzáférhetőség (lebegő, kolloid vagy oldott állapot), biodegradálhatóság, sejtananyagba épülő KOI hányada, bennfoglaló technológia, azaz van-e valahol „szénforrás-pazarlás”, esetleg versengés más heterotróf mikrobákkal. Ennek megfelelően, bár az 1. táblázat pontosan és árnyaltan tartalmazza a befo-

lyó C:N arány várható nitrogéneltávolítási hatékonyságra vonatkozó tartományait és azok minősítését, a gyakorlatban még ezeket az értékeket sem szabad ökológiai szabályként minden esetben iránymutatónak tekinteni. Mivel a befolyó C:N arány alapvetően meghatározza az elérhető maximális denitrifikációs hatékonyságot, így azt mondhatjuk, hogy ez a mutató a befolyó szennyvíz ún. denitrifikációs kapacitását jellemzi. Az 1. táblázat világosan szemlélteti, hogy befolyó BOI₅/NH₄N arányra nézve 4–6 között szénforrásszűkösség, 4 alatt súlyos szervesanyag-hiány jelentkezik. A táblázatban nem szerepel, de amennyiben az arány 20 feletti, akkor pedig nitrogénhiánnyal szembesülünk.

Nitrogén eltávolítási hatékonyság	KOI/TKN	BOI ₅ /NH ₄ N	BOI ₅ /TKN
	<5	<4	<2.5
	5 - 7	4 - 6	2,5 - 3,5
	7 - 9	6 - 8	3,5 - 5
	>9	>8	>5

1. táblázat: A befolyó szennyvízre jellemző, különböző komponenspárokkal kifejezett C:N arányok és a várható biológiai nitrogéneltávolítási hatékonyság kapcsolata (Grady et al., 1999)

Hasonlóképpen a befolyó C:P arányra is vannak ajánlások a szakirodalomban. Ez esetben is fontos definiálni, hogy milyen komponensekre vonatkozó koncentrációkkal fejezzük ki az egyes tartományokat. A 2. táblázatból világosan kitűnik, hogy a bioreaktor-elrendezés, azaz a megválasztott technológia alapvetően módosíthatja ezeket a tartományokat, hiszen ez jelenti a pálya adottságait a mérkőzéshez. De kulcskérdés például az is, hogy a biológiai többletfoszfor-eltávolításért felelős ún. foszforakkumuláló mikroorganizmusoknak (PAOs: Phosphorus Accumulating Organisms) kell-e versengeni a denitrifikálókkal, azaz a befolyó szennyvízben van-e jelentékeny mennyiségű eltávolítandó nitrogén (vö. 2. táblázat 1. és 2. sora).

BPR technológia		BOI ₅ /ΔP (mg BOI ₅ / mg ΔP)	KOI/ΔP (mg KOI/ mg ΔP)
PI. UCT, A/O N nélkül		15 - 20	26 - 34
PI. A/O, A2/O N-nel		20 - 25	34 - 43
PI. Bardenpho		>25	>43

2. táblázat: A befolyó szennyvízre jellemző, különböző komponenspárokkal kifejezett C:P arányok és a várható biológiai többletfoszfor-eltávolítási hatékonyság kapcsolata (Grady et al., 1999) – BOI₅ és KOI: koncentrációk a befolyó szennyvízben; ΔP = TPbefolyó - oldottPbefolyó

A befolyó C:N:P arányra megadható egy olyan küszöbérték, amely elérése ahhoz szükséges, hogy elkerüljük a tápanyag (N és P) hiányát. Ez különösen bizonyos nagy szerves szénforrás-tartalmú élelmiszeripari szennyvizek esetében állhat elő. Ilyen küszöbindex a BOI₅:TN:TP 100:5:1 arányszám, amennyiben a biomasszahozam 0,5 g VSS/g BOI₅, 10%-os N- és 2%-os P-tartalom mellett biomassza-VSS-re nézve (Jenkins et al., 2004). Ennél nagyobb arányú N és P jelenléte általában tápanyag-eltávolítást követel, ha pedig ezekből arányában kevesebb van a BOI₅-koncentrációhoz képest, az tápanyaghiányhoz vezethet. Ismét fontos megjegyezni,

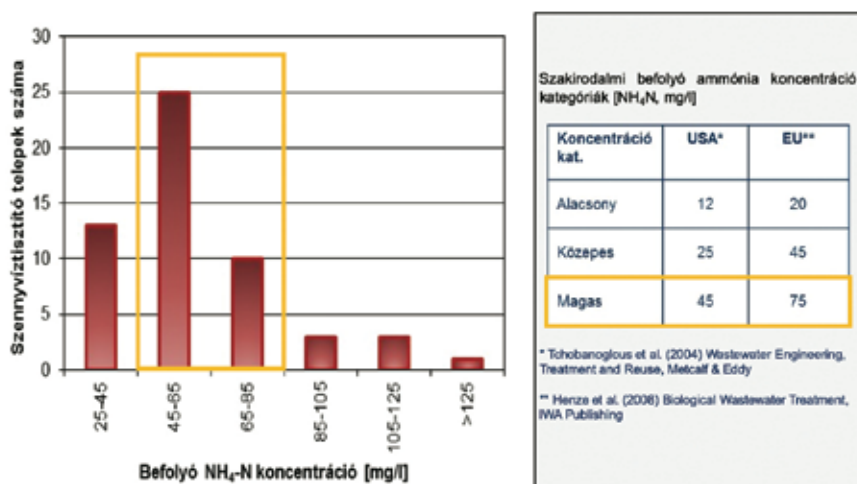
hogy ez az arányszám sem kőbe vésett, sok tényező módosíthatja (pl. a szerves szénforrás minősége, hozzáférhetősége, biodegradálhatósága).

A cikk a befolyó szennyvízre vonatkozó arányszámokról szól, azaz arra az anyagáramra, ami a telepre beérkezik. Egy mondat erejéig azonban fontos megjegyezni, hogy a C:N:P arány – pl. BOI5- vagy oldott-KOI-, összes-N- és összes-P-komponensek koncentrációival kifejezve – a csatornahálózatban a tisztítótelepre érkezést megelőzően nagymértékben változik: minél nagyobb a csatornabeli tartózkodási idő, a biodegradálható szerves szénforrás annál nagyobb része bomlik le, azaz denitrifikációs kapacitását tekintve a szennyvíz minősége kedvezőtlenül változik (a C:N arány nagymértékben csökkenhet). Ilyen aspektusból az eltúlzott méretű hálózat kialakítása, azaz a túlzott centralizáció komoly beruházási és üzemeltetési pluszkiadásokat eredményezhet a szennyvíztisztító telepeken, nem is beszélve a csatornahálózat fokozódó bűz- és korrózió-problémáinak veszélyéről.

Összegzésképpen a fejezet címében szereplő kérdésre a rövid válasz: az nyer a számháborúban, aki nemcsak leolvassa a számokat, hanem kideríti, hogy hol van a zászló elrejtve, és azt meg is szerzi, különben a sok erőfeszítésnek nem lesz meg a várt eredménye. Azaz aki pontosan tájékozódik a mutatószámokról, de azok háttérjelentéséről is, aki a befolyó szennyvíz minőségét reprezentatív mintázással, több alkalommal, részletes analitikai vizsgálatokkal feltérképezi, és nem (csak) irodalomból vagy szabványokból felkutatott szennyvízminőség-adatokra támaszkodik. Fontos tudatában lenni annak, hogy az irodalomból vett mutatószámok milyen körülmények között és milyen technológiák esetében mutatkoztak korábban érvényesnek, nem célravezető őket automatikusan bárhol alkalmazni (ld. később a 3-4. fejezetek).

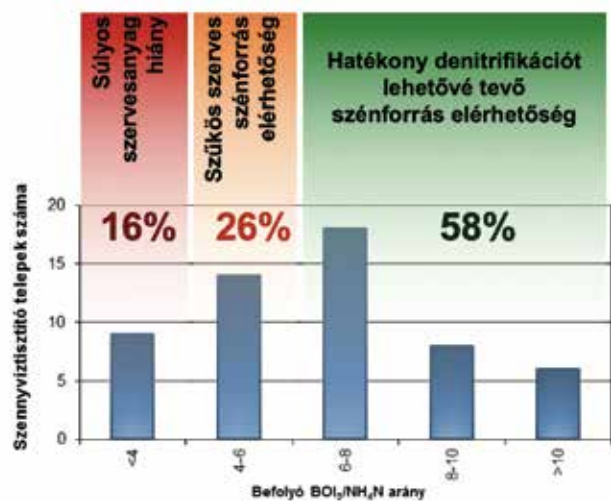
3. Biodegradálható szerves szénforrás szűkössége/hiánya a kommunális szennyvizekben és az ebből fakadó következmények

Hazánkban a kommunális szennyvíztisztító telepek befolyó szennyvizei igen nagy eltérést mutatnak az általánosan igen magas nitrogéntartalommal (Tardy et al., 2012). A Nyugat-Európában és Észak-Amerikában magasnak számító ammóniakoncentrációk nálunk általánosnak tekinthetők, kiterjedt vízgyűjtővel rendelkező regionális tisztítótelepek befolyó szennyvizében pedig nem ritkák akár a 100 mg/l körüli vagy afeletti összesnitrogén-koncentrációk sem (ld. 1. ábra).



1. ábra: Hazai szennyvíztisztító telepek jellemző befolyó-ammónia-N-koncentrációi nemzetközi összehasonlításban (Tardy et al., 2012)

A BME ABÉT Szennyvíztisztítási Biotechnológiák Kutatócsoport 55 hazai létesítményt megvizsgált átfogó felmérése szerint a hazai szennyvíztisztító telepek jelentős része biodegradálható szerves szénforrás szűkösségben vagy -hiányban szenved, amint azt a 2. ábra diagramja szemlélteti (Tardy et al., 2012). Az eredmények azt mutatták, hogy a kommunális szennyvíz minősége helyről helyre is nagymértékben változik, az egységes kommunális szennyvíz-minőség fogalma meghaladott. A lakosegyenértéken alapuló tervezési gyakorlat nem tartható, a külföldről átvett technológiák pedig közvetlenül nem átvehetőek, mindez pedig súlyos tervezési és üzemeltetési hibákhoz és jelentős pluszkiadásokhoz vezethet. A kommunális szennyvizek biodegradálható szerves szénforrás hiánya egyébként egyre inkább kezd világtrenddé válni (Oleszkiewicz és Barnard, 2006; Somlyódy és Patziger, 2012; Barnard et al., 2015; Patziger, 2017).



2. ábra: Hazai szennyvíztisztító telepek jellemző befolyó-BOI₅/NH₄N-aránya (Tardy et al., 2012)

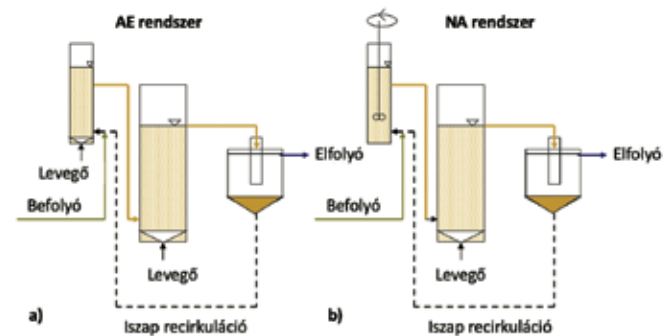
A szűkös befolyószénforrás-elérhetőség és az egyre szigorodó N- és P-határértékek miatt igen megelégnél a pótszénforrásként és/vagy foszforkicsapó szerként alkalmazható vegyszerek fejlesztése és eladása. Természetesen számos esetben nem (teljesen) kerülhető el a vegyszeradagolás, ugyanakkor a szennyvíztisztító telepek befolyó szennyvízből származó technológiai szerves szénforrás-„menedzsmentje” általában nem korszerű, a szerveszén-forrás jelentős része nem csak az anoxikus és anaerob heterotróf folyamatokra fordítódik, tehát ilyen értelemben pazarló a működés. A tagolatlan reaktorok, az egyidejű (egy térben zajló) nitrifikációt és denitrifikációt célzó alacsony oldottoxigén-szint mellett üzemelő (ún. low DO – Dissolved Oxygen) rendszerek vagy a ciklikusan üzemeltetett tagolatlan medencék a befolyó szennyvízből származó biodegradálható szerves szénforrás jelentős részét oxigénnel bontják le, így az nem válik elérhetővé a denitrifikáció, ill. a biológiai többletfoszfor-eltávolítás számára (Tardy et al., 2012; Bakos et al., 2020). Ezekben a szénforrást pazarló módon felhasználó rendszerekben nyilvánvalóan nem működnek, ill. sérülnek/módosulnak az előzőekben bemutatott befolyó C:N arányszámokra vonatkozó becslési tartományok is. Ugyanakkor még

tagolt rendszerben, nem levegőztetett szelektorok alkalmazása esetén is jelentős mennyiségű szerves szénforrás veszíthető el, amennyiben az oxigén nem levegőztetett reaktorokból történő teljes kizárása nem megoldott (Jobbágy et al., 2000a; Plósz et al., 2003; Jobbágy et al., 2019).

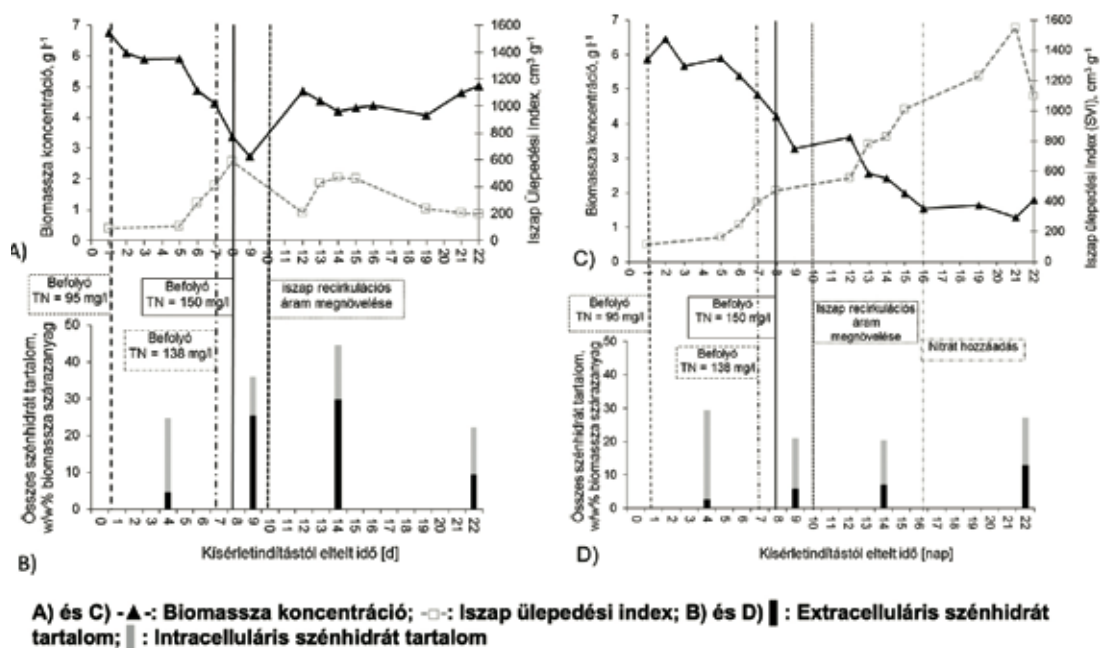
Alacsony befolyó C:N arány esetében, különösen a tagolatlan vagy nem megfelelően tagolt rendszerekben sokkal könnyebben állnak elő ún. low S – low DO körülmények (alacsony szubsztrát – alacsony oldottoxigén-koncentráció), amelyek a romló tápanyag-eltávolítási hatékonyság mellett az eleveniszap súlyos fonalásodásához vezethetnek, különösen a téli időszakban (Wanner és Jobbágy, 2014; Jobbágy et al., 2019). A befolyó szennyvíz biodegradálható szénforrásának biotechnológiai tudáson alapuló korszerű és szigorú technológiai gazdálkodásával nagyon sok esetben teljesen elkerülhető/megelőzhető vagy igen jelentős mértékben csökkenthető lenne a biológiai tápanyag-eltávolítás hatékonyságnövelését vagy a fonalások visszaszorítását korrekív módon célzó – ráadásul nagyon sok esetben a gyakorlatban indokolatlanul túlzott mértékű – vegyszerezadagolás. (A vonatkozó lehetséges korszerű megoldások felsorolását ld. az 5. fejezetben.)

4. Tápanyagszűkösség/hiány az ipari szennyvizekben és az ebből fakadó következmények

Bizonyos élelmiszeripari szennyvizekre (pl. borászati, szörpüzemi, üdítő- és szeszyári, édesség- és jégkrémgyártó üzemi szennyvizek stb.) rendkívül magas biodegradálható szerves szénforrás tartalom jellemző, miközben szinte egyáltalán nem tartalmaznak tápanyagokat (N- és P-vegyületeket). A súlyosan tápanyaghiányos szennyvizek kezelése során az iszapfolyók között ún. extracelluláris poliszacharidok halmozódnak fel nagy mennyiségben, ami ún. viszkózus iszap puffadáshoz és a kocsonyás állagúra változó eleveniszap ülepedetlenségéhez vezet (Jobbágy et al., 2002 és 2009). Hagyományos megoldást jelenthet tápanyaghiányos szennyvizek esetében a pót-N- és P-források adagolása. Ez esetben az üzemeltető érthető módon arra törekszik, hogy minimalizálja a beadagolandó vegyszerek mennyiségét, azaz pl. hogy a beadagolással éppen elérhető legyen a 100:5:1 (BOI5:TN:TP) arány, de ne kerüljön több tápanyag beadagolásra, egyrészt mert az is többletköltség, másrészt ha nagyobb mértékű a túladagolás, akkor tápanyag-eltávolításra lenne szükség, amire általában az ilyen célokra alkalmazott bioreaktor-ellenvezetések nem alkalmasak. A hagyományos póttápanyag-adagolásnak az a legnagyobb veszélye, hogy nagyon nehéz jól eltalálni vele a megfelelő dózist. Ha a fenti C:N:P arány elérésére törekszünk, de a szennyvízben levő szerves szénforrás igen jól hasznosítható (rendkívül jól biodegradálható, pl. nagyrészt szerves illósavakból áll), akkor könnyen előfordulhat, hogy a szakirodalmi arányok betartása mellett is tápanyaghiányba „csúszik” vissza a rendszer (Bakos et al., 2016b). A 3. ábrán látható két, azonos összesbioreaktor-térfogató laboratóriumi modellrendszert tápanyaghiányos boripari



3. ábra: A laboratóriumi modellrendszerek technológiai sémája (Bakos et al., 2016b)



4. ábra: Az AE-modellrendszer mért a) iszapkoncentráció- és iszapülepedési indexe és b) sejtben belüli és kívüli szénhidráttartalom-értékei, valamint az NA-modellrendszer mért c) iszapkoncentráció- és iszapülepedési indexe és d) sejtben belüli és kívüli szénhidráttartalom-értékei (Bakos et al., 2016b)

műszennyvízzel tápláltuk 22 napon keresztül folyamatos üzemben. Az AE-rendszerben levegőztetett, az NA-rendszerben nem levegőztetett szelektort alkalmaztunk. A 4. ábra diagramjain látható eredmények azt mutatták, hogy a 100:5 (BOI5:TN) arányt célzó pót-N-adagolás ellenére az iszapülepedési index mindkét rendszerben jelentősen elkezdett emelkedni (ld. 4. a) és c) ábrák) mindjárt a kísérlet első hetében. Az AE (teljesen aerob) rendszerben elinduló viszkózus iszap puffadás (a sejtben kívüli poliszacharid-tartalom jelentős növekedése, ld. 4. b) ábra) a N-adagolás dózisának növelésével megfékezhető volt, az iszapülepedési index a következő 8-10 napban mérséklődött. Az NA-rendszerben azonban a kísérlet elején elindult fonalásodás a szűkös N- és P-forrás-elérhetőség mellett a N-dózis növelésével nem volt már megállítható, az eleveniszap a kísérlet végére teljesen ülepedetlenné vált, ami egyúttal a bioreaktor kimosódását is eredményezte (ld. 4. c) ábra).

Kísérletileg igazoltuk, hogy bizonyos jól biodegradálható szénforrások esetén a megszokottnál nagyobb biomasszahozam (0,7 g biomassza KOI / g szubsztrát KOI) állhat elő. Ez pedig a jól biodegradálható KOI:N arány 100:5-ről 100:7,2 értékre való tolódására utalt, azaz a vártnál jóval nagyobb N-igényt mutatott. Így tápanyaghiányos élelmiszeripari szennyvizek tisztításakor a minimális vegyszerfelhasználásra törekedő N- és P-adagolási stratégia szűkös tápanyag-elérhetőséghez, a biomassza

nemkívánatos szerkezetéhez és súlyos elválasztási problémákhoz vezethet (Bakos et al., 2016b). A hagyományos vegyszeradagolásnál biztonságosabb és célszerűbb megoldás korszerű biotechnológiával glikogénakkumuláló mikroorganizmusokat tenyészteni (Jobbágy et al., 2002; Kiss et al., 2011, Wanner és Jobbágy, 2014).

5. Korszerű, költségkímélő és megelőzést célzó megoldások a bioreaktor-elrendezés optimalizálására a befolyó C:N arány tükrében

Kommunális szennyvíztisztító telepeken a befolyó szerves szénforrás szűkössége vagy súlyos hiánya esetében a következő, a BME ABÉT Szennyvíztisztítási Biotechnológiai Kutatócsoport által Jobbágy Andrea vezetésével kidolgozott korszerű, alapvetően megelőzésen alapuló, költségkímélő biotechnológiai megoldások hoztak nagyüzemi referenciákkal igazolt és nemzetközileg elismert, kiemelkedő eredményeket a biológiai tápanyageltávolítás-hatékonyság növelésére és jól ülepedő eleveniszap-szerkezet elérésére (t.i. a fonalas iszappuffadás megelőzésére):

- Bioreaktorok tagolása, nem levegőztetett szelektorok alkalmazása (Chudoba et al., 1973; Jobbágy et al., 2000b; Bakos et al. 2020)
- Eleveniszapos – biofilm hibrid rendszerek integrált optimalizálása (Jobbágy et al., 2008; Bakos et al., 2013)
- Nem levegőztetett szelektorok úszó fedlappal történő lefedése az oxigén kizárására (világelső nagyüzemi alkalmazás – Jobbágy et al., 2019)
- Nagy biodegradálható szervesanyag tartalmú élelmiszeripari szennyvizek hasznosítása denitrifikációs szénforrásként a költséges pótszénforrás-adagolás elkerülésére (Weinpel et al., 2018; Bakos et al., 2020)
- Nagy szervesanyag tartalmú, vegyipari folyékony hulladékok ártalmatlanítása denitrifikációs szénforrásként való hasznosítással, egyúttal a költséges pótszénforrás-adagolás elkerülésére (Hosseini et al., 2011)

Regionális, kiterjedt csatornahálózattal rendelkező, ipari szennyvízhiánydot is fogadó kommunális szennyvíztisztító telepek esetében, ahol állandóan vagy szezonálisan és akár nagymértékben változó befolyó C:N arány mutatkozik:

- Tagolt, alternatív módon üzemeltethető reaktorokkal felszerelt, flexibilisen üzemeltethető rendszerek alkalmazása (Weinpel et al., 2018; Bakos et al., 2020)

Élelmiszeripari szennyvizek tisztítása során a befolyótápanyag-elérhetőség szűkössége vagy hiánya esetében a következő innovatív és költségkímélő megoldások hoztak nagyüzemi referenciákkal igazolt és nemzetközileg elismert, kiemelkedő eredményeket a szervesanyag tartalom hatékony csökkentésére, valamint jól ülepedő eleveniszap-szerkezet elérésére (t.i. a viszkózus iszappuffadás megelőzésére):

- Glikogénakkumuláló mikroorganizmusok elszaporítása anaerob szelektorok alkalmazásával (Jobbágy et al., 2002; Kiss et al., 2011; Jobbágy et al., 2017)

6. Összefoglalás

A helyi jellemző befolyószennyvíz-minőség feltérképezése és reprezentatív megismerése kulcsfontosságú a tervezési és üzemeltetési hibák megelőzésére. A befolyó C:N:P arányra vonatkozó mutatókat kizárólag átgondoltan és nagy körültekintéssel érdemes irányadónak vagy tervezést/üzemeltetést támogató információnak használni, a helyi technológia sajátosságait és szerves szénforrás gazdálkodási szorosságát, ill. korlátait és hiányosságait is elengedhetetlen pontosan megismerni. A hagyományos vegyszeradagolás nem mindig elkerülhető, ugyanakkor léteznek költségkímélő, megelőzést célzó korszerű biotechnológiai megoldások, amelyekkel a vegyszeradagolás nagymértékben mérsékelhető és sok esetben akár teljesen elhagyható volna. Regionális szennyvíztisztító

telepek esetében kiemelkedő jelentőségű volna az önkormányzat, az üzemeltető, az ipariszennyvíz-kibocsátók és a környezetvédelmi hatóság közötti intenzív, értelmes kommunikáció és együttgondolkodás, hogy egy-egy költséges beruházás eredményeképpen előáll – s végül a tenderkiírásban szereplőtől eltérően alakuló szennyvízminőséget produkáló – kudarck helyett egyedi, költséghatékony és jól működő megoldások születhessenek a települési szennyvíztisztítás területén.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény alapvetően a doktori munkám (Bakos, 2016a) eredményeire támaszkodva jött létre. Nem egyéni, hanem csapatmunkaként született, számos üzemeltető és ipari partner segítségével és finanszírozásával (külülük kiemelendő: FCsM Zrt., DMRV Zrt., DRV Zrt., FV Zrt.). Köszönet illeti mindenekelőtt kutatócsoportunk vezetőjét, egyúttal egykori PhD-téma-vezetőmet, Dr. Jobbágy Andrea c. egyetemi tanárt, a szennyvíztisztítási biotechnológiák területén számos világelső áttörést alkotó, nemzetközileg elismert kutatót, aki mesteremként ezt a tudományos és technológiai tématerületet velem megismertette, és akivel volt és van szerencsém annak kihívásait kutatni. A tudományos sikereken felül számos gyakorlati nagyüzemi innováció magas szintű megvalósulásában vehettem részt irányítása alatt. Köszönöm továbbá Simon József kollégámnak, a laboratóriumi és nagyüzemi kísérletek nélkülözhetetlen technikai szakemberének, hogy ötleteivel, kreatív és fáradhatatlan erőfeszítéseivel az eredményekhez vezető gyakorlati munkát megfelelőképpen hajthattuk végre, és annak fortélyait tőle elsajátíthattam.

Irodalomjegyzék

- Bakos, V., Tardy, G., Palkó, Gy., Jobbágy, A. (2013): Pilot-Scale verification of efficient nitrifier backseeding in a combined activated sludge – biofilm system, *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 57(1-2), 93–99.
- Bakos, V. (2016a): A szénforrás és a tápanyag elérhetőség szerepe az eleveniszap szerkezet kialakulásában és a bioreaktor elrendezés optimalizálásában, *Doktori értekezés, BME Alkalmazott Biotechnológia Tanszék, Budapest.*
- Bakos, V., Kiss, B. and Jobbágy, A. (2016b): Problems and causes of marginal nutrient availability in winery wastewater treatment, *Acta Alimentaria*, 45(4), 532–541.
- Bakos, V., Szombathy, P., Simon, J., Jobbágy, A. (2020): Implementing cost-effective co-treatment of domestic and food-industrial wastewater by novel methods for estimating industrial load, *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, *Közlésre elfogadva: 2020. február.*
- Barnard, J., Stevens, G. M., and Leslie, P. J. (1985): Design strategies for nutrient removal plant, *Water Science and Technology*, 17, 233–242.
- Barnard, J. L., Yu, W., Steichen, M. T. and Dunlap, P. (2015): Design of large BNR plant for State Capital of California. In: 12th IWA Specialised Conference on LWWTs, 6–9 September, 2015, Prague, Czech Republic. Proc. 27–32.
- Chudoba, J., Grau, P., and Ottová, V. (1973): Control of activated sludge filamentous bulking – II. Selection of microorganisms by means of selector, *Water Research*, 7, 1389–1406.
- Ekama, G.A., Siebritz, I.P., Marais, G.V.R. (1983): Considerations in the process design of nutrient removal activated sludge processes, *Water Science and Technology*, 15(3/4), 283–318.
- Grady, C.P.L. Jr., Daigger, G.T., Lim, H.C. (1999): *Biological Wastewater Treatment*, 2nd edition, Marcel Dekker, Inc., New York, Basel.
- Henze, M., Grady Jr, C.P.L., Gujer, W., Marais, G.V.R. and Matsuo, T. (1987): A general model for single-sludge wastewater treatment systems, *Water Research*, 21(5), 505–515.
- Hosseini, A., M., Bakos, V., Jobbágy, A., Tardy, G., Mizsey, P., Makó, M., Tungler, A. (2011): Co-treatment and utilisation of liquid pharmaceutical wastes. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 55(1), 3–10.
- Jenkins, D., Richard, M.G., Daigger, G.T. (2004): *Manual on the causes and control of*

- activated sludge bulking and foaming, 3rd edition, CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, US.
- Jobbágy, A., Simon, J., Plósz, B. Gy., (2000a): The impact of oxygen penetration on the estimation of denitrification rates in anoxic processes, *Water Research*, 34(9), 2606-2609.
- Jobbágy, A., Literáthy, B., Farkas, F., Garai, Gy. and Kovács, Gy. (2000b): Evolution of the Southpest Wastewater Treatment Plant, *Water Science and Technology*, 41(9), 7-14.
- Jobbágy, A., Literáthy, B., Tardy, G. (2002): Implementation of glycogen accumulating bacteria in treating nutrient-deficient wastewater, *Water Science and Technology*, 46, 185-190.
- Jobbágy, A., Tardy, G. M., Palkó, Gy., Benáková, A., Krhutková, O. and Wanner, J. (2008): Savings with upgraded performance through improved activated sludge denitrification in the combined activated sludge - biofilter system of the Southpest Wastewater Treatment Plant, *Water Science and Technology*, 57(8), 1287-1293.
- Jobbágy, A., Kiss, B., Bakos, V., Tardy, G. (2009): Activated sludge nuisances in a vegetable processing wastewater pretreatment plant, *Acta Alimentaria*, 38, 393-404.
- Jobbágy, A., Kiss, B. and Bakos, V. (2017): Conditions favoring proliferation of Glycogen Accumulating Organisms for excess biological carbon removal in treating nutrient deficient wastewater, *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 61(3), 149-155.
- Jobbágy, A., Weinpel, T., Bakos, V. and Vánkos, Zs. (2019): Use of floating seals to exclude oxygen penetration in non-aerated selectors, *Water Science and Technology*, 80(2), 357-364.
- Kiss, B., Bakos, V., Liu, W. T., Jobbágy, A. (2011): Full-scale use of glycogen-accumulating organisms for excess biological carbon removal, *Water Environment Research*, 83(9), 855-864.
- Ludzack, F.J. and Ettinger, M.B. (1962): Controlling operation to minimize activated sludge effluent nitrogen, *Water Pollution Control Federation*, 34, 920-931.
- Oleszkiewicz, J.A. and Barnard, J.L. (2006): Nutrient removal technology in North America and the European Union: a review, *Water Quality Research Journal*, 41(4), 449-462.
- Patziger, M. (2017): Efficiency and development strategies of medium-sized wastewater treatment plants in Central and Eastern Europe: results of a long-term investigation program in Hungary, *Journal of Environmental Engineering*, 143(6), 04017008-1 - 7.
- Plósz, B. Gy., Jobbágy, A., Grady Jr., C.P.L. (2003): Factors influencing deterioration of denitrification by oxygen entering an anoxic reactor through the surface, *Water Research*, 37, 853-863.
- Somlyódy, L. and Patziger, M. (2012): Urban wastewater development in Central and Eastern Europe, *Water Science and Technology*, 66(5), 1081-1087.
- Tardy, G. M., Bakos, V., Jobbágy, A. (2012): Conditions and technologies of biological wastewater treatment in Hungary, *Water Science and Technology*, 65(9), 1676-1683.
- Wanner, J. and Jobbágy, A. (2014) Activated sludge solids separations. Chapter 10 in *Activated sludge - 100 years and counting*, Eds. Jenkins, D. and Wanner, J., 2014 IWA Publishing, Glasgow, ISBN 9781780404936, 171-193.
- Weinpel, T., Bakos, V. and Jobbágy, A. (2018): Co-treatment of a carbon deficient domestic wastewater with a dairy process effluent for a cost-effective global solution. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 62(4), 432-440.

FRISS EREDMÉNYEK A KLÓROZÁSOS IVÓVÍZKEZELÉS KÉMIÁJÁBAN



KIVONAT A klórozásos ivóvízkezelés során környezetszennyező, illetve egészségre káros vegyületek is megjelennek. Ezek minősége és mennyisége függ az aktuális antropogén hatásoktól. Az analitikai kémiai módszerek folyamatos fejlődése egyre pontosabb képet nyújt a nemkívánatos vegyületek koncentrációjáról és képződésük mechanizmusáról; mindez lehetővé teszi, hogy hatékonyabb technológiai és kontrollstratégiákat lehessen kidolgozni. A cikk néhány új eredményt mutat be a klórozásos ivóvízkezelés kémiájából, illusztrálva a szakterület folyamatos fejlődését. Bemutatunk új klórozási melléktermékeket és új mérési technikákat, valamint példát mutatunk arra, hogyan lehet pontos mérésekkel pontosabb reakciómodelleket felállítani.



KULCSSZAVAK vízkezelés, klórozási melléktermék, trihalometán, klóramin, reaktív köztitermék, reakciómechanizmus, melléktermék-analízis, oxidáció

FEHÉR PÉTER PÁL Természettudományi Kutatóközpont, Budapest, feher.peter@ttk.mta.hu
STIRLING ANDRÁS Természettudományi Kutatóközpont, Budapest, stirling.andras@ttk.mta.hu
FÁBIÁN ISTVÁN Debreceni Egyetem, Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék, ifabian@science.unideb.hu

Bevezetés

Az ivóvíz tisztaságának biztosítása alapvető és kiemelten lényeges hatósági feladat. Fontossága miatt mind a szakma, mind pedig a nagyközönség figyelmének középpontjában áll. A minőségi követelmények és azok ellenőrzése szigorúan szabályozott.[1] A vízszennyezők azonban

változnak, annak megfelelően, hogy a mezőgazdasági, ipari, gyógyászati vagy éppen az orvosi diagnosztikai tevékenységekben milyen vegyszerek kerülnek előtérbe. Az analitika és mérés technika fejlődése egyre pontosabb és részletesebb vízminőség-monitorozást tesz lehetővé. Ennek köszönhetően mélyebb ismereteket szerezhetünk a vízben lejátszó ké-

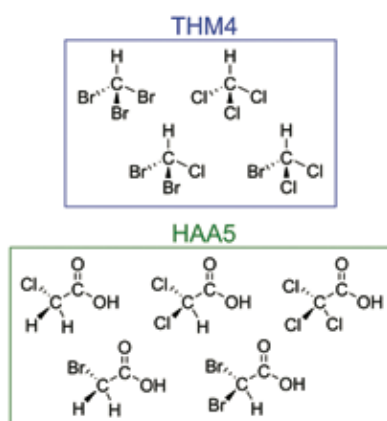
miai folyamatokról, melyek új veszélyekre is felhívhatják a szakemberek figyelmét.[2] Az új módszerek nagyságrendekkel a toxicitási határ alatti koncentrációk meghatározását is lehetővé teszik. Ezek az eredmények a laikusok számára gyakran azt a tévképzetet sugallják, hogy a vizek szennyezettsége elfogadhatatlanul nagy. A megújuló tapasztalatok alapján az aktuális protokollok és technológiák időről időre görcső alá kerülnek, a vizsgálatok és visszacsatolások eredményeképpen pedig módosulnak. [3] Nemrég a jelen cikk írói egy érdekes vizsgálatsorozatot publikáltak, amelyben a monoklóramin bomlásának mechanizmusát vizsgálták meg széles, savas pH-tartományban.[4] A monoklóramin (vagy szerves analógja, a klóramin T) önmagában a klórhoz hasonló hatású fertőtlenítőszer. A munka kapcsán áttekintettük a témakörhöz kapcsolódó legfrissebb szakirodalmat. Ebből az áttekintésből szeretnénk most néhány újdonságot megosztani a lap olvasóival.

Klórozási melléktermékek

Régóta ismert, hogy az ivóvíz klórozása ún. klórozási melléktermékek (disinfection byproducts, DBPs) képződésével jár, és ezek toxikus hatását folyamatosan vizsgálják, összefüggéseket keresve például a vetélés vagy a hólyagrák kialakulása és a klórozott ivóvíz fogyasztása között.[5] Ezek a vegyületek a megtisztítandó vízben jelen lévő természetes szerves anyagokból képződnek.

Több mint 600 ilyen vegyületet azonosítottak.[6] Ez jóval több annál, mint amire értelmes szabályozást lehet adni. Ezért a legtöbb országban néhány vegyülettípusra fókuszálnak, amelyek kontrollálása várhatóan magával vonja a többi DBP-vegyület megfelelő kontrollálását is. Ilyen kiemelt vegyületcsoportok a halometánok (az irodalomban THM4 a négytagú csoport neve) és a haloecetsavak (5-tagú HAA5 csoportja (1. ábra). De vajon ez a megközelítés mindig eredményes-e? Újabb vizsgálatok azt mutatták, hogy a vízforrások szervesanyag tartalmának eltérő összetétele gyakran teljesen más DBP-mintázatot eredményez. Például magas nitrogéntartalom esetén nitrogéntartalmú DBP-vegyületek (NDBP-k), többek között nitrózaminok képződnek.[7] Ezek egyike, a dimetil-nitrózamin közismerten rákkeltő. Ha nem világos az összefüggés a kontrollcsoportok viselkedése és az NDBP-k képződése között különböző fertőtlenítési technológiák esetén, akkor nem garantált, hogy biztonságos lesz az ivóvíz. Például ismert, hogy direkt klórozáskor több THM4-vegyület keletkezik, viszont klóramináláskor több NDBP. Így tehát, ha a klórozást kiváltjuk, vagy kombináljuk klóraminálással, a kívánt érték alá szorítjuk le a THM4-mennyiséget, viszont a nitrózaminok mennyiségét nemkívánatos módon megnövelhetjük.

Ha ózonnal történő vízkezelést is alkalmazunk, a bromátok vagy a halogéntartalmú acetaldehidek mennyisége növekedhet meg jelentős mértékben.[6] Összességében egy komplex vízkezelési stratégia tűnik hatékonyabbnak, melynek során a teljes toxicitás csökkentése a kitűzött cél. Ennek teljesülése azonban nem igazolható, ha csak a THM4 és TAA5 csoportokra korlátozzuk a vizsgálatokat.[8]

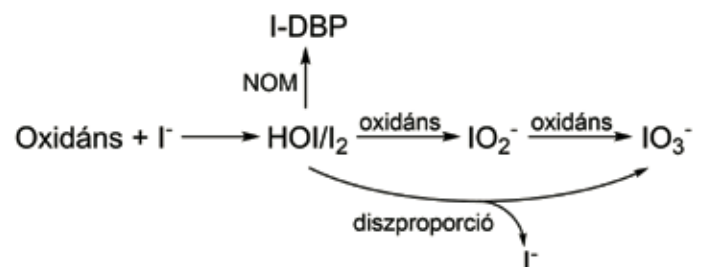


1. ábra: A THM₄ és HAA₅ vegyületcsoport tagjai

Újjonnan azonosított DBP-k

A következőkben néhány újjonnan felismert vegyületet ismertetünk, amelyek előtérbe kerülése egyrészt a megváltozott emberi tevékenység, másrészt a mérési módszerek javulásának köszönhető. Megjegyezzük, hogy nem feltétlenül van mindegyik típusnak hazai relevanciája, de a jövőbeli jelentőségük nem zárható ki.

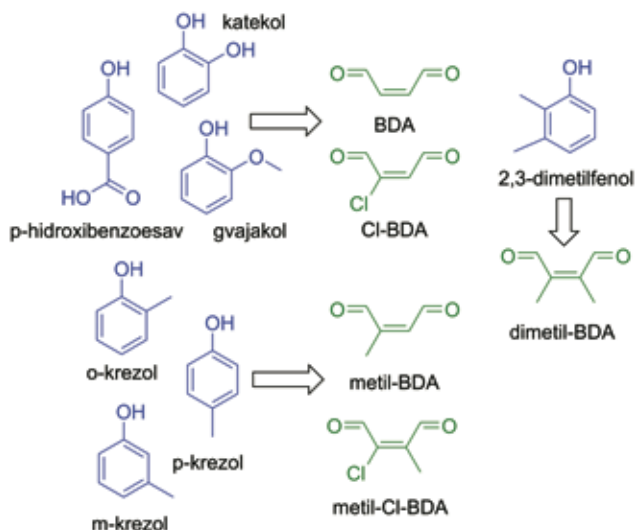
Az egyik jól dokumentált következménye a direkt klórozást kiváltó klóraminálásnak a jódtartalmú DBP-k (I-DBP) mennyiségének növekedése.[9] A jódtartalmú természetes szerves anyagokból kerül a vízbe (natural organic matter, NOM). További jódforrást jelent a jódozott konyhasók I⁻ és IO₃⁻-tartalma vagy a jódtartalmú röntgen-kontrasztanyagok. Ismert az is, hogy más földrajzi adottságú országokkal összevetve a tengerparti országokban a természetes vizek jódtartalma nagyobb. Ezek a jódtartalmú vegyületek a klórozás során aktívan részt vesznek a DBP-k képződési reakcióiban, és a jódtartalmú szerves molekulába. Alapvető probléma, hogy gyakran ezen jódtartalmú származékok toxicitása sokkal nagyobb, mint a THM- és HAA-csoportokba tartozó vegyületeké. Az I-DBP-k képződésének általános mechanizmusa az, hogy a szabad jodidtartalom az oxidálóközegben hipojódosavvá (HOI, analóg a hipoklórossavval, HOCl) alakul, és vagy ez a vegyület, vagy a reakcióban megjelenő közti-termék támadja meg a jelen lévő szerves anyagokat (2. ábra). Erélyesebb oxidatív körülmények között a HOI tovább alakul jodáttá (IO₃⁻), ami közvetlenül nem játszik szerepet az I-DBP-k képződésében. A mérések szerint a direkt klórozás során sokkal hamarabb elindul ez az átalakulás, mint a klóraminálás során, ami érthető, hiszen a klór sokkal erélyesebb oxidálószer, mint a klóramin. Emiatt az is érthetővé válik, hogy a klóraminálás során több veszélyes jódtartalmú DBP képződik, mint a direkt klórozás során, hiszen a lassabb HOI-jodát-átalakulás mellékreakció mellett több idő áll rendelkezésre a szerves anyagokkal (NOM) való reakcióra.



2. ábra: Jódtartalmú vegyületek kialakulása a vízben előforduló jodidion és az alkalmazott oxidálószer (pl. klór, monoklóramin) reakciójában[9]

A közelmúltban amerikai és svájci kutatók újra vizsgálták a fenolok vízfertőtlenítés során lezajló átalakulását, és azt találták, hogy több, egészségre potenciálisan veszélyes kismolekulás vegyület jöhet létre (3. ábra).[10] Külön érdekesség, hogy ezek között több egyáltalán nem tartalmaz klórt, de a klórozás során kialakuló oxidatív környezet a felelős a kialakulásukért. A vegyületek mind malein-dialdehid (2-butén-1,4-dial, BDA) származékok, és maga az alapvegyület is a végtermékek között van. Az ilyen típusú vegyületek közül jó néhány már igazoltan karcinogén. A vizsgálatokat a következőképpen végezték: kis mennyiségű fenolt tartalmazó oldatot a klórozás tipikus körülményeit szimulálva, precízen beállított paraméterek mellett különböző mennyiségű HOCl-dal reagáltattak, majd pontos analitikai kémiai módszerekkel elemezték a végeredményt. A kutatásokat az teszi még izgalmasabbá, hogy azt is megvizsgálták, pontosan definiált idő után egy alkalmas biomolekulával (a lizin aminosav egy analóg vegyületével) hogyan reagálnak ezek a vegyületek, milyen új addukt-komplexek jönnek létre. Ezek a vizsgálatok a biológiai

hatást hivatottak modellezni. Az eredmények felhívják a figyelmet arra, hogy a nagyszámú, fenolvázat tartalmazó szerves szennyező a szokásos vízfertőtlenítési eljárások során karcinogén anyagok forrása lehet, és fontos, hogy ezek szigorú kontrollálására is sor kerüljön.



3. ábra: BDA-származékok kialakulása fenolokból[10]

Újdonságok az elemzési módszerekben

A szennyezők detektálásában kiemelkedően fontos szerepe van a tömegspektrometriának, a kromatográfiának és ezek kombinációjának.[11] A tömegspektrometriás mérés során a vizsgált vegyületből gázfázisú ion keletkezik, ami különböző fragmensekre bomlik, általában elsődlegesen a gyengébb kötések felhasadásával. Az eredeti és a szétszakadt molekuláinak nagy sebességgel áthaladnak egy mágneses mezőn, ami eltéríti őket (a Lorentz-erő miatt) tömegtől és töltéstől függően különböző mértékben. A spektrométer végén detektorok érzékelik a becsapódás helyét, ami az eltéréstől függ. Ebből pedig a tömeg/töltés arány visszakövetkeztethető. A spektrum pedig nem lesz más, mint a tömeg/töltés arány függvényében a mért intenzitás (becsapódásszám). A kromatográfia egy olyan technika, ahol keverékek választhatók szét. Egy hordozó gáz (gázkromatográfia) vagy folyadék (folyadékkromatográfia) a vizsgálandó keveréket keresztül szállítja egy oszlopon, ami olyan anyaggal van töltve, amire a vizsgálandó anyagaink különböző erősséggel ideiglenesen megkötődnek. Az oszlop gázkromatográfiában szimbolikusan értendő, általában egy több méter hosszú, vékony, feltekert csőről van szó. A folyamatos közegáramlás „lemossa” az oszlopról a vegyületeket, de a különböző erősségű kötődés miatt az anyagok térben szétválnak. Az oszlop végén detektor érzékeli a kijövő vegyületet, és a koncentrációjának megfelelő intenzitás görbét rajzol az idő függvényében. Ez a kromatogram. A két módszer összekapcsolásával megsokszorozzuk a lehetőségeinket, mert így egy keveréket kromatográfiásan szétválasztva egyből a tömegspektrométerbe lehet továbbítani, és ezáltal egy nagyszámú vegyületet tartalmazó keverék pontos összetételét és koncentrációviszonyait meg lehet határozni. A mérőműszerek és detektálási technikák folyamatos fejlődése nagyon nagy pontosságot és érzékenységet tesz lehetővé napjainkban. Például 39 különböző DBP-t sikerült kivételesen nagy pontossággal meghatározni olyan tömegspektrométerrel, amelyben repülési idő-analizátorral dolgoztak, és szelektáltan fókuszáltak egy kisebb tömeg/töltés tartományra (selected ion monitoring). Így 3–61 ng/l detektálási határig

tudtak lemenni, és a spektrum pontossága lehetővé tudta tenni, hogy két új, addig nem dokumentált szennyezőt azonosítsanak.[12] Spanyol szakemberek fejlesztettek ki egy gyors, egyszerű, de érzékeny eljárást, ami élvonalbeli folyadékkromatográfiás módszert alkalmaz, kombinálva a legfejlettebb tömegspektrometriás eljárással.[13] Semmilyen szokásos előzetes extrakciós vagy koncentráció-növelő eljárás nem szükséges, a mintát direkt be lehet fecskendezni a kromatográfba, és a tömegspektrogramok alapján az azonosítás és a mennyiségi elemzés szoftveresen elvégezhető akár 100 µl mintából 0,01–0,6 µg/l határ mellett.

A kísérleti eredmények értelmezése, azaz a részletes reakciómechanizmus feltárása fontos szerepet játszik abban, hogy használható következtetések, előrejelzések és javaslatok születhessenek az eredményekből. Amerikai szakemberek egy egészen friss tudományos közleményben mutatták meg ismét, hogy milyen hasznos tud lenni a konvencionálístól eltérő, a megszokott kereteken túllépő gondolkodás.[14] A DBP-k képződésének leírásakor nagyon gyakran azt a megközelítést használják, hogy a szerves vegyületek oxidációja a legnagyobb mennyiségben jelen lévő, legerősebb oxidálószerrel történik. Kiderül azonban, hogy sok kinetikai mérés eredménye vagy éppen a termékeloszlás nem magyarázható így. Az eredmények arra világítottak rá, hogy a DBP-k képződésének folyamataiban olyan, kevésbé erős, viszont annál egzotikusabb oxidáló vegyületeknek van kulcsszerepük, mint például a Cl_2O , Br_2O , BrCl , ICl , H_2OI^+ , BrOCl vagy Cl_2 . A vízkezelési eljárások során ezek a vegyületek köztiterméként rendkívül kis koncentrációban képződnek a HOCl és a jelen lévő halogénidek reakcióiban. Ezeknek a formáknak a számításba vételével a klórozás és klóraminálás során talált meglepő kinetikai eredmények azonnal értelmezhetővé váltak. Ilyen váratlan és első látásra meglepő mérési eredmény például, hogy a klórionok koncentrációjának növelése elősegíti az oxidációt – de köztudott, hogy a kloridion nem tud oxidálni. Viszont észrevéve, hogy a koncentrációjának növelése elősegíti például a szabad Cl_2 vagy BrCl képződését, rájöhettünk, hogy a folyamatokban ezek a tényleges oxidálószer, tehát ezeket a származékokat be kell építeni a kinetikai modellbe.

Befejezés – összefoglalás

A klórral történő vízkezelés mintegy 130 éves múltra tekint vissza. Ez alatt az időszak alatt rengeteg tanulmány született, ami a klórozási reakciók gyakorlatát és elméletét tárgyalja. Az alapvető törvényszerűségeket már viszonylag régen felismerték, de mind a mai napig számos, jelentőséggel bíró kérdés tisztázatlan. A kísérleti és elméleti módszerek fejlődésével egyre részletesebb képet kapunk a lejátszódó reakciókról, ami lehetőséget teremt a jelenségek eddiginél pontosabb értelmezésére, összetett hatások és szinergiák elemzésére. Fontos szempont, hogy az antropogén környezeti hatások egyre nagyobb volumenűek és egyre összetettebbek. Ez egyben azt is jelenti, hogy számos új, potenciálisan környezetszennyező vegyület megjelenésével kell számolnunk, mely vegyületek sokszínű reakciókban vehetnek részt a vízkezelési eljárásokban, és hozzájárulhatnak új típusú toxikus termékek megjelenéséhez. Mindez szükségesé teszi a vízkezelési eljárások során szerzett tapasztalatok rendszeres elemzését és az elemzések alapján a folyamatok értelmezésére alkotott kémiai modellek folyamatos finomítását, az ellentmondások új kutatási eredményekre alapozott tisztázását.

Irodalom

- [1] 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről.
- [2] Sousa, J. C. G.; Ribeiro, A. R.; Barbosa, M. O.; Pereira, M. F. R.; Silva, A. M. T. A. Review on Environmental Monitoring of Water Organic Pollutants Identified

- by EU Guidelines. *J. Haz. Mater.* 2018, 344, 146-162. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.09.058>
- [3] Lásd például: National Primary Drinking Water Regulations: Stage 2 Disinfectants and Disinfection Byproducts Rule, <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2006-01-04/pdf/06-3.pdf> (Itt különösen releváns az indoklás rész.)
- [4] Fehér, P. P.; Purgel, M.; Lengyel, A.; Stirling, A.; Fábíán, I. The Mechanism of Monochloramine Disproportionation under Acidic Conditions. *Dalton Trans.* 2019, 48, 16713-16721. <https://doi.org/10.1039/c9dt03789f>
- [5] Evlampidou, I.; Font-Ribera, L.; Rojas-Rueda, D.; Gracia-Lavedan, E.; Costet, N.; Pearce, N.; Vineis, P.; Jaakkola, J. J. K.; Dellroy, F.; Makris, K. C.; et al. Trihalomethanes in Drinking Water and Bladder Cancer Burden in the European Union. *Environ. Health Pers.* 2020, 128, 17001. <https://doi.org/10.1289/ehp4495>
- [6] Li, X.-F.; Mitch, W. A. Drinking Water Disinfection Byproducts (DBPs) and Human Health Effects: Multidisciplinary Challenges and Opportunities. *Env. Sci. Techn.* 2018, 52, 1681-1689. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05440>
- [7] Shah, A. D.; Mitch, W. A. Halonitroalkanes, Halonitriles, Haloamides, and N-Nitrosamines: A Critical Review of Nitrogenous Disinfection Byproduct Formation Pathways. *Env. Sci. Techn.* 2011, 46 (1), 119-131. <https://doi.org/10.1021/es203312s>
- [8] Plewa, M. J.; Wagner, E. D.; Richardson, S. D. TIC-Tox: A Preliminary Discussion on Identifying the Forcing Agents of DBP-Mediated Toxicity of Disinfected Water. *J. Env. Sci.* 2017, 58, 208-216. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2017.04.014>
- [9] Dong, H.; Qiang, Z.; Richardson, S. D. Formation of Iodinated Disinfection Byproducts (I-DBPs) in Drinking Water: Emerging Concerns and Current Issues. *Acc. Chem. Res.* 2019, 52 (4), 896-905. <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.8b00641>
- [10] Prasse, C.; von Gunten, U.; Sedlak, D. L. Chlorination of Phenols Revisited: Unexpected Formation of α, β -Unsaturated C₄-Dicarbonyl Ring Cleavage Products. *Env. Sci. Techn.* 2020, 54, 826-834. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b04926>
- [11] Richardson, S. D.; Kimura, S. Y. Water Analysis: Emerging Contaminants and Current Issues. *Anal. Chem.* 2019, 92, 473-505. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.9b05269>
- [12] Kimura, S. Y.; Cuthbertson, A. A.; Byer, J. D.; Richardson, S. D. The DBP Exposome: Development of a New Method to Simultaneously Quantify Priority Disinfection by-Products and Comprehensively Identify Unknowns. *Water Res.* 2019, 148, 324-333. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.10.057>
- [13] Planas, C.; Palacios, Ó.; Ventura, F.; Boleda, M. R.; Martín, J.; Caixach, J. Simultaneous Analysis of 11 Haloacetic Acids by Direct Injection-Liquid Chromatography-Electrospray Ionization-Triple Quadrupole Tandem Mass Spectrometry and High Resolution Mass Spectrometry: Occurrence and Evolution in Chlorine-Treated Water. *Anal. Bioanal. Chem.* 2019, 411, 3905-3917. <https://doi.org/10.1007/s00216-019-01864-5>
- [14] Rose, M. R.; Lau, S. S.; Prasse, C.; Sivey, J. D. Exotic Electrophiles in Chlorinated and Chloraminated Water: When Conventional Kinetic Models and Reaction Pathways Fall Short. *Env. Sci. Tech. Lett.* 2020, 7 (6), 360-370. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.0c00259>

A TERMÉSZETES ÉS A FELÜLETKEZELT ZEOLITOK ALKALMAZÁSA AZ ELEVENISZAPOS SZENNYVÍZTISZTÍTÁSBAN



KIVONAT Az eleveniszapos medencébe adagolt por-formájú (10 – 100 μm) természetes (natúr) zeoliton a baktériumok immobilizálódnak, és a rendszerben a zeolit részecskék biofilmként viselkednek. A baktériumok immobilizációját a baktériumok által termelt biopolimer (ECP) molekulák teszik lehetővé. A baktériumoknak a zeolit részecskékhez történő kötődését a zeolit részecskék felületének áttöltésével lehet felgyorsítani. A zeolitot az ECP-kel azonos tulajdonságú kationaktív polimer (KAP) molekulákkal kezelve, stabil zeolit-KAP kötések lehet létrehozni. A zeolit-részecskék felületén a KAP molekulák felvitele után a baktériumok negatív töltéssel a kationaktív polimer szabad pozitív töltésein keresztül néhány perc alatt immobilizálódnak. A felületkezelt zeolit adagolása következtében a heterotróf (szénvegyületek lebontása, denitrifikálók) és az autotróf (nitrifikáló) baktériumok esetében növekszik a fajlagos szaporodási és ezzel arányosan a szubsztrát lebontási sebesség. A fenti folyamat eredménye képen a tisztított szennyvíz KOI értéke és ammónia, valamint szerves-N koncentrációja csökken, ami azt jelenti, hogy javul a szennyvíztisztító telepről elfolyó kezelt szennyvíz minősége.

KULCSSZAVAK porformájú zeolit-örlemény; biopolimer (ECP); kationaktív polimer (KAP); zeolit-KAP kötés; iszapüledés javulás; a lebontási sebesség növekedés; nitrifikáció növekedés; felületkezelt zeolit; baktériumok immobilizációja; pelyhek flokkulációja

PRINCZ DÁNIEL – DR. OLÁH JÓZSEF* – DR. PRINCZ PÉTER***

* Élő Bolygó Kft. olah39@t-online.hu – **BME Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, egyetemi hallgató

1. Bevezetés

A zeolitok alkáli- és/vagy alkáliföldfém-alumínium-hidroszilikátok, melyek tetraéderes kristályos elrendezésű ásványok. A zeolitok általános képlete: $\text{Men} + 2/n[\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2] \cdot y \text{H}_2\text{O}$, ahol Me: Na, K, Mg, Ca, x értéke: > 2 (a zeolit típusától függően), x jelentése: a zeolit rácsterületében az egy Al-atomra jutó egy Si-atomok száma, y értéke: 1–8 (a zeolit típusától

függően), y jelentése: az egy $[\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2]$ egységre jutó H_2O -molekulák száma, n jelentése: az $[\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2]$ rács negatív töltéseinek száma. A kristályszerkezet nem tömör, hanem 0,3–1,0 nm méretű csatornák és üregek találhatók benne. A zeolitok kationcserélő és adszorbens tulajdonságokkal rendelkeznek. A zeolit nagy fajlagos külső felülete (~ 450 m^2/g) fontos szerepet játszik az adszorpciók kialakulásában

(10–80 mgC/g fenolra vonatkoztatva), a kémiai és a biológiai folyamatok felgyorsításában.

Vizes közegben – a disszociáció következtében – a zeolitkristályrácsok negatív töltésűek. Ez a tulajdonság lehetővé teszi, hogy pozitív töltésekkel rendelkező szerves vegyületeket kapcsoljunk a zeolitrácsokhoz, aminek következtében a zeolitrezecskék pozitív felületi töltéssel fognak rendelkezni. Ez a célorientált felületkezelés lehetővé teszi, hogy a negatív felületi töltésű baktériumokat a zeolitrezecskékhez kössük. Ezáltal a biokémiai reakciók felgyorsításában és az ülepedésben jelentős javulás érhető el [Kalló, D., 1992; Papp, J., 1992].

A NATO SFP 972494-es projekt keretében kidolgozott felületkezelési módszer szabadalmaztatva lett. A felületkezelte zeolit „ZeoRap” néven lett védjegyzetve. A porszerű zeolitörlemény fontosabb jellemzői: zeolitartalom 61%, szemcseméret < 110 µm, ioncserélő kapacitás 1,47 meq/g, az anyag fajlagos külső felülete 40 m²/g.

2. Természetes eredetű zeolit adagolása az eleveniszapos reaktorokba

A természetes eredetű zeolitok eleveniszapos szennyvíztisztításban való alkalmazására először Magyarországon került sor. A Zeofloc néven szabadalmaztatott eljárás során 35–100 mg/L koncentrációban, 10–180 µm szemcseméretű, klinoptilolittartalmú riolituffát adagoltak az eleveniszapos levegőztetőbe [Kalló és munkatársai, 1982; Oláh és munkatársai, 1991]. A Zeofloc-technológia jelentős mértékben hozzájárult az eleveniszapos szennyvíztisztítás számos problémájának, a foszfor- és nitrogéntápanyag-eltávolítás, az iszapülepedés, az elfolyó vízminőség javításához. A klasszikus eljárást sikerrel alkalmazták Németországban, Ausztriában, Svájcban és Ausztráliában. A biológiai aktivitásra és az iszapülepedésre gyakorolt kedvező hatás azonban általában csak hosszabb idő elteltével (5–10 nap) jelentkezett.

Zeolit hatására a vizsgált hazai szennyvíztisztító telepeknél (Dunakeszi, Zánka, Balatonberény, Tapolca, Zalaegerszeg, Sármellék) az elfolyó szennyvíz minősége az összes vizsgált paraméter (KOI, BOI5, összes foszfor, ammónium, nitrát, lebegőanyag) esetében javult. Az iszapülepedést jellemző Mohlmann-index 200 ml/g értékről 100 ml/g értékre csökkent, azaz jelentősen javult az iszap ülepedése. Oláh és munkatársai (1989) azt tapasztalták, hogy a porformájú zeolit eleveniszapos medencébe történő adagolása (50–100 mg/L) hatására az ammóniumion eltávolítási sebessége 300–500%-kal növekedett a referenciához képest. A nitrifikáció növekedése a természetes és a vassal modifikált zeolitok esetében egyaránt megfigyelhető volt. Megállapították, hogy zeolit adagolással a teljes nitrifikációs tisztítóberendezéseknél (terhelés < 0,1 kgBOI5/kgiszap nap) a levegőztetőtér fogatot 25–30 %-kal lehet csökkenteni. A rész nitrifikációs rendszereknél (0,1–0,2 kgBOI5/kgiszap nap terhelés) még nagyobb reaktortérfogat-csökkentés (30–35 %) érhető el.

A vizsgálatok azt mutatták, hogy a tisztított szennyvíz minőségének javulása alapvetően arra vezethető vissza, hogy a zeolitrezecskéknek az iszap helyre való beépülésével javul az eleveniszap ülepedése, és csökken az utóülepitőből elúszó iszap mennyisége. A zeolit mint flokkulációs-mag-képző és baktérium-hordozóanyag jelentős mértékben javítja az eleveniszap lebontási sebességét és ülepedési sajátságait [Oláh és munkatársai, 1991].

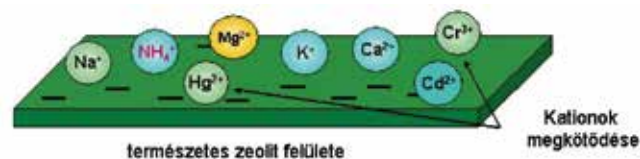
3. A felületkezelte zeolitok hatásmechanizmusa

A natúr zeoliton a szerves anyagok bontását végző baktériumok megtelepedése lassú folyamat, következésképpen a zeolitadalék előnyös hatásai is csak hosszabb idő után jelentkeznek. A baktériumok lassú immobilizációja a zeolit felületén a következőkkel magyarázható: a természetes

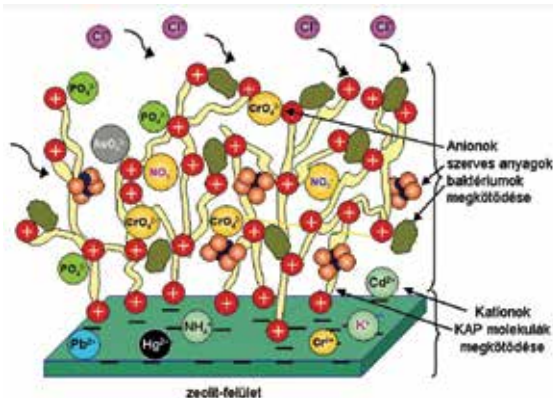
zeolitok – kationcserélő sajátságai következtében – vizes közegben negatív felületi töltéssel disszociálnak. Vizes fázisban a baktériumok felületi töltése szintén negatív. Közismert, hogy az azonos töltésű részecskék tasztítják egymást, ezért könnyű belátni, hogy a baktériumok zeolit felületén történő megtapadása nem lehet gyors folyamat. Az, hogy a zeolit-baktérium kapcsolat mégis létrejön, a baktériumok által termelt, extracelluláris polimereknek (ECP) köszönhető [Quarby, J., 1999]. Az ECP-molekulák ugyanis hidat képeznek a baktériumok és a zeolit felülete között. A biopolimer-képződés azonban lassú folyamat, melyet toxikus hatások gátolhatnak.

A NATO SFP 972494-es projekt keretében [www.living-planet.hu] 1999–2002 között kidolgozott zeolitfelület-kezelési eljárás azon alapszik, hogy a zeolit-baktérium kapcsolat létrehozását nem bízzák a baktériumok lassú és bizonytalan ECP-termelésére. A zeolitot az ECP-vel azonos tulajdonságú, kationaktív polimermolekulákkal (KAP) kezelve stabil zeolit-KAP kötések hoznak létre [Princz, P. és munkatársai, 2003]. A baktériumok ezek után a KAP-molekulák szabad pozitív töltésin keresztül néhány perc alatt immobilizálódnak a zeolitrezecskék felületén. A felületkezelés nemcsak meggyorsítja a szerves szénvegyületeket bontó, a nitrifikáló és a denitrifikáló baktériumoknak a zeolitrezecskéken történő immobilizációját, hanem azt hatékonyabbá is teszi. A nagyobb hatékonyság azt jelenti, hogy a heterotróf és az autotróf baktériumok nagyobb mennyiségben kötődnek meg a zeolit felületén. Ennek következtében a fajlagos KOI-, BOI5-, ammónia- és nitráteltávolítás is növekszik [Princz, P. és munkatársai, 2002]. A denitrifikációs hatásokot tovább javítja, hogy a felületkezelte zeolit (Zeo) kation- és anioncserélő tulajdonságokkal egyaránt rendelkezik, következésképpen a nitrátionokat is képes adszorbeálni. A felületkezelési eljárás – mivel a felületkezelésre alkalmazott, nagy méretű kationaktív polimermolekula nem tud behatolni a zeolit belső pórusaiba, csak a zeolit felületi töltéseit alakítja át pozitívvá. A természetes és a felületkezelte zeolit (FKZ) szerkezetét, valamint adszorpciós sajátságait az 1-2. ábrán mutatjuk be. Jól látható, hogy a természetes zeolit csak a kationok gyors megkötésére képes, míg az FKZ gyakorlatilag a vizeket szennyező összes szerves és szervesetlen anyagot, valamint a baktériumokat is adszorbeálja.

Ez azt jelenti, hogy a ZeoRap néven védjegyzetett FKZ kation- és anioncserélő tulajdonságokkal egyaránt rendelkezik. ZeoRap jelenlété-



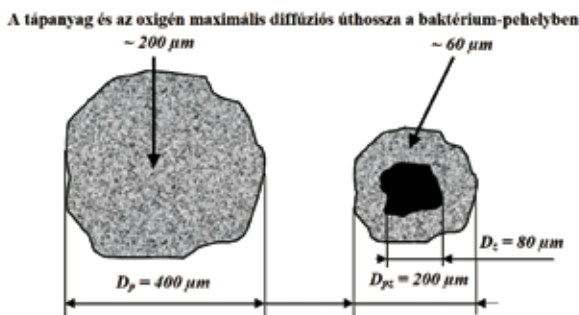
1. ábra: A természetes zeolit felülete és adszorpciós tulajdonságai



2. ábra: A kationaktív polimermolekulákkal kezelt zeolit felülete és adszorpciós tulajdonságai

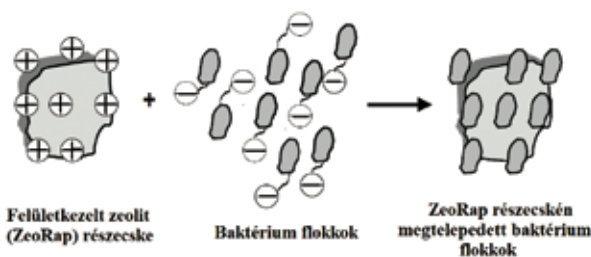
ben rövid idő alatt nagyszámú kis méretű ZeoRap-baktériumflokk képződik, melynek oxigén- és tápanyag-ellátottsága jobb, mint a hagyományos baktériumflokkoké.

Ez a felületkezelési eljárás lehetővé teszi, hogy a negatív töltéssel bíró baktériumokat rövid időn belül a zeolitrezecskékhez kössük, és ezáltal a biokémiai reakciók (biológiai lebontási folyamat) felgyorsításában és az ülepedésben jelentős javulást érjünk el. (A ZeoRap kizárólagos hazai gyártója és forgalmazója az Unichem Kft., H-6760 Kistelek, Tanya 491.) A 3. ábra (Princz, P. és Oláh, J., 2005) a ZeoRap nélküli és a ZeoRap-részecske körül kialakuló baktériumpehely méreteit szemlélteti. A ZeoRap nélküli pehely nagy mérete (300–400 μm) esetén a pehely belsejében anoxikus viszonyok alakulhatnak ki, és a biológiai lebontás nem teljes mértékű. A ZeoRap-részecske körül kialakuló pehely kisebb méretű, a tápanyag- és az oxigéndiffúzió hatékonyabb, és a biológiai lebontás jobb, mint a ZeoRap nélküli baktériumpehely esetében.



3. ábra: A ZeoRap nélküli és a ZeoRap-részecske körül kialakuló baktériumpehely méretei (Jelmagyarázat: D_p - átlagos pehelyátmérő; D_{pz} - ZeoRap-os pehely átlagos átmérője; D_z - ZeoRap átlagos átmérője)

A 4. ábra (Princz, P. és Oláh, J., 2005) a ZeoRap felületén lejátszódó baktériummegkötődés folyamatát szemlélteti. A KAP-vel kezelt, azaz áttöltött részecske pozitív töltésekkel rendelkezik, és a negatív töltéssel rendelkező baktériumok megkötődnek a hordozóanyag felületén.



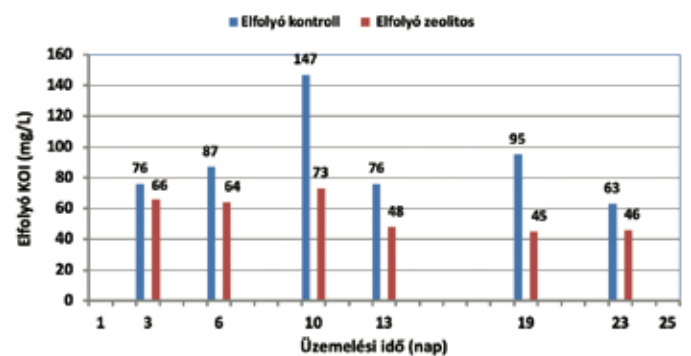
4. ábra: A ZeoRap felületén lejátszódó baktériummegkötődés folyamata

A vizes szuszpenzióban vagy aeroszol formájában a zeolittal kontaktusba hozott baktériumok (nitrosomonas, nitrobacter stb.) ugyan magas baktériumkoncentrációt biztosítanak a zeolit felületén, a baktériumok és a zeolit között, azonban nincs stabil kapcsolat. Ennek következtében vizes oldatban – a biológiai reaktorban fellépő mechanikai hatásokra – a baktériumok jelentős része leválik a zeolit felületéről.

A felületkezelésre használt szerves vegyületek tercier nitrogénatomot tartalmazó felületaktív monomerek vagy kationaktív polimerek (KAP). A felületkezelés általában oly módon történik, hogy a poralakú vagy granulált zeolitot összekeverik a szerves vegyület vizes oldatával. A szabadalmaztatott eljárások közös hiányossága, hogy a zeolitrezecskék és a hozzájuk kapcsolt szerves molekulák között nincs stabil kémiai kapcsolat, követke-

zéképpen a szerves molekulák vizes közegben könnyen remobilizálódnak a zeolit felületéről. Ez azt jelenti, hogy a modifikált zeolit vizes közegben rövid idő alatt alkotóelemeire esik szét, és megszűnnek a felületkezeléssel járó előnyös hatások. Ezt a hiányosságot küszöböli ki a Floridai Egyetem (USA) és az Élő Bolygó Kft. által – a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Általános és Analitikai Kémia Tanszékének (BME ÁAK) közreműködésével – kidolgozott, innovatív zeolitmodifikációs eljárás, amely stabil kötéseket hoz létre a zeolitrezecskék és a szerves vegyületek között.

Az új eljárás számos előnyös tulajdonsággal rendelkezik (nagy fokú stabilitás, könnyű alkalmazhatóság, kisebb előállítási költség, nagyobb hatékonyság) a korábbi eljárásokkal előállított termékekhez képest. Legnagyobb hátránya azonban az egyik legelőnyösebb tulajdonságából, a zeolit és a szerves vegyület erős kapcsolatából származik. A zeolit felületkezelt zeolit mikroszkopikus homogenitása. Az inhomogenitás hátrányosan befolyásolja az FKZ biológiai szennyvíztisztításban való alkalmazásával járó előnyös hatások megjelenését, illetve azonos mértékű előnyös hatás eléréséhez nagyobb mennyiségű FKZ felhasználása szükséges, ami csökkenti az eljárás gazdaságosságát. Ezt a hátrányt küszöböli ki a légfázisban végzett „száraz” modifikálás, melynek lényege, hogy az előkezelt zeolitport légfázisba viszik, és a légfázisban elosztott zeolitporra porlasztják a modifikálószer tömény vizes oldatát.



5. ábra: A szobi szennyvíztisztító telep FKZ- és referencia (kontroll) tisztítósoráról elfolyó, tisztított szennyvizek KOI-értékei

4. Az FKZ és az eleveniszapos rendszer kapcsolata

4.1 A ZeoRap-technológia próbaüzemi vizsgálatai a szobi szennyvíztisztító telepen

A ZeoRap® technológia szobi szennyvíztisztító telepen végzett próbaüzemi vizsgálatait az alábbiakban ismertetjük. Az FKZ-örlemény fontosabb jellemzői: klinoptilolittartalom 61%, szemcseméret <110 μm , ioncserélő kapacitás 1,47 meq/g, a zeolit fajlagos külső felülete 60 m^2/g . Az FKZ-t az eleveniszap lebegőanyag-koncentrációjára vonatkoztatva 5%-os koncentrációban adagolták. Az adagolás közvetlenül a levegőztető medencébe történt. A szennyvíztisztító telep volumetrikus, másképpen tisztítókapacitása 1000 m^3/nap . A telep két párhuzamos tisztítósorból állt, melyek tisztítókapacitása 500-500 m^3/nap . Az egyik tisztítósorba FKZ-t adagoltak, a másik, FKZ nélküli tisztítósor a kontroll szerepét töltötte be. A telepre érkező kommunális és élelmiszeripari (gyümölcsfeldolgozó, szörp) szennyvizek szennyezőanyag-koncentrációja magas (> 1000 mg KOI/L). Ennek következtében a nyári és az őszi hónapokban az elfolyó, tisztított szennyvíz KOI-koncentrációja meghaladja a határértéket (75 mg KOI/L). A szobi szennyvíztisztító telep FKZ- és referencia (kontroll) tisztítósoráról elfolyó, tisztított szennyvizek KOI-értékeit a 5. ábrán (1.Internet) tüntettük fel.

Az ábra alapján megállapítható, hogy az FKZ-tisztítósor elfolyó szennyvizének minősége lényegesen jobb, mint a kontrollsor elfolyó, tisztított szennyvize. Az FKZ és a kontroll elfolyó, tisztított szennyvizeinek minőségét összehasonlítva megállapítható, hogy az FKZ-sorról elfolyó szennyvíz minősége (KOI, BOI5, lebegő anyag) lényegesen jobb, mint a kontrollsor elfolyó vize. A próbaüzem ideje alatt az FKZ-tisztítósorról elfolyó víz minősége a határérték alatt maradt. Az FKZ-adagolás következtében nemcsak az elfolyó víz minősége javult, hanem az iszapüledést jellemző iszapindex értéke is. Az FKZ-soron az iszapindex 84–109 ml/g, a kontrollsoron pedig 105–132 ml/g értékek között változott.

4.2 A ZeoRap szennyvíztisztítási technológia alkalmazása és alkalmazások lehetséges típusai egyéb szennyvíztisztító telepeken

A ZeoRap szennyvíztisztítási technológia az elmúlt években nagyszámú települési szennyvíztelepen került kipróbálásra, valamint tartós és – haváriák esetén – időszakos jelleggel bevezetésre (Adony, Ásotthalom, Baks, Bóly, Cserszegtomaj, Dunaszekcső, Elek, Fegyvernek, Kaposszekcső, Kilián, Kisbér, Mágocs, Piliscsaba, Pilisszentkereszt, Pilisvörösvár, Pusztaszabolcs, Pusztataksony, Rácalmás, Szarvas, Székesfehérvár, Simontornya, Solymár, Szolnok, Veresegyháza, Vonyarcvashegy és Zilah).

Azon telepek esetében, amelyek normál körülmények között sem hidraulikailag, sem biológiai bonthatóság tekintetében nem túlterheltek, a ZeoRap-technológia alkalmazása csak időszakos jelleggel indokolt, akkor, amikor toxikus befolyó szennyvizek hatására az eleveniszap aktivitása lecsökken, és a fölösiszap ülepíthetősége romlik, azaz a telepről távozó szennyvíz minősége nem felel meg a szabványokban rögzített értékeknek. A ZeoRap-technológia haváriák esetén történő időszakos alkalmazása azért rendkívül előnyös, mert – mint már említettük – a baktériumpelyheknek az FKZ-részecskékhez történő gyors kapcsolódása révén a technológia előnyös hatásai igen rövid időn belül, kisebb szennyvíztelepek esetében néhány percnél belül jelentkeznek.

4.3 Az FKZ-adagoláson alapuló technológia hatásai és előnyös tulajdonságai a biológiai szennyvíztisztító telepeken

A ZeoRap meggyorsítja és hatékonyabbá teszi a szerves szénvegyületeket bontó, a nitrifikáló és a denitrifikáló baktériumok zeolit-részecskéken történő immobilizációját. A nagyobb hatékonyság azt jelenti, hogy nagyobb mennyiségű nitrifikáló és denitrifikáló baktérium vihető fel a zeolitra. Ennek következtében a fajlagos KOI-, BOI5-, ammónia- és nitráttávoltás (kgKOI/kgFKZ/24 óra, kgBOI5/kgFKZ/24 óra, kgNH₄-N/kgFKZ/24 óra, kgNO₃/kgFKZ/24 óra) is növekszik [Princz, P. és munkatársai, 2002]. A denitrifikációs hatásokot tovább javítja, hogy a ZeoRap a nitrátionokat is képes megkötni. A zeolit felületkezelése elősegíti a baktériumoknak a zeolitzemcséken történő gyors immobilizációját, ennek következtében – tekintettel arra, hogy a ZeoRap fajtömege 1,15 g/cm³ – rövid idő alatt jól üledő „flokkok” alakulnak ki. Az FKZ-adagolás következtében a heterotróf (szénvegyületek lebontása, denitrifikálók) és az autotróf (nitrifikáló) baktériumok esetében növekszik a fajlagos szaporodási és ezzel arányosan a szubsztrátlebontási sebesség. A fenti folyamat eredményeképpen a tisztított szennyvíz KOI-értéke és ammónia-, valamint szerves-N-koncentrációja csökken, ami azt jelenti, hogy javul a szennyvíztisztító telepről elfolyó kezelt szennyvíz minősége.

A felületkezelt zeolit alkalmazásának fontosabb hatásai:

- FKZ hatására a szerves szénvegyületeknek 15–20%-kal nő a lebontási sebesség, míg a nitrifikáció sebessége 200–300%-kal is növekedhet.

- Az FKZ-adagolás felgyorsítja a szétesett diszperz iszappelyhek flokkulációját, ami önmagában is javítja az eleveniszap ülepíthetőségét.
- A tisztított szennyvízzel az elfolyó lebegő anyag koncentrációja csökken, és javul az elfolyó víz minősége.
- Az iszapvíztelenítésnél kb. 10-15%-os polielektrolit-megtakarítás érhető el.
- A szennyvíziszap mezőgazdasági elhelyezése során annak FKZ-tartalma talajjavító hatású, ami az iszapnak „környezetbarát” jelleget kölcsönöz.
- A szennyvíztisztító telepről távozó fölösiszap anaerob kezelése esetén az aerob szennyvízkezelés során a levegőztető medencébe adagolt ZeoRap-részecskék a rothasztóban az anaerob bontást végző baktériumokat is képesek immobilizálni. Ennek következtében a rothasztási folyamat felgyorsul, és hatékonyabb is lesz.

A ZeoRap® eljárás jól illeszthető a hagyományos hazai eleveniszapos tisztítórendszerekhez. A ZeoRap-technológiára történő átállítás csak egy ZeoRap-por-adagoló berendezés telepítését teszi szükségessé a levegőztető medencénél. Az előnyös hatások biztosítása érdekében a biológiai rendszerben található eleveniszap mennyiségére vonatkoztatva rendszerint 10%-ra kell beállítani a ZeoRap koncentrációját. Természetesen a fölösiszappal a biológiai rendszerből távozó ZeoRap mennyiségét folyamatosan pótolni kell.

Összefoglalás

Az eleveniszapos medencébe adagolt, porformájú (10–100 µm) természetes (natúr) zeoliton a baktériumok immobilizálódnak, és a rendszerben a zeolitrészecskék biofilmként viselkednek. A baktériumok immobilizációját a baktériumok által termelt biopolimer-molekulák (ECP) teszik lehetővé. A baktériumoknak a zeolitrészecskékhez történő kötődését a zeolitrészecskék felületének áttöltésével lehet felgyorsítani. A zeolitot az ECP-vel azonos tulajdonságú kationaktív polimer-molekulákkal (KAP) kezelve stabil zeolit-KAP kötések lehet létrehozni. A baktériumok ezek után a zeolitrészecskék felületén a KAP-molekulák szabad pozitív töltéseinek keresztül néhány perc alatt immobilizálódnak.

Ez a célorientált felületkezelés lehetővé teszi, hogy a negatív töltéssel bíró baktériumok a zeolit felületén stabil kötések révén megkötődjenek, ami a biokémiai reakciók (biológiai lebontási folyamat) felgyorsítását és a szennyvíziszap ülepíthetőségének jelentős javulását eredményezi.

Az eleveniszapos medencébe adagolt felületkezelt zeolit (ZeoRap), a 50 µm szemcseméretű részecskék felületén kialakuló biofilmrendszer a biológiai szennyvíztisztításban a következő hatásokat fejti ki:

- A felületkezelt zeolit (FKZ) hatására a szerves szénvegyületeknek 15–20%-kal nő a lebontási sebessége, míg a nitrifikáció sebessége 200–300%-kal is növekedhet.
- Az FKZ-adagolás felgyorsítja a szétesett diszperz iszappelyhek flokkulációját, ami önmagában is javítja az eleveniszap ülepíthetőségét.
- A tisztított szennyvízzel az elfolyó lebegő anyag koncentrációja csökken, és javul az elfolyó víz minősége.
- Az iszapvíztelenítésnél kb. 10-15%-os polielektrolit-megtakarítás érhető el.
- A szennyvíztisztító telepről távozó fölösiszap anaerob kezelése esetén a ZeoRap-részecskék a rothasztóban baktériumhordozóként működnek, és az anaerob lebontás hatásokát növelik.

Kulcsszavak: felületkezelt zeolit; baktériumok immobilizációja; pelyhek flokkulációja; nitrifikáció sebessége; szénvegyületek lebontása

Summary

On the natural (natural) zeolite powder (10 - 100 µm) added to the activated sludge basin, bacteria are immobilized and the zeolite particles in the system act as biofilms. Immobilization of bacteria is made possible

by the biopolymer (ECP) molecules produced by the bacteria. Binding of bacteria to the zeolite particles can be accelerated by filling the surface of the zeolite particles. By treating the zeolite with cationic polymer (KAP) molecules having the same properties as ECP, stable zeolite-KAP bonds can be formed. The bacteria then immobilize on the surface of the zeolite particles via free positive charges of the KAP molecules within minutes. This targeted surface treatment allows the negatively charged bacteria to immobilize on the surface of the zeolite through stable bonds, resulting in an accelerated biochemical reaction (biodegradation process) and a significant improvement in the sedimentation of sewage sludge.

The biofilm system formed on the surface of 50 µm particles of surface treated zeolite (ZeoRap) added to the activated sludge basin has the following effects in biological wastewater treatment:

- Surface treated zeolite (FKZ) results in a 15-20% increase in the decomposition rate of organic carbon compounds and a 200-300% increase in nitrification rate.
- FKZ dosing accelerates the flocculation of disintegrated dispersed sludge flocs, which in itself improves the settleability of activated sludge.
- Organic suspended matter in the effluent decreases and thus the quality of the effluent improves
- For sludge dewatering, approx. 10 to 15% polyelectrolyte savings can be achieved.
- In the anaerobic treatment of excess sludge from a sewage treatment plant, the ZeoRap particles act as a bacterial carrier in the digester and increase the efficiency of anaerobic digestion.

Irodalomjegyzék

Kalló, D. (1992): *Natürliche Zeolithe - Herkunft und Wirkungsmechanismen. awt. abwassertechnik. Heft 2., 40-43.*

Kalló, D., Papp, J., and Valyon, J. (1982) *Adsorption and catalytic properties of sedi-*

mentary clinoptilolite and mordenite from Tokaj Hill/Hungary: Zeolites 2, 13-16.

Oláh, J., Papp, J., Mészáros-Kis, A., Mucsy, Gy., Kalló, D. (1989): *Simultaneous Separation of Suspended Solids, Ammonium and Phosphate Ions from Waste by Modified Clinoptilolite. Zeolites as Catalysts, Sorbents and Detergent Builders. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.*

Oláh, J., Papp, J., Kalló, D. (1991): *A biológiai szennyvíztisztítás hatásfokának növelése zeolitok alkalmazásával. Hidrológiai Közöny 71, No. 2., 70-76.*

Papp, J. (1992): *Einsatzmöglichkeiten von Zeolith in der Abwassertechnik. awt.abwassertechnik. Heft 2., 44-47.*

Princz, P., Oláh, J., Smith, S. E., Hatfield, K., (2003): *Complex Analytical Procedure for the Characterization of Modified Zeolite and for the Assessment its Effects on Biological Wastewater Treatment. XVII IMEKO World Congress, Metrology in the 3rd Millennium, June 22-27, 2003, Dubrovnik, Croatia, Proceedings*

Princz, P., Oláh, J. (2005): *A biológiai szennyvíztisztítás módszerei és az eleveniszapos szennyvíztisztítás hatásfokának növelése természetes, valamint felületkezelt zeolitok felhasználásával. Hidrológiai Közöny (A Magyar Hidrológiai Társaság Tudományos lapja), 85. évf. 2. szám, p. 21-31.*

Princz, P., Oláh, J., Smith, S. E., Kalló, D., Hatfield, K., Kucsák, M. (2002): *Improvement of the Biological Degradability of Wastewaters Using Modified Zeolites. Zeolite 02, 6th International Conference on the Occurrence Properties and Utilization of Natural Zeolites, 2-7 June 2002,*

Aristotle University, Editor, Misaelide, P.: Book of Abstracts, 301-302.

Quarmby, J. (1999): *A new approach to a persistent problem Sludge Treatment and Disposal 32-33. February (1999)*

1. Internet

Oláh József - Princz Péter - Kucsák Mónika - Gyulavári Imre

Biofilmrendszerek alkalmazása a szennyvíztisztításban

<http://docplayer.hu/14856454-Biofilm-rendszerek-alkalmazasa-a-szennyviztisztitasban.html> (letöltés ideje: 2020. 05. 10.)



Az intelligencia magasabb szintje

Az új gamma/ XL Extended Connectivity

DULCOnneX

ProMinent®

A gamma/ XL az intelligencia egy még magasabb szintjét adja a gamma/ X termékcsoporthoz. A nagyobb, 80l/h kapacitásnak köszönhetően, a gamma/XL sokkal szélesebb felhasználási tartományt képes kiszolgálni és a DULCOnneX-el készen áll a digitális vegyszeradagolásra.



Tudjon meg többet:

www.prominent.com/dulconnex

Web: www.prominent.hu
E-mail: prominent-hu@prominent.com
Telefon: 96/511-400

A NEHÉZFÉMTARTALOM HATÁSA A LAKOSSÁGI SZENNYVÍZISZAPOK MEZŐGAZDASÁGI HASZNOSÍTHATÓSÁGÁRA



KIVONAT Összetételükből adódóan a települési szennyvíziszapok a mezőgazdaság számára jól hasznosítható segédanyagot jelentenek. Munkánk célja volt az iszapban koncentráció veszélyeselem-tartalom hatásának ellenőrzése a szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosításának lehetőségeire; a víztelenített szennyvíziszap elemtartalmának részletes meghatározásával, annak az érvényes jogszabályokban rögzített határértékekkel történő összevetésével, a talaj jellemző háttérszennyezettségének ismeretében, a szennyvíziszap jelenlegi mezőgazdasági hasznosításának tapasztalatait figyelembe véve. Megállapítottuk, hogy a szennyvíziszap napjainkra jellemző veszélyeselem-tartalma nem korlátozza a szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosítását továbbá azt, hogy a szennyvíziszap talajon történő elhelyezése a talajban nehézfém felhalmozódást nem okoz.

KULCSSZAVAK szennyvíziszap, nehézfémek, mezőgazdaság, szennyvíziszap-iszaphasznosítás

GULYÁS GÁBOR¹ gulyas.gabor@drv.hu, FILEP ATTILA¹ filep.attila@drv.hu, KISS GERGELY¹ kiss.gergely@drv.hu, RÁDI JÓZSEF² radijozsef@gmail.com, DR. DOMOKOS ENDRE³ domokose@uni-pannon.hu, DR. KÁRPÁTI ÁRPÁD³ karpattia@almos.uni-pannon.hu

¹Dunántúli Regionális Vízmű Zrt., ²Elgoscar-2000 Kft.,

³Pannon Egyetem, Környezetmérnök Intézet

Bevezetés

A települési szennyvizek tisztításának mellékterméke a nagy mennyiségben keletkező szennyvíziszap, melynek mennyisége világszerte növekvő tendenciát mutat (Yang et al., 2018a). Ártalmatlanítására és hasznosítására számos lehetőség áll az üzemeltetők rendelkezésére, de az elhelyezés lehetőségeit a lokális és regionális adottságok korlátozzák. A szóba jöhető alternatívákat alapvetően befolyásolja az adott terület infrastruktúrája, az ipar és a mezőgazdaság fejlettsége, a rendelkezésre álló mezőgazdasági és egyéb módon hasznosított területek kiterjedése, a hulladékkezelési szokások és a környezetvédelmi szabályozás. A megfelelő stratégia kiválasztásánál mindenképp figyelembe kell venni a gazdasági és környezetvédelmi szempontokat is.

A mezőgazdaság hazánkban csak kismértékben alkalmazza a talajok termőképességének javítására a szennyvíziszapot, amit sok esetben annak fertőzőképességével, illetve nehézfém-tartalma miatt kialakuló fitotoxicitásával magyaráznak. Napjainkban a szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználása inkább csak a környezeti rekultiváció és tájrendezés területein gyakorlat, habár számos megfigyelés bizonyította a szennyvíziszap nagy hatékonyságát a talajerő pótlásánál (Camargo et al., 2013; Santos et al., 2014). Miközben a fogyasztásra vagy állati takarmányozásra szánt növények termesztésénél a szennyvíziszap-felhasználás elhanyagolható, többször alkalmazzák az szennyvíziszapot erdőtelepítések, illetve művelés alól kivett vagy energianövények termesztésére használatos földek tápanyagtartalmának hosszú távú növelése érdekében.

2013-ban Magyarországon a szennyvíziszapok 37,8%-át hasznosította a mezőgazdaság. Az Európai Unió tagállamaiban a mezőgazdasági hasznosítás aránya átlagosan körülbelül 40%, de Belgiumban, Dániában, Spanyolországban, Franciaországban és Nagy-Britanniában 50% feletti

(Yang et al., 2018b). Kínában a szennyvíziszap 45%-a kerül mezőgazdasági felhasználásra (Bai et al., 2018).

Összetételükből adódóan a települési szennyvíziszapok a mezőgazdaság számára jól hasznosítható segédanyagot jelentenek. A termőföldekre kijuttatva fontos makro- és mikro-tápanyagokat biztosítanak a növények számára, növelik a talaj szervesanyag-tartalmát és adszorpciós kapacitását, javíthatják annak fizikai tulajdonságait, továbbá a talaj vízgazdálkodását is előnyösen befolyásolják (Lajaver et al., 2019).

Mivel azonban a hagyományos eleveniszapos technológiák alkalmazása során a szennyvízzel érkező komponensek meghatározó része a szennyvíziszapba kerül, így abban a szerves anyagokon és a tápanyagon kívül megtalálhatók a mezőgazdasági hasznosításnál kifejezetten hátrányos komponensek (szerves és szervesetlen mikroszennyezők, gyógyszer-maradványok és nehézfémek) és patogén mikroorganizmusok is (Carletti et al., 2008; Filho et al., 2015; Singh et al., 2008).

Ezek egy része mindössze a talaj minőségét befolyásolja kedvezőtlenül, míg más összetevők bizonyos koncentráció felett a talaj-ökoszisztémára és a természet növények fejlődésére is kifejezetten káros hatással lehetnek. A szennyvíziszapok talajhasználatát korlátozó komponensek többek között a nehézfémek is, melyek jelentős negatív hatással lehetnek a talaj termékenységére, a növények minőségére, továbbá a táplálék-láncba kerülve súlyos veszélyt jelenthetnek az emberi egészségre (Kchaou et al., 2018a). Bár a nehézfémek egy része az élőlények számára nélkülözhetetlen nyomelem, túlzott expozíciójuk rendkívül káros következményekkel (idegrendszeri és légzőszervi károsodások, tüdőgyulladás, rák) járhat. A nehézfém-szennyezéssel kapcsolatos fokozott aggodalmak alapja, hogy a nehézfémek rendkívül stabilak, biológiailag nem bonthatók, így a környezetbe kerülve hosszú távon is kiemelt kockázatot jelentenek (Li et al.,

2016). A szennyvíziszapban koncentrálódó nehézfémek emiatt a táplálékláncon keresztül veszélyeztetik az embert, az állatokat és a növényeket (Kim et al., 2012; Hariri et al., 2015). A környezetben és az élő szervezetben könnyen felhalmozódnak, ezáltal tartós veszélyeztető és romboló hatások van (Acharya et al., 2018; Joseph et al., 2015; Li et al., 2016; Tariq et al., 2018). Ebből adódóan a nehézfémek jelenléte korlátozhatja a hagyományos szennyvíztisztító technológiákban keletkező szennyvíziszapok elhelyezését és hasznosítását.

Napjainkban a szennyvíziszap ártalmatlanítására annak közismerten magas szervesanyag- és tápanyagtartalma miatt a legmegfelelőbb lehetőségként a mezőgazdaságban és az erdőgazdálkodásban történő felhasználást tekintik (Mohamed et al., 2018); de ehhez kapcsolódóan a benne található nehézfémek immobilizálását szükséges folyamatnak tartják (Wu et al., 2018).

A mezőgazdasági talajok nehézfém-szennyezettsége az egész világot érintő kérdés (Bigalke et al., 2017). A földrajzi, az éghajlati és a társadalmi-gazdasági tényezők, valamint az ipari és a mezőgazdasági termelés közötti különbségek révén az egyes régiók területeinek nehézfém-szennyezettségében jelentős különbségek vannak. Bizonyított, hogy a talajba kerülő nehézfémek felhalmozódhatnak, és hosszú távon is a talajban maradhatnak, ugyanakkor a talaj nehézfém-tartalma soha nem állandó. A talajban lévő nehézfémek mennyiségét csökkenti a biomassza nehézfém-felvétele, a talajvízzel történő kimosódás, illetve az egyéb lefolyások kialakulása (Salman et al., 2017). A mezőgazdasági talajok nehézfém-szennyezettsége egyértelműen a mezőgazdasági vegyszerfelhasználásra és a légköri lerakódásra vezethető vissza (Shi et al., 2018). Koupaie és Eskicioğlu (2015) és Yagmur és társai (2017) szerint kimutatható módon csak a nagy dózisu és ismételt szennyvíziszap-kihelyezés növeli a talaj és a növényi szövetek nehézfém-koncentrációját.

Vizsgálataink célja a települési szennyvíziszapok nehézfém-tartalmának behatárolása, illetve annak meghatározása, hogy az azokban koncentrálódó nehézfém-tartalom mennyire korlátozza a mezőgazdasági hasznosításukat. Utóbbi vizsgálathoz saját mérési eredményeinken túl a mezőgazdasági talajok szakirodalomban fellelt és szakemberek által megadott nehézfém-háttérszennyezettségét használtuk fel. A mezőgazdasági hasznosíthatóság értékelését a hazai jogszabályi határértékeket és az Európai Unió által előírt megengedhető koncentrációkat felhasználva végeztük.

Anyag és módszer

A vizsgálathoz felhasznált iszapminták egy hazai kommunális szennyvíztisztító telepről származtak.

A szennyvíztisztító telepen 31 alkalommal került sor a víztelenített szennyvíziszap mintavételére. A szennyvíztisztító telep egy kiemelt üdülőkörzet szennyvizét tisztítja, a szennyvízelvezetéssel érintett

10 településen meghatározó ipari tevékenység nem történik.

Az alkalmazott szennyvíztisztítási technológia hagyományos eleveniszapos rendszer, az érkező szennyvíz mechanikai és biológiai tisztításával és a keletkező főlősiszap gépi víztelenítésével.

A vizsgált szennyvíztisztító telepen keletkező, 20-25% szárazanyag-tartalmú szennyvíziszapot egy közeli komposztálótelepre szállítják, ahonnan további kezelést követően rekultivációs és mezőgazdasági célokra hasznosítják.

Az iszapmintákat műanyag tárolóedényben szállítottuk a mérés helyszínére, és a vizsgálatok elvégzéséig +4 °C-on tároltuk. A vizsgálatokat a minták nedvességtartalmának meghatározásával kezdtük.

A minták feltárását királyvizet oldatban történő forralással végeztük, és a feltárt minták nehézfém-tartalma ICP-AES módszerrel került meghatározásra. A kiszáritott és porított mintákból minden esetben 3 db párhuzamos bemérést végeztünk.

Tárgyalás – Szennyvíziszap nehézfém-tartalmának meghatározása

A hagyományos eleveniszapos szennyvíztisztító technológiáknál a nyers szennyvíz nehézfém-tartalmának egy része a szennyvíziszapban akkumulálódik. A szennyvíziszapokban gyakorlatilag minden, szennyvízbe bekerült fém megjelenik. Mivel a szennyvíziszap összetételét alapvetően befolyásolja a nyers szennyvíz jellege, a települési szennyvíziszapok nehézfém-tartalma attól is függ, hogy az adott térségre milyen ipari szennyvízkibocsátások jellemzőek, illetve milyen egyéb forrásokból (pl. közlekedés, háztartások) kerülnek fémek a szennyvízbe.

A szennyvíziszapok nehézfém-tartalma a talajban maradandó veszélyforrást jelenthet, ezért a fejlett országokban szigorúan szabályozzák a mezőgazdasági termelésben felhasználható szennyvizek és iszapok megengedhető toxikus-tartalmát, maximálják a nehézfémek évente kijuttatható mennyiségét, illetve a talajban a szennyvíziszap-kijuttatás után kialakuló megengedhető nehézfém-tartalmakat.

A mezőgazdasági hasznosításra szánt szennyvíziszapok nehézfém-tartalmát a talaj, a növények, az állatok és végső soron az ember egészségének védelme érdekében Európában először 1986-ban szabályozták a 86/278/EEC-direktívával („szennyvíziszap irányelv”), amely irányelv ma is érvényben van (ECD, 1986).

Elemek	Mért koncentráció			Szennyvíziszap-határérték ¹	Szennyvíziszap-határérték ²	Szennyvíziszapkomposzt-határérték ²
	min.	max.	átlag			
	<i>mg/kg száraz anyag</i>			<i>mg/kg száraz anyag</i>		
Ag	<0,2	4,01	0,7	-	-	-
Al	2 440	4 530	3 314	-	-	-
As	4,55	12,3	8,14	-	75	25
B	24,7	46,2	37,2	-	-	-
Ba	71	144	109,1	-	-	-
Cd	0,21	0,86	0,63	20–40	10	5
Co	2,4	3,83	3,14	-	50	50
Cr	21,9	33	27,3	-	1 000	350
Cu	161	417	265	1 000–1 750	1 000	750
Hg	<0,1	0,47	0,28	16–25	10	5
Mo	5,33	13,1	7,76	-	20	10
Ni	18,5	46,8	31,87	300–400	200	100
Pb	15,6	24,4	19,9	-	750	400
Sb	<1,0	3,74	1,3	-	-	-
Se	1,55	10,1	4,36	-	100	50
Sn	11,1	29,4	21,3	-	-	-
Zn	701	1 223	966	2 500–4 000	2 500	2 000

¹86/278/EEC-direktíva alapján

²50/2001. (IV. 3.) Kormányrendelet alapján

1. táblázat: A víztelenített szennyvíziszap elem-tartalma az annak mezőgazdasági kihelyezésére vonatkozó jelenlegi határértékekkel összehasonlítva

Hazánkban a mezőgazdasági felhasználásra szánt szennyvíziszapok és szennyvíziszapkomposztok megengedhető nehézfém-tartalmát a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és ke-

zelésének szabályairól szóló 50/2001. (IV. 3.) Kormányrendelet szabályozza. A hivatkozott kormányrendeletben meghatározott határértékek valamennyi esetben megegyeznek az 86/278/EEC-direktívában előírányzott értékekkel, vagy szigorúbbak annál.

Az iszap mezőgazdasági hasznosíthatóságának vizsgálata érdekében a víztelenített szennyvíziszapminták meghatározott nehézfém tartalmát összevetettük a szennyvíziszap mérgezőanyag-koncentrációit korlátozó jelenlegi jogi szabályozással (1. táblázat).

Az 1. táblázat mutatja, hogy a mért koncentrációk gyakran legalább egy nagyságrenddel alatta maradnak a határértékeknek, miközben a legtöbb esetben a szennyvíziszapkompoztra érvényes határértéknek is csak töredékét képviselik. A szennyvíziszapkompozstokban megengedett alacsonyabb koncentráció a komposztálás során az iszaphoz kevert segédanyagok „hígító hatásával” magyarázható. Amennyiben a komposztálást megelőzően a szennyvíziszap rothasztásra kerül, ez a hígító hatás már nem jelentkezik kellőképpen, hiszen a rothasztás során az iszap szervesanyag-tartalmának csökkenésén keresztül a szervesanyag komponensek, így többek között a nehézfémek is feldúsulnak a rothasztott iszapban. Bizonyos mértékű dúsulás a komposztokra is jellemző, hiszen a folyamat során az iszap tömege a szerves anyagok bomlása miatt csökken, viszont az abban található nehézfém-tömeg nem változik.

A nehézfémek dúsulási arányának érzékeltetésére példa Cai és társai (2007) megfigyelései. Ők azt tapasztalták, a nehézfémek koncentrációja a komposztban a kadmium esetében 12–60%-kal, a réznél 8–17%-kal, az ólomot tekintve 15–43%-kal, míg a cinket figyelve 14–44%-kal haladta meg a komposzt alapanyagát jelentő szennyvíziszapban mért mennyiségeket.

Érdekes, hogy míg a szennyvízzel történő öntözést az öntözésre szánt szennyvíz alumínium-, bór- és báriumkoncentrációja korlátozhatja, addig ugyanezen komponensek szennyvíziszapban és szennyvíziszapkomposztban megengedhető aránya nem szabályozott. Különösen érdekes ez abból a szempontból is, hogy az alumínium egészségkárosító hatása régóta ismert. Az iszapban történő előfordulásának szabályozatlansága következhet a szennyvíziszap-kezelésben történő gyakori alkalmazásából, ami viszont azért is vezethet ellentmondáshoz, mert felhasználása nemcsak szennyvíziszapok, de szennyvizek előtisztításánál is gyakorlat. Ennek folytán a kevésbé optimalizált technológiák elfolyó vízében is nagyobb arányban lehet jelen.

Az alumínium megengedhető koncentrációja egyébként sem a közcatornába engedhető szennyvizek esetében, sem az élővizekbe bocsátható tisztított szennyvizek esetében nem korlátozott, bár a vízvédelmi hatóság az egyes kibocsátásokra egyedi határértéket (2–6 mg/l) állapíthat meg.

A bárium pozitív élettani hatásai nem ismertek, vegyületei mérgezők, illetve nagyobb mennyiségben ugyan, de a bór is toxikus hatással bír. A bór koncentrációja az alumíniumhoz hasonlóan csak az öntözésre szánt szennyvízben szabályozott, viszont báriumtartalom szempontjából a 91/271/EGK-irányelv alapján készült, Magyarországon jelenleg hatályban lévő 28/2004. (XII. 25.) KvVM-rendelet alapján mind a közcatornába bocsátható, mind az élővízbe vezetett szennyvizek korlátozva vannak (0,3–0,5 mg/l).

A vizsgált fémek közül az ón, az ezüst és az antimon mennyisége sem korlátozott a szennyvíziszapokban mezőgazdasági felhasználás esetén.

Az iszapba kerülő nehézfémek mennyisége egyértelműen függ a befolyó szennyvíz nehézfém tartalmától, emiatt a szennyvízzel történő fémkibocsátás csökkenő tendenciája a szennyvíziszapban található legtöbb nehézfém (pl. kadmium, króm, réz, higany, ólom) esetében is megfigyelhető. Ezzel is magyarázható, hogy a kadmium és a higany jelenléte az iszapban ma már rendszerint csekély, miközben a cink és az alumínium ma is számottevő mennyiségben jelenik meg benne.

Szennyvíziszap nehézfém tartalmának hatása

Fang és társai (2017) szerint a szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosításához kapcsolódóan a kijuttatott nehézfémek akár nem kívánt mértékben is felhalmozódhatnak a talajban. A szennyvíziszap, illetve a szennyvíziszapkomposzt mezőgazdasági területekre történő kijuttatása a talaj nehézfém tartalmát kezdetben egyértelműen növeli, ami kedvezőtlen lehet a növényzetre és annak fogyasztóira, tehát áttételesen vagy közvetlenül magára az emberre is. A 2. táblázatban a szennyvíziszap által meghatározott nehézfém tartalmát a természetes és szennyezett mezőgazdasági talajok jellemző összetételével hasonlítjuk össze.

Látható, hogy a szennyvíziszap réz-, cink- és higanykoncentrációja

Elemek	Mért koncentráció			Szennyvíziszap-határérték ¹	Szennyvíziszap-határérték ²	Szennyvíziszapkomposzt-határérték ²
	min.	max.	átlag			
	<i>mg/kg száraz anyag</i>			<i>mg/kg száraz anyag</i>		
Ag	<0,2	4,01	0,7	-	-	-
Al	2 440	4 530	3 314	-	-	-
As	4,55	12,3	8,14	-	75	25
B	24,7	46,2	37,2	-	-	-
Ba	71	144	109,1	-	-	-
Cd	0,21	0,86	0,63	20–40	10	5
Co	2,4	3,83	3,14	-	50	50
Cr	21,9	33	27,3	-	1 000	350
Cu	161	417	265	1 000–1 750	1 000	750
Hg	<0,1	0,47	0,28	16–25	10	5
Mo	5,33	13,1	7,76	-	20	10
Ni	18,5	46,8	31,87	300–400	200	100
Pb	15,6	24,4	19,9	-	750	400
Sb	<1,0	3,74	1,3	-	-	-
Se	1,55	10,1	4,36	-	100	50
Sn	11,1	29,4	21,3	-	-	-
Zn	701	1 223	966	2 500–4 000	2 500	2 000

¹86/278/EEC-direktíva alapján

²50/2001. (IV. 3.) Kormányrendelet alapján

2. táblázat: A víztelenített szennyvíziszap elem tartalma a természetes és szennyezett mezőgazdasági talajok jellemző összetételével összehasonlítva

megaladja ugyanezen elemeknek a természetes állapotban lévő talajokra jellemző arányát. A víztelenített szennyvíziszap higany tartalma a természetes előforduláshoz képest nem meglepő, hiszen a higany a környezetben természetes körülmények között szinte alig lehet jelen, amit a táblázatban feltüntetett koncentráció tartomány is jelez. A réz és a cink a szennyvíziszapban legnagyobb mennyiségben előforduló fémszennyezők. A szennyvíziszapra jellemző koncentrációjuk meghaladja a jelenlegi jogi szabályozás szerint a talajokban maximálisan megengedhető koncentrációjukat. A réz és a cink talajban történő feldúsulása a talajok mezőgazdasági hasznosítására vezethető vissza, hiszen lényeges mikroelemek a növények számára, így mesterséges pótlásuk a mezőgazdaságban népszerű gyakorlat. A talajba került cink egyébként az egyik legkönnyebben felvehető nehézfém, egyben esszenciális mikroelem a növények számára. Koncentrációja a szennyvíziszapokban jelentős mértékben feldúsulhat,

és mezőgazdasági hasznosítás esetén a talaj közvetítésével a természetett növényekbe, illetve a táplálékláncba kerül. A cink fontos enzimek alapeleme, emiatt a növényi növekedéshez elengedhetetlenül szükséges. A szennyvíziszapok réztartalma szintén meghatározó lehet, de a szennyvíziszapokkal kezelt talajokból a növényekbe viszonylag kevés réz kerül be, amit egyébként a növénytermesztés helyett inkább az állattenyésztés során alkalmaznak.

A szennyvíziszappal javított talajokon a növények az igazán veszélyes nehézfémekből (pl. króm, ólom, kadmium) viszonylag kis mennyiséget vesznek fel, emiatt arányukat tekintve ezek az elemek a talajban sokkal inkább feldúsulhatnak (legtöbbször a talaj felső részében), amit a 6. táblázat adatai is mutatnak. A krómhoz és a nikkellez hasonlóan a talaj kadmiumtartalmát elméletileg növelheti a kihelyezett szennyvíziszap is, de annak fő forrása sokkal inkább a foszfátműtrágyák alkalmazása (Thévenot et al., 2007).

A 91/676/EGK-irányelv alapján készült 59/2008. (IV. 29.) FVM-rendelet szerint az évente mezőgazdasági területre szerves trágyával kijuttatott nitrogén hatóanyag mennyisége nem haladhatja meg a 170 kg/ha értéket, beleértve a legeltetés során az állatok által elhullajtott trágyát, továbbá a szennyvizekkel, szennyvíziszapokkal, valamint szennyvíziszapkompozttal kijuttatott mennyiséget is. Ez alapján a szennyvíziszap nitrogéntartalmát ismerve kiszámítható az évente hektáronként kihelyezhető szennyvíziszap mennyisége, illetve annak nehézfém-tartalma alapján az iszappal kihelyezett nehézfémek tömege is. Az így meghatározott, évente kijuttatandó nehézfém-mennyiségek összehasonlíthatók a 86/278/EEC-direktíva 1.C mellékletében szereplő „Mezőgazdasági talajra évente kijuttatható nehézfém-mennyiségek” határértékeivel.

A szennyvíziszapra jellemző nitrogéntartalmat méréseim alapján 41,1 g/kg szárazanyag-értéknek vettük, így az évente hektáronként kijuttatható szennyvíziszap mennyisége 4136 kg iszap-szárazanyag/ha.

A számítások során a legkedvezőtlenebb feltételeket vettük figyelembe, miszerint a szennyvíziszap szerves- és tápanyagtartalma teljesen hasznosul, miközben a nehézfém-tartalma teljes egészében a talajban marad, és feldúsul abban. Ez alapján az egyes nehézfémek évente hektáronként kijuttatott mennyiségére konkrét értékeket kaptunk.

Szennyvíziszappal kihelyezhető N mennyisége ¹	kg/ha/év	170
Szennyvíziszap N-tartalma	mg/kg sz. a.	41,1
Kihelyezhető iszap mennyisége	kg sz. a./év/ha	4 136
Vizsgált talajterület	m ²	10 000
Vizsgált talajvastagság	m	0,5
Vizsgált talaj térfogata	m ³	5 000
Talaj jellemző sűrűsége	t/m ³	1,5
Vizsgált talaj tömege	t	7 500
Talaj jellemző szárazanyag-tartalma	%	60
Hektáronkénti talajszárazanyag-tartalom	t/ha	4 500

¹ 59/2008. (IV. 29.) FVM-rendelet (91/676/EGK-irányelv) alapján

3. táblázat: A talajtömeg meghatározása

Az előző fejezethez hasonlóan a vizsgálatot itt is a talaj felső 50 cm-es rétegére végeztük el (3. táblázat).

A talaj és a szennyvíziszap elemtartalmát alapul véve az évente kihelyezhető iszap mennyiségéből számítottuk ki a leghosszabb megengedhető iszapfelhasználási időtávot (4. táblázat).

Háttérzennyeztség	Szenyvezettség mennyiség		Σ Kihelyezhető mennyiség		Évente kihelyezendő mennyiség		Kihelyezhetőség éveinek száma			
	mg/kg sz. a.	kg/ha	mg/kg sz. a. ¹	kg/ha	kg/ha	kg/ha/év	számított ²	max ³	számított ²	év
	A		B		C=B-A	számított ²	max ³	számított ²	min ^{2,3}	
As	3,6	16,2	15	67,5	51,3	0,0337	0,5	1 524	201	
Cd	0,5	2,3	1	4,5	2,3	0,0026	0,15	863	66	
Co	10,1	45,5	30	135,0	89,6	0,0130	0,5	6 895	527	
Cr	21,4	96,3	75	337,5	241,2	0,1129	10	2 136	71	
Cu	14,6	65,7	75	337,5	271,8	1,0961	10	248	80	
Hg	0,1	0,5	0,5	2,3	1,8	0,0012	0,1	1 554	53	
Mo	0,1	0,5	7	31,5	31,1	0,0321	0,2	967	457	
Ni	23,7	106,7	40	180,0	73,4	0,1318	2	556	108	
Pb	13,4	60,3	100	450,0	389,7	0,0823	10	4 734	153	
Zn	47,3	212,9	200	900,0	687,2	3,9956	30	172	23	

¹ 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EÜM-FVM együttes rendelet, 86/278/EEC-direktíva alapján

² 59/2008. (IV. 29.) FVM-rendelet, 91/676/EGK-irányelv alapján (170 kgN/ha/év) a saját mérési eredményeinkből számított adatok

³ 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet, 86/278/EEC-direktíva (1.C táblázat) alapján a saját mérési eredményeinkből számított adatok

4. táblázat: A víztelenített szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosíthatóságának korlátja

1 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EÜM-FVM együttes rendelet, 86/278/EEC-direktíva alapján

2 59/2008. (IV. 29.) FVM-rendelet, 91/676/EGK-irányelv alapján (170 kgN/ha/év) a saját mérési eredményeinkből számított adatok

3 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet, 86/278/EEC-direktíva (1.C táblázat) alapján a saját mérési eredményeinkből számított adatok

Említettük, hogy az évente kihelyezhető szennyvíziszap mennyiségét annak nitrogéntartalma korlátozza, hiszen a jogszabály limitálja az évente mezőgazdasági területre kijuttatható nitrogén mennyiségét. A maximálisan kijuttatható és az iszap összetételéből (N- és nehézfém-tartalom) adódóan a ténylegesen kijuttatott nehézfém-mennyiségeket összehasonlítva azt vehetjük észre, hogy a szabályozott elemeket nézve is 10-20-szor több nehézfém juttatható ki egy évben a talajra, mint amennyi a szennyvíziszappal együtt ténylegesen kihelyezésre kerül. A megengedhető mennyiséghez legközelebb itt is a cink áll, melynek az átlagos iszapösszetétel alapján számított kihelyezendő mennyisége még így is csak kicsit több mint tizede a megállapított maximumnak. Kadmium esetében az évente talajba kerülő mennyiség a megengedett mennyiség 1/57 része. Higany esetében körülbelül az 1%-a, míg az ólomnál ez az arány körülbelül 0,8%, azaz az a maximális ólom-mennyiség, ami jogszabály szerint évente a talajba kerülhet, a szennyvíziszap hasznosításával 121 év alatt kerül a talajba. Már ebből a számításból is az a következtetés vonható le, hogy a szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosítása rövid távon is csak csekély mértékben növeli a talaj nehézfém-tartalmát, ráadásul korántsem biztos, hogy ez a növekedés hosszú távon is kimutatható lesz a talajban. A hektáronként maximálisan kijuttatható nehézfém-mennyiségek meghatározásánál a szakemberek vélhetően figyelembe vették a természetett növénykultúrák mikrotápanyag-igényét is, ami azt jelenti, hogy ennek a nehézfém-tömegnek egy része a talajból a kihelyezés évét követő néhány éven belül eltávolításra kerül. Mivel láthattuk, hogy a szennyvíziszappal bevitt nehézfém-tömeg szinte össze sem hasonlítható azzal a mennyiséggel, melynek kijuttatását a jogszabály lehetővé teszi, az sem elvetendő gondolat, hogy a szennyvíziszap teljes nehézfém-tartalma távozik a talajból a növényi felvételen keresztül.

A 4. táblázat eredményeit tovább vizsgálva látható, hogy a szennyvíziszap általunk mért nehézfém-tartalmát figyelembe véve a legrosszabb esetben (folyamatos felhalmozódás) is több 100 éves kihelyezhetőséggel számolhatunk. A nehézfémek mennyiségét vizsgálva az iszap mezőgazdasági hasznosíthatóságát leginkább annak réz- és cinktartalma korlátozhatja. Az iszappal történő higany-, kadmium-, króm- és ólomkihelyezés ma már nem jelentős. Ugyanilyen feltételek mellett, amennyiben a kihelyezni

tervezett szennyvíziszap a nehézfémeket a kihelyezhetőségi határértékeknek megfelelő koncentrációban tartalmazza, az iszap folyamatos mezőgazdasági hasznosítása már rövidebb ideig, de még így is több évtizedig biztosítható. A kihelyezhetőséget ebben az esetben leginkább a szennyvíziszap cink- és réztartalmán kívül az iszap higany-, kadmium- és krómtartalma korlátozza. Ebből is látható, hogy az említett komponensek kiemelt toxicitását a jogszabályi döntéshozatalnál is fokozottan figyelembe vették. A szakirodalom alapján hasonló megállapításra jutottak Contin és társai (2012), akik az általuk készített tanulmányban kimutatták, hogy a vonatkozó jogszabályoknak megfelelő összetételű szennyvíziszapokat hosszú ideig (10 év) talajjavításra alkalmazva sem volt jelentős a mérgező elemek felhalmozódása.

Mindezek ellenére fontos megjegyezni, hogy az antropogén hatások következtében a termőtalajok nehézfémterhelése rövid távon általában pozitív, tehát a talajokba időegység alatt több nehézfém kerül be, mint amennyi onnan eltávozik. Ennek megfelelően világszerte tendencia, hogy a szántóföldek fémkészlete folyamatosan növekszik (Thévenot et al., 2007). A talaj egy bizonyos határig pufferként viselkedik, mivel megköti a nehézfémeket, és így tompítja azok hatását, viszont épp emiatt idővel potenciális szennyezővé válhat. Ugyanígy élővizek esetén is jelentős és egyre fokozódó belső nehézfémterhelés figyelhető meg (Malmström et al., 2009). Mivel nagyobb időtávot felölelő kísérletekről csak ritkán számolnak be, a kérdés inkább az, hogy kizárólag szennyvíziszap-hasznosítás mellett a termőtalajok nehézfémterhelése közepes és hosszú távon is pozitív marad-e. A termesztett növénykultúrák sokféleségéből, azok változatos tápanyagigényéből és mikroelem-felvételéből ugyanis hosszú távon egészen más nehézfémterhelés állítható fel, mint ha csak 2-3 éves vizsgálatokat végzünk, mely idő alatt a vizsgált területen mindössze 1-2 növényfajta termesztése történik.

Következtetések

Eredményeink azt mutatják, hogy amennyiben a szennyvíziszap kihelyezése a jogszabályoknak megfelelő módon (mennyiségi és minőségi megfelelés) történik, a legmeghatározóbb komponenseket vizsgálva is a talaj csak évtizedek vagy akár évszázadok alatt terhelődik olyan mértékben nehézfémekkel, hogy a jelenlegi jogi szabályozás szerint maga is szennyezetté válik. Számításaink során a legkedvezőtlenebb feltételeket vettük figyelembe, miszerint a szennyvíziszap szerves- és tápanyagtartalma teljesen hasznosul, miközben nehézfémterhelése teljes egészében a talajban marad, és feldúsul abban. Nem számoltunk a növényi nehézfémfelvétellel és a nehézfémek esetleges kimosódásával vagy mélyebb rétegekbe kerülésével. Éppen ezért állíthatjuk, hogy a kihelyezés tényleges időtávja az általunk meghatározott évek számát nagy valószínűséggel meghaladja.

Mindezeket is figyelembe véve jelenlegi ismereteink alapján a települési szennyvíziszapok megfelelő körülményekkel végzett mezőgazdasági hasznosítása előnyös megoldásnak tűnik, bár ennek pontosításához ma már a szennyvíziszapokban lévő egyéb mikroszennyező anyagok mennyiségének meghatározása is szükséges.

Az eredményeket tekintve a kérdés már inkább az, hogy ha a mezőgazdasági talajok tápanyag-utánpótlására és azok termékenységének javítására kizárólag szennyvíziszapot alkalmazunk, a növények számára fontos mikroelem-utánpótlás fedezhető-e egyáltalán, és nem az, hogy ezekkel a komponensekkel mennyire terheljük és szennyezzük a talajt.

Irodalmi hivatkozások

Abdullahi, M. S. (2013). *Toxic effects of lead in humans: an overview*. *Global Advanced Journal of Environmental Science and Toxicology*, 2(6): 157-162.

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>

Bai Y., Zuo W., Mei L., Tang B., Gu C., Wang X., Shao H., Guan Y. (2018) *Eastern China coastal mudflats: salt-soil amendment with sewage sludge*. *Running title: Salt-soil amended with sewage sludge in China Land Degradation and Development*, 29 (10) 3803-3811. <https://doi.org/10.1002/ldr.3092>

Bigalke M., Ulrich A., Rehmus A., Keller A. (2017) *Accumulation of cadmium and uranium in arable soils in Switzerland*. *Environ. Pollut.* 221, 85-93.

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.

Cai Q-Y., Mo C-H., Qi-Tang W., Qiao-Yun Z., Katsoyiannis A. (2007) *Concentration and speciation of heavy metals in six different sewage sludge-composts*. *J Hazard Mater* 147 pp. 1063-1072.

Camargo R., Maldonado A. C. D., Dias P. A. S., Souza M. F., França M. S. (2013) *Leaf analysis of Jatropha seedlings (Jatropha curca L.) produced with sewage sludge*. *J. Agric. Environ. Eng.* 17 (3) pp. 283-290.

Contin M., Goi D., De Nobili M. (2012) *Land application of aerobic sewage sludge does not impair methane oxidation rates of soils*. *Sci Total Environ.* 441 pp. 10-18. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2012.09.052.

ECD (1986) *European Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 (The Sewage Sludge Directive) on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture*.

Fang W., Delapp R. C., Kosson D. S., van der Sloop H. A., Liu J. (2017) *Release of heavy metals during long-term land application of sewage sludge compost: percolation leaching tests with repeated additions of compost*. *Chemosphere* 169:271-280. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.086>

Filho A. A., de Camargo R., Lana R. M. Q., Moraes M. R. B., Maldonado A. C. D., Atarasi R. T. (2015)

Treatment of sewage sludge with the use of solarization and sanitizing products for agricultural purposes. *African Journal of Agricultural Research* 11 (3) pp. 184-191, DOI: 10.5897/AJAR2015.10571

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.

Joseph T., Dubey B., McBean E. A. (2015) *Human health risk assessment from arsenic exposures in Bangladesh*. *Science of the Total Environment*, 527-528, pp. 552-560 doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.05.053

Kchaou R., Baccar R., Bouzid J., Rejeb S. (2018a) *Agricultural use of sewage sludge under sub-humid Mediterranean conditions: effect on growth, yield, and metal content of a forage plant*. *Arabian Journal of Geosciences* 11:746-752. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-4103-4>

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.

Koupaie EH, Eskicioglu C (2015) *Health risk assessment of heavy metals through the consumption of food crops fertilized by biosolids: a probabilistic-based analysis*. *J Hazard Mater* 300:855-865.

Lajayer B. A., Najafi N., Moghiseh E., Mosaferi M., Hadian J. (2019) *Micronutrient and heavy metal concentrations in basil plant cultivated on irradiated and non-irradiated sewage sludge-treated soil and evaluation of human health risk*. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 104, 141-150. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2019.03.009>

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>
- Liu, D.; Li, Z.; Zhu, Y.; Li, Z.; Kumar, R. (2014) Recycled chitosan nanofibril as an effective Cu(II), Pb(II) and Cd(II) ionic chelating agent: Adsorption and desorption performance. *Carbohydr. Polym.*, 111 pp. 469–476. DOI: 10.1016/j.carbpol.2014.04.018
- Malmström M. E., Rolli V., Cui Q., Brandt N. (2009) Sources and fates of heavy metals in complex, urban aquatic systems: modelling study based on Stockholm, Sweden, *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 122, doi:10.2495/ECO090091
- Mohamed, B., Olivier, G., François, G., Laurence, A. S., Bourgeade, P., Badr, A. S., Lotfi, A., (2018) Sewage sludge as a soil amendment in a *Larix decidua* plantation: effects on tree growth and floristic diversity. *Sci. Total Environ.* 621, 291–301.
- Muya, F. N., Sunday, C. E., Baker, P., Iwuoha, E. (2016) Environmental remediation of heavy metal ions from aqueous solution through hydrogel adsorption: A critical review. *Water Sci. Technol.* 73 (5) pp. 983–992. DOI: 10.2166/wst.2015.567
- Salman S. A., Elnazer A. A., Nazer H. A. E. (2017) Integrated mass balance of some heavy metals fluxes in Yaakob village, south Sohag, Egypt. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 14 (5), 1011–1018.
- Santos F. E. V., Kunz S. H., Caldeira M. V. W., Azevedo C. H. S., Rangel O. J. P. (2014) Chemical characteristics of substrates used with sewage sludge for seedling production. *J. Agric. Environ. Eng.* 18 (9) pp. 971–979.
- Shi T., Ma J., Wu X., Ju T., Lin X., Zhang Y., Li X., Gong Y., Hou H., Zhao L., Wu F. (2018) Inventories of heavy metal inputs and outputs to and from agricultural soils: A review *Ecotoxicology and Environmental Safety* 164 118–124.
- Simon L. (2006) Accumulation, phytoindication and phytoremediation of toxic elements in the soil-plant system, Doctoral dissertation, Hungarian Academy of Sciences, University of Nyíregyháza, Nyíregyháza, Hungary
- 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
- Tariq W., Saifullah M., Anjum T., Javed M., Tayyab N., Shoukat I. (2018). Removal Of Heavy Metals From Chemical Industrial Wastewater Using Agro Based Bio-Sorbents. *Acta Chemic Malaysia*, 2(2):09–14. DOI: <http://doi.org/10.26480/acmy.02.2018.09.14>
- 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
- Wu D., Yu X., Chu S., Jacobs D. F., Wei X., Wang C., Long F., Chen X., Zeng S. (2018) Alleviation of heavy metal phytotoxicity in sewage sludge by vermicomposting with additive urban plant litter. *Science of the Total Environment* 633, 71–80 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.167>
- Yagmur M, Arpalı D, Gulser F (2017) The effects of sewage sludge treatment on triticale straw yield and its chemical contents in rainfed condition. *J Anim Plant Sci* 27(3):971–977.
- Yang Q., Li Z., Lu X., Duan Q., Huang L. and Bi J. (2018) A review of soil heavy metal pollution from industrial and agricultural regions in China: Pollution and risk assessment. *Science of the Total Environment* 642 pp. 690–700. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.068>
- Yang G., Zhu G., Li H., Han X., Li J., Ma Y. (2018b) Accumulation and bioavailability of heavy metals in a soil-wheat/maize system with long-term sewage sludge amendments, *Journal of Integrative* 17(8) 1861–1870. doi: 10.1016/S2095-3119(17)61884-7
- 50/2001. (IV. 3.) Government Decree on rules for the agricultural use and treatment of wastewater and sewage sludge
- 28/2004. (XII. 25.) Decree of the Ministry of Environment and Water on emission limit values of water pollutants and certain rules for their application
- 59/2008. (IV. 29.) Decree of the Ministry of Agriculture and Rural Development on rules for the action program for the protection of water against pollution caused by nitrates from agricultural sources and for the orderliness of information and registration
- 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM Decree on limit values and pollution measurement for the protection against pollution of the geological environment and groundwater

A KOMPETENCIÁK JELENTŐSÉGE AZ ÜGYFÉLSZOLGÁLATI MUNKÁBAN

Az ügyfélszolgálatos munkakör nehézségei és szépségei annak változóságában és sokszor kiszámíthatatlanságában rejlenek, ahol a munka középpontjában – minkét oldalon – az ember áll. Nem mindenki alkalmas arra, hogy ezt a változékonyságot nap mint nap elviselje, ebben éljen. Azt, hogy ki alkalmas az ügyfelezésre, és ki nem, bizonyos velünk született személyiségjegyek, képességek, kompetenciák határozzák meg. Számomra nagyon érdekes kérdés, hogy milyen tulajdonságokkal kell rendelkezni ahhoz, hogy ezt a munkát ne csak jól tudjuk csinálni, de jól is érezzük magunkat benne. Amikor a diplomadolgozati kutatásom során arra kerestem a választ, hogy milyen a jó ügyfeles, a kompetenciák és a kompetenciamenedzsment kérdéskörével találtam szembe magam. A friss szakirodalomban sok érdekes meglátást találtam, melynek egy részét most megosztom az olvasóval.

A kompetencia a tanulás és a tapasztalás eredményeként jön létre annak érdekében, hogy ezt az egyén a munkája vagy az élete során sikeresen alkalmazza, a személyiségjegyei összekombinálásával. A kompetencia-összetevők a képesség, a személyiség, a motiváció és a tudás (Henczi, Zöllei 2007). Amikor a kompetenciamenedzsmentet említjük, a szervezet céljait segítő tevékenységről beszélünk, amely által a szükséges kompetencia elérhetővé válik, így a rendelkezésre álló kompetenciák megfelelő felhasználása és fejlesztése segíti a munkavállalók teljesítményének növelését. Ez azt jelenti, hogy a kompetenciamenedzsment során a vállalat a terveit, intézkedéseit úgy határozza meg, hogy figyelembe veszi a munkavállalók kompetenciakészletét, azt hasznosítja, sőt fejleszti, és ezáltal a szervezet eredményét növeli. Fontos, hogy a kompetenciamenedzsment összhangot teremtsen a szervezet és az egyének céljai között. A munkakörhöz tartozó kompetenciák részletes dokumentálása és az úgynevezett kompetenciamodell megalkotása nemcsak a kiválasztásnál nyújt hasznos segítséget a szervezetnek, hanem az év közbeni teljesítményértékelést is segíti (Berde, 2017). A kompetenciamenedzsment eredményeként a vezetők a munkavállalók képességeit felismerik, azokat hatékonyan osztják be, és szükség esetén fejlesztik. A kompetenciakészletek felmérése idő- és energiaigényes feladat, de következményeképpen a vállalat céljai sokkal eredményesebben valósulnak meg, és a vállalati kultúrára is jó hatással van. Ezáltal az egyén is jobban megismeri önmagát, és a fejlesztése, fejlődése egy magasabb



KAPOSVÁRI ZSUZSANNA

FEJÉRVÍZ Zrt.

ügyfélszolgálati és vízdíjszámlázási osztályvezető,
kaposvarizs@fejerviz.hu

nálása és fejlesztése segíti a munkavállalók teljesítményének növelését. Ez azt jelenti, hogy a kompetenciamenedzsment során a vállalat a terveit, intézkedéseit úgy határozza meg, hogy figyelembe veszi a munkavállalók kompetenciakészletét, azt hasznosítja, sőt fejleszti, és ezáltal a szervezet eredményét növeli. Fontos, hogy a kompetenciamenedzsment összhangot teremtsen a szervezet és az egyének céljai között. A munkakörhöz tartozó kompetenciák részletes dokumentálása és az úgynevezett kompetenciamodell megalkotása nemcsak a kiválasztásnál nyújt hasznos segítséget a szervezetnek, hanem az év közbeni teljesítményértékelést is segíti (Berde, 2017). A kompetenciamenedzsment eredményeként a vezetők a munkavállalók képességeit felismerik, azokat hatékonyan osztják be, és szükség esetén fejlesztik. A kompetenciakészletek felmérése idő- és energiaigényes feladat, de következményeképpen a vállalat céljai sokkal eredményesebben valósulnak meg, és a vállalati kultúrára is jó hatással van. Ezáltal az egyén is jobban megismeri önmagát, és a fejlesztése, fejlődése egy magasabb

szinten valósulhat meg. Ahhoz, hogy valakinek valamilyen kompetenciájáról beszélhessünk, az illetőnek rendelkeznie kell megszerzett tudással, és ennek a tudásnak összhangban kell lennie – legalábbis együtt kell működnie – az illető belső személyiségével ahhoz, hogy az adott kompetenciát sikeresen alkalmazza az adott területen vagy helyzetben.

Nem csupán ismeretanyagok kellenek ahhoz, hogy valaki képes legyen valamit megcsinálni, hanem a személyiség is fontos alkotóeleme a sikeres teljesítésnek. A személyiség vizsgálatára számtalan modell létezik, a szakirodalomban kutatva több módszert is találtam. Freudtól Eysenckig sokan foglalkoztak az emberi lélekkel, viselkedéssel, reakciókkal. A megközelítések között találkozhatunk az introvertált és extrovertált kategóriákkal, az ego, szuperego és tudat alatti ösztönök rejtelseivel, ezekben igazán el lehet mélyülni. Az ügyfélszolgálati munkatársakkal kapcsolatos kutatásomban meglepő eredményre jutottam, ugyanis azt gondoltam, hogy ebben a munkakörben csupa nyitott, extrovertált kolléga dolgozik, de az eredmények nem ezt igazolták. A kutatás alapján az ügyfelek többsége introvertált és elemző típus, aki szeret elmélyedni a feladatban, figyel a minőségre és a részletekre.

Véleményem szerint napjainkban a tudás és a kompetencia a vállalat egyik legfontosabb értékének számít, melynek növelése, megosztása és különösen a megtartása az egyik legnehezebb feladat. A munkaerőpiacon ez idáig jelentkező munkaerőhiány miatt a kompetenciák értéke az utóbbi időben megnőtt, és sokkal nagyobb szerepet kap ez a terület, mint korábban. Egy adott munkahelyen eltöltött idő alatt megszerzett tudás értéke felbecsülhetetlen, és mind a munkavállaló, mind a munkáltató számára értéket képez. Az ügyfélszolgálati munkában különösen nagy jelentősége van ennek, hiszen ott és akkor azonnal tudni kell a helyes irányt, a helyes választ, a helyes magatartást, ott nincs helye bizonytalanságnak. Az ügyfélszolgálati munkában a tudás és a képesség nemcsak az ügyintézési időt befolyásolja, hanem az ügyintézés milyenségére is kihat. A tudás magabiztosságot ad, melyet az ügyfél azonnal megérez. Megfelelő tudás nélkül az ügyintéző bizonytalan lesz, és nem fogja jól érezni magát az adott helyzetben. A tudás nem csak az adott munkavállalót segíti, hanem az egész csoportot, hiszen az ügyfelek sokszor egymást segítve dolgoznak együtt a gyorsabb kiszolgálás vagy a gördülékenyebb ügyintézés érdekében.

A motiváció mint kompetencia-összetevő az ügyfélszolgálati munkában jelen kell hogy legyen, hiszen csak akkor tud valaki mindennap ügyfelek problémáival foglalkozni, megoldásokat keresni, türelemmel lenni, ha szereti ezt a munkát csinálni, és sikerélményei vannak, amelyek motiválják és viszik előre. Véleményem szerint sokkal többet kellene foglalkoznunk az ügyfelek motivációjával annak érdekében, hogy a munkatárs és a vállalat elégedettsége is növekedjen.

Egy friss tanulmány foglalkozik az úgynevezett 5CFC-moddal, mely a jövőorientált kompetenciákra helyezi a hangsúlyt. A szerző szerint már sok kísérlet történt jövőbeni fontos kompetenciák meghatározására (túlélési, élet, kulcs, tanulási, technikai, globális versenyképességi). Üzenete, hogy nemcsak azt kell tudnunk, hogy kompetenciák léteznek, hanem fel kell ismernünk annak változásait is, és hogy éppen mire van szükség ezen a téren. A cikk szerint a tartós változások létrehozásához mindig új kompetenciák kellenek (Mulder, 2017). Esetünkben ez az ügyfélszolgálati dolgozók ismereteit (szabályzatok, jogszabályok, utasítások), érdekérvényesítő képességüket, folyamatos tanulási készségüket és szociális érzékenységüket

Öntudat	Önmenedzselés	Társadalmi tudatosság	Kapcsolatkezelés
érzelmi önértékelés	érzelmi önkontroll	empátia	befolyásolás
	rugalmasság	szervezeti tudatosság	coaching és mentorálás
	teljesítményorientáció		konfliktuskezelés
	pozitív szemlélet		inspiráló vezetés

Az érzelmi intelligencia (EI) összetevői (forrás: saját szerkesztés Goleman: Emotional Intelligence Has 12 Elements. Which Do You Need to Work On? című cikke alapján)

güket takarja. Látható, hogy a jövőorientált kompetenciák, lefordítva az ügyfélszolgálati munkakörre, összetett elvárásokat támasztanak. Ezek részben velünk született képességek, de van közöttük, amely befolyásolható és tanítható, például az ismeretanyagok bővítése vagy a tanulási készség növelése. A mérések és modellek mellett napjainkban

új elemként jelenik meg a kompetenciamenedzsment rendszerében az érzelmi kompetencia fogalma. Lényege, hogy a hangulatnak, az ember érzelmeinek hatása van a teljesítményre, ezért nem szabad figyelmen kívül hagynunk. Az egyes területeken tizenkét EI-kompetencia, megtanult és tanulható képesség található. Ezek kiemelkedő teljesítményt tesznek lehetővé beosztottként vagy vezetőként. Ide tartoznak az empátia, a pozitív kilátások és az önkontroll, az eredményesség, a befolyás, a konfliktuskezelés, a csapatmunka és az inspiráló vezetés. Ezekre a készségekre nagymértékben szükség van. Ez a 12 kompetencia mind az érzelmi intelligencia részét képezi. Az EI hiányainak javítására a coaching a leghatékonyabb módszer, hiszen ez a mentorálás felbecsülhetetlen a szakemberek támogatásában, kiváltképp, amikor mélypontra kerül valaki (Goleman, 2017). A stresszkezelés és a konfliktuskezelés az ügyfélszolgálati munka elengedhetetlen része, mivel a munkavállaló egész nap ki van téve a külső hatásoknak, mások érzelmi megnyilvánulásainak, így ezzel foglalkozni kell. Véleményem szerint folyamatos oktatással, stresszkezelő tréninggel segíteni kell az ügyfélszolgálati munkatársak munkáját.

A kompetencia tehát érték, és jó, ha tisztában vagyunk a készségeinkkel. Az ügyfélszolgálati munka összetett kompetenciakészletet igényel. Nem mindegy, hogy valaki kénytelen egy adott munkakörben dolgozni, vagy szereti is, amit csinál. A velünk született képességek – türelem, empátia, nyitottság – rengeteget számítanak, és a személyiségünk is befolyásoló tényező. A tudatos szinten lévő képességek – kommunikáció, problémamegoldó képesség – fejleszthetők, és kell is ezekkel foglalkoznunk, hiszen látható, hogy az ügyfélszolgálati munka mennyire összetett képességeket kíván. Érdemes az ügyfélszolgálati kompetenciák mérésére és fejlesztésére időt fordítani, mert hosszú távon kifizetődik. Nemcsak az ügyfélélegedettség növekedése, hanem a munkavállalók motivációjának fenntartása és a vállalat teljesítőképeségének fokozódása is megmutatkozik általa. A szolgáltatási színvonal mutatószámainak jövőbeli megfelelősége érdekében célszerű a kompetenciamenedzsmenttel foglalkozni. A mérés egyik módszerét a következő cikkemben ismertetem.

Források:

- Dr. Henczi, L., Zöllei, K. (2007): *Kompetenciamenedzsment, Perfekt Gazdasági Tanácsadó, Oktató és Kiadó Zrt.*
- Prof. Dr. Berde, Cs., Héder, M. (2017): *Taylori fogalmak a XXI. században, TAYLOR 9 (1), 49-54. Megtalálható: <https://ojs.bibl.u-szeged.hu/index.php/taylor/article/view/13074/12930>*
- Goleman, D. and Boyatzis, R. E. (2017): *ARTICLE EMOTIONAL INTELLIGENCE Emotional Intelligence Has 12 Elements. Which Do You Need to Work On?, Harvard Business Review. Megtalálható: <https://www.proveritas.com.au/downloads/Emotional-Intelligence-12-Elements.PDF>*
- Mulder, M. (2017): *A Five-Component Future Competence (5CFC) Modell, JOURNAL OF AGRICULT EDUCATION AND EXTENSION, 2017, VOL. 23, NO. 2, 99-102. Megtalálható: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/1389224X.2017.1296533?needAccess=true>*

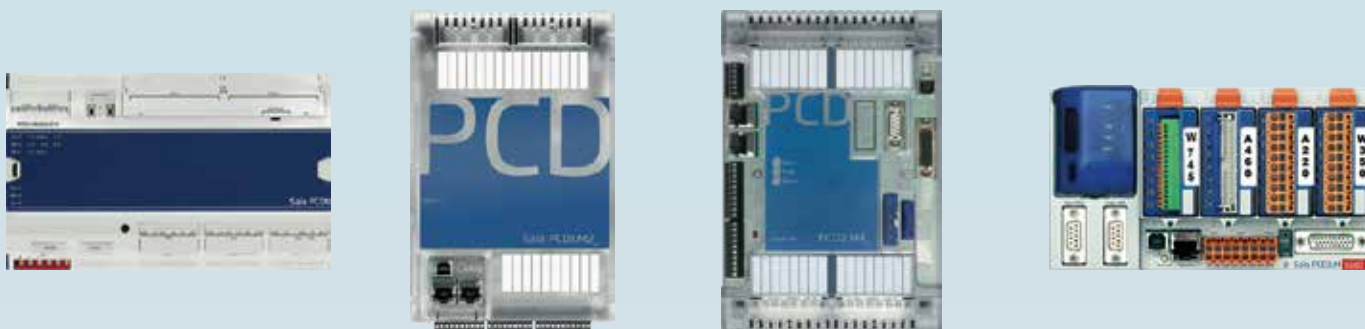
sb - controls

Több mint 25 év a vízmű-automatizálás szolgálatában

értékesítés – oktatás – tanácsadás

Európai termékek 2+3 év garanciával:

Teljes Saia PLC választék



LoRa WAN távjelzők, távadók



VisionX szoftverek



4G MODEMEK, ROUTEREK



T.:06-23-501-170;

office@sb-controls.hu;

www.sb-controls.hu

NEGYEDSZÁZADA ÖNÁLLÓAN MOSONMAGYARÓVÁR ÉS KÖRNYÉKE SZOLGÁLATÁBAN AZ AQUA SZOLGÁLTATÓ KFT.

Mosonmagyaróvár és vidéke nem dicsekedhet római kori emlékekkel az ivóvízellátása történetében, pedig itt is volt római katonai tábor fegyvereket kiszolgáló várossal, de sem a település mérete, sem a földrajzi körülményei nem tették lehetővé ókori vízmű kialakítását. Először az óvári uradalom 1635-ben kelt rendelkezését említhetjük, amely a környezet védelmét szolgálta, s „minden undokságnak és döngnek utcára” hordását és a szennyvíz kiöntését tiltotta. Moson megye székhelye, Magyaróvár a XVIII–XIX. században épített ki a belvárosban néhány falazott szerkezetű,

szenny- és csapadékvizet egyaránt a Lajtába vezető csatornát. Tudomásunk szerint 1898-ban a Magyaróvári Gazdasági Akadémián létesült az első vízvezeték, amely az akadémiai épület padlásán egy 5000 literes, síneken elhelyezett tartályból kapta az oda fölszivattyúzott vizet. Néhány év elteltével a Magyaróvári Hírlap 1908. ápr. 19-ei száma foglalkozott a magyaróvári vízvezeték tervével, amit

Moson vármegye is támogatott. 1912-ben már a közeli Mosonnal közösen terveztek egy vízművet a Mosoni-Duna és a Lajta összefolyásánál, ezt az elképzelést azonban tőke hiányában a II. világháború utáni időkre száműzte a pénztelenség. Ehelyett – főleg a vármegyei tisztifőorvos sürgetésére a közegészségügyi követelmények valamilyen szintű betartása érdekében – a kutak tisztítását, mélyítését szorgalmazta a két önkormányzat, s csak a két világháború közötti időszakban helyeztek üzembe egy-egy artézi kutat Magyaróváron és Mosonban.

Egy igazán korszerű, nagy teljesítményű vízmű akkor létesült Magyaróvár határában, amikor az Osztrák–Magyar Monarchia hadügyminisztériumában a háborús készülődés jegyében egy nagy hadianyaggyártó üzem építését kezdték meg 525 kat. hold területen 274 tervezett épülettel, 87 636 m² beépített területtel. Először 1915-ben egy kisebb kapacitású vízmű épült, amit később jelentősen megnöveltek, hogy a hadiüzemek bővítésével, az 1500 fős őrségi kaszárnyával, étkezővel, kórházzal, lakóházakkal és tisztí kaszárnyával kapcsolatos igényeket kiszolgálja. Ekkor szükségessé vált a vízműnél egy nagyobb üzemi épület létesítése; egyidejűleg az épületben lévő kútházban egy 8 m átmérőjű, 8 m talpmélységű, részben falazott, részben vasbeton falú gyűjtőkutat építettek. Ehhez csatlakozott az épületen kívül 3 db 5 m átmérőjű, 11 m mély mellékkút. A kutak fenékbeömlésűek voltak, az alul elhelyezkedő kavicsrétegből kapták az utánpótlást. Mindehhez a csőhálózat nyomás alatt tartása és a fokozott vízigény kielégítése érdekében nagy teljesítményű vízszivattyú-generátorokat, 4 db 55 m³-es nyomáskiegyenlítő légüstöt és villamos levegőkompresszort állítottak üzembe. 1916-ban vas- és mangántalanítóval bővült a vízmű, s az 50–350 mm átmérőjű nyomócsőhálózat hossza az addigi 40 km-ről kb. 50 km-re nőtt. A beruházó természetesen gondoskodott mind

az üzemeknél, mind a lakóházaknál a keletkező szennyvíz ártalmatlanításáról. A szilárd és lebegő szerves anyag derítése talajsint alatti derítőtelepekben, mesterséges biológiai tisztítási folyamat útján történt. Ezt a vizet a végső klórozó celláján keresztül a Lajta bőséges vizével átöblített ún. Megyei Csatornába (betoncsatornába) vezették gravitációs úton.

Hiába létesült mindez, Moson és Magyaróvár lakói számára nem jelentett megoldást az ivóvízellátásban, mert nem volt pénz a településeket kiszolgáló vezetékhalózat megépítésére. A trianoni békeszerződés után

a hadiüzemet leszerelték, helyére fokozatosan békés célokat szolgáló üzemek települtek, amelyeket a vízműtelep 1925-ben naponta 1800 m³ vízzel látott el.

Mosonmagyaróvár Város Tanácsa 1951. februárban alapította meg a Mosonmagyaróvári Vízmű Vállalatot 9 fővel, ezzel megteremtődtek a szervezeti feltételei annak, hogy a vízmű szolgáltatásait a városra is kiterjesszék. Sok nehézséggel küzdve annyit elért a vállalat, hogy kiépült az Iparteleptől a városi kórházig és iskoláig egy 80-100 mm-es csőszakasz. 1952-ben a városi vízmű 9400 m vezetékkel, 2 db közkúttal és 18 db beépített vízmérővel rendelkezett. 1953. április 1-jén azonban a város és a cég akarata ellenére a Mosonmagyaróvári Vízmű Vállalatot beolvastották a Győri Víz- és Csatornaművek Vállalatba. Ezzel egyúttal megteremtődtek a gyorsabb fejlesztés lehetőségei. 1963 elején a vállalat Győr városától átkerült a Győr-Sopron Megyei Tanácshoz, a mosonmagyaróvári részleg neve I. sz. Megyei Víz- és Csatornamű Vállalat Mosonmagyaróvári Üzemrészlege lett. Ekkor a részleg 3 fedett aknakkal, 3 vastalanítóval, 4x50 = 200 m³-es hidrofórus légkazánnal és 28 munkatárssal rendelkezett. Bár fokozatosan javultak a működés körülményei, a város és a megyei vízmű között sokszor volt feszültség, elsősorban a beruházási összegek elosztásával kapcsolatban. 1973-ban az ismét nevet változtatott Győr és Környéke Vízmű és Fürdő Vállalat Mosonmagyaróvári Üzemegysége lényegében Mosonmagyaróváron és a mosonmagyaróvári járásban végzett vízellátó, szennyvízelvezető és szennyvíztisztító tevékenységet. Ide tartozott a közép-szigetközi térségi vízmű Darnózselin és a felső-szigetközi Dunakiliti központtal. Az 1990-es évek elején községi hálózatépítési munkák folytak Lébényben, Mosonszentmiklóson, Rajkán és Bezenyén, Jánossomorján korszerűsítettek, Várbalogon elkészült az önálló községi vízmű, Levél községet rákapcsolták a városi vízhalózatra. 1982-ben Mosonmagyaróváron 2000 m³ vizet befogadó új víztorony épült, a városi vízhalózat hossza az évtized végére elérte a 110 km hosszúságot, a vezetékvesztésbe bekapcsolt lakások aránya a 92%-ot.

1985-ben országos botrány lett abból, hogy a mosonmagyaróvári kommunális vállalat osztrák szemetet importált, amit a vízműtől 1500



Vízműgép ház

m-re lévő szemétkerakóban helyezték el. A környezetvédők szerint időzített bomba ketyegett a város felett, mert a vízmű kútjai bármikor elszennyeződhetnek. A rendszerváltás forrongó légkörében halaszthatatlanná vált a helyzet megnyugtató rendezése. Hosszas tárgyalások és próbafúrások után 1990-ben átadták a Mosoni-Duna melletti feketeerdei vízbázist, ami napi 10 ezer m³ jó minőségű vas- és mangánmentes vizet termelt. A második ütem belépését követően az addigi 4 db mélyfúrású kút után újabb 4 kút készült el a hozzájuk tartozó gyűjtővezetékkel, s a vízmű kapacitása 20 ezer m³-re nőtt.

Jóval lassabban haladt az említett területen a szennyvízcsatorna-hálózat létrehozása. 1963-ban az I. sz. Megyei Víz- és Csatornaművek Mosonmagyaróvári Üzemrészele kezelésében mindössze 11 km csatorna volt, 5500 lakásból 900 volt csatornázott, a többi szennyvizet csak elszívárogtatással vagy emésztőgödörökkel lehetett kezelni. 1969-ben elkészült a szükséges gerinccsatornával az első komolyabb szennyvíztisztító, amely az addigi kisebb telepek működtetését feleslegessé tette a városban. Csak ezután lehetett az új lakótelep építésébe belekezdeni. Az 1970-es években már a falvakban is aktuálissá vált a szennyvízcsatornázás ügye. 1986 végére a város szennyvízhálózatának hossza 26 km, a bekapcsolt lakások száma 4600 (44%) lett. 1987-ben a városi szennyvíztelep felújításával korszerű technológiát vezettek be, s 2 új, 2000 m³-es biológiai tisztító műtárggyal bővült a telep. Máriakálnok és Halászi községek 1993-ban kérték csatlakoztatásukat a városi szennyvízhálózatra.

Mosonmagyaróvár többször kifejezte óháját önálló vízmű létrehozására, ehhez azonban a rendszerváltásig a politikai és tulajdonviszonyok nem kedveztek. 1993-ban a képviselő-testületben megért az elhatározás az önállósításra. Emellett szólt, hogy a feketeerdei vízbázis kitűnő alapot teremtett a további fejlődéshez, a szennyvíztisztító felújítására elfogadott terv készen állt, s a mosonmagyaróvári üzemmérnökségen kiváló műszaki gárda garantálta a szakmaiságot és a folyamatosságot. Ellene szólt viszont az üzemegységnek a győrihez képest elmaradott műszaki-technikai színvonala, a pénzügyi-gazdasági ügyek, a díjelszámolás, könyvelés, raktári nyilvántartás Győrben történő vezetése. 1993 novemberében a képviselő-testület megállapította, hogy a város nem tud eleget tenni korábbi határozatának, ha a mosonmagyaróvári vízmű továbbra is a győri vállalat keretében működik. Elhatározták, hogy a vagyoni kiválás után önállóan működtetik a várost megillető részt. Tárgyalások kezdődtek, és a szándék nyomatékosítására a képviselő-testület 1994. január elsejével megalakította az AQUA Szolgáltató Kft.-t. 1994 augusztusában megtörtént a végleges vagyonelszámolás, s az önkormányzat visszamenőleges hatállyal vagyonkezelési szerződést kötött az AQUA Kft.-vel a tulajdonában lévő összes vízi létesítmény és vízi közmű kezelésbe adásáról, amit addig is a cég üzemeltetett. 1995-től az egyszemélyes kft.-ben tulajdonos lett Levél és Hegyeshalom önkormányzata is, ők a vagyonukat a társaságba apportálták.



Az épülő mosonmagyaróvári víztorony

1994-től a feketeerdei vízbázison fokozatosan kiépült az új vízműtelep központi épülete a klórozóval, a szivattyúházzal és 2 új, 2000 m³-es víztároló medencével. A Közép-Európa egyik legnagyobb édesvízi készletére épülő, 8 db 100 m talpmélységű kútból nyert víz kezelés nélkül közvetlenül a hálózatba szivattyúzható. A napi 20 000 m³ kapacitás máig is biztos alapja a bővítéseknek. 1995-ben elkészült a Mosonmagyaróvár kétoldali vízellátását biztosító távvezeték, megtörtént az újudvari (Mosonudvar), újrónafői és hegyeshalmi vízellátó hálózat beüzemelése, s folytatódott a városban a vezetékhalózat bővítése, az új ipari létesítményeknél szükséges vízépítési munkák elvégzése, az útfelújításokhoz kapcsolódó vízművek cseréje, valamint a régi utcai vezeték rekonstrukciója. 1995 májusáig



Ivóvízellátó rendszer térképe

funkcionált az ipartelepi régi vízműtelep, feladatát most már megbízható módon átvette a feketeerdei vízbázis. A régi vízműtelepet az AQUA Kft. eladta, s az árából kifizette teljes hosszú lejáratú hitelállományát, továbbá ebből fedezte a régi víztermelő kutak megszüntetését.

Önállóvá válása után a cég minden eszközt megragadott a bevételei növelésére. Ennek érdekében minden évben javaslatot tett a szolgáltatási díjak növelésére, 2 községgel és egy külső településrészrel kiterjesztette működési területét, és 1998-tól több saját kivitelezésű munkával fokozta eredményességét. Az AQUA Kft. által üzemeltetett vagyon értéke az 1995. évi 957,3 millió Ft-ról 2008-ra 3 milliárd 716,8 millió Ft-ra nőtt. 2010-től egyre fontosabbá vált a működési terület növelése és a vele járó bővülés, mert a kis méret már az AQUA Kft. létét fenyegette. 2010-ben csatlakozott a tulajdonosok köréhez Halászi és Máriakálnok község önkormányzata, 2011. január 1-jén Jánossomorja, Mosonszolnok és Várbalog. 2011 közepén a Szigetközi Vízszolgáltató Nonprofit Kft. csatlakozása 9 községgel (Kisbodak, Püski, Dunaremete, Lipót, Darnózseli, Kimle, Károlyháza, Hédervár és Ásványráró) növelte a társaság szolgáltatási körét, 2012-től újabb 4 felső-szigetközi község (Rajka, Dunakiliti, Dunasziget és Fekete-

erdő) társult a céghez. Az új csatlakozásokkal 23 önkormányzatra bővült az AQUA Kft. tulajdonosi köre, így az elsők között tett eleget a 2011. évi, víziközmű-szolgáltatásról szóló CCIX. törvény elvárásainak, s beadta a működési engedély-kérelmét. Az engedélyt 2013. december 12-én vette át a MEKH-től, ezzel elhárult a társaság önállóságát fenyegető veszély, de a következő időszakban számos nehézséggel kellett szembenézni. Az AQUA Kft. azon kevés vízi közmű közé tartozott, ahol nem nyúltak a dolgozói juttatásokhoz, és nem bocsátottak el egyetlen dolgozót sem. Minden évben volt lehetőség a béremelésre, melynek mértéke az elmúlt három évben 10% körüli volt.

1994-ben az AQUA Kft. a győri vízmű díjait alkalmazta, ezek bevétele azonban nem fedezte a szükségessé váló felújítások, hálózati és közmű-rekonstrukciók és a beszerzendő célgépek költségeit, így szükségessé vált az országos viszonylatban is alacsony víz- és csatornaszolgáltatási díjak emelése. Egyre nagyobb gondot okozott a kintlévőségek növekedése (2008: 33,1 millió Ft), romlott a fizetési morál. Ennek orvoslására hozta létre a cég az ügyfélszolgálati irodákat és a követeléskezelési csoportot. A cég Athos számítógépes rendszerébe bekerült a behajtáskezelő modul, ezzel és a személyes megkeresésekkel, valamint a szolgáltatás korlátozásával mára sikerült kezelhető mértékűre leszorítani a tartozásokat. A vállalatirányítás színvonalának emelését szolgálták a folyamatos számítástechnikai fejlesztések, a gördülő fejlesztési terv gondos megalkotása és karbantartása, a gazdasági irányítási rendszer kidolgozása, a vállalati információs rendszer tökéletesítése és az ismételt auditálások. A 2010–13 közötti változások, a bővüléssel járó teendők sokszor szinte teljesíthetetlen feladatok elé állították a gazdasági, a humán és az informatikai területek munkatársait.

1993 elején Mosonmagyaróvár a város szennyvízcsatornázásának felülvizsgálatával és fejlesztési terv kidolgozásával bízta meg a HIDRO-KOMPLEX Kft.-t. Ennek eredménye alapján 1993-ban céltámogatással elindult Mosonmagyaróvár és 15 község csatornázása. Immár halaszthatatlanná vált a mosonmagyaróvári szennyvíztisztító intenzifikálása, amely az elhúzódó próbaüzemmel 2000-ben zárult le. De már ekkor is látni lehetett, hogy szükséges lesz a telep további korszerűsítése. Ezért a kft. már 2010-ben pályázatot nyújtott be a mosonmagyaróvári szennyvíztelep intenzifikálására, amely végül 2014 végére 2,82 milliárd Ft összköltséggel, az EU 85%-os támogatásával valósult meg. Az új szennyvíztisztító telep korszerű és költséghatékony, teljesen automatizált, távfelügyelettel működik, átlagos kapacitása 53 888 lakosegyenértékről 77 778-ra nőtt.



Főgyűjtő szennyvíztisztító telep látogatóközpont



Makett



A szennyvíz útja



A víz útja



Szennyvízelvezető rendszerek térképe

Kapacitása 8500 m³/nap szennyvíz és 30 m³ szipantott szennyvíz lett, s teljes mértékben megfelelt az EU elvárásainak.

Az új telep területén létrehoztunk egy bemutatóközpontot is, mely a lakosság környezettudatos nevelését, az AQUA Kft. tevékenységének bemutatását és a korszerű technikák megismerését szolgálja.

A látogatóközpont érdekes és hasznos információkat nyújt az idelátogató csoportoknak a vízszolgáltatás és szennyvízkezelés témájában. Az emeleten kiállított maketten végigkövethetik a látogatók a szennyvíz útját és a telep működését, továbbá a vízről szóló kiállításunkon nyomon követhetik, hogy a kitermeléstől kezdve hogyan jut el a víz a felhasználókhoz. A kiállítások mellett oktató témájú 3D-s filmeket vetítünk az érdeklődők számára. A látogatóközpont nagy népszerűségnek



Főgyűjtő szennyvíztisztító felülnézete és épülete



Összejövetel az UFM Arénában

örvend a környék iskoláinak, egyetemistáinak körében, és voltak már érdeklődők az ország távolabbi vidékeiről – gyakran választják osztálykirándulás úti céljának a szintén mosonmagyaróvári Futura élményközponttal egybekötött kirándulásokra –, sőt külföldi vendégek is érkeztek már szakmai látogatásra. A kiállítás különösen nagy látogatottságnak örvend minden év márciusában, amikor a víz világnapja alkalmából megrendezzük a Nyitott Kapuk rendezvényét. Ilyenkor iskolás és óvodás csoportok járhatják körbe a vízmű telepeit szakszerű és játékos idegenvezetés mellett. A rendezvénysorozat népszerűségét bizonyítja, hogy az utóbbi alkalmon minden évben közel 2000 látogató vett részt az eseményen.

A projekthez kapcsolódóan 2014-ben a víziközmű-szolgáltatók közül az országban elsőként az AQUA Kft. kezdte meg a háztartásokban elhasznált olaj és zsiradékot ingyenes begyűjtését. Jelenleg 5 településen végzi külön e célra beállított járművel ezt az egyre népszerűbb szolgáltatást.

2006-ban a hédervári szennyvíztisztító bővült és újult meg Phare CBC pályázaton nyert támogatással. 2007-ben vette át az AQUA Kft. az Óvártej szennyvíz-előkezelőjét, amelyet egy új technológiasor beépítésével és a meglévő technológia átalakításával 2011-ben felújított.

A vállalat, hasonlóan más szolgáltatókhoz, próbál fellépni az illegális csapadékvíz-elvezetések ellen. Sok munkával (ellenőrzések, lakossági tájékoztatók) az elmúlt időszakban sikerült csökkenteni az illegális rákötések számát, de még így is 30-40%-kal növekszik a beérkező szennyvíz mennyisége a csapadékos időszakban a szárazideihez képest.

Jelenleg is zajlanak nagyszabású fejlesztési munkák az észak-szigetközi vízellátó, illetve szennyvízelvezető rendszeren.

Saját forrásból megvalósításra kerül a Rajka (a településen 2015 óta jelentős és gyors ütemű lakosságszám-növekedés zajlik) vízellátását biztonságosabbá tevő új, nagy átmérőjű vezeték kiépítése és egy ehhez csatlakozó, 200 m³ tározókapacitású hidroglobusz telepítése, illetve európai uniós forrásból a bezenyei szennyvíztisztító telep intenzifikálási munkái és új szennyvíz-főnyomóvezeték építése. A csatornázottság 95%-os, a szennyvíz elvezetését és tisztítását 5 szennyvíztelep és 1 ipari előkezelő biztosítja. Mosonmagyaróvár és Jánossomorja városok kivételével minden vízellátó és szennyvízelvezető rendszer 25 éves vagy annál fiatalabb, és folyamatos az előregedett részek cseréje. A térségben intenzíven fejlődik a gazdaság, s bővül a lakosság száma, ami a vízigények növekedését is jelenti. Az AQUA Kft. gazdálkodására jellemző, hogy csak addig nyújtózkodik, ameddig a takarója ér, s ha csak lehetséges, a rendszereket saját erőből tartja karban és fejleszti. Ennek ellenére nagy örömeinkre szolgált, hogy az ágazat számára végre pályázati lehetőségek nyíltak meg, így 2019. évben pályázatot nyertünk a mosonmagyaróvári víztorony felújítására mintegy 70 millió forint, valamint a gépészeti berendezések energiahatékonysági beruházásaira 70 millió forint értékben.

Cégünk 2 milliárd Ft-ot meghaladó bevételéből 1,7-1,8 milliárd az alaptevékenységből származik, a másodlagos tevékenységek 4-500 milliót hoznak. Szolgáltatási területünkön a vízi közművet érintő beruházá-

si, bővítési, felújítási munkák 90%-át saját erőforrásból végezzük el. Az Óvártej Zrt. számára szennyvíz-előtisztítót üzemeltetünk, mely feladatot több mint 100 millió Ft-os bevétel mellett rentábilisan el tudjuk látni. Takarékos és környezettudatos gazdálkodásra törekszünk, mindamellett azt tartjuk, hogy a hazai és a nemzetközi versenyben (munkaerő, műszaki fejlettség) való megmaradáshoz a rezsi-csökkentés befagyasztott árainak a közeljövőbeni felülvizsgálata szükséges, s a megoldást leginkább az egyes cégekre szabott díjmelésben látjuk. Legfőbb gondunk a minőségi munkaerő pótlása. A szolgáltatási területünkön a vizes szakképzés megszüntével a képzés gyakorlati részét cégünk magára vállalta, az érdeklődő fiatalokat házon belül képezzük ki, hogy megfelelhessenek a jogszabályi előírásoknak. A vezetői munkában a legnagyobb feladat a munkatársakkal való törődés, a családi légkör megtartása. Ma már a társaság 23 településen mintegy 100 000 ember számára szolgáltat egészséges ivóvizet. Jelenleg folynak az egyeztetések az észak-szigetközi ivóvízellátó és szennyvízelvezető rendszeren Bezenye község csatlakozásával kapcsolatban. A település várhatóan 2021. január 1-től csatlakozik az AQUA Szolgáltató Kft.-hez, így az üzemeltetési terület lefedi a teljes mosonmagyaróvári járást. Nagy előny, hogy a kitermelt víz beavatkozás nélkül kerülhet a vezetékbe, vízműtelepeinken sehol sem alkalmazunk fertőtlenítést, csak biztonsági klórozás került kiépítésre. Fogyasztóink elégedettségét mutatta a 2018-as Felhasználói Elégedettség Felmérés, melyben országosan a 2. helyen végeztünk, amire rendkívül büszkék vagyunk.

Önállóságunk kezdete óta nagy jelentőséget tulajdonítunk a dolgozói közösség összetételének, minőségének, hangulatának, képzettségének és motiváltságának. A humán erőforrás színvonalának fenntartására szervezzük a szakmai továbbképzéseket, tapasztalatcseréket, szervezünk ötletbörzét, támogatjuk az üzemi tanács és a szakszervezet munkáját. Közösségünk kiemelkedő, vidám eseményei a sportrendezvények, a családi és dolgozói összejövetelek, a karácsonyi ünnepség és az ezzel összefüggő jótékonysági gyűjtések. A munkánk iránt érdeklődőknek szervezzük a látogatóközpont ismeretterjesztő alkalmait. Szakmai kapcsolatainkban kiemelt szerepe van a Magyar Hidrológiai Társaság Mosonmagyaróvári Területi Szervezetének, a Magyar Víziközmű Szövetségnek és a helyi felsőoktatási karnak, a Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának. A COVID-19-járvány hatalmas, kivételesen jól szervezett munkát és fegyelmettséget kívánt társaságunk minden tagjától azért, hogy a nehéz helyzetben folyamatosan fenn tudjuk tartani szolgáltatásainkat. Ebben sikeresen vizsgázott az AQUA Kft. felszereltsége, műszaki színvonala és a munkatársak együttműködő közössége. Ez lehet a további évek sikereinek záloga.

A CHÉZY-KÉPLET ÉS A KOLMATÁCIÓ



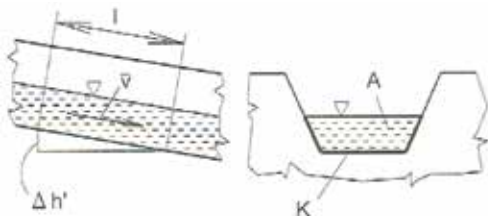
KIVONAT A part menti kavicssterasz alkotta meder nem zárt. Ha a part mentén víztermelési céllal kutakat létesítünk, a folyó felőli beszívágás állandósul. A belépés helyén tapasztalható lokális szűrésiellenállás-növekedést kolmatációnak hívjuk. A szűrési ellenállás oka egyfelől eltömődésként magyarázott, másfelől a biofilmes helyfoglalásaként értelmezett. Felmerül egy harmadik lehetőség is, amely a jelenséget a folyó „áramlástechnikai reakciójával” azonosítja. A Chézy-képletből fakadó feltevés egy másik nézőpontból közelíti. Nem kizárt, hogy a kolmatáció kapcsán a folyó vízvesztességét akadályozó körülmények együttes hatásáról, szuperpozíciójáról van szó.

KULCSSZAVAK kolmatáció, partiszűrés, Chézy-képlet

TOLNAI BÉLA gépészmérnök, BioModel Bt., tolnaibela51@gmail.com

Áramlás nyílt felszínű csatornában

Hidraulikai tanulmányainkból tudjuk, hogy a vízfolyások átlagsebességét a Chézy-képlet alapján számíthatjuk ki.



1. ábra: Áramlás nyílt felszínű csatornában
(Forrás: Lajos Tamás: Az áramlástan alapjai)

Emlékeztetőül idézzük ide a nyílt felszínű csatornák áramlási viszonyainak leírásához használt fogalmakat.

Az ábra jelöléseit használva a következő jellemzők definiáltak:

- esés $i = \frac{\Delta h}{L}$
- egyenértékű átmérő $d_e = \frac{4A}{K}$, amely az A keresztmetszet és a K nedvesített kerület hányadosa négyszereseként értelmezett.
- a λ veszteségtényezőt az ismert összefüggésből eredeztetjük: $\Delta h' = \lambda \frac{L}{d_e} \frac{v^2}{2g}$
- a Chézy-tényező képlete: $C = \sqrt{\frac{2g}{\lambda}}$, ahol g a nehézségi gyorsulás.

Beavatkozások a vízfolyás természetes rendjébe

Folyószabályozás

A Tisza-szabályozás elméleti hátterét a Chézy-képlet adja. A kanyargó folyóhurkok átvágásával tulajdonképpen az esés változik meg. A folyó hossza lecsökken, az esés ennek megfelelően nagyobb lesz.

A mesterséges beavatkozás így a Chézy-összefüggésből eredően megnöveli a mederben az áramlási sebességet. Az árhullám levonulása felgyorsul.

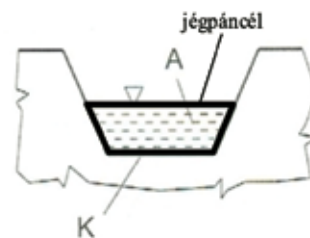


2. ábra: Folyószabályozás a hurkok átvágásával

$$v = \sqrt{\frac{2gd_e}{\lambda}} = C\sqrt{d_e}$$

Védekezés a jeges árral szemben

Nagy hidegben télen a folyó vize befagy. A folyó szokásos áramlási rendjét ezúttal a természet zavarja meg. A kialakuló jégpálya tulajdonképpen a K nedvesített kerület nagyságát mintegy megduplázza, ami miatt a



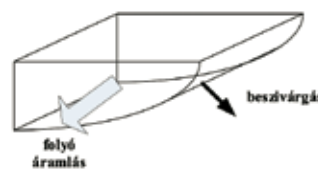
3. ábra: A megnövekedett nedvesített kerület

egyenértékű átmérő kb. a felére, a folyó áramlási sebessége pedig közel 30%-kal csökken.

A sebességcsökkenésből fakadó kisebb átérésztőképesség okozza aztán a jeges árvizet. Szükség van a jégtörő hajók munkájára. Az összefüggő jégpáncél összetörése tulajdonképpen a nedvesített kerület mértékének visszaállítását célozza.

Partiszűréses víztermelés

A folyó életébe való beavatkozásnak tekinthetjük a partvonal mentén megépített kútsort is. A vízáadó réteg nyugalmi vízszintje azonosnak vehető a folyó vízszintjével. A vízkiemeléssel a kutakban a víz szintje az üzemi vízszintre csökken. A kialakuló szintkülönbség a kútdepresszió. A szintkülönbség hatására a folyóból a víz előbb a vízáadó rétegbe szívárog, majd a szűrőrétegen át a kútba jut.



4. ábra: A folyó vízvesztessége

Mi változik meg a folyót elhagyó vízmennyiség következtében? Mielőtt erre választ keresünk,

előbb nézzük meg, mekkora vízmennyiségről van szó. A Duna vízhozama átlagosan $6500 \text{ m}^3/\text{s} = 561.600.000 \text{ m}^3/\text{d}$

A Budapest alatti és feletti szakaszon a víztermelés-nagyságrend $1.000.000 \text{ m}^3/\text{d}$ volt. (Ma a vízkiemelés mértéke max. $500.000 \text{ m}^3/\text{d}$.) Számoljunk pesszimistán a nagyobb víztermeléssel. Ennek megfelelően a folyó vízjárását a víztermelés a Budapest feletti és alatti partszakaszon 0,18% mértékben zavarja meg.

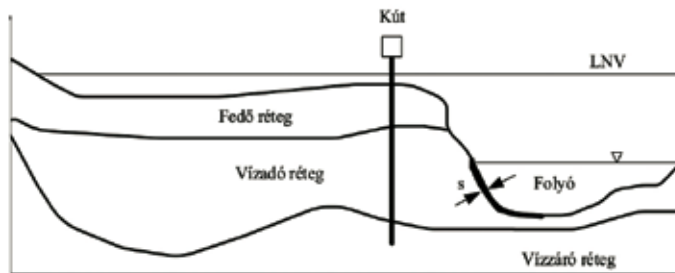
Miben nyilvánulhat meg ez a zavaró hatás? A partiszűrés hatásának mérlegelésekor nem tudunk olyan nyilvánvaló változásokból kiindulni, mint az a folyószabályozás és a jeges ár eseteknél volt. Hagyatkozunk hát megérzésekre. Tegyük fel, hogy a folyó ezt a vízvesztést úgy reagálja le, mintha az A keresztmetszete megnőne. Képletekben ezt a következőképpen fejezhetjük ki. A víztermelést megelőzően a vízhozam

$$Q_{\text{Duna}} = A v_{\text{Duna}}$$

amely vízhozamnak a beszivárgás mértékének megfelelően meg kell nőnie. Ez csak úgy lehetséges, ha a folyó a keresztmetszetét, folyását a kavicsrétegbe kiterjesztve „megnöveli”.

$$Q_{\text{Duna}} + Q_{\text{beszivárgás}} = (A + \Delta A)v_{\text{Duna}}$$

Ez a feltevés a Dunát egy mederbeli és egy az átmeneti rétegben megvalósuló áramlási tartományra osztja. Első hallásra mehökkentő a felvetés következménye, de próbáljuk meg megbecsülni az árnyék-Duna vízáadó rétegbeli s vastagságát.



5. ábra: A folyó keresztmetszetének lokális növekedése

Ehhez meg kell határozni a folyókeresztmetszet ΔA -val megnövekedett mértékét. A fenti összefüggések alapján levezethető

$$\Delta A = \frac{Q_{\text{beszivárgás}}}{v_{\text{Duna}}}$$

képlet teszi ezt lehetővé. A számszerűsítés érdekében induljunk ki egy konkrét víztermelő-kút-csoport adataiból.

Víztermelő kapacitás, amely egyben $Q_{\text{beszivárgás}} = 110.000 \text{ m}^3/\text{d}$

Partszakasz hossza: $L = 6800 \text{ m}$

Mederszélesség a kútcsoporthoz: $M = 300 \text{ m}$

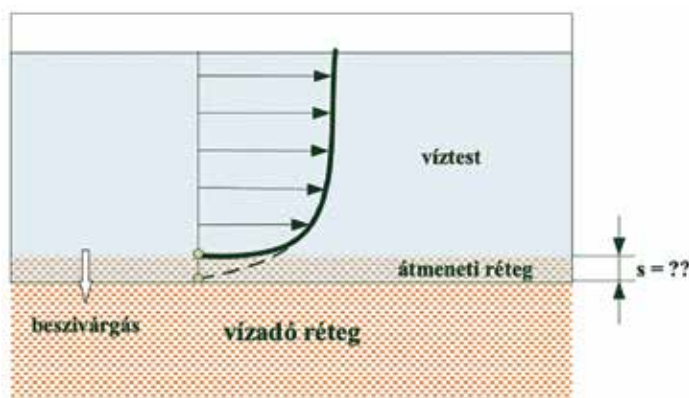
A folyó áramlási sebessége $v_{\text{Duna}} = 1 \text{ m/s} = 86.400 \text{ m/d}$

Ezen adatokkal a feltételezett keresztmetszet-növekedés mértéke:

$$\Delta A = \frac{Q_{\text{beszivárgás}}}{v_{\text{Duna}}} = \frac{110000}{86400} = 1,27 \text{ m}^2$$

A mederkeresztmetszet növekménye – ahogy azt az ábra is mutatja – a kútoldali parton van. A szivárgási élszakasz hosszát a mederszélesség feleként adhatjuk meg, így

$$s = \frac{\Delta A}{M/2} = \frac{1,27}{150} = 0,008 \text{ m} = 0,8 \text{ cm}$$



6. ábra: Az átmeneti réteg

Ebben a cca 1 cm vastag átmeneti rétegben a folyó még áramlik, a sebességvektorok van folyásirányú összetevője. Mértéke változó, átlagos nagysága a folyósebességgel mérhető össze.

Meghatározható viszont a folyásirányra merőleges összetevő, a beszivárgási sebesség

$$\Delta A = \frac{Q_{\text{beszivárgás}}}{v_{\text{Duna}}} = \frac{110000}{86400} = 1,27 \text{ m}^2$$

a beáramlási keresztmetszetet a mederszélesség felének és a partvonal hosszának szorzataként becsülve. A kiszámított érték megfelel a partszűrési kapcsán ismert szűrési sebességnek.

E ponton vonjunk párhuzamot egy másik jelenséggel. Télen áruházak főbejáratainál – ahol az ajtó gyakran van nyitva – a hővesztésért légfüggöny segítségével minimalizálják. A légfüggöny akadályozza a belső légtér melegének kiáramlását a külső, fűtetlen térbe.

Az átmeneti rétegben folyóirányú áramlás is van. Ez a „záróvíz” akadályozni igyekszik az átlépést a folyóból a vízáadó rétegbe, ahogy az a légfüggönynél is tapasztalható. Ez volna tehát az oka a kolmatációként észlelt szűrésiellenállás-növekedésnek.

A kolmatált réteg vastagsága néhány cm (lásd Rózsa, A. 2000). Az „árnyék-Duna” vastagsága csupán 1 cm. Ezért joggal feltételezhető, hogy a már említett hatások szuperpozíciójáról lehet szó. A kolmatációs rétegenállás növekedését a biofilm helyigénye (Tolnai, B. 2020), az itt vélelmezett akadályozó záróvíz és a korábbi magyarázatul szolgáló szemcsék közötti tér beiszapolódása együtt okozza.

Kitekintés

A Chézy-képlet segítségével levezetett gondolatmenet egy feltevés. Egy sejtés, amelyet bizonyítani kell. A belátásához az áramláskép pontos ismeretére van szükség. A numerikus matematikai modell kritikus pontja a mederfalra megfogalmazott peremfeltételnél van. Érdekes már megoldott feladatok között szétneézni. Síkfal lehülési folyamatának megismeréséhez a hővezetés differenciálegyenletét kell megoldani. A Schmidt-Binder-szerkesztés ehhez grafikus megoldást kínál, a síkfal határvonalán harmadfajú peremfeltételt használva (Gróf, Gy. 1999). A folyó és a síkfal kapcsán felmerülő kérdések nem teljesen azonosak, de a hasonlóság nyilvánvaló: a határfelületen folyadék, illetve hő lép át.

Hivatkozások

Gróf, Gy. (1999) *Hőközlés. Műegyetemi Kiadó, Budapest*

Lajos, T. (2004) *Az áramlástan alapjai. Műegyetemi Kiadó, Budapest*

Rózsa, A. (2000) *Beszivárgásvizsgálatok a Szentendrei-Duna medrében. Hidrológiai Közlemény 2000/2*

Tolnai, B. (2020) *Kolmatáció - avagy mit kell érteni alatta? Vízmű Panoráma 2020/1*

ÚJ ELSŐSZÁMÚ VEZETŐK A SZOLGÁLTATÓ TAGVÁLLALATOKNÁL

Nyíri László

MiVíz Kft., ügyvezető igazgató
– 2020. március 1-től

Nyíri László mérnök-közügazdász, adótanácsadó, okleveles könyvvizsgáló. A víziközmű-szektorral kapcsolatos érintettsége már 2000-ben elkezdődött, hiszen 8 évig tevékenykedett az ország első vagyonkezelő holdingjának elnök-vezérigazgatójaként. Ezt követően 2011–2015 között a MiVíz Kft. felügyelőbizottságának elnöki posztját látta el. Az itt megszerzett tapasztalatokat ügyvezető igazgatóként a társaság javára tudja fordítani.



Összeállította:

KREITNER KRISZTINA

a MaVíz PR- és marketing-
menedzsere,

kreitner.krisztina@maviz.org

meltetési és Közműellátási Irodát vezette 7 évig –, azonban elmondható róla, hogy ízig-veéig vízműves. Véleménye szerint a működés további racionalizálása elkerülhetetlen, de ezt csak együtt, közösen a munkatársakkal lehet kivitelezni, úgy, ahogyan a társaságnak új irányt szabni és megfelelő intézkedéseket meghozni is velük együtt szeretne a jövőben, mindemellett még szorosabb együttműködésre törekedve a tulajdonos önkormányzatokkal.

Szaka Zsolt

Kaposvári Víz- és Csatornamű Kft., ügyvezető
– 2020. március 1-től

A gépészmérnök, valamint pénzügyi és vállalkozási szakértő végzettségű szakember több ágazatot is megjárt a víziközmű-szektorba kerülése előtt. Dolgozott a távhő-, valamint a hulladéksektorban is, ez utóbbiból 16 év szakértelmét és tapasztalatát hozta a KAVÍZ Kft.-hez. Jelen helyzetben célja a társaság minél hatékonyabb üzemeltetése, életben tartása, a felhasználók, fogyasztók biztonságos kiszolgálása. A jövőben szeretné egy gazdaságilag megerősödött víziközmű-ágazatban a társaságot fejleszteni, korszerűsíteni.



Gorján Ferenc

Debreceni Vízmű Zrt., vezérigazgató
– 2020. július 1-től

Az építőmérnök, vízellátás-csatornázás szakmérnök, mérnök-közügazdász végzettségű fiatalember a tanulmányi eredményei érdekében elnyert szakmai ösztöndíjjal került a DRV Zrt.-hez 2008-ban mint pályakezdő. Diszpécserként indult a pályán, és a Debreceni Vízmű Zrt. vezérigazgatói székébe a DRV Zrt. Műszaki Üzemviteli Osztály vezetői pozíciójából került át. Munkáját a precizitás és a maximalizmus jellemzi. A Debreceni Vízmű vezérigazgatójaként célja, hogy a vízmű jelenlegi értékeinek megtartása mellett alkalmassá tegye azt mind a megváltozott, mind pedig a folyamatosan változó szolgáltatói környezet kihívásainak eredményes teljesítésére.



Tóth István

Nyírségvíz Zrt., vezérigazgató
– 2020. április 22-től

Végzettségét tekintve vegyipari gépész, aki 2005-ben került a víziközmű-ágazatba. Az elmúlt 15 évben több vízműnél is dolgozott, a leghosszabb időt Vácott töltötte a DMRV Zrt. vezérigazgatójaként 2012–2017 között. Célja a vállalat új vezetőjeként a meglévő veszteségek és a költségek csökkentése, a hatékonyságnövelés, amihez fontosnak tartja a munkatársak kreatív ötleteit és segítségét. Szeretne még nagyobb figyelmet fordítani az automatizálásra, mivel véleménye szerint ezáltal is csökkenhetők a költségek, és a problémamegoldás is rövidebb és hatékonyabb lehet.



Derekas László Péter

BAJAVÍZ Kft., ügyvezető igazgató
– 2020. július 13-tól

Végzettségét tekintve vízellátási és csatornázási mérnök, okleveles környezetvédő, közügazdász szakmérnök. 2011 óta dolgozik a Bajavíz Zrt.-nél, először mint üzemvezető, később pedig az ivóvízágazat vezetőjeként vállalt szerepet a cég működésében. Korábban Baja Város Polgármesteri Hivatalának Városüzemeltetési Irodáját vezette, de hosszú ideig az Alsó-Duna-völgyi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség műszaki igazgatóhelyetteseként tevékenykedett. Az előtte álló legfontosabb feladatainak a kintlévőségek csökkentését, a BAJAVÍZ Kft. szervezetének korszerűsítését, a humán és tárgyi erőforrások újjászervezését és az ügyfélszolgálati tevékenység korszerűsítését tartja.



Laczi Péter

Fejérvíz Zrt., vezérigazgató
– 2020. május 31-től

A vízépítő mérnök végzettségű fiatal szakember már a főiskolai gyakorlatát is a Fejérvíz Zrt.-nél töltötte, és ugyan volt egy kis kitérő a karrierjében – a székesfehérvári Városüze-



Cziráki László

Délzalai Vízmű Zrt., vezérigazgató

– 2020. július 16-tól

A kétdiplomás közgazdász szakember 14 éven keresztül dolgozott már a Délzalai Vízmű Zrt.-nél vagyongazdálkodási osztályvezetőként, a vezetői team tagjaként. 2017-ben a Zalakarosi Fürdő Zrt. jogelődjénél vezérigazgató-helyettesi munkakört látott el, majd 2018. január 1-től 2020 áprilisáig a Zalakarosi Fürdő Zrt. vezérigazgatója volt. Régi-új munkahelyének vezérigazgatójaként célja, hogy egy jól működő, stabil, kiváló szakemberekből álló gazdasági társaságként tudják működtetni a Délzalai Vízmű Zrt.-t.

**Keszler Ferenc**

Fővárosi Vízművek Zrt., vezérigazgató

– 2020. július 20-tól

A közgazdász és matematikus végzettségű szakember 2004 óta dolgozik a fővárosi szolgáltatónál. Az elmúlt 16 évben – 2020. júliusi vezérigazgatói kinevezéséig – a gazdasági vezérigazgató-helyettesi és a vezérigazgatói pozíciót is betöltötte már. Vezérigazgatóként egy innovatív, környezettudatos és fenntartható, nemzetközi hírű, kiváló vállalat üzemeltetése a célja, a 152 éves múltra építve.



VÍZIKÖZMŰ VILÁGHÍRADÓ

2020. SZEPTEMBER

Szerkesztette:

KOVÁCS BALÁZS

kovacs.balazs@maviz.org

MÁRIALIGETI BENCE

marialigeti.bence@maviz.org

A hivatkozott publikációk, tanulmányok, cikkek eredeti nyelvű, teljes változatát a szerkesztő e-mail-címén lehet kérni

A vízdíjak társadalmi hatásai

A vízszolgáltatás és a szennyvíztisztítás szolgáltatási díjai gazdasági, pénzügyi, társadalmi és környezeti szempontból is fontosak. A hátrányos helyzetű társadalmi csoportok azonban megváltoztathatják a vízhez és a szennyvízellátáshoz való hozzáférést. Az új OECD-munkadokumentum áttekinti a közös gyakorlatokat, és megvitatja azok társadalmi hatásait.

A vízszolgáltatás és szennyvíztisztítás szolgáltatási tarifái – ott, ahol vannak ilyenek – feszültséget okozhatnak a különböző politikai célkitűzések között: például hogyan lehet a szolgáltatásnyújtás pénzügyi fenntarthatóságát biztosítani úgy, hogy mindenki számára elérhető legyen, ideértve a kiszolgáltatott és szegény társadalmi csoportokat is. A (helyi és nemzeti) kormányok számos intézkedést alkalmaznak e célok összeegyeztetése és a díjak társadalmi következményeinek kezelése érdekében: különféle díjszerkezetek, költségvetési átcsoportosítások, célzott társadalmi intézkedések.

Az OECD kidolgozott egy új dokumentumot, amelyben naprakész elemzéseket mutatnak be a vízdíjakkal kapcsolatos témakörben, mint például a megfizethetőség és a költségmegtérülés elve, a vízfogyasztás mérésének előnyei és költségei.

Tekintettel a COVID-19 miatt fenyegető gazdasági válságra – amely várhatóan 70–100 millió embert mélyszegénységbe juttathat a Világbank előrejelzései szerint –, egyre sürgetőbb, hogy megoldást találjunk az ivóvízellátás és szennyvízkezelés finanszírozására, valamint a fejlődő országokban új rendszerek építésére.

A szerzők többek között azzal érvelnek, hogy a díjaknak a szolgáltatás fenntarthatóságát kell biztosítaniuk. Hozzájárulhatnak más politikai célkitűzésekhez (gazdasági hatékonyság, vízkészlet-gazdálkodás), amely célokat leginkább együttesen kezelve lehetne elérni. Nagyon bonyolult azonban a víziközmű-szolgáltatást mindenki számára elérhetővé tenni úgy, hogy megfizethető legyen, és érvényesüljön a megtérülés elve is.

Forrás: Világbank blog <https://blogs.worldbank.org/opendata/updated-estimates-impact-covid-19-global-poverty>

Az Európai Bizottság mégsem módosítja a vízgazdálkodási és vízi környezetgazdálkodási keretirányelvet

Virginijus Sinkevičius, az Európai Bizottság környezetvédelmi biztos a héten megerősítette, hogy a Water Framework Directive (WFD) nem kerül felülvizsgálatra. Az irányelv a legfontosabb EU-s vízminőségi jogszabályok egyike, amely a felszíni és felszín alatti vizek jó állapotának elérését, valamint a vizek állapota romlásának megelőzését célozza meg.

A felülvizsgálat helyett a Bizottság a keretirányelv végrehajtására és érvényesítésére összpontosít. A WFD céljainak elérése érdekében alapvető fontosságú a különböző szakpolitikai területek összehangolása olyan speciális ágazatokkal, mint a mezőgazdaság, az ipar és az energiaszektor, valamint a kapcsolódó uniós jogszabályokkal. A Bizottság számos új terve ideális lehetőség erre, mint például a „Green Deal”, az új körforgásos gazdaság cselekvési terve, a zéró szennyezésre vonatkozó törekvés, a vegyi és ipari stratégiák, valamint a „Farm to Fork” stratégia.

Fentiekén túl fontos lenne, hogy a vízdíjak meghatározásánál figyelembe vegyék a költségmegtérülést, valamint hatékonyan érvényesítsék a „szennyező fizet” elvet. A keretirányelv 2019. decemberi ellenőrzésekor a szakemberek arra a következtetésre jutottak, hogy bár az nagyrészt megfelel az előírt céloknak, de egyes elemein javítani kell, ideértve a vízgazdálkodási beruházások növelését és a vegyi szennyezések hatékonyabb kezelését. A folyók állapota Európa-szerte javult a vízkeretirányelv 2000. évi elfogadása óta. Az ivóvízkészletek és a vízi környezet megőrzéséhez azonban több adatra van szükség: gyakoribb és jobban ellenőrizhető információkra a növényvédő szerek és szennyező anyagok tekintetében.

A tagállamok 2027-ig kaptak határidőt a vízkeretirányelvről történő

megfelelésre. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy a következő vízgyűjtő-gazdálkodási terveknek már meg kell felelniük ennek a kihívásnak is, megfelelő elvárásokat kell támasztaniuk és finanszírozást kell nyújtaniuk a célok eléréséhez. *Forrás: EurEau <http://www.eureau.org/resources/news/456-european-com-mission-decides-not-to-revise-the-wfd>*

Emberek millióit érintheti a felszín alatti vizek arzénszennyezettsége

Világszerte akár 220 millió embert is érinthet az arzén jelenléte az ivóvízben – hívja fel a figyelmet Joel Podgorski és Michael Berg, a svájci EAWAG kutatóintézet munkatársainak publikációja. Az arzén az esetek túlnyomó többségében geológiai eredetű, a talaj mélyebb víztartó rétegeiben fordul elő, azonban onnan az ivóvízbe kerülhet.

Az emberek leggyakrabban akkor vannak arzénmérgezésnek kitéve, ha arzénal szennyezett ivóvizet isznak, vagy szennyezett víz felhasználásával termesztett növényeket fogyasztanak. Az arzén az emberi szervezetben felhalmozódhat, ezáltal rákos megbetegedést és bőrkárosodást is okozhat, valamint szív- és érrendszeri betegségeket, veseelégtelenséget és cukorbetegséget. Ezeket a tényeket az Egészségügyi Világszervezet (WHO) már 2018-ban is ismertette, hozzátéve, hogy 50 országban legalább 140 millió ember fogyasztott arzénal szennyezett vizet a WHO által meghatározott 10 µg /l-es irányérték felett.

Michael Berg és csapata az EAWAG Vízkészletek és Ivóvíz Osztályáról már több tanulmányt is készített az arzénal szennyezett, felszín alatti víztartó rétegek mértékének meghatározására: a kutatók toxikus arzénkon-

centrációt fedeztek fel a felszín alatti vizekben a Kambodzsában végzett terepmunkák során, valamint regionális arzénkockázati térképet dolgoztak ki Kínára, Pakisztánra és Délkelet-Ázsiára is.

A kutatók jelenleg Joel Podgorski geofizikus vezetésével globális kockázati modell kialakításán dolgoznak. A folyamat egy öntanuló algoritmuson alapul, amelyet a geológiai adottságokról, a talajtulajdonságokról, az éghajlathoz és a mintegy 200.000 specifikus arzénkoncentráció-mérésről szóló legfrissebb adatokkal táplálnak. „Az eredmény a felszín alatti vizek arzénszennyezettségének globális léptékű legpontosabb kockázati térképe” – magyarázza Podgorski, aki a tanulmány szerzője is. A tanulmány a „Science” folyóiratban jelent meg, és a kutatás a Svájci Együttműködési és Fejlesztési Ügynökség (SDC) társfinanszírozásával valósult meg.

A geológiai paraméterek mellett a kockázati modellben az adott terület népsűrűségére és a talajvíz-felhasználásra vonatkozó statisztikák is szerepelnek. A kutatók így képesek voltak kiszámítani, hogy az ivóvízben található arzénszennyezés 94–220 millió embert érinthet. Noha néhány szennyezett területről már korábban is tudomásuk volt a szakembereknek, a kutatás során azonosítottak korábban ismeretlen területeket is, például Közép-Ázsia és Afrika egyes részein.

A modellek ahhoz nem rendelkeznek kellően részletes adatokkal, hogy meghatározható legyen az egyes felszín alatti víznyerőhelyek arzénszennyezettsége, de ezek a kidolgozott térképek jó alapot szolgáltatnak arra vonatkozóan, hogy hol szükséges célzott arzéntesztet végezni. *Forrás: Science magazin (Vol. 368, Issue 6493) és WHO <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>*



Energiahatékony alacsony nyomású technológia

A ZS VSD* csavarelemes fúvók 30%-kal csökkentik az energiaköltségeket a hagyományos forgódugattyús fúvókhoz képest. Az ISO 8573-1 Class 0 tanúsítvánnyal rendelkező térfogat-kiszorításos, csavarelemes fúvókkal nem áll fenn a szennyeződés és a termelés kiesés kockázata.

A fejlett vezérlőrendszer maximalizálja a fúvóberendezés megbízhatóságát. Szervizkijelzők, hibariasztások és biztonsági leállítások segítségével figyelni a rendszer általános teljesítményét.

A ZS (VSD*) berendezéseink rendkívül alacsony zajszinten működnek a nyitott forgódugattyús fúvókhoz képest.

- Térfogatáram: 300 - 9200 m³/h
- Nyomástartomány: 0,3 - 1,5 bar
- Motorteljesítmény: 18 - 355 kW

www.atlascopco.hu

Új megoldás az antibiotikumok szennyvízből történő eltávolítására

A vízben lévő antibiotikumok már nagyon alacsony koncentrációban is veszélyesek, mert megkönnyítik az antibiotikumokkal szemben ellenálló baktériumok terjedését. Az RWTH Aachen és a Genti Egyetem kutatói új eljárást találtak ki az antibiotikumok eltávolítására szén-nanocsövekből (CNT) és porított aktívszénből (PAC) készített ún. mikrocsövek felhasználásával. A porózus szénanyagon történő adszorpcióról tudjuk, hogy hatékony az antibiotikumok eltávolítására. A bemutatott tanulmányban a CNT, valamint a PAC adszorbens anyagként működik, de a PAC sokkal nagyobb fajlagos felülettel rendelkezik, ezért növeli az adszorpció kapacitását. A CNT egy szabadon álló, stabil szerkezet „gerinceként” szolgál, amely lehetővé teszi a víz későbbi eltávolítását az adszorbensből. Így megakadályozható a mérgező széniszap képződése, és az adszorbens könnyen regenerálható.

A Prof. Matthias Wessling és munkatársai által készített publikáció a www.sciencedirect.com oldalon jelent meg. A teljes publikáció elérhető itt: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389420301217?via%3Dihub>

Rövid távú uniós egészségügyi felkészültség a COVID-19-járványokra

A COVID-19-világjárvány, amely a közelmúlt egyik legsúlyosabb válságát idézte elő, folyamatos éberséget és összehangolt fellépést tesz szükségessé. A világjárvány korai szakaszainak tanulságait levonva Európának ki kell használnia ezt az alacsonyabb fertőzöttségi rátákkal jellemezhető időszakot arra, hogy megerősítse a COVID-19 további kitöréseinek megfékezésével kapcsolatos felkészültségi és koordinált reagálási kapacitását. Sürgősen szükség van arra, hogy tudományos alapokon nyugvó intézkedések álljanak rendelkezésre, amelyeket a megfelelő végrehajtás érdekében stresszteszteknek vetettek alá.

Az Európai Bizottság közleményt adott ki az Európai Parlamentnek, az Európai Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának, hogy ezzel támogassa az EU rövid távú egészségügyi felkészülését a COVID-19 további európai kitöréseire. A tapasztalatok azt mutatják, hogy létfontosságú az intézkedések összehangolása mind a szomszédos országokkal, mind uniós szinten. A járvány esetleges új kitöréseinek megfékezéséhez és kezeléséhez az EU közvetlen szomszédságában és azon túl is folytatódnia kell az együttműködésnek és a támogatásnak. Ezért a Bizottság adott esetben – és amennyiben ez megvalósítható – bevonja a Nyugat-Balkánt, a szomszédságpolitikában részt vevő országokat és más partnerországokat az e dokumentumban javasolt intézkedésekbe.

A tájékoztatóban szerepel egy ún. szennyvízmintavételi kampány lebonyolítása is, amely magában foglalja az eredmények és az epidemiológiai adatokkal fennálló összefüggések értékelését. Ennek célja a vírus jelenlétének nyomon követése a települési szennyvízben. A JRC a Környezetvédelmi Főigazgatósággal közösen és az Egészségügyi és Élelmiszerbiztonsági Főigazgatóság bevonásával kezdeményezte egy páneurópai „umbrella” vizsgálat elindítását, amely egyedülálló megközelítést követve kapcsolná össze a vezető nemzeti és regionális referenciatanulmányt. *Forrás: Európai Bizottság*

JRC-tanulmány a COVID-19 nyomon követésére a szennyvízben
A legújabb kutatások megerősítették, hogy a szennyvízből megbízhatóan lehet előre jelezni a COVID-19 vírus jelenlétét a populációban. A szennyvíz önmagában nem teszi lehetővé a

vírus terjedését, azonban a jövőbeli fertőzöttségre utaló trendeket pontosan megmutathatja.

A kutatócsoportok Európa-szerte vizsgálják a szennyvízben a koronavírus örökítőanyagának jelenlétét, lehetővé téve a szakemberek számára, hogy közvetlen tesztelés nélkül is megbízhatóan felmérjék a vírus jelenlétét a társadalomban. Ez részben megkönnyíti a vírussal való „együttélést”, másrészt lehetővé teszi, hogy a döntéshozók ezekre az adatokra támaszkodva hozhassanak döntéseket a további védekezésre való felkészülésben.

Az Európai Bizottság létrehozott egy közös európai szervezetet, hogy jobban megismerje ennek a módszernek a lehetőségeit és korlátait. Ezt az ad hoc kutatói együttműködést – amely Európában mintegy 90 szennyvíztisztító teleppel működik együtt – az EurEau is támogatja.

A kutatásban kezdetben 17 ország vett részt (Ausztria, Belgium, Bulgária, Horvátország, Ciprus, Észtország, Németország, Görögország, Írország, Olaszország, Lettország, Málta, Lengyelország, Románia, Szlovákia, Spanyolország és Svédország), további kilenc ország (Csehország, Dánia, Finnország, Franciaország, Magyarország, Izrael, Luxemburg, Portugália, Szlovénia) pedig 2020 augusztusában csatlakozott.

Bár az első vizsgálatok a módszer eredményességét mutatják, folyamatban van ennek felülvizsgálata, hogy a részt vevő tagállamok között konszenzus alakuljon ki az adatkészletek kialakításáról és további felhasználásáról.

Az UNEP (az ENSZ Környezetvédelmi Programja) és a WHO (Egészségügyi Világszervezet) is bekapcsolódik a munkába az elkövetkező időszakban azzal, hogy szakmai segítséget nyújt a nemzetközi tapasztalatok megosztásában. *Forrás: EurEau <http://www.eureau.org/resources/news/465-jrc-study-to-track-covid-19-in-waste-water>*

Nemzetközi konferenciák és kiállítások

A koronavírus miatt az idei évben az iparág valamennyi jelentős konferenciáját lemondták vagy elhalasztották. A már ismert dátumok közül az IWA World Water Congress & Exhibition várhatóan 2021. május 9–14. között kerül megszervezésre Koppenhágában, a következő IFAT pedig 2022. május 30. és június 3. között lesz Münchenben. A nyugat-balkáni régió legjelentősebb nemzetközi konferenciáját, a Balkans Joint Conference-t az eredeti időpontban – 2020. november 4–6. között – tartják meg online „virtuális rendezvényként”.

Az ivóvíz egyben energiaforrás is *Aqua & Gas, 2020. 1. lapszám*

A víziközmű-szolgáltatók a jövőben nemcsak a lakossági és közületi, ipari szektor ivóvízzel való ellátásában nyújthatnak pótolhatatlan szolgáltatást, hanem egyre fontosabb szerepet vállalhatnak a szén-dioxid-semleges energiaellátás területén Svájcban vagy akár az egész világon az ivóvízkészletek hatalmas hőtartalmának hasznosításával.

Helyszín		Bellinzona	Münsingen Erlenau	Zürich-Wollishofen	Münsingen Husrüti
Építési év		2019	1996–2010	1999	2000
Felhasznált vízmennyiség	l/perc	2200	4000	12500	1000
Ivóvíz-hőmérséklet	°C	kb. 9-12	9-12	7-11	8-16
Hasznosítható hőmérséklet-különbség	°C	4,5	5	3	3,5
Hőteljesítmény-igény	kW	1000	2500	1800	270
Előremenő/visszatérő	°C	max. 70	50/40	max. 75	50/40
Energiafelhasználás					
- Hő ivóvízből	GWh/év	1,50	1,60	1,70	0,48
- Hőszivattyú (áram)	GWh/év	0,52	0,90	0,80	0,15
- Keringető szivattyú (áram)	GWh/év	0,08	0,08	0,05	0,06
- Csúcskazan (olaj)	GWh/év	-	-	1,50	-

Svájcban 20 éve üzemelnek sikeresen az ivóvíz hőtartalmának hasznosítására alapított hőszolgáltatók. A cikkben bemutatott négy példából három esetben az ivóvíz hőtermelésre és ivóvízellátásra is szolgál. A mellékelt táblázat mutatja a főbb jellemzőket.

A cikkben a továbbiakban részletesen bemutatásra kerül a bellinzonei megvalósítás, míg az általános szempontok és a megvalósítás, üzemeltetés megoldási lehetőségei is megfogalmazásra kerülnek az ivóvíz hőhasznosításával kapcsolatban.

Bruno Bangerter: „Egy szennyvíztisztító mű kiépítésénél a tapasztalatcsere a fejlesztés alfája és ómegája”

Aqua & Gas, 2020. 1. lapszám

Nyugdíjba vonulása alkalmából közölt riportot a folyóirat Bruno Bangerterrel, a Thunersee Szennyvíztisztító Telep (Svájc) vezetőjével. Az interjú az egész életműről szól, de érdekes abból a szempontból, hogy a nevezett telep előttünk halad: több olyan fejlesztést valósítottak meg, mely előbb-utóbb Magyarországon is aktuális lesz.

Az egyik ilyen fejlesztés a mikroszennyezők eltávolítását szolgáló fokozat kiépítése. A megvalósult beruházás az idő nagyobbik részében 90%-os hatékonysággal üzemel. A megvalósítás lépéseit bemutatva Bruno Bangerter elmondja, hogy elsőként számba vették a szóba jöhető technológiákat. Ezután tudományos műhelyekkel és megvalósult beruházások üzemeltetőivel konzultálva meghatározták, hogy melyik technológia illeszkedik legjobban a saját telepükhöz, melyik implementálása

során biztosítható a legtöbb szinergia. Végül a döntésbe bevonták az alvízi víziközmű-szolgáltatókat, amelyek ivóvizüket a befogadóból termelték ki parti szűrésű rendszeren keresztül. A jó előkészítés következtében a mű kezdetől fogva megfelelően üzemelt, finomhangolásokkal, optimalizálásokkal pedig további hatásfokjavulást tudtak elérni.

A másik említett beruházás a 10 éves, már kiöregedett CHP-rendszer cseréje volt. Ebben az esetben a megoldást, a jó döntést nem a gázmotorok cseréje jelentette. A telep átállt a keletkezett biogáz tisztítására és a közcélú gázhálózatba való betáplálásra, míg a hőt a közelben lévő, felesleges hőkapacitással rendelkező szolgáltatótól veszi. A kivitelezés során minden érdekelt fél a saját „részét” valósította meg a projektből, mely így mindenkinek a hasznára vált.

Amikor a szén él...

Aqua & Gas, 2020. 1. lapszám

A cikk a berni szennyvízrégió kutatását mutatja be, melynek keretében arra keresték a választ, hogy a mikroszennyezők eltávolításában a természetes vagy az extrudált aktív szén-granulátum a hatékonyabb. A részletesen bemutatott kísérlet a lebontási folyamatot három fázisra osztja: megtapadás, diffúzió, biológia. A harmadik fázis végére a mesterséges és természetes aktív szén-granulátum eltávolítási határfoka közel azonos egyező szemcse-nagyság esetén. A kísérlet kimutatta, hogy a szemcseméret csökkentésével a határfok növekszik.

Jékely Zoltán:

Imádság

*Egyre mélyebb a kút, amelyből estelente felhúznám az imák enyhető vizét;
se esti anya-csók, se égi tente-tente –
Nincs, mi eloltaná napi poklom tüzét.*

Vízű Panoráma / A Magyar Víziközmű Szövetség lapja

Kiadja a Magyar Víziközmű Szövetség

Felelős kiadó Nagy Edit / Főszerkesztő Mária Igéti Bence

A főszerkesztő munkatársai Kovács Balázs, Kreitner Krisztina, Tary Dávid

Szerkesztőség 1051 Budapest, Sas utca 25., IV. em.

Telefon +36 30 315 2472 E-mail vizmu.panorama@maviz.org

Honlap www.maviz.org/vizmupanorama

Hirdetésszervezés Tary Dávid / E-mail tary.david@maviz.org

Lapterv Brand Avenue / Korrektor Nyilas Ágnes

Nyomda Present Művészeti és Szolgáltató Kft.

Nyilvántartási szám B/SZI/1925/1993 302-5066

ISSN 1217-7032 (Nyomtatott) / ISSN 2732-0340 (Online) / Minden jog fenntartva

Lapunkat rendszeresen szemléli a megújult
www.observer.hu

OBSEVER

2020
VÍZ
MŰ
PANORÁMA



A Vízű Panoráma a megjelenéssel egy időben elérhető a MaVíz honlapján!



PITOT, HENRY

(1695–1771)

TOLNAI BÉLA

gépészmérnök, tolnaibela51@gmail.com

Henri Pitot francia hidraulikus mérnök 1695. május 3-án született Aramonban. Életének korai szakaszában csillagászzal és matematikával foglalkozott. Később az érdeklődése mindinkább a folyók és csatornák áramlási kérdései felé fordult.

Felfedezte, hogy a valamely helyen uralkodó sebesség meghatározása céljából az ott érvényes dinamikus nyomást kell meghatározni. A dinamikus nyomást az össznyomás és a statikus nyomás különbségeként kaphatjuk meg. Az össznyomás előállításához az áramlási sebességet veszteségmentesen le kell fékezni zérus sebességre. Ez bármely, az áramlásba helyezett test elején kialakuló torlópontban bekövetkezik. Így pontosan az össznyomás keletkezik egy, az áramlással szembe tartott cső orrpontján, amelyből a nyomás ki is vezethető. Ez az eszköz a Pitot-cső. Találmányát Pitot 1732-ben szabadalmaztatta az áramló víz, ill. hajók sebességének mérésére.

Talán meglepő, hogy a vízárammal (eséssel) hajtott gépek hatékonyabbá tételén, a vízimalmok lapátosításának kialakításán és a ferde síklapokat érő folyadék impulzusának számításán, valamint a szivattyúk elméletén munkálkodó tudós nevét ez a szerény kis laboratóriumi eszköz tette halhatatlanná, amelyet az egész világon ismernek és használnak. Lanquedoc (egykori francia tartomány) főmérnökéként számos lecsapolási, csatorna- és hídépítési projekteken vett részt. Legfontosabb építési munkája Montpellier város vízvezető csatornájának megépítése volt. A csatorna egy szakasza – cca. 1000 méter – római kori mintára kőboltozattal készült.

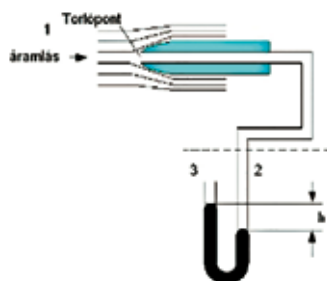
Henri Pitot-nak a hajók manőverezése terén végzett számításait a hajóépítés és az úszó testek elméleti tankönyvei tartalmazzák. Munkája elég jelentős volt ahhoz, hogy 1724-ben a Francia Tudományos Akadémia, majd később az angol Királyi Társaság is a tagjává válassza. Pitot 1771. december 27-én szülővárosában, Aramonban halt meg.



Pitot-csőves sebességmérés repülőgépen



Pitot-csőves térfogatáram mérés szennyvíztelepen



$$P_{\text{össz}} = \rho_F g h = \frac{\rho_L}{2} v^2 + P_{\text{stat1}} - P_{\text{stat3}}$$

ρ_F manométerfolyadék sűrűsége

ρ_L áramló közeg sűrűsége

v áramló közeg sebessége

P_{stat1} általában nem ismert statikus nyomás

P_{stat3} ismert statikus nyomás

Nevét viseli

Pitot-cső

Forrás

La Houille Blanche, Grenoble, 1953

<https://studentpilotnews.com/2019/07/22/quiz-pitot-static-system/>

http://www.physicsdaily.com/physics/Henri_Pitot

http://www.markerskorea.com/ab-1261965-9&PB_1388127734=10&OTSKIN=layout_ptr.php?ckattempt=1

**A Magyar Víziközmű Szövetség könyvkiadását tart!
Az akció visszavonásig, vagy a készlet erejéig érvényes!**

Könyvek	Listaár* (Ft/db)	Kedvezményes ár MaVíz tagszervezetek és munkavállalóik részére* (Ft/db)
Dr. Patziger Miklós – Közepes és kis szennyvíztisztító telepek hatékony üzemeltetése	5 000 Ft	2 000 Ft
Dr. Öllős Géza, Dr. Oláh József, Palkó György – Rothasztás	5 000 Ft	2 000 Ft
Dr. Bethlendi András, Dr. Fejér László, Füstös András – Vízügyi beruházások, értékpapírok	4 200 Ft	1 500 Ft
Dr. Juhász Endre – A szennyvíztisztítás története	10 500 Ft	5 000 Ft
Dr. Nádai Magda – Magyar-Velence Tava II. kötet	3 500 Ft	1 500 Ft
Dr. Nádai Magda – Tiszta víz a mi italunk! (Tizenévesek részvétele a vízbázisok minőségi megőrzésében)	1 500 Ft	1000 Ft
Dr. Nádai Magda – Regélő Fertő-Hany (Mesés történetek, versek, dalok, népi mesterségek színes képeskönyve)	750 Ft	500 Ft
Dr. Nádai Magda – Partonszűrt csapvizünk bölcsője (A Szentendrei-sziget)	750 Ft	500 Ft

*Az árak a postaköltséget és az ÁFA összegét nem tartalmazzák. A megrendelőlap letölthető a http://maviz.org/fogyasztok/kiadvany_lista címen.

Kérdéseiket, megrendeléseiket a titkarsag@maviz.org e-mail címre várjuk!

AZ ÉV CIKKE

„Év cikke” díjat alapít a MaVíz és a Vízmű
Panoráma!

2021-től évente két kategóriában kerül odaítélésre a díj:
"Víz és tudomány" és "Szolgáltatók szemével"
kategóriákban

A cikkekre a MaVíz honlapján lehet
majd szavazni

A díjak átadására minden évben a Víziközmű
Konferencián kerül majd sor

RÉSZLETEK HAMAROSAN...



A KÜLÖNBSÉG, AMI NEM LÁTSZIK

ÉVEKIG KARBANTARTÁS NÉLKÜL.



Kétszer több
iszapot tud
befogadni
feltelítődésig

Választható
szűrőbetét

Bordás
aknafalcsövek
csatlakozás több
méretben

Kétszer
gyorsabb
beépítés

>95% tisztítási
hatékonyság
egy művelettel