



# Hír

# CSATORNA

2000

A Magyar Szennyvíztechnikai Szövetség Lapja

május, június



## TARTALOM

<b>MaSzeSz – HÍRHOZÓ</b> .....	2
<b>Somlyódy L.: A Magyar Szennyvíztechnikai Szövetség elmúlt egy évről és a jövőről</b> .....	3
<b>Beszámoló MaSzeSz-delegáció Bajorországi látogatásáról</b> .....	4
<b>A Zenogem® eljárás bemutatása kommunális szennyvíztisztítás területén</b> .....	9
<b>Korrespondenz Abwasser rövid kivonatok magyar nyelvű fordítása 2000/06</b> .....	14
<b>A Velencei-tavi Regionális Szennyvízelvezető- Tisztító Rendszer csapadék befolyásoltsága</b> .....	17
<b>Witte, H: Hulladékok nem teljes mértékű felhasználása A szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználásának jövője az európai fejlődés figyelembe vételével</b> .....	22





# H Í R H O Z Ó

## KEDVES KOLLÉGA!

Az ez évi május a MaSzeSz életében „rendezvények hónapjának” tekinthető. Három rendezvényt valósítottunk meg, május 4 - 6-án – az EWA konferenciát, május 17-én az éves taggyűlésünket, és május 29 - 30-án közös előadóülést ATV-DVWK-val.

Május 10-én és június 22-én ült össze Elnökségünk, és az említett rendezvények előkészítésével, ill. azok értékelésével foglalkozott. Az EWA - Európai Vízügyi Szövetséggel közösen megrendezett, „Tisztább vizekkel az Unióba” című színvonalas, jó hangulatú konferencia élményt jelentett a több mint 300 résztvevő számára és bizonyította, hogy hazánk komolyan készül az EU követelmények teljesítésére. A konferenciáról - a közel jövőben - Szövetségünk kiadvány jelenít meg.

Május 17-én megrendezett Taggyűlésünk áttekintette a Szövetség elmúlt évi tevékenységét, gazdálkodását, az elkövetkező időszak terveit. Jobbágy Andrea, BME és Garai György, FCsM tagtársakkal kiegészítve, további három évre megválasztotta a jelenlegi elnökséget. Döntött két fontos kérdésről:

- a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően alulról szerveződő **bizottsági hálózat kiépítését** döntötte el, (A Bizottságok szervezéséről külön lapot csatolunk.)

- meghatározta a **2000. évi tagsági díjak** mértékét, melyek a következők:

Természetes személy – aktív	2 000 Ft		
Természetes személy – nyugdíjas, hallgató	1 000 Ft		
Jogi személy – Gazdasági szervezet,	dolg. létszám	> 100 fő	160 000 Ft
	dolg. létszám	20 – 100 fő	80 000 Ft
	dolg. létszám	< 20 fő	40 000 Ft
– Intézmény	20 000 Ft		
– Felsőokt. intézmény	10 000 Ft		

(Az időközben kiküldött postai utalványon, ill. számlán feltüntetett tagdíjat kérjük időben átutalni szíveskedjenek/tek.)

Május 29 - 30-án a Bara szálló konferencia termében „Közép-nagy szennyvíztisztító telepeink továbbfejlesztésének problémái” címmel, közös előadóülést ATV-DVWK-val.. A 100 főt megközelítő hallgatóság nagy figyelemmel kísérte hazai és német előadók kilenc, színvonalas előadását. A rendezvény második napján szakmai kirándulásra került sor a felújított és bővített Délpesti Szennyvíztisztító telepre.

Tartozásunkat az április 12.-14. között a „Kis és közepes méretű települések szennyvízgazdálkodása”, című 1999-es rendezvényünk záróaktusaként. Bajorországi tanulmányi kirándulásról és kerekasztal megbeszélésekről „Beszámoló a MaSzeSz delegáció Bajorországi látogatásáról” címmel közöljük.

Folytatjuk a „Membrántechnológia a szennyvíztisztításban” címmel indított cikksorozatot „A ZENOGEM® eljárás bemutatása kommunális szennyvíztisztító területén” című cikkel.

Figyelmükbe ajánlom még a DRV Rt. Fejér megyei Igazgatóság, Velencei-tavi Szennyvíz Üzemzetőség, szennyvíztisztító telep vezetőjének, Gilián Zoltán okl. vízellátás- csatornázási üzemmérnöknek „A Velencei-tavi Regionális Szennyvízelvezető-Tisztító Rendszer csapadék befolyásoltsága” című cikkét.

Közreműködésüket megköszönve, jó nyári pihenést kíván

Budapest, 2000. június 20.



Dr. Dulovics Dezső, Ph.D.  
elnökségi tag



Ez a kiadvány újrahasznosítható papírral készült  
A Magyar Szennyvíztechnikai Szövetség kiadványa.  
(BME - Vízi-Közmű és Környezetmérnöki Tanszék)  
1111 BUDAPEST, Műgyetem rkp. 3.

Megjelenik minden páros hónap utolsó hetében.

A fordításokat Simonkay Piroska és Meliez Zoltán okl. mérnökök készítették

Kiadó és terjesztő: DPH Kft.

Szerkesztő: Dr. Dulovics Dezső

Tördelés: Aranykezek Bt.

Nyomás: Ofset Bt.

## A MAGYAR SZENNYVÍZTECHNIKAI SZÖVETSÉG ELMÚLT EGY ÉVÉRŐL ÉS A JÖVŐRŐL

A MaSzeSz májusi közgyűlése áttekintette a Szövetség elmúlt évi tevékenységét, gazdálkodását, az elkövetkező időszak terveit és két kiváló szakemberrel (Jobbágy Andrea, BME és Garai György, FCsM) kiegészítve, három további évre meghosszabbította a jelenlegi elnökség mandátumát.

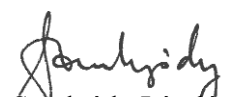
*Az elmúlt év sok előrelépést hozott: növekvő taglétszám, több hazai és nemzetközi konferencia, különböző jellegű tapasztalatcserék itthon és külföldön, színesedő szakmai tevékenység, erősödő „Hírcsatorna”, stabil pénzügyi működés és így tovább. Ugyanakkor látnivaló, hogy hosszabb távon többre lesz szükség, amelynek előfeltétele a Szövetség tevékenységi körének és szolgáltatásainak bővítése, elsősorban az igényeknek és a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően alulról szerveződő bizottsági hálózat kiépítése révén. Utóbbi terveink szerint kiterjed (a) olyan műszaki és tudományos területekre, mint a szennyvíztisztítási technológiák, az iszapkezelés, a hálózatfejlesztés, az üzemeltetés, az integrált ipari vízgazdálkodás és a vízminőségvédelem, és (b) menedzsment jellegű kérdésekre, mint a projekt előkészítés, a jogszabály fejlesztés, a finanszírozás, az önkormányzati feladatok és mások. Ezekhez adódnak a továbbképzéssel és a kiadvány szerkesztéssel foglalkozó bizottságok.*

Reméljük, hogy a jövőben egyre több szakember fog aktívan részt venni tevékenységeinkben a különböző területeken, amelynek eredményeként rendszeresen jelentkezhetünk a tervezők és üzemeltetők igényeit kielégítő kiadványokkal a legkorszerűbb külföldi tapasztalatok alapján, konferenciákkal, szemináriumokkal, kiállításokkal és intenzív továbbképző tanfolyamokkal. Mindezek a megfelelő gazdálkodási forma megtalálásával és az érdekképviselő erősítésével együtt vezethet olyan széles körben elismert szakmai szövetséghez, mint amilyen az EU országok többségében már ma is megtalálható.

*Az integráció korában természetesen nem biztos, hogy a MaSzeSz-nek egyedül kell a fenti úton végig mennie. A két legnagyobb vízi infrastruktúrával foglalkozó nemzetközi szervezet, az International Water Service (korábban Supply) Association (IWSA) és az International Association on Water Quality (IAWQ) az elmúlt évben az International Water Association (IWA) keretei között egyesült. A példát egyre több ország követi a világ különböző részein és kézenfekvő, hogy ezt mi is alapos megfontolás tárgyává tegyük. A Víz- és Csatornaművek Országos Szakmai Szövetsége (VcsOSzSz) az üzemeltetők szakmai érdekképviselői szervezete. Tagságát a gazdálkodó-szolgáltató szervezetek teszik ki. Ezzel szemben a MaSzeSz egyéni tagokra épít és a hangsúly elsősorban a műszaki-tudományos fejlesztésre, és tervezésre fekteti. A két szövetség felépítését és bizottsági hálózatát közelebbről megvizsgálva szembevetendő, hogy azok rendkívül előnyös módon kiegészítik egymást. Mindkét szervezetet a hazai szakmáért és annak erősítéséért érzett felelősség jellemzi. A közös fellépés és az integráció számos előnnyel járhat a jövőben.*

Mindezek jegyében előkészítő megbeszélések kezdődtek egy új, integrált Szövetség létrehozásáról. A VcsOSzSz és a MaSzeSz közgyűlése egyaránt felhatalmazást adott az elnökségeiknek az egyesülésre irányuló tárgyalásokra és részletes terv kidolgozására. Jelenleg itt tartunk. Az előrehaladás ígéretes. A következő fél év dönti el, hogy a párbeszédet folytatva sikerül-e egy erős, hazai vízi közmű szövetséget létrehozni. A szakma érdekei és a következő évtized előttünk álló feladatai mindenképpen ezt kívánják.

Budapest, 2000. június 15.

  
Somlyódy László  
a MaSzeSz elnöke  
akadémikus

# BESZÁMOLÓ A MASZESZ DELEGÁCIÓ BAJORORSZÁGI LÁTOGATÁSÁRÓL

*Deli András, marketing igazgató, Dr. Klencs Ildikó, ügyvezető*

A látogatásra a Magyar Szennyvíztechnikai Szövetség és a németországi ATV-DVWK együttműködése keretében került sor 2000. április 13-14. között.

A két napos program során a delegáció előadásokat hallgatott a szennyvízelvezetés és tisztítás németországi, ezen belül a bajorországi helyzetéről, a szabályozásról, különös tekintettel a kis szennyvíztisztító telepekre, illetve helyszíni látogatást tett néhány ilyen kis szennyvíztelepnél.

**A program során elhangzott előadások a következők voltak:**

*Ministerialrat JEDLITSCHKA*

**„Az európai vízügyi keretirányelv: emisszió és imisszió, kiindulási alapok”**

Az előadás röviden ismertette az európai vízügyi keretirányelv legfontosabb alapelveit, majd tájékoztatást adott a szennyvízelvezetés és tisztítás németországi szabályozásának alapelveiről. Eszerint Németország, mint szövetségi állam, tartományokból áll, melyek önálló törvényhozással rendelkeznek. Szövetségi szinten az állam ezen a területen keretjelleggel szabályoz (Vízgazdálkodási Törvény, Törvény a Szennyvízjárulékról). Az egyes tartományoknak saját vízügyi államigazgatásuk és saját vízgazdálkodási törvényüknek. Az egyes tartományok vízügyi szabályozási rendszerei közötti koordináció sajátos szervezete a LAWA (Tartományok Vízügyi Munkaközössége). Ez elősegíti a

- a közös tevékenységek koordinálását,
- hasonló tartományi szabályozások kialakulását,
- közös stratégiák kifejlesztését,
- a szövetség és
- az EU irányába.

A LAWA állandó bizottságokat működtet a vízjog, adatgyűjtés, vízvédelem, talajvíz és vízellátás és szennyvíztisztítás területén.

Az önkormányzatok minden szövetségi tartományban kötelezettek a szennyvízelvezetés és a vízellátás feladatainak a megoldására.

Ezt követően az előadó ismertette a bajor vízügyi államigazgatás felépítését. A vízügyek a Környezetvédelmi Minisztériumhoz tartoznak. A Tartományi Vízügyi Hivatal ez alá rendelt szervezet, amely alatt a hierarchiában a 24 vízügyi igazgatóság helyezkedik el. A vízügyi igazgatóságok szakvéleményezik a vízjogi engedély kérelmeket, mely engedélyeket a járási közigazgatási hivatalok adnak ki. Vízügyi igazgatósági feladat az ellenőrzés is.

*Leitender Baudirektor BUCKSTEEG*

**„A mesterséges és természetközeli szennyvíztisztítási eljárások műszaki szabályozása, alkalmazási prioritások, hatások összehasonlítása”**

A rendelkezésre álló szennyvíztisztítási eljárások sokfélesége miatt gyakran a szennyvízkezelés módjára támaszkodva próbáljuk meg eldönteni a kérdést, hogy szükséges –e helyi szennyvíztisztító rendszer kiépítése. Ugyanakkor sem az új fejlesztések, sem pedig a régi eljárások új köntösben, vagy a magas műszerezettségű, túla automatizált rendszerek és a különösen természetközelinek bizonyult eljárások sem jelentenek a döntéshozás szempontjából alapvetően új érveket.

**Az egyes eljárások alkalmazási prioritása  
Mechanikai – biológiai eljárások**

A mechanikai – biológiai eljárásokat elválasztott rendszerű csatornahálózat kiépítése esetén alkalmazzuk. A csapadékvíz együttes kezelése az ATV-A 128. Számú munkalapjának alapelvei szerint 500/1000 lakos-egyenérték kapacitás alatt alig megoldható konstrukciós és üzemeltetési problémákat eredményez.

**Csepegtetőtestes rendszerek**

Egyszerű és robusztus tisztítási eljárás. Esetleges sérülések esetén a biológiai hártya jelentősebb beavatkozások nélkül, önmagától is regenerálódik. Jól bírja az alulterhelést is (A 122, A 135).

**Merülőtestes rendszer**

A csepegtetőtestekhez hasonlóak, amennyiben a gépzeti berendezések megbízható kivitelben készültek és a rotáló test kialakítása és üzem módja nem vezet eltömődéshez.

**Eleveniszapos rendszer szimultán  
iszapstabilizációval**

Magas pufferképesség jellemzi a rendszereket hidraulikus és szennyezőanyag terhelésekkel szemben. Az iszapindex beállítására nagy hangsúlyt kell fektetni.

**Előregyártott konténer rendszerek**

Az előző eljárásokhoz képest merevebbek az egyedi igényeknek megfelelő méretezéssel és üzemeltetéssel szemben. Általában csak hidraulikai terhelésre méretezik.

### Új fejlesztések különleges eljárás-kombinációkkal és változatokkal

Az új fejlesztéseket összehasonlítva a hagyományos jól bevált eljárásokkal üzembiztonság, karbantartási igény és tisztítási teljesítmény és iszapkezelés kérdésében minden esetben egyedileg kell elbírálni. Figyelem: csapadékvíz- és iszapkezelésre gyakran nem tartalmaznak használható megoldást. Az ATV H 254 számú munkalapja fontos támpontokat ad ezzel kapcsolatban.

### Szennyvíztavak és gyökérmezős rendszerek

Nagy pufferképességük miatt valamennyi szennyvíztavas rendszert kedvezőbb megoldásnak értékeljük a vidéki kistelepülések esetében. Vegyes rendszerű csatornahálózattal ellátott kistelepülések esetén a legegyszerűbb lehetőség csapadékvíz együttes kezelésére. Az egyes megoldási lehetőségekről az A 201 számú munkalap ad tájékoztatást.

### Mesterséges levegőztetés nélküli szennyvíztavak

Nagy felületigénye miatt fő alkalmazási területe elsősorban 500 lakosegyenértékig terjed, alkalmanként legfeljebb 1000 leé-ig (lásd A 201).

### Szennyvíztavak mesterséges levegőztetéssel

A kevesebb fajlagos felületigény miatt 1000-tól 5000 LE-ig alkalmazható, mindenek előtt szezonális jellegű üzemek, különösen az élelmiszeripar esetén (lásd A 201).

### Tavak kombinációja csepegtető vagy merülőtárcsás rendszerekkel

Ésszerű megoldást jelentenek mintegy 3000 LE-ig különösen meglévő rendszerek bővítésekor és tervszerű fokozatos kiépítés esetén (lásd A 257).

### Gyökérmezős (növényzetes) rendszerek

Alkalmazási lehetőségük mechanikailag előtisztított kommunális, vagy ennek megfelelő szennyezőanyag-összetételű egyéb szennyvizek tisztítására terjed ki 1000 LE kapacitásig (lásd A 262).

### A különböző eljárások teljesítményének összehasonlítása

Bajorország körülbelül 3100 kommunális szennyvíztisztítóval rendelkezik, amelynek összkapacitása mintegy 27,5 millió lakosegyenérték. A szennyvíztisztítók számát tekintve ez az országos kiépítettség (10 5000 szennyvíztelep) 30%-át jelenti, ugyanakkor a lakosság tekintetében ez az arány már csak 15%. Ennek oka a kisméretű szennyvíztelepek nagy számában rejlik. A pontosan 3069 bajorországi szennyvíztelep 80%-át az 5 000 LE alatti kis- és közepes méretű rendszerek teszik ki.

A következő teljesítmény összehasonlításhoz a 10 000–1 000 lakosegyenérték tartományba tartozó mintegy 1320 szennyvíztelep adatait vették alapul.

Ez az adathalmaz három egymást követő év 6000 hivatalos mérési eredményeit tartalmazza a következő paraméterekre: BOI<sub>5</sub>, öN, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N és öP.

### A kiértékelés eredménye

A BOI vonatkozásában valamennyi eljárás jó, ill. nagyon jó átlagos lebontási teljesítményt mutatott. A következő tendencia volt tapasztalható:

- az eleveniszapos rendszerek mutatták a legjobb teljesítményt,
- az 500 LE-ig terjedő kapacitástartományban valamennyi típusú szennyvíztavas rendszer egyenértékű volt az eleveniszapos eljárással, a gyökérmezős rendszerek nem érték el teljesen ezeket az értékeket.

Az össz-N tekintetében alacsony átlagértékekkel tűntek ki a fakultatív szennyvíztavak, a mesterséges levegőztetésű szennyvíztavak, valamint a kisebb-közepes méretű eleveniszapos rendszerek.

A tavas rendszereknél az öN nagy részét az NH<sub>4</sub>-N tette ki, míg az eleveniszapos rendszereknél a vízfolyások számára kedvezőbb, nitrát tartalom dominált.

A gyökérmezős rendszerek összes nitrogén tekintetében lényegesen magasabb értékeket mutattak, mint az előbb említett rendszerek.

Viszonylag alacsony foszfor értékeket tapasztaltak valamennyi szennyvíztavas, gyökérmezős és a nagyobb mechanikai-biológiai rendszer esetében.

### Beruházási költségek

A tapasztalatok azt mutatják, hogy a kisméretű szennyvíztelepek beruházási költségei nem adhatók meg a szennyvíztelep típusának függvényében. A költségeket sokkal inkább a kiépítési kapacitás, a helyszín, a piaci sajátosságok, valamint a beruházó különleges technológiai igényei határozzák meg.

Összefoglalásként megállapítható:

- valamennyi kisméretű szennyvíztelep betartja az előírt határértékeket, amennyiben
- az egyes eljárások alkalmazásának előnyeit és hátrányait szem előtt tartják,
- a méretezési alapokat megfelelően mérik fel és ennek megfelelően a méretezési számításokat szakszerűen hajtják végre,
- a rendszerek műszakilag kifogástalanul épülnek meg,
- és mindenekelőtt megfelelő képzettséggel és hozzáértéssel végzik az üzemeltetést és a karbantartást.

A kis szennyvíztelepek megválasztásánál a következő érvényes:

Minél kisebb, annál egyszerűbb!

Minél egyszerűbb, annál jobb!

*Baudirektor TORGE*

### „Egyedi megoldások, kis szennyvíztisztítók”

#### Egyedi megoldások, házi szennyvíztisztító berendezések

Előadásában ismertette az általánosan előforduló műszaki megoldásokat, úgy mint, pl.: több kamrás oldómedence, csepegtetőtestes rendszereket, vagy természetes eljárásokkal kombinált rendszereket. A 4261 számú DIN német szabvány tartalmazza a műszaki előírásokat. Az elfolyó tisztított szennyvíz minőségére általában az 1000 LE-nél kisebb szennyvíztelepek előírásait tekintik mérvadónak; BOI<sub>5</sub> 40 mg/l és KOI 150 mg/l. Amennyiben előregyártott berendezések, úgy mint építési termékek, alkalmazási engedéllyel kell rendelkezniük. Az EU szabványok e rendszerek tekintetében megkülönböztetnek:

- oldómedencéket,
- mesterséges biológiai tisztítás elvén működő berendezéseket, ill.
- természetes eljárással működő rendszereket.

*Dr.-Ing. SEYLER*

### „Jogi alapok, kis szennyvíztisztítók tisztítási követelményei”

Az előadás vázolta a vízminőségvédelem céljait (a felszíni vizek és a talajvíz minőségének javítása, megtartása), majd konkrétan az önkormányzatok, az ipar és a mezőgazdaság feladatait.

A szennyvízelvezetés Németországban a következő feladatmegosztás mellett valósul meg:

Szövetség:

A jogi kereteket biztosítja (Vízgazdálkodási Törvény, Törvény a szennyvízjárulékról)

Tartományok:

A végrehajtás szabályozása (tartományi vízgazdálkodási törvények, tartományi törvények a szennyvízjárulékról, törvény a környezet tisztántartásáról)

engedélyezési eljárások (járási hivatalok és vízügyi igazgatóságok)

Felügyelet (járási hivatalok és vízügyi igazgatóságok)

Támogatás (vízügyi igazgatóságok)

Önkormányzatok:

Végrehajtás (törvény által kötelezettek a szennyvízelvezetésre, önkormányzati rendeleteket bocsátanak ki)

Tervezés (mérnökiroda)

Megvalósítás (építés/szerelési vállalkozások)

Üzemeltetés (önkormányzati üzemeltetés, privát üzemeltetési formák)

Finanszírozás (díjak és csatlakozási hozzájárulások)

A vízhasználatok engedélykötelesek, engedély csak akkor adható bevezetésre, ha a szennyvíztisztítás az általánosan elismert műszaki színvonalnak megfelelően történik: a műszaki szabályozás pld. az ATV feladata.

A szennyvizek bevezetésére vonatkozó jogszabály külön követelményeket rögzít a kommunális szennyvízre és

56 további iparágra (külön előírások vonatkoznak a fémfeldolgozásra, finomítókra, papíriparra, bőriparra, stb.).

A kommunális szennyvízre vonatkozó előírások a szennyvíztelep kapacitásától függenek:

Határértékek a szennyvíztisztító telep nagyságrendje szerint	KOI mg/l	BOI <sub>5</sub> mg/l	NH <sub>4</sub> -N mg/l	öN mg/l	öP mg/l
	Minősített pontminta vagy 2 órás átl.minta				
1. kat. (<1000 LE)	150	40	–	–	–
2. kat. (1000-5000 LE)	110	25	–	–	–
3. kat. (5000-10000 LE)	90	20	10	–	–
4. kat. (10000-100000 LE)	90	20	10	18	2
5. kat. (>100000 LE)	75	15	10	18	1

Végezetül az előadás részletesen ismertette Bajorország szennyvíztelepeinek számát, kapacitás szerinti megoszlását. Ebből néhány adat:

összes csatlakozott lakosegyenérték 27,5 millió

szennyvíztelepek száma összesen: 3069 db, ennek kb. fele: 1598 db 1000 LE-nél kisebb

39 db 100.000 LE-nél nagyobb szennyvíztelepük van, amelyek össz. 12,6 millió LE kapacitásúak.

*Dipl.-Ing SCHWINGER - E. BURKHART*

### „Csatornázás vidéki területeken, kis szennyvíztisztítók vidéki területeken (természetközeli/mesterséges szennyvíztisztító létesítmények)”

**Kistelepülések esetében** a tervezésnél a következő alapelveket kell érvényesíteni:

- a tervezett szennyvíztisztító rendszerek nem lehetnek a nagyok másolatai,
- áttekinthető, könnyen karbantartható, masszív gépi berendezésekre van szükség,
- az iszapkezelésnél a mezőgazdasági elhelyezés lehetőségét kell előtérbe helyezni.

#### Fakultatív szennyvíztavak

A fakultatív szennyvíztavak nagy pufferkapacitásuknál fogva kiválóan megfelelnek a vidéki területek, szórványtelepülések szennyvíztisztítására, az alábbi előnyös tulajdonságok miatt:

- természetközeli, tájbaillő kialakítás lehetősége,
- alacsony beruházási és üzemeltetési költség,
- nincs, vagy csak csekély gépészettel rendelkezik,
- egyszerű karbantartás,
- az iszapkivétel csak egytől néhány évig terjedő gyakorisággal szükséges,
- kedvező lejtési viszonyok esetén nincs energiafelhasználás.

A nagy felületű, mesterséges levegőztetés nélküli szennyvíztavak mutatják a legnagyobb pufferképességet a lökésszerű hidraulikai és szennyezőanyag terhelésekkel szemben.

A nagy területigény miatt a fakultatív szennyvíztavak fő alkalmazhatósági határa kb. 1000 lakosegyenérték (LE).

A fakultatív szennyvíztavas rendszerek tervezésénél egy lakosegyenértékre 10-15 m<sup>2</sup> terület szükséges.

E rendszerek hátránya éppen a nagy területigény és a nyáron esetenként fellépő algavirágzás. A megépített példák azonban arról tanúskodnak, hogy megfelelő tervezés és méretezés esetén nem lép fel bűzhatás. Mindent összevetve és mérlegelve az előnyök felülmúlják a hátrányokat.

A rendszer KOI-ra nézve 150 mg/l alatti, BOI-ra pedig 40 mg/l alatti értékek folyamatos biztosítására képes. Vízkörforgás beiktatása révén a tisztítási teljesítmény mintegy 30%-kal növelhető. A nitrogén és foszfor elimináció kb. 50%-os.

Említésre méltó, hogy ma Németországban még mindig több mint 1000 fakultatív szennyvíztó működik, amely az 1000 lakosegyenérték alatti kistelepülések szennyvizét tisztítja.

### Levegőztetett szennyvíztavak

A mesterségesen levegőztetett szennyvíztavak további lehetséges természetes szennyvízkezelési eljárást jelentek a vidéki kis- és nagytelepülések számára. A tavak mesterséges levegőztetésével csökken a szükséges felhasználandó terület, ugyanakkor megmarad a fakultatív tavas rendszerek számos előnye. Természetesen a levegőztető elemek beépítése a beruházásnál és az üzemeltetésnél többlet költséggel jár.

A mesterségesen levegőztetett szennyvíztavas rendszer előnye a nagyobb üzembiztonság és a magasabb tisztítási hatások. Alkalmazhatósági határuk 1.000 és 10.000 lakosegyenérték között van. A bűzhatások nagy biztonsággal kizárhatók.

A fakultatív tavas szennyvíztisztítástól a levegőztetett tó az alábbi tulajdonságokban tér el:

- kisebb területigény,
- a gépi levegőztetés (és keverés) berendezései,
- nagyobb vízmennyiség,
- összevont funkciók kialakításának lehetősége.

A szükséges fajlagos területigény a fakultatív tavakéhoz képest lényegesen kisebb, csupán 2-4 m<sup>2</sup>/lakosegyenérték.

A levegőztetett szennyvíztavak még lökészerű terhelések esetén is kis munkaerő ráfordítással megbízható üzemű szennyvíztisztítás biztosítanak.

Mind a levegőztetett, mind a fakultatív szennyvíztavak és a csepegtetőtestekkel, vagy forgótárcsás merülő biológiával kombinált tavak nagy hatásokkal működnek és magas vízminőségi követelményeket is képesek kielégíteni.

### Kombinált eljárások

#### Szennyvíztavak közbeiktatott csepegtetőtesttel, vagy merülőtárcsával

A szennyvíztavak csepegtetőtesttel, vagy merülőtárcsával kombinált változatait elsősorban 3.000 -5.000 lakosegyenérték között célszerű alkalmazni. Ezek a megoldások komolyabb műszaki berendezések nélkül is megvalósíthatók. Előnye a kedvező, ill. nagyon csekély befektetési költség, valamint műszaki ráfordítás.

A kombinált eljárások a következő tisztító egységekből állnak:

- ülepítő tó,
- csepegtetőtest, vagy merülőtárcsa,
- közbenső ülepítő (iszapeltávolítás végett),
- utótisztító tó.

*Dr.-Ing. SEYLER*

#### „Szennyvíztisztítók engedélyezési eljárása, támogatás, pályázat, vállalatbaadás”

Az előadás részletesen ismertette a vízjogi engedélyezési eljárás rendszerét. Eszerint Bajorországban a vízügyi hatóságok az ún. járási hivatalok, illetve az ún. járási jogú városok hivatalai. Ezek a hatósági engedélyezésbe bevonják a vízügyi igazgatóságokat, amelyek szakmai szempontból ellenőrzik a beadványt.

A vízügyi hatóságok (járási hivatalok) egyeztetést rendelhetnek el, majd mérlegelés után kiadják a vízjogi engedélyt.

Ezek után kitért az előadás a szennyvízelvezetés létesítményei költségeinek összetevőire:

- egyszeri lakossági hozzájárulások,
- állami támogatások,
- bankhitel,
- önkormányzati saját forrás.

Ez utóbbi három tételből amortizációt képeznek.

Az üzemköltségek összetevői:

- dologi költségek,
- bérköltségek,
- igazgatási költségek,
- iszapelhelyezés költségei,
- szennyvízjárulék,
- amorizációs költségek.

A csatornadíj törvényben előírt kötelező módon fedezetet kell nyújtania az üzemeltetési költségekre, nem képződhet sem nyereség, sem veszteség. A díj megállapítása önkormányzati hatáskör. A közepes csatornadíj 2,92 DM/m<sup>3</sup>, amely németországi viszonylatban igen alacsony.

A következőkben a bajor támogatási rendszerről volt szó. 1950-1997 évek között mindösszesen 28,4 milliárd DM-nyi beruházásra összesen 12,1 milliárdnyi támogatást folyósítottak.

Az éves támogatási volumen jelenleg 600 millió DM, az ezzel megmozgatott beruházási volumen 1,4 milliárd DM.

A támogatási rendszer rendkívül összetett, alapelve, hogy lehetőleg minden érintett állampolgár közel hasonló pénzügyi terhet viseljen. A jelenlegi elképzelések szerinti változások alapján a támogatás alapjának, a beruházási összegnek a meghatározását fajlagos költségek alapján végzik, melyek részletekbe menően (pld. csótmérőtől, anyagtól, üzem módtól, fektetési módtól, stb...) függően rögzítik a figyelembevehető összegeket. Fontos, hogy az így meghatározott beruházási összeg alapján számolt támogatás nem változik a tényleges beruházási költséggel, tehát ha az önkormányzat a támogatott műszaki tartalmat olcsóbban valósítja meg, mint a fajlagos költségekkel számolt beruházási költség, akkor a kapott támogatás magasabb százaléku, ha drágábban, alacsonyabb százaléku lesz. A támogatás aránya átlagosan 80% körüli. A támogatás ellenőrzése a vízügyi igazgatóságok feladata, akik a támogatási pályázatok véleményezését is végzik. A rendelkezésre álló források elosztása egy prioritási lista alapján történik, amely az előadás szerint hosszú távra, stabilan rögzíti a feladatok fontossági sorrendjét.

#### A tanulmányúton megtekintett szennyvíztisztító telepek:

##### 1. Schwewitenkirchen – Eleveniszapos rendszer iszapstabilizációval

Kapacitás: 4500 LE, tényleges terhelés: 2020 LE  
Csatornázás: egyesített és elválasztott rendszer, zápor kiöntővel és csatornatározóval  
Beruházási költség: 2 345 000 DM  
Üzemeltetési költség: 65 000 DM/év

##### 2. Holzhausen – merülőtárcsás rendszer utótisztító tóval

Kapacitás: 700 LE, tényleges terhelés: 600 LE  
Csatornázás: elválasztott rendszer,  
Beruházási költség: 1 186 000 DM  
Üzemeltetési költség: 14 000 DM/év

##### 3. Steinerskirchen – Gyökérmezős rendszer

Kapacitás: 49 LE, tényleges terhelés: 10 LE.  
Csatornázás: elválasztott rendszer  
Beruházási költség: 89 000 DM

##### 4. Pobenhausen – szennyvíztavas rendszer

Kapacitás: 960 LE, tényleges terhelés: 698 LE  
Csatornázás: egyesített és vákuumos rendszer, zápor kiöntővel és csatornatározóval  
Rendszer részei:

- 1 db. Ülepítő tó  $V = 1083 \text{ m}^3$
- 4 db. Oxidációs tó  $V = 8850 \text{ m}^3$ ,  $F = 7700 \text{ m}^2$
- 1 db. Iszaptároló  $V = 100 \text{ m}^3$

Beruházási költség:

Vákuumrendszer: 773 000 DM

##### 5. Autenzell – szennyvíztavas rendszer

Kapacitás: 600 LE, tényleges terhelés: 487 LE  
Egyesített rendszer, 2 csatornatározóval  
Tórendszer részei:

- 1 db. Ülepítő tó  $V = 410 \text{ m}^3$
- 2 db. Oxidációs tó  $V = 7800 \text{ m}^3$ ,  $F = 7430 \text{ m}^2$
- 2 db. Iszaptároló  $V = 350 \text{ m}^3$

Beruházási költség: 548 000 DM.

*A delegáció a következő tagokból állt:*

Kovács Károly alelnök, MaSzeSz  
Rémai János főosztályvezető, KHVM  
Balázs László főosztályvezető-helyettes, KOM  
Szabó Lajos főtanácsos, KHVM  
Megyeri Mária osztályvezető, OVF  
Nagy Andrea címzetes főtanácsos, OVF  
Molnár Lászlóné osztályvezető, KDV VIZIG  
Szentirmay György osztályvezető, DD VIZIG  
Lakosi Iлона osztályvezető, NYUDU VIZIG  
Nádorné Vörös Ibolya osztályvezető, NYUDU KÖFE  
Sallai Ferenc osztályvezető, ÉKÖFE  
Dr. Csák József tanácsos, KÖ KÖFE  
Barna József általános igazgatóhelyettes, KDV KÖFE  
Dr. Dulovics Dezső Ph.D., BME  
Dr. Juhász Endre kandidátus főiskolai tanár, Szent István Egyetem,  
Deli András marketing igazgató, UTB Envirotec Kft  
Dr. Klencs Ildikó ügyvezető, UKWA Kft (a delegációhoz Németországban csatlakozott)

Budapest, 2000. május 17.





# A ZENOGEM® ELJÁRÁS BEMUTATÁSA KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZTISZTÍTÁS TERÜLETÉN\*

Doug Thompson, Diana Mourato, Jeff Penny  
ZENON Environmental Systems Inc.

845 Harrington Court, Burlington, Ontario L7N 3P3

## KIVONAT

A ZenoGem® eljárás egy szabadalmaztatott membrán bioreaktor eljárás. Kommunális szennyvizek esetén az eljárás üreges szálas ZeeWeed® mikroszűrő membránokat alkalmaz, melyek közvetlenül a eleveniszappal érintkeznek a levegőztető tartályban. A membránok lebegőanyagtól mentes elfolyót állítanak elő, ami lehetővé teszi igen alacsony foszfor koncentráció elérését az elfolyóban megfelelő vegyi koagulálószer adagolása mellett. A membránokat igen magas eleveniszap (MLSS) koncentrációk mellett lehet üzemeltetni (10.000 – 20.000 mg/l), ami lehetővé teszi a magas iszapvíz (SRT-k) fenntartását. A magasabb iszapvíz biztosítja, hogy az elfolyó ammónia koncentrációja igen alacsony legyen még hideg időjárási viszonyok közötti üzemeltetés esetén is.

A tisztítási technológia egy éven keresztül bemutatására került sor a miltoni vízvédelmi telepen (WPCP Ontario, Canada). A bemutató berendezést átlag 1000 m<sup>3</sup>/d terheléssel és 2000 m<sup>3</sup>/d csúcsterheléssel üzemeltették. Ezek a feladatok átlagos áramlási viszonyok között 3 órás hidraulikus tartózkodási időt, csúcsáramlási viszonyok között pedig 1,5 órás hidraulikai tartózkodási időt jelentenek. A foszfor kicsapatására timsót használtak.

Az elfolyó ammónia és összes foszfor tartalmával kapcsolatos követelmények igen szigorúak voltak a bemutató létesítmény számára. Az egész bemutató vizsgálat során az elfolyó ammónia koncentrációi havi átlagban következetesen alatta maradtak a 0,5 mg/l értéknek, és az elfolyó összes foszfor koncentrációi pedig a 0,06 mg/l értéknek.

## KULCSSZAVAK

Mikroszűrés, membrán bioreaktor, nitrifikáció, foszforeltávolítás

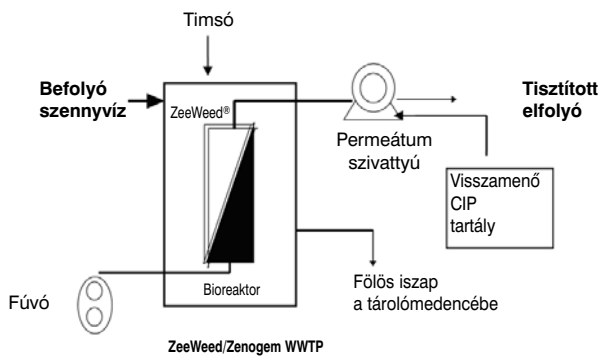
## BEVEZETÉS

### ZeeWeed® membránok

A membrán bioreaktor eljárást alkalmazták már ipari szennyvizek tisztításához több mint tíz éven keresztül (Knoblock *et al.*, 1994, Jordan *et al.*, 1996). Az eljárás során ultraszűrő vagy mikroszűrő membránok választják el a tisztított vizet az eleven iszaptól. Valójában a membránok a hagyományos eleveniszapos eljárás utóülepítőjét helyettesítik. Korábban a tisztított víznek a membránokon keresztüli átszivattyúzásával összefüggő energia költségek kizárták az eljárás széleskörű alkalmazását nagy mennyiségű kommunális szennyvíz tisztítására. A ZeeWeed® membrántechnológia fejlesztése az elmúlt tíz év során azonban kiküszöbölte a nagy nyomás alatti szivattyúzás szükségességét, és nagymértékben csökkentette az eljárás energiaigényét.

A ZeeWeed® szabadalmaztatott üreges szálas mikroszűrő membrán, melyet a bioreaktorba merítenek, ahol közvetlen érintkezésbe kerül az eleveniszappal. Az üreges szálak kötegekben helyezkednek el. Az egyes kötegeket moduloknak hívják. A modulok csoportos elhelyezése kazettákon belül történik. A kazetták egy permeátum gyűjtő csövön keresztül kapcsolódnak a permeátum szivattyúhoz. Egy szívó üzemű centrifugál szivattyú (a permeátum szivattyú) gyakorol vákuumot (-14 – 62 kPa) a ZeeWeed® membránmodulokra. A tisztított víz átjut az üreges szálakon és a permeátum szivattyú szivattyúzza ki (1.sz. ábra). A biomassa visszatartására az üreges szál felületén kerül sor. Minden membránmodul alján levegő diffúzor van elhelyezve, mely folyamatosan szállítja el a kiszűrt lebegő anyagokat az üreges szálak felületéről vissza az eleven iszapba. Rendszeres időközönként az összegyűjtött permeátumot ellenkező irányban szivattyúzzák, az üreges szálak belseje felől a külső felületük felé, megtisztítva a membrán pórusait. Ezt hívják visszamosásnak.

\* Ismertette a WEFTEC'98 Konferencián és Kiállításon Orlando, Florida, 1998. október 3-7.



1. ábra: A ZenoGem® technológia elve

## A ZenoGem® eljárás előnyei

A szennyvíztisztító létesítményektől elvárják, hogy alacsonyabb ammónia, összes nitrogén és foszfor koncentrációkat érjenek el az elfolyóban. A fenti követelmények elérése érdekében a szennyvíztisztító telepeknek a hagyományos technológiák (nagyobb levegőztetési térfogatok és harmadlagos szűrők beiktatása) felhasználásával történő feljavítása sok esetben elrettentően magas beruházási költségeket vonna maga után. A ZenoGem® eljárás egy potenciális alternatíva, de az eljárás képességei nem ismertek széles körben a környezetvédelmi technikákkal foglalkozók között.

**Nitrifikáció:** A ZeeWeed® membránokat hatékonyan lehet üzemeltetni 20.000 mg/l-ig terjedő eleveniszap MLSS koncentrációk mellett is, ami négyszer magasabb, mint az 5000 mg/l-es maximálisan ajánlott eleveniszap MLSS koncentráció érték a meghosszabbított levegőztetésű kialakításoknál (Ajánlott szabványok a szennyvíz-létesítmények számára, 1990). A bioreaktor térfogategységére eső megnövelt eleveniszap koncentráció lehetővé teszi, hogy a ZenoGem® eljárást csökkent szerves terhelésekkel és megnövelt iszapkorral (> 15 nap) üzemeltessék. Biztosított az egész éven keresztüli nitrifikáció, mivel az üzemi iszapkor (SRT) nagymértékben meghaladja a nitrifikációhoz szükséges minimális iszapkort (SRT), mely tipikusan 5-7 nap téli üzemeltetési feltételek között (EPA Nitrogénkontroll kézikönyv, 1993).

**Foszforeltávolítás:** Egy hagyományos eleveniszapos eljárásból kibocsátott foszfor nagyobb része szemcsés (EPA Tervezési kézikönyv foszforeltávolításhoz, 1987). Az elfolyó oldható foszfor koncentrációja 0,05 mg/l érték alá csökkenthető fém sók alkalmazása révén (Alkema, 1996). A ZeeWeed® mikroszűrő membránok névleges pórusmérete 0,2 mikron, ami gyakorlatilag kiküszöböli a lebegő anyag kibocsátását, lehetővé téve az elfolyóban < 0,1 mg/l összes foszfor koncentráció érték következetes elérését megfelelő fém só adagolásával.

## A PROJEKT HÁTTERE

Milton város WPCP telepét a haltoni regionális önkormányzat üzemelteti (Ontario, Canada). A létesítmény befogadója az igen érzékeny Sixteen Mile Creek. A létesítmény számára minden szokásos szennyezőanyag tekintetében kibocsátási terhelési határértékek vannak előírva. Halton szeretné a létesítmény kapacitását 1000 m<sup>3</sup>/nap teljesítménnyel megnövelni, hogy a város fejlesztésével lépést tartson. Annak érdekében, hogy az összes telepi szennyezőanyag kibocsátás a telep kibocsátására előírt maximális terhelési határértékek alatt maradjon, szükség volt a ZenoGem® bemutatólétesítményre, hogy demonstrálja: képes következetesen elérni a következő szennyezőanyag koncentrációkat az elfolyóban:

$$cBOI_5 < 2,16 \text{ mg/l}$$

$$\text{Ammónia-nitrogén} < 0,84 \text{ mg/l}$$

$$\text{Összes foszfor} < 0,07 \text{ mg/l}$$

A haltoni regionális önkormányzat feladata volt a minták elemzése és a teljesítményadatok összegyűjtése a ZENON-tól teljesen függetlenül.

## TERVEZÉSI FELTÉTELEK

A ZenoGem® bemutatólétesítmény két levegőztető tartályból áll, melyek tartalmazzák a ZeeWeed® membránmodulokat is, továbbá egy központi berendezés helyiségéből, melyben a permeátumszivattyúzó berendezés és a légfűvők kapnak helyet. A bemutatólétesítményre az elsődlegesen kezelt szennyvíz folyamatos feladását szivattyúzással biztosítják 1.000 m<sup>3</sup>/nap szabályozott mennyiségben. A szennyvízfeladásba folyamatosan adagolnak timsót közvetlenül a levegőztető tartályokba való belépés előtt. A fölös eleveniszapot közvetlenül a ZenoGem® levegőztető tartályaiból szivattyúzzák a miltoni WPCP iszaptároló tartályaiba.

## Hidraulikai tartózkodási idő és szerves terhelés

A két levegőztető tartály működtetése párhuzamosan történik. Mindegyik levegőztető tartály hasznos térfogata 62,5 m<sup>3</sup>, ami 3 órás hidraulikai tartózkodási időt eredményez. Ez lényegesen kevesebb, mint a nitrifikációval tervezett hagyományos eleveniszapos telepek 6-15 órás tipikus tervezési HRT-je (hidraulikai tartózkodási ideje) (Metcalf és Eddy; 3. kiadás).

A tervezési eleveniszap (MLSS) koncentráció 20.000 mg/l, melynek feltételezett illóanyag hányada 60%. A miltoni WPCP korábbi elsődlegesen kezelt szennyvíz BOI<sub>5</sub> koncentrációja alapján a tervezési F:M arány 0,08

kg feladott  $BOI_5$  értéknek felel meg/(kg MLVSS\* nap), mely belül van a tipikus tervezési F:M arány tartományon a huzamos idejű levegőztetéses létesítmények 0,05 – 0,15 kg feladott  $BOI_5$ /(kg MLVSS\*nap) értékéhez képest [Metcalf és Eddy; 3. kiadás]. Így még akkor is, ha az eljárást olyan HRT-vel terveztük, mely jelentősen elmarad a tipikus tervezési értékektől, a rendszer viszonylag alacsony szerves terheléssel működik, mely ideális olyan rendszerek számára, melyektől elvárják, hogy alacsony ammónia koncentrációkat produkáljon az elfolyóban.

### Membrán fluxus

*A fluxust általánosan úgy határozzák meg, mint a permeátum térfogatáram (gallon/nap) és a teljes membránfelület (ft<sup>2</sup>) hányadosát. A fluxus mértékegységeit általában gfd-ként fejezik ki (gallon/nap permeátum térfogatáram osztva a membránfelület négyzetláb értékével).*

A projekt indulásakor 60 darab ZW-150 membránmodult szereltek be mindegyik levegőztető tartályba (tartályonként 6 kazetta, melyek egyenként 10 modulból állnak). A kazettákat egyenletesen osztották el az egész tartályban, hogy a lehető legnagyobb keverést biztosítsák. Minden egyes ZW-150 modul 150 négyzetláb membránfelületet jelent. Az átlagos 1000 m<sup>3</sup>/nap átfolyási sebesség mellett (264.200 gal/nap) a fluxus 15 gfd-nek felel meg.

Röviddel a vizsgálat elkezdése után a ZENON megkezdte a következő generációs membránok, a ZW-500 modul gyártását, mely 500 négyzetláb membránfelületet tartalmaz és megnövelt membrán átteresztőképességgel rendelkezik. 1997. decemberében az eredeti ZW-150 membránok mindegyikét átszerelték a két levegőztető tartály egyikébe. Harminckét (32) ZW-500 membránmodult szereltek fel a másik levegőztető tartályban tesztelés céljából. Ezeket a kazettákat szintén egyenletesen osztották el. Az összes membrán üzemelésekor a fluxus 8 gfd-nek felelt meg. 1998. márciusában egyes membránkazettákat üzem kívül helyeztek, hogy demonstrálják a 15 gfd fluxust átlagos áramlási feltételek között, valamint a 30 gfd fluxust csúcsáramlási feltételek között.

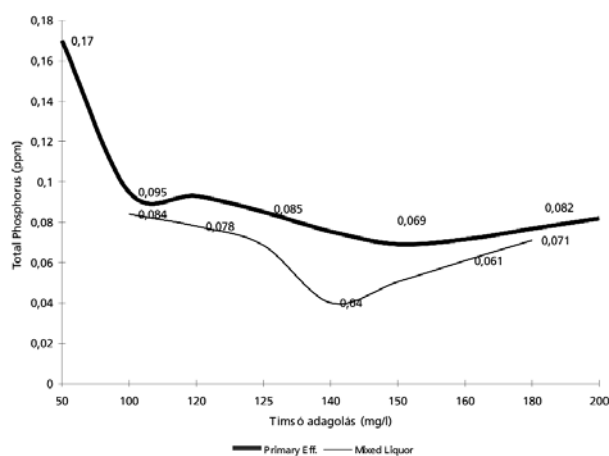
### Levegőztetés

A bemutatólétesítményt sekély levegőztető tartályokkal tervezték (7 láb SWD) azért, hogy az egész egységet könnyen szállíthatóvá tegyék. Mindegyik levegőztető tartályban durvabuborékos diffúzor- rács egészítette ki a membránmodulok levegőztetői által biztosított oxigén-szállítást. Mindegyik levegőztető tartály számára 1200 SCFM összes levegőáramlási ráta volt biztosítva.

Ebből eredően az eleven iszap oldott oxigén koncentrációja 2 és 3 mg/l tartományban volt a vizsgálat nagyobb része alatt.

### Timsó adagolás

Foszforkicsapathoz timsót választottak a ZenoGem® bemutatólétesítmény céljaira, mivel a miltoni WPCP létesítményben is rendszeresen ezt használják. A vizsgálat megkezdése előtt az elsődleges kezelt szennyvízzel és az eleven iszappal főzőpoharas tesztek végeztek, hogy előrejelezzék a megcélzott 0,07 mg/l elfolyó foszfor koncentráció eléréséhez szükséges timsóadagolást. A főzőpoharas tesztek hagyományos cellulóz-acetát szűrőpapírokkal végezték. A főzőpoharas tesztek eredményeit a 2.sz. ábra mutatja be. Az eredmények azt mutatták, hogy 140 mg/l timsó (9,1 mg/l alumínium) szükséges a kívánt elfolyó foszfor koncentráció eléréséhez.



2. ábra: Milton főzőpoharas tesztek eredményei: Elsődlegesen kezelt szennyvíz

### pH szabályozás

Előfordulhat, hogy a nitrifikáció lúgosságot vesz fel, és a timsó elnyomja az eleven iszap pH-ját és gátolja a nitrifikációt, de ebben az esetben a befolyó szennyvíz elegendes pufferkapacitással rendelkezett (> 300 mg/l lúgosság  $CaCO_3$ -ként), így a pH érték elnyomása nem okozott gondot.

### ÜZEMI FELTÉTELEK

#### Mintavétel és elemzés

Hűtött, 24-órás kevert mintákat vett a feladott szennyvízből (elsődleges elfolyóból) és a permeátumból a vizsgálat során a haltoni regionális önkormányzat. A mintákat Halton rendszeresen (hetente kb. 3-szor) beadta a regionális laboratóriumba elemzésre.

## A befolyó szennyvíz jellemzői

Az 1.sz. táblázat foglalja össze a vizsgálat során a bemutatóberendezésre érkező befolyó szennyvíz jellemzőit. Ezek a szennyezőanyag koncentrációk tipikusan megtalálhatók Ontarióban az elsődlegesen kezelt elfolyókban, és megfelelnek a miltoni WPCP telepen megfigyelt korábbi értékeknek is.

1. táblázat:

Befolyó szennyvíz paraméterek a vizsgálat alatt (Havi átlagok)

Hónap	CBOI <sub>5</sub> (mg/l)	Összlebegő anyag (mg/l)	Összfoszfor (mg/l)	Ammónia-Nitrogén (mg/l)
Junius	120	93	5.18	16.1
Július	118	86	4.66	15.6
Augusztus	139	92	4.49	25.1
Szeptember	149	97	5.56	17.2
Október	148	105	5.21	17.1
November	137	92	5.13	16.5
December	124	99	5.11	17.0
Január	100	84	5.07	13.6
Február	93	89	4.75	14.3
Március	91	85	4.15	12.6
Április	123	92	4.91	16.6
Május	123	96	5.37	14.9
<b>Átlag<sup>1</sup></b>	<b>123.0</b>	<b>93</b>	<b>4.95</b>	<b>16.4</b>

<sup>1</sup> Össz mintaszám: 139

A szennyvíz hőmérséklete a téli hónapokban is viszonylag meleg maradt elsősorban azért, mert a települést szennyvíz csatornarendszer szolgálja ki, ami minimálisra csökkenti az esővíz és a hóolvadék beszivárgását. A befolyó szennyvíz legalacsonyabb mért hőmérséklete 14 Celsius-fok volt.

## Iszapkor (SRT) és eleven iszap (MLSS) koncentráció

A ZenoGem<sup>®</sup> berendezést 18.000 – 22.000 mg/l-es MLSS koncentráció tartományban üzemeltették. Az eleveniszap száraz anyag tartalmának illó hányada 50% és 65% között változott. Ez az alacsony illó hányad a viszonylag magas timsó adagok eredménye volt, melyekre az elfolyó igen alacsony foszfor koncentrációjának elérése miatt volt szükség.

Az iszapelvételi mennyiséget 1600 gal/nap és 2200 gal/nap között tartották, hogy fenntartsák a célul kitűzött MLSS koncentrációt. Az ennek eredményeként elért iszapkor 15 és 20 nap között változott. Becslések szerint az elvett eleveniszap 35%-a volt vegyszeres iszap a timsóadagolás következtében.

## A BERENDEZÉS TELJESÍTMÉNYE

### Elfolyó cBOI<sub>5</sub> koncentrációk

A ZenoGem<sup>®</sup> berendezés elfolyó cBOI<sub>5</sub> értékeit mutatja be a 2.sz. táblázat. A havi átlag CBOI<sub>5</sub> koncentrációk következetesen alatta maradtak a 2,0 mg/l értéknek, teljesítve az elfolyóval szembeni követelményeket.

2. táblázat: A ZenoGem<sup>®</sup> permeátumának minősége a vizsgálat alatt (havi átlagok)

Hónap	CBOI <sub>5</sub> (mg/l)	Összlebegő anyag (mg/l)	Összfoszfor (mg/l)	Ammónia-Nitrogén (mg/l)
Junius	1.0	2.0	0.06	0.35
Július	1.2	1.6	0.06	0.42
Augusztus	1.4	1.4	0.05	0.07
Szeptember	1.2	1.4	0.05	0.54
Október	1.1	1.1	0.05	0.05
November	0.8	1.3	0.06	0.03
December	1.5	1.9	0.04	0.77
Január	1.0	1.4	0.03	0.13
Február	0.8	1.3	0.04	0.04
Március	0.9	1.8	0.04	0.09
Április	0.6	1.2	0.04	0.11
Május	0.7	1.4	0.05	0.15
<b>Átlag<sup>1</sup></b>	<b>1.0</b>	<b>1.5</b>	<b>0.05</b>	<b>0.24</b>

<sup>1</sup> Összmintaszám: 134

### Elfolyó ammónia koncentráció

A ZenoGem<sup>®</sup> berendezés elfolyó ammónia-nitrogén adatait a 2.sz. táblázat mutatja be. A havi átlag elfolyó ammónia koncentrációk következetesen alatta maradtak a 0,5 mg/l értéknek, teljesítve az elfolyóval szembeni követelményeket.

### Elfolyó foszfor koncentráció

A ZenoGem<sup>®</sup> berendezés elfolyó foszfor adatait a 2. sz. táblázat mutatja be. A havi átlag elfolyó foszfor koncentrációk következetesen alatta maradtak a 0,05 mg/l értéknek, teljesítve az elfolyóval szembeni követelményeket 100 mg/l timsó adagolása mellett. A szükséges timsóadagok kissé elmaradtak a vizsgálat előtt főzőpoharas tesztek alapján előrejelzett mennyiségektől.

## ÖSSZEGZÉS és KÖVETKEZTETÉSEK

A ZenoGem® eljárás egy éves demonstrációs vizsgálatát végezték el kommunális szennyvíz (elsődleges elfolyó) tisztításával kapcsolatban a miltoni vízvédelmi telepen (Ontario, Canada). A bemutatóberendezést 1000 m<sup>3</sup>/nap átlagos terhelés és 2000 m<sup>3</sup>/nap csúcsterhelés mellett üzemeltették. Ezek az átfolyási sebességek 3 órás hidraulikai tartózkodási időt jelentenek átlagos áramlási viszonyok között és 1,5 órát csúcsáramlási viszonyok között. A foszfor kicsapatására timsót használtak.

A bemutatóberendezés számára előírt, az elfolyóval szembeni ammónia és összes foszfor követelmények igen szigorúak voltak. Az egész demonstrációs vizsgálat során a havi átlagos ammónia koncentrációk az elfolyóban következetesen alatta maradtak a 0,5 mg/l értéknek, és az elfolyó foszfor koncentrációja – a 0,06 mg/l értéknek.

## REFERENCIÁK

Alkema, T., Foszforeltávolítás: Mit tudunk meg eddig és hogyan javíthatjuk a teljesítményt. Ismertetésre került az évenként megrendezett 1996-os WEAO Konferencián.

Jordan., E.J., Senthilnathan, P.R. (1996). Fejlett szennyvíztisztítás beépített membrános biorendszerekkel. Ismertetve az AIChE 1996. évi Országos Tavaszi Rendezvényén, New Orleansban..

Knoblock, M.D., Sutton, P.M., Mishra, P.N., Gupta, K. and Janson, A. (1994). Membrános biológiai reaktor rendszer az olajos szennyvizek tisztításához. Vízi környezetünk kutatása: 66. kötet, 2-es szám.

*Szennyvízkezelés: Tisztítás, elhelyezés, újrafelhasználás 3. kiadás. (1991). Kiadó: Metcalf és Eddy (1991).*

*Ajánlott szabványok szennyvízlétesítményekhez, 1990-es kiadás. Állami Közegészségügyi és Környezetvédelmi Vezetők Nagy-Tavak – Felső-Mississippi Bizottsága. Kiadta az Egészségügyi Oktatási Szolgálat, Albany, N.Y.*

*EPA Nitrogénkontroll kézikönyv. 1993. EPA/625/R-93/010.*

*EPA Tervezési kézikönyv foszforeltávolításhoz. 1987. EPA/625/1-87/001.*



## „PANNON-VÍZ”

Víz- Csatornamű és Fürdő Rt.

9025 Győr, Bercsényi liget 1.

Tel/Fax : 96/329-047, 96/326-566

### **SZOLGÁLTATÁSAINK:**

#### **VÍZTERMELŐ KUTAK KAMERÁS VIZSGÁLATA**

150 mm átmérő felett, 200 m mélységig, videófelvétel és szakvélemény készítése,

#### **CSATORNAHÁLÓZATOK KAMERÁS VIZSGÁLATA**

180 mm átmérő felett, videófelvétel, lejtésdiagram, mérési jegyzőkönyv és szakvélemény készítése



## Korrespondenz Abwasser 2000/06

### Hulladékok nem teljes mértékű értékesítése

#### A szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználásának jövője az európai fejlődés figyelembe vételével

Hartmut Witte (Siegen)

#### Összefoglalás

Kísérletet tettünk feltárni a szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználásának fejlődését befolyásoló tényezőket. Nyomon követtük a statisztikai trendfejlődést, az alapvető befolyásoló tényezőket: az ökológiát, az ökónómiát, a szociális tényezőket, a szennyvíziszap-felhasználás hasznával és kárával kapcsolatos ismereteket, valamint az európai törvénykezési politika fejlődését. A szerző arra a következtetésre jut, hogy a jövőre vonatkozó biztos előrejelzés csak regionálisan differenciálható és véges mértékben lehetséges. A működési feltételek az ökológiai rendszerbiztonság, valamint a szennyvíztisztítás biztonsága. Kiderült, hogy különösen az ökológiai rendszerbiztonság szempontja gazdasági kényszerek miatt nem kerül elsődleges besorolásra, ezáltal az ökológiai kockázati tényezők nagyobb súlyt kapnak. A mezőgazdasági felhasználás, mint a jövő rendszere emiatt csak óvatosan javasolható.

*Kulcsszavak:* iszap, felhasználás, mezőgazdaság, előrejelzés, Európa

#### Hulladékértékesítés és talajvédelmi törvény

Harald Schaaf (Kassel)

#### Összefoglalás

A szabad áru- és készáruforgalom Európai Unió általi hangsúlyozása másodlagos nyersanyagok és termékek számára is elhanyagolja a megbízhatósági és környezetvédelmi elveket. A környezetpolitikai minimális követelmények rögzítése az EU keleti bővítése miatt is sürgetően szükséges. A német talajvédelmi törvényhozás által minimális követelmények kerülnek meghatározásra a talaj károsanyag-tartalma és a megengedhető károsanyag-terhelések számára, amelyhez a tartós hulladék-értékesítésnek igazodnia kell. A Német Mezőgazdasági Vizsgáló- és Kutatóintézet (VDLUFA) tájépitészeti hulladék-értékesítési minőségbiztosítási rendszerével (QLA) átfogó minőségbiztosítási rendszer áll rendelkezésre, amely a hulladék-értékesítés megkövetelt tartósságát és környezetbarát mivoltát célravezető módon feldolgozza és ezzel mind a talajvédelem érdekét, mind a készletvédelem igényeit kielégíti.

*Kulcsszavak:* hulladék, talajvédelem, minőségbiztosítás, tartósság

## **Az új Talajvédelmi Rendelet** **A legfontosabb szabályozások áttekintése** *Hans-Jörg Knäpple (Bad Dürkheim)*

### **Összefoglalás**

1999. július 17-én lépett életbe a Szövetségi Talajvédelmi- és Hulladékrendelet (BBodSchV). A BBodSchV szabályozásai kiegészítik és konkretizálják az 1999. március 1-én életbe lépett Szövetségi Talajvédelmi Törvényt (BBodSchG).

*Kulcsszavak:* jog, talajvédelem, hulladék, rendelet, szabályozás, Talajvédelmi Törvény

## **Különbéle törvényi meghatározások kihatásai a mezőgazdasági szennyvíziszap-értékesítésre** *Armin K. Melsa és Klaus Linssen (Viersen)*

### **Összefoglalás**

A szennyvíziszap tápanyag- és károsanyag-hordozó. Sajnos, a figyelem középpontja jelentősen a károsanyag-oldal felé fordult. Noha a szennyvíziszap még soha nem volt olyan jó minőségű, mint most, még soha nem került olyan átfogóan és mélyrehatóan vizsgálatra, mint manapság, és tápanyagai tekintetében is nélkülözhetetlen készletet jelent, az utóbbi évtizedekben hozott jogi szabályozások nem követték a megváltozott helyzetet. A szennyvíziszaphoz egyoldalúan káros hatást párosítottak. Az ebből levezetett szabályozások jelentősen megnehezítik a szükséges, de rendeltetészerű, trágyaként való használatot is. Az egyre növekvő szabályozások egyre növekvő költségeket okoznak. Így várható, hogy a szennyvíziszap értékesítési költségei elérhetik a kezeléséhez amúgy is szükséges elhelyezési költségeket.

*Kulcsszavak:* iszap, értékesítés, mezőgazdaság, jog, kihatás

## **„Szerves/ásványi hulladékok és gazdasági trágyák” adatbank** *Brigitte Eurich-Menden és Helmut Döhler (Darmstadt)*

### **Összefoglalás**

Az 1998 augusztusától 1999 októberéig terjedő időszakban a darmstadti Mezőgazdasági Technika és Építéstudomány Kuratóriuma (KTBL), a darmstadti Német Mezőgazdasági Vizsgáló- és Kutatóintézeti Egyesülettel (VDL-UFA) és a mannheimi Talajjavítás Társasággal való együttműködés keretében összeállította a „Szerves/ásványi hulladékok és gazdasági trágyák” adatbankot. Ez szerves és ásványi hulladékokról, valamint komposztokról, rothasztási maradékokról és gazdasági trágyákról tartalmaz információkat. Menü által szabályozott, felhasználóbarát lekérdezések segítségével hívhatók le különböző témájú információk, az egyes anyagokkal kapcsolatban.

*Kulcsszavak:* hulladék, anyagadatok, jellemzés, adatbank, szerves, ásványi

## **Másodlagos nyersanyagtrágyák és ökotermelés – a német termelőszövetkezetek felvetésének eredményei** *Florian von Sothen (St. Augustin)*

### **Összefoglalás**

Az öko-termelésben különösen komolyan vesszük a tápanyag-körfolyamatgazdaságot. Ezért alapvetően a másodlagos nyersanyag-trágyák, mint a komposzt és a szennyvíziszap felhasználását követeli meg. Másrészt azonban az ökotermelés különösen egészséges élelmiszereket akar termelni, ami bizonyos körülmények között szigorúbb határértékeket követel meg a másodlagos nyersanyag-trágyák alkalmazásában. Milyen értéke van Németországban az ökotermelésnek? Hogyan szerveződik? Mi a véleményük a szövetségeknek a másodlagos nyersanyagtrágya-felhasználásról?

*Kulcsszavak:* hulladék, másodlagos nyersanyag, trágya, komposzt, szennyvíziszap, ökológiai, mezőgazdaság

## **A komposztok, mint szerves trágyák alkalmazása a spárgatermesztésben** *Petra Bloom és Hartmut Stützel (Hannover)*

### **Összefoglalás**

A natív-szerves hulladékok különválasztott értelmezése és kezelése a komposztmennyiségek erős növekedéséhez vezetett, amely mennyiséget elsősorban a tájépítészetben és a mezőgazdaságban hasznosítanak. A spárgának a me-

zőgazdasági kultúrák között kitüntetett szerepe van. A természetést alacsony szorpciójú homokos talajokon végzik, magas humuszigénnyel, amelyet nagymennyiségű szerves trágya alkalmazásával fedeznek. A nitrogénvesztések elkerülése érdekében a komposztok megfelelőbb humuszforrások a spárgatermesztés számára, mint a gyakorlatban elterjedt lótrágya. A spárgakultúra természetéstechnikai és morfológiai különlegességei mindenesetre magas igényeket támasztanak a komposzt minőségével szemben.

*Kulcsszavak:* hulladék, biohulladék, felhasználás, komposzt, spárgatermesztés, jog, minőség, károsanyag, nehézfém, nitrogén

## **A vörösiszap és a zöldső alkalmazása a zöldterületként hasznosított savas jellegű tőzegtalajokon**

*Bernhard Scheffer (Bréma)*

### **Összefoglalás**

Egy kilenc éves terepi vizsgálat során vizsgálták meg a vörösiszap és a zöldső alkalmazásának lehetőségét, savas tőzegtalajon, a foszfátermelés csökkentése érdekében. A vörösiszap/zöldső adagolása által a foszfátermelés kb. 70%-kal volt csökkenthető. A csurgalékvíz átlagos foszfátkoncentrációi 8-10 mg P/l-ről 2-3 mg P/l-re csökkentek le. A vörösiszapban lévő károsanyagok (arzen, króm és alumínium) felhalmozódtak a tőzegtalajban, azonban nem mosta ki azokat a csurgalékvíz.

*Kulcsszavak:* felhasználás, tőzeg, talaj, termelés, foszfát, kivitel, minimalizálás

## **Vízvezető rendszerek**

### **Gravitációs nyomóvezetékek a szennyvízáteléshez**

*Detlef Aigner (Dresden)*

### **Összefoglalás**

A szennyvízátelés gazdaságilag és ökológiailag kedvező változata a gravitációs nyomóvezetékek alkalmazása. Ezek a vezetékek a szennyvizet kielégítő esés esetén szivattyú-, vagy vákuumállomások nélkül, tehát járulékos energia nélkül szállítják. Csekély átmérőjűek és egyszerű technikával, „szabad” kitűzéssel, a szokásos mélységekben és ezzel ökológiailag kedvezően kerülnek fektetésre. A légzárványok, szennyeződések és a szakaszos szennyvízkibocsátás jelenti a gravitációs nyomóvezetékek problémáit.

*Kulcsszavak:* nyomóvezeték, méretezés, légzárvány, szennyeződés, tisztítás

## **Hidrológia/vízhasznosítás**

### **Kevert szennyvíz-bevezetések által okozott élővízökológiai károk azonosítása**

#### **Példák a dél-hesseni térségből**

*Günther Schmidt (Darmstadt)*

### **Összefoglalás**

A kevert szennyvíz-bevezetések hatásainak vizsgálatához élővízökológiai állapotfelvételeket végeztek a Felső-Odenwald és a dél-hesseni Rajna-vidék több, túlnyomórészt természetes patakján. Az alkalmazott vizsgálati módszerek az ATV-DVWK „Kommunális szennyvíztisztítás” fő-bizottságának „Élővizek befolyásolása kevert szennyvizek bevezetése által” nevű munkacsoportjának javaslatain alapulnak. Az élővizek egy részénél különböző hatások kerültek megállapításra. A szükséges további teendőket vitatjuk meg röviden.

*Kulcsszavak:* bevezetés, kevert szennyvíz, élővíz-készlet, vizsgálat, értékelés.



# A VELENCEI-TAVI REGIONÁLIS SZENNYVÍZELVEZETŐ-TISZTÍTÓ RENDSZER CSAPADÉK BEFOLYÁSOLTSÁGA

Gilián Zoltán okl. vízellátás- csatornázási üzemmérnök, DRV Rt. Fejér megyei Igazgatóság, Velencei-tavi Szennyvíz Üzemvezetőség, szennyvíztisztító telep vezető

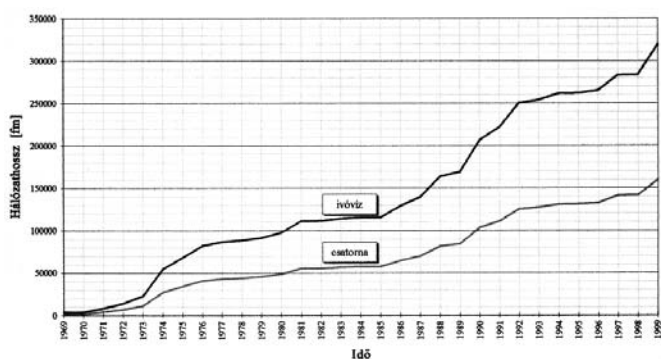
## 1. Bevezető:

A Velencei-tó partján fekvő települések különleges helyzete a tó egyedülálló természetföldrajzi adottságaiból következően a térség korábbi fejlesztési jellemzőiből és jövőbeli lehetőségeiből adódik.

A tó a Velencei-hegység gránit- és andezitvonulatának D-i lábánál lévő lapos süllyedékben fekszik, körülbelül félúton a főváros és a Balaton között. Turisztikai jelentőségét már a '30-as években felismerték, az akkor kialakulóban lévő fürdőkultusznak köszönhetően. Ám látványos fejlődés csak a második világháború után, a '60-as évektől kezdődően következett be, majd a '80-as évektől a balatoni üdülőépítési korlátozások bevezetésének hatására teljesedett ki.

Mind a ma látható településszerkezet kialakulására (az északi parti történelmi múltú Pákozd és Sukoró községek településmagjának kivételével), mind az infrastruktúra fejlesztésére a '70-es - '80-as évek mennyiség orientált szemlélete jellemző. Az 1971-ben jóváhagyott Velencei-tavi Fejlesztési Program keretében húsz év alatt 120 - 130 milliárd forint értékű állami beruházást hajtottak végre (IKM - KTM - KHVM előterjesztés a Kormány részére, Bp. 1995 február).

Víziközműves vonatkozásban a legnagyobb kihívást az elegendő mennyiségű ivóvíz biztosítása jelentette a tóparti állandó- és üdülőlakosság részére. A regionális vízellátó rendszer kiépülésével párhuzamosan a regionális szennyvíz elvezető - tisztító rendszer fejlesztése is megkezdődött, bár mértéke a csatornázott településeken is (Agárd, Gárdony, Velence, Kápolnásnyék, és részben Sukoró) rendre elmaradt az ivóvíz ellátó hálózatétól.



1. ábra. A közműháló alakulása a Velencei-tavi térségben

A tó turisztikai célú hasznosítása érdekében a '70-es évektől kezdődően part- és mederszabályozási munkák kezdődtek meg, melyek során napjainkig 24,2 km partvédmű épült a tó vízszint szabályozási tartományának megfelelő magasságban és feltöltésre került 288,5 ha terület. E két tényező jelen tanulmány tárgyában kiemelten szerepet játszik.

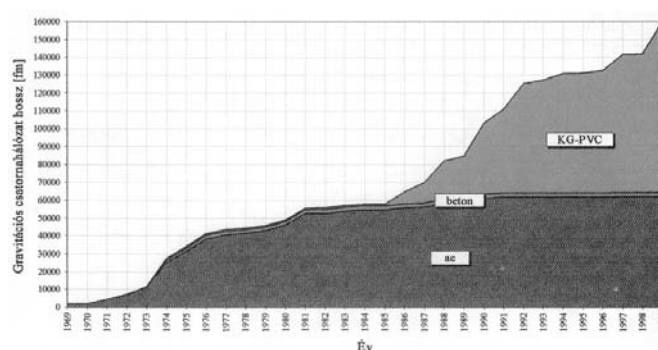
A déli parti partszabályozási munkálatok következtében a csapadékvizek természetes levonulási útjának magassági viszonyai jelenösen megváltoztak. Ezzel egyidejűleg a települési vízrendezési feladatok nem valósultak meg, tehát nem épült a teljes agglomerációra kiterjedő csapadékvíz elvezető rendszer.

A partvédművek szabályozási szint fölé emelésével, a mögöttes területek feltöltésével nagy térségek lefolyástalanná váltak. Ezek jobbára a 7 sz. főközlekedési út, ill. a déli vasúti pálya és a tópart között elhelyezkedő, üdülőterületként beépített körzetek.

## 2. A Velencei-tavi Regionális Szennyvízelvezető-Tisztító Rendszer

Gazdaságossági megfontolások alapján (csőátmérő, gépezeti berendezések kapacitása, beruházási költségcsökkentés) a Velencei-tavi csatornamű elválasztott rendszerűként valósult meg, így csapadékvizek elvezetésére eleve nem méretezett.

A regionális főművi rendszert 12 db szennyvízát-emelő, 21,7 km szennyvíz nyomóvezeték és 16,1 km gravitációs főgyűjtő alkotja.



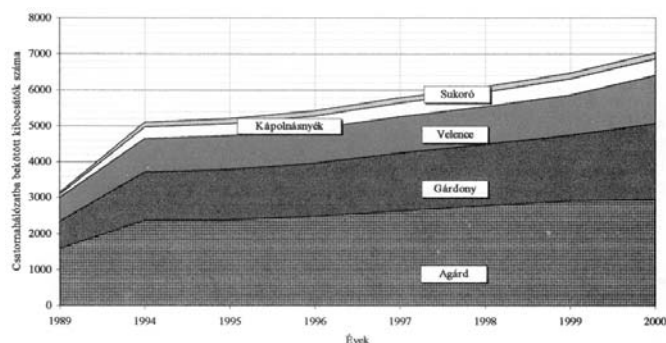
2. ábra. A gravitációs csatornahálózat hossza évenként, anyag szerinti bontásban:

A tómedence topográfiája és a regionális szennyvíztisztító telep elhelyezkedése miatt a szennyvíz többszöri átemeléssel érkezik a 6.700 m<sup>3</sup>/d-os tisztítókapacitású, Agárdon elhelyezkedő szennyvíztisztító telepre.

1995. februárjában a „Velencei-tó turisztikai és természeti értékeinek megőrzése és a vízminőség javítása érdekében szükséges intézkedések” címmel előterjesztés készült a Kormány részére, mely alapján az 1031/1995. (IV. 19.) számú Kormányhatározat megszületett. Az intézkedési terv céljai között megfogalmazásra került a szélsőséges időjárási hatásokból (csapadékhány) származó környezeti károk mérséklése is, azonban nem szerepelt súllyal a csapadékvíz elvezetés feladata.

A Határozat „2. Vízminőség védelem 2.3” bekezdése a már meglévő csatornahálózat mentén fekvő ingatlanok rákötésének szorgalmazását, valamint az északi parti regionális csatornahálózat kiépítésének szükségességét rögzítette. A balatonhoz hasonlóan itt is megjelent a divatos „minőségi turizmus” szlogen, a fejlesztések irányát jelezve.

A Kormányhatározat kiadása óta mintegy 1.800 új csatornabekötés létesült. Ezen növekménynek cirka háromnegyed része a gárdonyi- és velencei (déli parti) hálózatfejlesztések következtében jött létre, a többi kibocsátó a meglévő csatornahálózatok mentén fekvő ingatlanok köréből, jegyzői kötelezés- vagy saját kezdeményezés alapján csatlakozott. Az alábbi diagram alapján megállapítható, hogy a Kormányhatározat szerint elvárható ugrásszerű változás a csatornahálózatra történő rákötési hajlandóság növekedésének ütemében nem következett be.



3. ábra. Csatornahálózatba bekötött kibocsátók száma települési és évi bontásban

A hivatkozott Kormányhatározat ill. a módosítására kiadott rendelet alapján 1999-ben megkezdődött az északi parti csatornahálózati fejlesztések tervezett szennyvízhozamainak elvezetését szolgáló főművi rendszer kiépítése, valamint megvalósult Velence és Gárdony addig nem csatornázott részeinek bekapcsolása a regionális rendszerbe. A főművi fejlesztés megteremtette a kiöntés szempontjából kritikus tóparti átemelősor tehermentesítésének lehetőségét is. A beruházást megelőzően a háló-

zati végátemelőktől legfeljebb 12.000 m<sup>3</sup>/d elvezetésére volt lehetőség, a csapadékvíz bevezetés miatt ezen értéket meghaladó mennyiség a hálózat mélypontjain távozott a rendszerből. Az 1999 júliusában üzembe helyezett beruházással a rendszer 15.000 m<sup>3</sup>/d -ot meghaladó mennyiség elszállítására is képes.

### 3. A csapadék befolyásoltság jellemzése

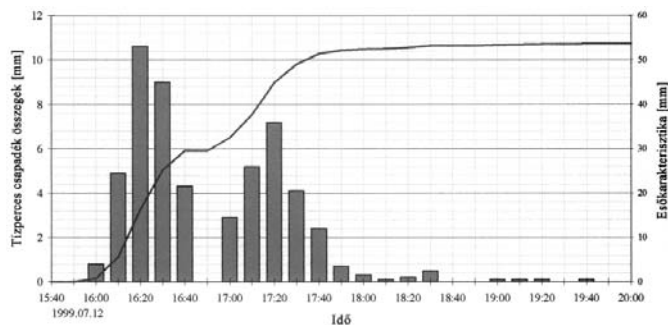
A bevezetőben vázolt okok (lefolyástalan tóparti területek, csapadékvíz elvezető rendszer hiánya) miatt már a '70-es évek végén ismert volt a csapadékvizek közvetlen hatása a szennyvízhozamokra illetve a szennyvíztisztító telep terhelésére vonatkozólag (VMGT 87. sz. 11.4 melléklet, Tihanyi Zoltán). A tóparti települések fejlődésével és a csatornahálózatba bekapcsolt ingatlanok számának növekedésével a probléma elmélyült, jóllehet a '80-as évek végétől 1995-ig tartó aszályos évek ezt egy időre feledtették. Ezen periódusban a közvéleményt, a sajtót és a szakmát a Velencei-tó vészes vízkészlet csökkenése-, a vele járó vízminőség romlás és ezek idegenforgalmi hatásai foglalkoztatták, csapadékvíz elvezetésre így csekély figyelem fordítódott. Az 1991-es alacsony vízállás miatt a tó vízpótlására született döntés.

#### Jelentős csapadék események és következményeik:

Az 1995-től kezdődött csapadékos időjárási periódus a csapadékvíz elvezetés hiánya- és a csatornahálózat csapadékvíz befolyásoltság problémakörét ismét felszínre hozta.

Az 1996. április 1-3. között lehullott 39,3 mm csapadék miatti kiöntés a helyi televízió és sajtó rovataiban visszhangra talált. Az eset kapcsán megindult tárgyalások következményeként a KDT Vízügyi Igazgatóság Gárdony Város Önkormányzatát a csapadékvíz elvezető rendszer műszakilag megfelelő mértékű kiépítésére kötelezte, 1999. december 31-ig.

Az 1999. július 12-i viharos időjárás és a másfél óra alatt lehullott 53,6 mm csapadék következményei már országos sajtószerepet kaptak, mivel az idegenforgalmi szezon kellős közepén történt.



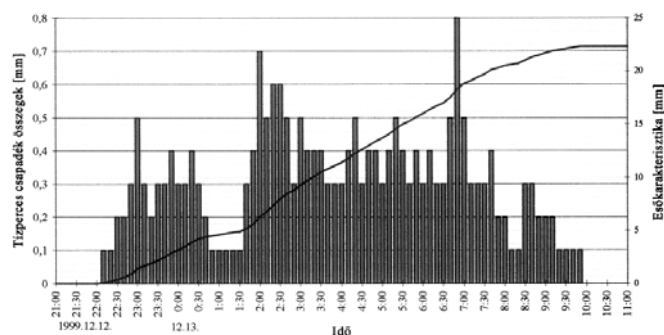
4. ábra. Tízperces csapadék összegek és esőkarakterisztika 1999. július 12. Agárd

A fejlesztések által megnövelt szállítóképesség ellenére a kiöntés megakadályozására nem volt mód. A csapadékeseményt követő két - három napon keresztül a mentesítés címén elkövetett belvízszivattyúzás hozamai feszítették ki a szennyvízátelők üzemét. Az 1. sz kép az egyik kritikus agárdi kiöntési pontnál, a Brajnovics kikötő melletti Pop-strandnál készült. A KDT Vízügyi Igazgatóság szakemberei által az aknafedlapok fölé emelt homokzsákos ellennyomó medencéket rövidesen meg kellett bontani, mert a szintemelés hatására a kiöntési pont áthelyeződött a lakóterületre és ingatlanokon belüli kiöntések indultak meg.



1. kép. A homokzsákos „ellennyomó medencéket” meg kellett nyitni

A túlterhelt üzemállapot december 12-én, majd 26-án – akkor fagyott talajra hullott csapadék miatt – megismétlődött.

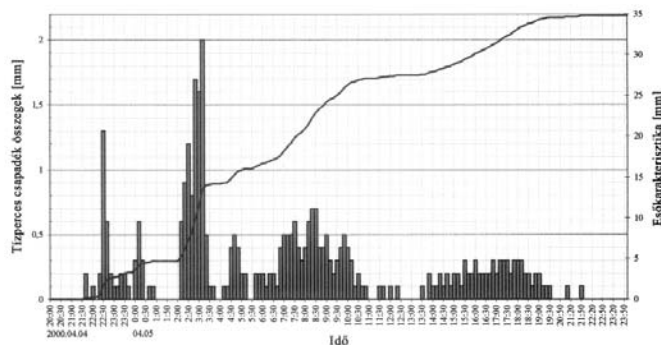


5. ábra. Tízperces csapadék összegek és esőkarakterisztika 1999. december 12-13. Agárd

Ekkor csatornahálózati kiöntés nem következett be, azonban az agárdi szennyvíztisztító telep Dinnyés-Kajtor csatorna irányába kiépített tisztított szennyvíz át- emelő kapacitása (97,2 l/s) és a befolyó terhelés (171,4 l/s) különbözete a tisztítástechnológián áthaladva a telep részére fenntartott 10 ha-os nyárfás szikkasztómezőre - mint véstározóra túlfolyt, majd annak feltelése után a további vízmennyiség a Dinnyési határáron keresztül a

Velencei-tóba jutott. A vízminőségi vizsgálatok határértéket meghaladó terhelést nem mutattak ki.

A 2000. márciusi hóolvadás után az április 4-5 között lehullott 34,8 mm csapadék okozott túlterhelést és csatornahálózati kiöntéseket. Az 5-én elvezetett szennyvíz 14.251 m<sup>3</sup>/d értéke megközelítette az 1999. decemberi 15.039 m<sup>3</sup>/d rekordot.



6. ábra. Tízperces csapadék összegek és esőkarakterisztika 2000. április 4-5. Agárd

Az állandó- és üdülőlakosság részére a mai napig nem áll rendelkezésre a csapadékvíz rendezett elvezetésének lehetősége. Alapvetően ezen alternatíva hiánya okozza azt az állampolgári magatartást, ami – jobb híján – a csapadékvizek közvetlen- vagy közvetett módon, közcsatornába történő illegális bevezetését eredményezi. A belvizes problémák súlyosságát fokozza a tó megmentése óta megnövelt vízszint szabályozási tartomány, amely jelentősen csökkenti a csapadékvizeket gyűjtő árkok fogadóképességét illetve magasan tartja a talajvíz szintjét.



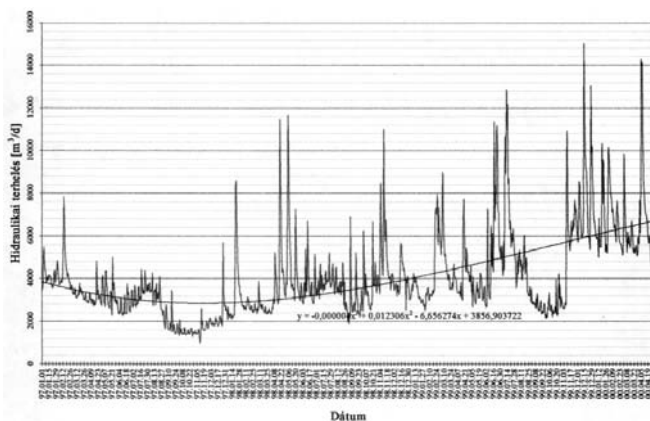
2. kép. A 2000. április 5-i kiöntés intenzitása

Az 1997. január 1. - 2000. május 1. közötti időszakot felölelő hidraulikai terhelés idősor, az át- emelők folyamatirányító rendszerének adatai valamint a túlterhelést okozó csapadékok esőkarakterisztikáinak vizsgálata alapján az alábbi következtetések vonhatók le:

- Egy-egy jelentősebb csapadék esetén a szennyvíz-átemelőknél rövid időn belül (átemelő vízgyűjtőnként változó, általában 20 - 30 perc) észlelhető a befolyó vízhozam növekedése, ami a **közvetlen csapadékvíz bevezetések** (tető ereszcatornák, garázs- pincelejárók vízgyűjtő rácsai, felszíni összegyülekező vizek közvetlen csatornába vezetése stb.) markáns megnyilvánulásai.
- Csapadékmentes időszakokban (1997. szeptember 1 – december 24 között, illetve 1999. augusztus 27 – november 5. között) a normál szárazidei szennyvíznek megfelelő hidraulikai terhelés állt elő. Minthogy a közüzemi csatornahálózat és műtárgyai zömmel a tó vízszintje által meghatározott statikus talajvízszint alatt – esetenként több méterrel – helyezkednek el, ez a tény önmagában kizárja a megengedettnél nagyobb mértékű infiltrációs hozam – mint ok – fennállását. Az 1999. őszi 2.400 m<sup>3</sup>/d átlagos hidraulikai terhelés az 1997. őszi 1.900 m<sup>3</sup>/d-tól az azóta üzembe helyezett csatornahálózatokon megvalósult bekötésszám növekmény hatásának megfelelő mértékben tér el.
- A csapadék eseményeket követő hidraulikai terhelés csökkenés kiürülési görbére jellemző profilt vesz fel. Ennek oka a sekély vezetésű **belső alapcsatornák, házi vezetékek vízzáróságának elégtelen voltában**, a csapadék által telített felső talajrétegek kvázi drénezésének folyamatában keresendő. Ezek lehetnek tudatosan, célirányosan kialakítottak, illetve kivitelezői szakszerűtlenségre visszavezethetők.

E megállapítást üzemi helyszíni vizsgálatunk is alátámasztják.

- Viszonylag **csekély intenzitású csapadék is okozhat túlterhelést** a szennyvízelvezető hálózaton és a szennyvíztisztító telepen egyaránt, ha fagyott, vagy telített talajra hullik, így a lefolyási hánnyada nagy, vagy elegendően hosszú ideig tart, mint pl. az 1999. decemberi 12 - 13-i eseménynél.



7. ábra. Hidraulikai terhelés idősor 1997. január 1–2000. május 1.

Ezzel szemben nagy intenzitású, de rövid idejű csapadék esetén, ha azt száraz időszak előzte meg, nem tapasztalható erős befolyás. Minthogy a csapadék adatok egyetlen, az agárdi (országos hálózatban szereplő) meteorológiai észlelőállomás megfigyeléseire alapozottak, egyes csapadék események (legyenek akár jelentős napi összegűek) a megítélésüket illetően bizonytalansággal terheltek, származhatnak átvonuló, csak Agárdot érintő záporokból, így a regionális hálózatra nem gyakorolhatnak számottevő hatást (1999. február 9., 8. ábra).

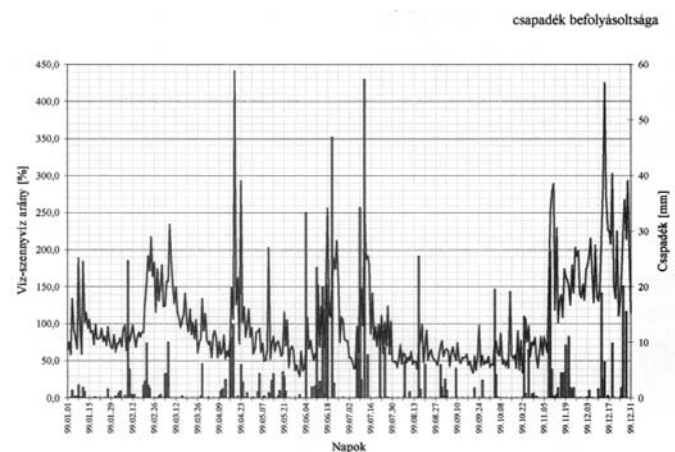
A több napig tartó, országos vagy nagyobb térséget érintő csapadékok hatásának vizsgálata azonban megbízható eredményt ad.

## Gazdasági hatások

A 8. ábra a Velencei-tavi régió napi szennyvízterhelés és termelt ivóvíz egymáshoz viszonyított arányának idősorát, valamint a napi csapadék összegeket szemlélteti.

A napi ivóvíz felhasználás és a keletkező szennyvíz mennyiség közötti korreláció nem igényel bizonyítást. Az arány változását csak az idényjelleg miatt bekövetkező idényjellegű- és állandó fogyasztók víz- ill. víz+csatorna szolgáltatási igénybevételében mutatkozó eltérés, valamint az évközben esetleg meginduló intenzív szennyvízbekötés növekedés befolyásolhatná - csapadékkal nem terhelt rendszer esetén.

A csapadék hatására a diagramon jól látható arány eltérések lépnek fel.



8. ábra. A napi csapadék összegek és a szennyvízelvezetés / víztermelés arány összefüggése, Velencei-tavi régió, 1999.

A szennyvízelvezető rendszer többletköltségei a ténylegesen keletkező szennyvízmennyiség és a szükség szerűen átemelt, csapadékkal terhelt mennyiség különbségének villamos energia költségében, a szennyvíztisztító telep nagyobb igénybevétele miatti villamos energia költségében, a rendkívüli üzemi állapotok kártéte-

leinek minimalizálására törekvés- és a következmények felszámolásának élők munkára fordítás többletében, valamint a gépek, berendezések nagyobb igénybevétele miatt bekövetkező fenntartási költség-növekményben és idő előtti amortizációjukban nyilvánulnak meg. Ez a költség-többlet jelentős mértékben - és jelentsük ki, feleslegesen - terheli a csatorna szolgáltatás egyébként is magas díját

A villamos-energia többletköltségeit számszerűsítve: 1999. évben összesen elvezetett szennyvízmennyiség 1.731 ezer m<sup>3</sup>, míg a számlázott szennyvízelvezetés szolgáltatás 611 ezer m<sup>3</sup> volt. A közel 1,12 millió m<sup>3</sup> többlet vízmennyiség kényszerű átemelése és tisztítása által felhasznált villamos energia minden egyes m<sup>3</sup> igénybevett szennyvízelvezetés szolgáltatásban 19,- Ft költség-többletet eredményez.

#### 4. Feladatok, megoldási lehetőségek

Az elválasztott rendszerű csatornahálózatokat terhelő csapadékvizek káros hatásainak megszüntetése igen komoly ráfordítást igénylő, de alapvetően szükségszerű feladat. A fogyasztók szabálytalan csapadékvíz elhelyezési magatartása - mint korábban megjegyeztem - a rendezett csapadékvíz elvezetés alternatívájának hiányából fakad. Ettől függetlenül minden lehetséges eszközzel el kell érni az illegális csapadékvíz bevezetések felszámolását, ezzel egyidejűleg a települési vízrendezési feladatokat szisztematikusan meg kell valósítani. Széles körű tájékoztatás szükséges az illegális bevezetés káros hatásairól, valamint fennállása esetén alkalmazott szankciók súlyáról.

A Velencei-tavi Regionális Szennyvízelvezető Rendszer csapadékvizes gondjainak feloldása nem egyetlen település feladata. Jóllehet, a kiöntések leginkább Agárdon - mint a rendszer végpontján elhelyezkedő településen - okoznak súlyos problémát, a szabálytalan csapadékvíz bevezetés a hálózat legtávolabbi pontjain is előfordul, igaz, ott nem okoz kiöntést. A magasabban fekvő településrészek tehát a kiöntési pontok körzetében élők életkörülményeit közvetlenül-, de a teljes régió lakosságát és idegenforgalmi ázsíóját közvetett módon is rontják, miközben a szennyvízelvezető csatornát illegálisan használva megszabadulnak a telkükre lehullott néhány köbméter csapadékvíztől.

A DRV Rt. Fejér megyei Igazgatósága üzemeltetői szerepkörében rendelkezésére álló műszaki és jogi eszközökkel több éve folyamatosan végzi a szabálytalan rákötések felderítését. Sajnos visszatartó erejű szankcionálási lehetőség nem biztosított.

A műanyag idomrendszer elterjedése óta a tisztító-idomok ellenőrzése csak az ingatlanra történő bejutással

végezhető el, ami - üdülőterületről lévén szó - nagy nehézségekbe ütközik az időnyelleg miatt. Jellemző, hogy a tulajdonos nem található a helyszínen, csak nyaraló-vendégei, akik természetesen joghatállyal nem nyilatkozhatnak.

Célszerű megoldásként kínálkozik az üzemeltető- és a helyi önkormányzati építésügyi hatóság együttes jelenlétével megtartott szisztematikus vízelhelyezési vizsgálat, valamennyi ingatlanon. A feltárt szabálytalanság megszüntetésére ily módon elegendő joggalappal lehet kötelezést kiadni, elmaradása esetén pedig szankcionálni.

Ez a megoldás hosszú időt vesz igénybe és mindkét ellenőrző fél közös akarata szükséges hozzá. Sajnos az érintett önkormányzatok részéről nem tapasztalható együttműködési készség.

Az üzemeltető felderítési eszköztára az elmúlt években egy elmés szerkezettel kibővült, színezett füstgáz csatornahálózatba juttatása révén a közvetlen ereszcsonna rákötési pontok láthatóvá válnak. Kérdéses, hogy a hatóság (és esetleg a fogyasztó) jelenléte nélkül végzett vizsgálat jogalapot teremt-e a megszüntetés hatósági kötelezésére. És még valami: a vízzáron keresztül történt bevezetések e módszer előtt rejtve maradnak.

Tehát a megnyugtató megoldás a közös vízelhelyezési vizsgálat. Enélkül pedig könnyen lehet, hogy az északi parti települések szennyvízelvezetésbe bekapcsolódása ellehetetlenül, vagy rákötésük esetén a probléma tovább súlyosbodik, ami el nem fogadható kilátás.

Az önkormányzati együttműködési szándék megszüntetéséig marad az üzemeltetői - néha kilátástalannak tűnő - küzdelem olyan célért, ami végső soron az egész régió kedvezőbb megítélését szolgálja.

#### Hivatkozott irodalom, források:

- *Az agárdi szennyvíztisztító telep tisztított szennyvízének elhelyezése /Dr. Tihanyi Zoltán, VMGT 87. sz., VIZDOK, Budapest, 1977/*

- *A Velencei-tó turisztikai és természeti értékeinek megőrzése és a vízminőség javítása érdekében szükséges intézkedések /IKM - KTM - KHVM előterjesztés a Kormány részére, Budapest, 1995/*

- *A Kormány 1031/1995. (IV. 19.) Korm. határozata a Velencei-tó turisztikai és természeti értékeinek megőrzését, a vízminőség javítását elősegítő intézkedési tervről*

- *A Velencei-tó vízkészlet gazdálkodása a komplex hasznosítás tükrében. Múlt és jelen. Tanulmány /Gilián Zoltán, BME Építőmérnöki Kar, Vízellátás - Csatornázás Tanszék, 1998/*

- Agárdi meteorológiai állomás, csapadék adatok

- DRV Rt. Fejér megyei Igazgatóság, üzemi adatok

# HULLADÉKOK NEM TELJES MÉRTÉKŰ FELHASZNÁLÁSA A SZENNYVÍZISZAP MEZŐGAZDASÁGI FELHASZNÁLÁSÁNAK JÖVŐJE AZ EURÓPAI FEJLŐDÉS FIGYELEMBE VÉTELÉVEL

Hartmut Witte (Siegen)

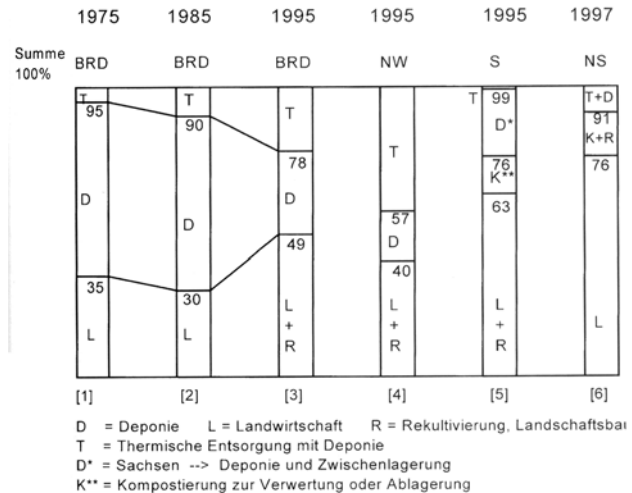
## Összefoglalás

Kísérletet tettünk feltárni a szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználásának fejlődését befolyásoló tényezőket. Nyomon követtük a statisztikai trendfejlődést, az alapvető befolyásoló tényezőket: az ökológiát, az ökonómiát, a szociális tényezőket, a szennyvíziszap-felhasználás hasznával és kárával kapcsolatos ismereteket, valamint az európai törvénykezési politika fejlődését. A szerző arra a következtetésre jut, hogy a jövőre vonatkozó biztos előrejelzés csak regionálisan differenciálható és véges mértékben lehetséges. A működési feltételek az ökológiai rendszerbiztonság, valamint a szennyvíztisztítás biztonsága. Kiderült, hogy különösen az ökológiai rendszerbiztonság szempontja gazdasági kényszerek miatt nem kerül elsődleges besorolásra, ezáltal az ökológiai kockázati tényezők nagyobb súlyt kapnak. A mezőgazdasági felhasználás, mint a jövő rendszere emiatt csak óvatosan javasolható.

**Kulcsszavak:** iszap, felhasználás, mezőgazdaság, előrejelzés, Európa

A szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználása jövőjének becslése előrejelzési probléma, melynek biztonságát a befolyásoló tényezők sokasága határozza meg. Ezen sokaságot a különböző szennyvizek, a különböző szennyvíztisztítási- és szennyvíziszap-kezelési rendszerek okozzák, amelyek a nagyon különböző állagú, „szennyvíziszap” nevű termékhez vezetnek. Az elhelyezési mód mértékadóan a mezőgazdasági partner hozzáállásától is függ. A bizonytalanság végül is a konkurens elhelyezési módok miatt tovább nő, amelyek ugyancsak befolyással vannak a „szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználása” útjára.

Az előrejelzés kiindulási alapja általában a trend vizsgálata, vagyis az a próbálkozás, hogy a termék- vagy piacfejlődést a múlt és a jelen tapasztalatai alapján a jövőbe vetítsük. Erre próbálkozást mutat be az 1a ábra, ahol az az első három oszlopban (1975-1995) Németország (Német Szövetségi Köztársaság) szempontjából adódott. Az ábra három további oszlopa arra utal, hogy a Német Szövetségi Köztársaság különböző tartományai (Északrajna-Weszfália, Szászország és Alsószászország) a németországi egységes hulladék-elhelyezés tárgyú törvénykezés (Körforgásgazdasági- és Hulladék-törvény, Szennyvíziszap-rendelet, Települési Hulladékra Vonatkozó Műszaki Irányelv) ellenére regionálisan különböző elhelyezési módok léteznek.



1a ábra: 1975 és 1995 közötti trend a németországi szennyvíz-iszap-elhelyezés területén és Északrajna-Weszfália, Szászország és Alsószászország tartományok regionális különbségei

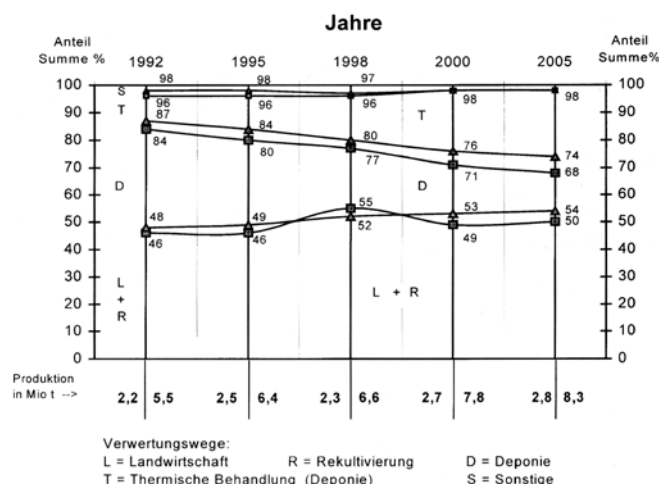
(Summe = összeg, Quellen = források, BRD = NSZK, NW = Északrajna-Weszfália, és S = Szászország, NS = Alsószászország, Deponie = depónia, Landwirtschaft = mezőgazdaság, Rekultivierung = rekultiváció, Landschaftsbau = tájépítészet, Thermische Entsorgung mit Deponie = termikus kezelés depóniával, Deponie und Zwischenlagerung = depónia és átmeneti tárolás, Kompostierung zur Verwertung oder Ablagerung = komposztálás felhasználás vagy lerakás céljából)

Egyértelmű, hogy a mezőgazdasági felhasználás (L) 1975 előtti igazán magas aránya 1975 után visszaesett, azután azonban a mezőgazdasági felhasználás és rekultiváció (L + R) kombinációban újra erőre kapott. Ha az okokat firtatjuk, a mezőgazdasági felhasználásnak a bemutatott 1985-ös szintre való visszaesése a dioxinbotrány következményeként létrejött zöldmezős tilalom számlájára írható. Új lendület 1990 után a mezőgazdaság és rekultiváció célzott alkalmazása miatt, különösen a keleti tartományokban volt megfigyelhető. A privát elhelyező ipar növekvő jelentősége is nagy befolyással volt. Az is egyértelmű, hogy a 20 éves megfigyelési időtartam alatt azon iszapmennyiségek aránya, amelyek víztelenítésen kívül más kezelési módszer nélkül kerülnek a hulladéklerakókra, különösen az utóbbi évtizedben jelentősen visszaesett – ez a Települési Hulladékokra Vonatkozó Műszaki Irányelv és a hulladékégetők növekvő jelentőségének következménye. Továbbá az is felismerhető, hogy a kezelési módok a tartományokban je-

lentősen különböznek egymástól. Így láthatóvá válik, hogy Északrajna-Weszfália tartomány elemzése esetén a depóniával összekapcsolt termikus kezelés (T) jelentősen elterjedt. A termikus kezelés ilyen mértékű növekedése Északrajna-Weszfália tartomány környezeti politikájával, a létesült termikus befogadóképességekkel és az energiaellátók erőműveikbe való szennyvíziszap-fogadásával kapcsolatos hozzáállásával függ össze. Ennek következtében a termikus kezelés nélküli, nem kezelt szennyvíziszap arányának (D) visszaesése a depóniában minden további magyarázat nélkül érthető.

Ha most összehasonlítjuk a Német Szövetségi Köztársaság (BRD) három oszlopát, Szászország (S) és Alsószászország (NS) tartományok oszlopait Északrajna-Weszfália (NW) tartomány oszlopával, világossá válik, hogy az felhasználási hányad, amely az NSZK-ban átlagosan 50%, Szászország tartományban már 63%, és Alsószászország tartományban egyedül a mezőgazdasági felhasználás 70% feletti értéket ért el [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Szászország tartomány számadatai esetében figyelembe kell vennünk azt is, hogy az itt keletkezett szennyvíziszapokról szóló nyilatkozatnak megfelelően a tartományban ténylegesen csak 12% kerül mezőgazdasági elhelyezésre, és 27% bukkan fel a rekultiváció/tájépítészet kategóriában. Ezen két számhoz azonban hozzátettük a Szászország tartományon kívüli, idegen elhelyezést is, mivel kiindulhatunk abból, hogy a Szászország tartományban keletkezett szennyvíziszapok egyrészt a szomszédos tartományok mezőgazdaságába vándorolnak ki, másrészt, ott is megjelennek a rekultivációban. A „komposztálás” néven megadott 13% esetében nem ismerhető fel, hogy ez a hányad felhasználáshoz vagy depóniába való lerakáshoz vezetett-e. Ezért ezt ebben az oszlopban különválasztva jelenítettük meg. A termikus kezelés Szászország tartományban kevesebb, mint 1%-os részarányal jelenleg alig játszik szerepet. A Szászország tartománybeli szennyvíziszapok talajjavító anyagként való felhasználásának magas részarányánál meg kell jegyeznünk, hogy Sachsen tartomány a szomszédos tartományok „terhére” folytat korlátozó felhasználási politikát. Más a helyzet Alsószászország tartományban, ahol a talajjavító anyagként való felhasználás a mezőgazdaság hatása által is támogatásra kerül, és ezzel a mezőgazdaság és a szennyvíztisztító telep-üzemeltetők közötti együttműködésből különösen magas felhasználási arányt (még a szomszédos tartományokban is) eredményez.

Az 1b ábrán mutatjuk be, amit ehhez a témához a brüsszeli EU-bizottság hozzász. A [7] szerinti ábrázolásmód a 2000-es évre vonatkozó extrapolációból indul ki, ahol az extrapolált irányzatok Németország fejlődési előrejelzéséhez hasonlóak.



1b ábra: Németország (négyzet) és az EU (háromszög) szennyvíziszap-kezelési irányjai [7] szerint

(Jahre = évek, Anteil = részarány, Summe = összeg, Produktion in Mio t = termelés millió tonnában, Verwertungswege = felhasználási vonalak, Landwirtschaft = mezőgazdaság, Rekultivierung = rekultiváció, Deponie = depónia, Thermische Behandlung = termikus kezelés, Sonstige = egyéb)

A Németországra érvényes fejlődési irány megfigyelése nyomán másodsorban a következőket lehet levezetni:

Az idő fontos eleme a fejlődési irány-megfigyeléseknek, a régió (a mindenkori szövetségi tartomány vagy hasonló terület) másik fontos összetevője a mezőgazdasági szennyvíziszap-elhelyezés jövőbeni fejlődésének.

Az emberi cselekvés alapja a saját megélhetésre való törekvés. Az embert elsődlegesen ezen módon az anyagi, vagyis a gazdasági cselekvés határozza meg. A munka szempontjából a társadalomra van utalva. Az érdekelentétek elkerülése érdekében a társadalom játékszabályokat, a cselekvések törvényi keretét fejlesztette ki. A gazdaságtan és a társadalom ilyen együttesét évszázadokon keresztül az emberiség történelme határozta meg. Az egyre növekvő változásokkal, amelyeket az ember okozott ebben a világban, egyre inkább arra kellett figyelni, hogy az emberiség antropogén intézkedései ne változtassák meg úgy a külső életkörülmények, hogy a gazdaság és a társadalom közti erőjáték károsodjon. Évszázadunk világméretű változásainak vonatkozásában ezzel az emberi együttélésnek új tényezője, a környezeti történet és az ökológia nyert jelentőséget. A gazdaság kétpólusú kapcsolatából így lett a gazdaság, a szociális helyzet és az emberi együttélés ökológiájának érdekháromszöge (2. ábra) [8].

Ezt a háromszöget akkor kell figyelembe venni, ha az emberi aktivitást kis és nagy valóságában kutatjuk. A mezőgazdasági szennyvíziszap-elhelyezés jövőjét is ilyen kapcsolati keretben kell megvizsgálni. A szennyvíziszap-elhelyezési vonalak továbbfejlődése befolyásoló tényezőinek kutatása során különböző időpontokban, különböző régiókban címszavak sokasága játszott szere-

pet. A 3.13-as ATV-munkacsoport régóta azon fáradozott, hogy e befolyásoló tényezőket kikristályosítsák, és hogy azokat a törvényileg hatékony pontokon, de belsőleg is, az elhelyezés biztosításának értelmében a pozitív fejlődés irányában alkalmazzák. A 2. ábrán azt a próbálkozást mutatjuk be, hogy ezen befolyásoló tényezőket hogyan lehet a fent említett gazdaság-szociális helyzet-ökológia kapcsolati háromszögbe besorolni.



2. ábra: Az szennyvíziszapnak talajjavító anyagkénti felhasználását befolyásoló tényezők [8]

(Soziales = szociális helyzet, Ökologie = ökológia, Ökonomie = gazdaság, Bildung = képzés, Gesundheit = egészség, Bevölkerungsdichte = népsűrűség, Industriedichte = iparsűrűség, Ernährung = táplálkozás, Stellenwert Umwelt = környezeti helyiérték, Ressourcen = készletek, Gesetzgebung = törvénykezés, Kompetenz = kompetencia, Entscheidungshierarchien = döntési hierarchiák, Belastung = terhelés, Wetter = időjárás, Wertstoffe = hasznosítható anyagok, Schadstoffe = káros anyagok, Erkenntnisse = felismerések, Nahrungsmittelindustrie = élelmiszeripar, Technische Entwicklung = műszaki fejlődés, Zahlungsanreiz = fizetési ösztönzés, Wirtschaftssituation = gazdasági helyzet, Kosten Düngemittel = trágyázószerek költségei, Bedarf = igény, Landwirtschaft = mezőgazdaság, Energiekosten = energiaköltségek, Werbung = hirdetés, Industriestruktur = iparszerkezet, Transport = szállítás, Produktqualität = termékminőség, Kaufkraft = vásárlóerő, Beschäftigung = foglalkoztatás, Information = információ, Wahlen = választások)

Itt kiderül, hogy a befolyásoló tényezők sarokpontokhoz való egyértelmű hozzárendelése nehézkes. Pl. a népsűrűség hová tartozó tényező? Olyan, amelyet a szociális területen kell figyelembe venni, vagy inkább az ökológiánál, amennyiben a tartós élelmiszer-termelésről van szó? Vagy gazdasági kérdés is, az élelmiszerek szállításával és a hulladékok elfogadható elhelyezési körzetbe való elszállításával?

Kiderült, hogy:

- a felsorolt befolyásoló tényezőket csak nehezen lehet a kapcsolati háromszögbe sorolni a különböző kölcsönös függőségek miatt és
- ezen befolyásoló tényezők időben, térben és súlyuknál fogva az elhelyezési módra különböző jelentőségűek.

Ezt a helyzetet a következő megfontolás alapján tovább kell elemezni a szennyvíziszap-elhelyezés alkalmazásához:

### Ökológia kulcsszó:

Több szennyvíztisztítás több szennyvíziszapot jelent. Több szennyvíziszap több hulladékot jelent.

Több ipari termelés csekélyebb készleteket jelent.

Több ipari termelés ugyancsak több hulladékot jelent.

Könnyen felismerhetjük, hogy az egyes megnevezett befolyásoló tényezők kapcsolati kijelentéseiben különböző függőségi viszony áll fenn. A csökkenő készletek az ember olyan megfontolásához vezethetnek, hogy belegondolunk, hogy a készletfogyasztást csökkentjük vagy a meglévő készleteket a többszöri használat (Recycling) segítségével időben meghosszabbítjuk. Ez a szennyvíziszap szempontjából a következőket jelenti: a foszfátok, mint készlet korlátozott mennyiségben állnak rendelkezésre. A társadalom jól tesz azáltal, hogy a tartós gazdaság (szociális helyzet, gazdaság) értelmében megpróbálja a foszfátokat a hulladékokból (a szennyvíziszapból) újra bevinni a termelésbe (mezőgazdaságba). Itt fontos azt felismerni, hogy a kiindulási nyersanyag megváltozik az újrafelhasználás során. Hulladékként szükségképpen – mint ahogy nyersanyagként is, azonban adott esetben többszörösen – kísérő anyagokkal van szennyezve. A tartósság célját szem előtt tartva most meg kell próbálni a szennyvíziszapnak, mint nyersanyag javítását az elkerülhetetlen „terhelő” anyagok szempontjából és ezen kívül korlátozó intézkedések segítségével tolerancia-keretet kell létrehozni. Ily módon a kapcsolati háromszög második sarkához érkezünk:

### Szociális helyzet kulcsszó:

Éppen a már említett „terhelés” fogalmával a cselekvési keret egy további befolyásoló mechanizmusa válik megismerhetővé. A következő gondolatmenetet lehet provokatív módon továbbfejleszteni:

Minél több ismeretlen tényező létezik a terhelésekben (veszélyeztetettség), annál több félelmet keltünk.

Több félelem érdekesebb híreket eredményez.

Negatív kicsengésű főcímek kedvezőtlenebb benyomáshoz vezetnek.

Az élelmiszeripar tisztaembereinek negatív hirdetése által romlik a szennyvíziszap piaci helyzete.

Ezzel szemben a gondolatlánc „növekvő felismerései” kedvezőbb törvényhozáshoz vezethetnek, és ezzel



csökkenthetik a szükségtelen intézkedésektől való félelmet, sőt, adott esetben teljesen meg is szüntethetik azt.

Az egyre növekvő felismerések döntési alapot szolgáltatnak a tűrőhatárok rögzítése számára.

Az egyre növekvő ismeretek megadják számunkra azt a lehetőséget, hogy politikai elsőbbséget definiáljanak az elhelyezési lehetőségek számára.

A biztos politikai kártalanítások megkönnyítik a környezeti beruházásokat.

### Gazdaság és szociális helyzet kulcsszavak:

Ezen megfontolások alapján további összefüggésre derül fény, mégpedig arra, hogy a kedvezőbb törvényhozás nem csak gazdasági döntési biztonságot, hanem költségeket is okoz. Világossá válnak a gazdasági kapcsolatok, és tézisekbe lehet foglalni őket:

Nagyobb vásárlóerő a társadalomban hatékonyabb környezetvédelmet eredményez.

Kisebb vásárlóerő takarékosagra kényszerít.

A környezeti takarékosági kényszer csökkenti a biztonsági tartalékokat.

A biztonsági tartalékok lecsökkentése magasabb környezeti terheléshez vezet, gyakori határérték-túllépésekkel vagy az ökológiailag kevésbé kívánatos technológiák elterjedéséhez, esetleg alacsonyabb költségek mellett.

A költségérv uralja a környezeti politikát.

Azokban az országokban, ahol minden látható hátrány nélkül a hatékonyabb környezetvédelem érdekében mozgósítható a nemzetgazdaság számára gazdasági áramlás, tenni is fognak valamit a jobb környezetvédelemért. Ezzel szemben azonban a csökkenő vásárlóerő az olcsóbb kezelésre való hajlamot növeli. A szennyvíziszaptól való olcsó megszabadulás előnyt élvez a környezetbarát szennyvíziszap-elhelyezéssel szemben.

A takarékosági kényszer továbbra is megköveteli a törvényi keretek megszigorítását (szociális helyzet kulcsszó). Másrészt a kisebb vásárlóerő a mezőgazdák kisebb bevételét is jelenti. Minél érthetőbbé válik a szennyvíziszap haszna (a lehetséges terhelésekhez viszonyítva), annál kedvezőbben alakul a szennyvíziszap-piac.

Nem minden, a 2. ábrán bemutatott befolyásoló tényezőt lehet és kell ezen cikk keretein belül elemezni. Néhány összefüggés bemutatása után fontos az, hogy az uralkodó fejlődésekre összpontosítsunk. Ahogy azt bevezetőleg már említettük, a „gazdaság” domináns fogalom az emberi cselekvés során. Ez a megállapítás a szennyvíziszap-elhelyezésre is érvényes. Ez a tény a ma legfontosabb kezelési vonalak, a

- mezőgazdasági felhasználás,
- a víztelenítés utáni deponálás,
- a szerves összetevők elégetése utáni deponálás,
- a rekultiváció

példáján közelebről is vizsgálható. A gazdaság a célirányos cselekvésben a haszon maximalizálását jelen-

ti, egyidejű költségminimalizálás mellett. A kiindulási megállapítás szerint a szennyvíziszap-elhelyezést mértékadó módon a kezelési költségek határozzák meg. Az említett elhelyezési vonalak költségeinek fejlődését az elmúlt öt évben az 1. táblázat tartalmazza.

Az iszapelhelyezés módszere	Költségek [DM/t] Szárazanyag-tartalom (TR)		
	1993 [9]	3/1997 [10]	1998 [11]
Víztelenített iszap felhasználása átmeneti tárolással	350-1.000	650	500
Deponálási költségek lerakás esetén, víztelenítési költségekkel együtt, 35% TR-ig	800-1.200	1.050	650
Barnaszén tüzelésű erőműben való égetés –szárítás nélkül	* 900-2.000	900	725
Rekultiváció			525

\* Monoégetés vagy hőerőműben történő égetés, szárítással együtt

### 1. táblázat: A szennyvíziszap-kezelés költségeinek (árainak) fejlődése, beleértve az átlagos, 250 DM/t-ás víztelenítési költségeket is

A költségek összehasonlításánál figyelembe kell venni, hogy a piaci ár nem egyedül mértékadó a rendszer összköltsége szempontjából. Erről korábban írtunk [9]. A döntő jelentőségű az, hogy azon költségeken túlmenően, amelyek a mindenkori elhelyezési vonalra adódnak, víztelenítési-, szárítási-, talajelemzési-, szennyvíziszap-elemzési-, ellenőrzési-, logisztikai költségek is keletkeznek, amelyek a kínálatnak megfelelően hozzá kell hogy adódjanak a tulajdonképpeni piaci árhoz, mint adott esetben figyelembe nem vett költségek, amit többszörösen készakarva vagy a költség-összehasonlítások nem-ismerete esetén nem vesznek figyelembe. Az 1. táblázatban ez a víztelenítési költségek átlagos figyelembe vétele mellett történt, 250 DM értékben. A tendencia jobb leírhatósága érdekében a táblázatban az 1993 és 1998, tehát az elmúlt 5 év költségének fejlődését írtuk le. Az 1993-as évre vonatkozó költségadatok egy 1995-ös adat [9] alapján kerültek megállapításra. Az 1995-ös év első adatait 1997-ben hozták nyilvánosságra, egy, a TERRATEC keretén belüli rendezvényen [10]. Az 1998-ra vonatkozó sorok az EnviQ [11] magán közleményei szerint, a Rajna-vidék nagyvárosai szennyvíziszap-elhelyezésének pályázati eredményei alapján keletkeztek. Az általában ár/t víztelenített iszap-ban megadott értékeket DM/t szárazanyag-ra számítottuk át és hozzáadtuk a megfelelő víztelenítési költségeket.

A költségelemzés a mezőgazdasági szennyvíziszap-felhasználást az átlagosan legkedvezőbb kezelési vonalként ábrázolja. Azonban a rekultiváció is olcsó megoldásnak mutatkozik, tehát nem csoda, hogy mind össznémet átlagban, mind az egyes tartományokban a talajjavító anyagkénti szennyvíziszap-felhasználásnak van a legnagyobb részaránya. A deponálással kombinált égetési feltételek árban jelentősen csökkentek. Ez a barnaszénipar kedvező kínálatának a következménye; az égetés árszínvonala 1993 óta jelentősen csökkent, tehát a szennyvíztisztítótelep-üzemeltetők a még ugyan mindig magasabb árak ellenére sokszorosan előnyben részesítik a termikus kezelést, az ezzel kapcsolatos, szavatolt elhelyezési biztonság miatt. Azonban a deponálási költségek is jelentősen csökkentek az elmúlt öt évben. Ebben a fejlődésben az általánosan csökkenő hulladékmennyiség melletti depónia-üzemeltetés fixköltségei fedezésének szükségessége fejeződik ki. A csak víztelenített iszapok megnövekedett mennyiségű lerakása azonban, a depónia általános elutasítása okán, egyre kevésbé kerül szóba.

A költségelemzés különben azt is megmutatja, hogy a mezőgazdasági felhasználás és a rekultiváció között csak csekély mértékű költségkülönbség van, amelyet részben a hosszú távolságokon való szállítás befolyásol. Amennyiben a mezőgazdasági felhasználás költségei járulékos követelmények miatt megemelkednek, látható, hogy pl. a rekultiváció (lehetőleg időben korlátozott) és a tájépítés számára magasabb részarány jut.

Még a szennyvíztisztító telepeken is egyre növekvő mértékben élveznek előnyt a költségérvek a környezeti prioritások előtt. Ez oda vezet, hogy egyes esetekben a szennyvíztisztító ipar csalásai felett szemet hunynak az olcsóbb kezelési módok javára. Ezen kívül nem szeretnék a meglévő „tisztítási biztonságot” kényelmetlen intézkedésekkel terhelni. Olcsó ellenőrzéseket tartanak, annak bizonyítására, hogy teszünk valamit a környezetvédelem érdekében.

A szennyvíziszap-felhasználás fejlődését gyakran összekapcsolják az elfogadás fogalmával. A szennyvíziszap-termelők számára természetesen a keletkező elhelyezési költségek jelentik az elsődleges elfogadási-tényezőt. Ez elméletileg a csökkenő számú mezőgazda számára érvényes, akinek ismernie kell a szennyvíziszap értékét ahhoz, hogy azt a gazdaságában figyelembe vehesse. Aki ezt a kérdést meg akarja válaszolni, nem a környezetpolitikai célirányos vita, hanem a hozzáértő szakhatóságok szakszerű információi felé kell fordulnia. A Szászország tartománybeli Tartományi Hivatal 11/98-as információja a mezőgazdaság [5] számára a következő táblázatot állította össze:

Tápanyagok	Összmeny-nyiség [t]	Átlagos mennyiség [kg/ha]	Az 1. évben a növények számára hasznosítható [kg/ha]
Szervesanyag	6396	2676,0	2676,0
Össznitrogén	401	167,4	16,7
Ammónium-nitrogén	56	23,6	11,3
Foszfát (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	422	176,6	kb. 53,5
(Foszfór)	186	77,4	kb. 12,5
Káliumoxid (K <sub>2</sub> O)	50	21,1	21,1
(Kálium)	42	17,9	17,9
Lúgos hatóanyag (CaO)	1812	758,2	758,2

2. táblázat: Szennyvíziszappal, szennyvíziszap-komposztal és szennyvíziszap-keverékkel 1997-ben átlagosan kihordott tápanyag-tartalom Szászországi tartományban [5]

Ugyanebben a műben [5] a következőket találjuk: „A szennyvíziszap humuszt helyettesítő teljesítménye az üzemi, illetve a fajtára vonatkoztatott humuszmérleg alapján kerül besorolásra. Általában megjegyezhető, hogy 5 tonna száraz szennyvíziszap 10 tonna istállótrágya humuszt helyettesítő teljesítményének felel meg a felhasználás évében.” A nitrogénre, mint szükséges növényi tápanyagra vonatkoztatva a következőképpen fogalmaz: „Összefoglalva rögzíthetjük, hogy a víztelenített szennyvíziszapok N-hatása alárendelt, a mezőgazdaság számára nem keletkezik számottevő anyagi előny és erre vonatkozatható környezeti hatástól nem kell félni (téli N-kimosódás). Ennek ellenére a nitrogénvesztéseket a lehető legalacsonyabb értéken kell tartani, mert a szerves nitrogéntrágyák előállítása nagyon energiaigényes folyamat.”

A foszforral kapcsolatban így nyilatkozik:

„A szennyvíziszapok mindenfajta különbözősége ellenére meg kell állapítani, hogy a mosószerek általi foszforbevitel hiánya ellenére a szennyvíziszap alapvetően foszforalapú trágya (2. táblázat). Ezek alapján 1997-ben 5 t száraz tömeggel átlagosan 77,4 kg P/ha-nyi mennyiséget vittek ki a 3 éves időszakra vonatkoztatva. Teljes növényi hasznosítás esetén ezzel a termelési mérték alapján a fent nevezett időszak kb. teljes mennyisége ki-egyenlíthető.” [5]

A mész szempontjából a következőket állapíthatjuk meg:

„A szennyvíziszap mésztartalma 60%-nál nagyobb mértékben tartozik az átlagos szennyvíziszap-termelés gazdaságilag értékesíthető tápanyagai közé és ezzel különösen nagy jelentőségű a mezőgazdák számára. Magas mésztartalmú szennyvíziszapok várhatóan kisebb tápanyag- és károsanyag-tartalommal rendelkeznek (hígítási hatás).” [5]

További elfogadási tényezőként a „környezeti félelem” fogalmát említhetjük. 1999. február 3-án került megrendezésre a bonni székhelyű Tartományi Környe-

zetvédelmi Minisztériumban egy, a mezőgazdasági szennyvíziszap-felhasználás elfogadásáról szóló ülés [12]. Hadd idézzük az összefoglaló vitából a következő kijelentéseket:

- *A mezőgazdaságilag hasznosítható területeket nem szabad hulladék-elhelyezésre használni.*
- *A szennyvíziszap-felhasználás a talaj meglévő foszfát-túlterhelése esetén nem célszerű.*
- *A szennyvíziszap trágyázási céllal történő mezőgazdasági hasznosítása nélkülözhető.*
- *A szennyvíziszap-felhasználás rendszeresen megköveteli a tápanyag-mérleg felállítását; a szennyvíziszap termelése és felhasználása adott esetben díjazandó.*

A vita résztvevőinek kijelentési irányzata felismerhető. Ellentétben áll a fent idézett szakmai megállapításokkal. A fenti kijelentéseket a következőképpen egészíthetjük ki: *Amennyiben a szennyvíziszapok átlagos tápanyag-tartalmát összehasonlítjuk az ásványi trágyák szokásos tápanyag-költségeivel, a foszfor esetében átlagosan 140 DM/5 t szárazanyag-ot kapunk, ami a szennyvíziszap tápanyagfüggő előnyös hatásának kerekén 30%-át teszi ki [5]. A szántóföld ügyes hasznosítása esetén ezzel 140 DM/0,3 = kerekén 450 DM-t kapunk eredményül hektáronként és 3 évre vonatkoztatva a hasznosított területen.*

Azonban a károsanyag-oldal sem maradhat értékelés nélkül. Hadd idézzünk ehhez a témához is a már említett Szászországi tartománybeli Agrárszövetség 11/98-as információs kiadványából [5]:

*„A nehézfémeket még mindig a vita középpontjába kell helyezniük.”*

Kiegészítőleg hozzáfűzik:

*„Amennyiben az 1997-ben Sachsen tartományban termelt szennyvíziszapok átlagos kadmiumtartalmát is figyelembe vesszük, ami 2,1 mg/kg szárazanyag-ot tesz ki, úgy a tápanyagra vonatkoztatott kadmium-terhelés átlagban 0,109 g kadmiumot jelent a foszfor kilogrammjaként, a foszfor feltételezett teljes felvétele esetén. A triple-, ill. szuperfoszfátok esetén ez az érték 0,174 g kadmium foszfor kilogrammonként, vagyis az 1,6-szerese.” [5]*

Itt a szerző egy lehető legmesszebbmenő biológiai foszforeltávolításból indul ki, ahogy azt napjainkban a nagyobb szennyvíztisztító telepeken már gyakran alkalmazzák, kisebb szennyvíztisztító telepek esetén pedig szorgalmazzák az alkalmazását.

Egyéb nehézfémekre vonatkoztatva megállapítható:

*„A réz szükséges növényi tápanyag. A túl magas réz-tartalomnak arra érzékeny növényfajták számára phytotoxikus hatása van (50-150 ppm tartalom felett a talajban). A tápláléklánc emberre való veszélyeztetettsége miatt nem kell aggódni. A fémek közül a cinknek van a legalacsonyabb mérgező hatása a talaj élőlényei számá-*

*ra. A növények számára a cink esszenciális mikro-tápanyag. Az ólom esetén figyelembe kell venni a közismert gyökérrügy-réteget (magszállítás a növénybe).” [5]*

Ezzel ellentétben újra idézzük a Szövetségi Környezetvédelmi Minisztérium érdekképviselőjének véleményét [12].

*A mezőgazdasági növényekre való káros hatások nem zárhatók ki, pl. a szerves károsanyagok tekintetében.*

*A mezőgazdasági tevékenységre használt területeket nem lehet hulladék-elhelyezésre használni.*

Ha összehasonlítjuk ezen kijelentéseket a Szászországi tartománybeli Mezőgazdasági Szövetségi Hivatal hasonló kijelentéseivel, legalábbis azt kell megállapítanunk, hogy a mindenkori előadónak szükségük van szakmai minősítésre.

Ezen tárgyalásban természetesen nem kezelhetünk minden vegyszert ugyanolyan alapossággal, és talán néhány, egyes esetekben jelentős nehézfémre csak kevés figyelem jut. A szerves károsanyagok még hiányoznak – de ahogy azt a nehézfémeknél is megjegyezhetjük, ezeket, amennyiben létjogosultságuk elismerésre kerül, lecsökkenthetjük olyan koncentrációs mértékre, hogy az előzőleg meghatározott tolerancia-határt időközben jelentősen alulmúltuk, mint ahogy azt az eddig megfigyelt dioxinok vagy PCB-k bizonyítják. Amit ehhez kiegészítésként mondani lehet, azt már kifejtettem a Korrespondenz Abwasser c. szakfolyóirat egy korábbi cikkében [13].

Meg kell jegyezni, hogy nem csak a másodlagos nyersanyagok mezőgazdaságban való alkalmazásának okán célszerű tápanyag- vagy károsanyag-mérlegekkel dolgozni, hanem mert ennek alapvetően a környezeti szemléletű mezőgazdasági gyakorlat követelményének kellene lennie.

Végül a február 3-i vita kijelentését [12] kell megvitatni, hogy a szennyvíziszap-felhasználás növelését nem lehet jogi szabályozások segítségével elérni.

Ez a kijelentés hamis. Ha a tervezett környezeti törvénykönyvben össze lenne kapcsolva az elhelyezési elvek betartása a törvényi rendelkezéssel, akkor az államügyész is abban a helyzetben lenne, hogy követesse a rendszer ellentmondásait. Egy másik megoldást jelentene valamely járulék bevezetése, amely arra szolgálna, hogy a nemkívánatos kezelési vonalak gazdasági előnyeit kikapcsolja. Adott esetben azt eredményezné, hogy a hulladék, mint másodlagos nyersanyag a kívánt irányba haladjon tovább.

A törvényi kereteken belül várható némi mozgás, ami a mezőgazdasági felhasználás jövője számára jelenthetne változásokat. Ide tartozik a komposzthoz felhasznált szennyvíziszap éppen a Biohulladék-rendeletben megkövetelt fertőtlenítésének átültetése. Itt a legnagyobb jelentőségű az lesz majd, hogy az ebből keletkező költségek helytállnak-e a rekultivációs költségekkel való ösz-

szezhasonlításban. A mésszel történő fertőtlenítés esetén ezt a mezőgazdász számára magasabb érték-részarány egyenlítheti ki. Egyéb módszerek esetén lehetséges, hogy egyéb kezelési módok érdekesebbek lehetnek.

A fertőtlenítés ilyen módú megkövetelése egyébként az EU-szennyvíziszap-direktíva kiegészítésében is vitára ad okot. Legkésőbb ezen törvény-kiegészítésnek a német törvényhozásba való beillesztésekor várható ilyen helyzet. Mindenesetre a törvényalkotás időintervalluma még nyitott. A törvényt valószínűleg nem hozzák meg a 2000-es év vége előtt.

Az EU-direktíva [14] további újdonsággal is szolgál: ez az egyéb szerves károsanyag-paraméterek lehetséges felvétele, ahogy azokat jelenleg az érvényes Szennyvíziszap-rendelet tartalmazza. Ez a tény Németország számára is kötelezővé tenné a Szennyvíziszap-rendelet kiegészítését. Várható, hogy a szennyvíziszapnak a német törvénykezésben való kivételezett helyzete megszűnik és beolvad egy egységes törvényi műbe, mégpedig adott esetben a Biohulladék-rendeletbe.

A fenti fejtegetéseket a következő nyolc megállapításban lehet összefoglalni:

A múltbeli fejlődést beavatkozások jellemzik. Az extrapolációknál ezen tény a körzet megadásával kell figyelembe venni.

Az EU-bizottság a tervezés során stabil felhasználási adatokból indul ki Németország esetén, és általában az EU-nál is.

A tényleges fejlődést az ökológia – gazdaságosság – szociális helyzet-feszültségi mező határozza meg.

A szennyvíziszap-kezelés operatív tartományában a gazdaságosság dominál. Az ökológiát csak törvényes szabályokkal, szankciókkal és ellenőrzések segítségével lehet tartósan biztosítani. A törvényhozást gazdaságossági ösztönzések kísérhetik.

Ökológiai érdekek átviteléhez szükséges a választók környezettudatának és képviselőik ismereteinek fejlesztése. A nem ökológiai viselkedés hátrányait világossá kell tenni.

A törvénykezés útján az ökológia a pártok ideológiai kényszerébe került. Szakmai szervezeteknek és szakmailag felelősöknek kell pártokra kiterjedően információs rendszereket üzemeltetniük, a szakmailag megalapozott befolyásoláshoz.

Összefüggések és a besorolást elősegítő gondolkodásmód szükséges. A haszon és a kár számításánál nem csak koncentrációkról, hanem terhelésekről, anyagáramokról és csatolt rendszerek hatásainak összehasonlításáról is szó van.

Az EU a szennyvíziszap-direktíva kiegészítését tervezi. Németországban ezzel új szerves paraméterek és fertőtlenítési előírások kerülnek szóba. Ilyen előírások épülnek be adott időben a szerves hulladékok felhasználási előírásainak egységesítésére vonatkozó folyamatban

lévő német törekvéseibe. Ha az új paramétereknek be kell épülniük a német törvénykezésbe, gazdasági okokból szükséges lesz, hogy más jellegű tehermentesítést találjunk. Ez pl. a paraméterek elemzési költségeinek csökkentése által lehetséges, amelyeket időközben jelentéktelenné nyilvánítottak, vagy törvényi rendelkezések által a törvények szövegében adott kezelési prioritások be nem tartása esetén.

A korábbi kijelentésekkel szemben ma már nem vagyok benne olyan biztos, hogy a szennyvíziszap talajjavító anyagkénti felhasználása elméletileg helyes kezelési módja a gyakorlati kivitelezési kockázatok háttere előtt és a jó szándék határának általános túllépése mellett, ha elfogy a pénz, még helyes. Az elhelyezési biztonság mást is magában foglalhatna és a biztos elhelyezés javaslatát tartalmazhatná a jövő számára.

Összefoglalóan azt mondhatjuk, hogy a peremfeltételek itt nevezett járhatatlansága nem enged meg statisztikailag biztosított trendelemzést. Annak kijelentése, hogy melyik fejlődési út kerül átültetésre a szennyvíziszap-elhelyezési piac jövőjében, általában, speciálisan a mezőgazdasági felhasználás esetén, jelenleg nem tűnik lehetségesnek. Mindenesetre rövidebb, 5 – 8 éves időtartamokra vonatkozó, és csak helyileg korlátozott fejlődések és döntések bizonyos mértékben biztosan előre jelezhetőek és ezzel az adott esetben szükséges beruházási döntések meghozhatóak. Azonban minden esetben egyedi elemzésre van szükség.

## Irodalom

- [1] Witte, H., Schenkel, W.: Stand der Klärschlammverwertung in der Bundesrepublik Deutschland; Korrespondenz Abwasser, Heft 11/1984, Seite 912-915
- [2] Witte, H., Keding, M., Langenohl, T.: Klärschlamm-sorgung unter Berücksichtigung des neuen Abfallgesetzes – Klärschlammverwertung; Korrespondenz Abwasser, Heft 4/1987, Seite 318-328
- [3] errechnet aus BRD-Bericht EU; veröffentlicht in Umwelt Nr. 3/1999, Seite 126-130
- [4] IWB: Einsatz von Hilfsstoffen zur Abwasserreinigung auf kommunalen Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen; ATV-Schriftenreihe Nr. 13, Dezember 1998
- [5] Mönicke, R., Kühn, I.: Zur landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung; Infodienst 11/98 für Beratung und Schule der Sächsischen Agrarverwaltung, Freistaat Sachsen, Seite 34-55
- [6] Bericht Niedersachsen zur Klärschlamm-sorgung an BRD zur Weiterleitung an EU-Kommission – persönliche Mitteilung der Landwirtschaftskammer Hannover
- [7] Marmo, L.: Vortrag EUREAU, Kontaktgespräch mit der EU-Kommission am 25. Februar 1999, Antwerpen
- [8] Witte, H.: Die thermische und stoffliche Klärschlammverwertung in der Akzeptanzdiskussion, Wasser und Abfall, Heft 5/1999, Seite 56-61
- [9] Witte, H., Langenohl, T.: Kostenanalyse zur Bewertung der Qualität der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung; Korrespondenz Abwasser, Heft 9/1995, Seite 1542-1550

- [10] *Witte, H.*: Strategische Aspekte der Klärschlammensorgung; ATV-Seminar Entscheidungshilfen im Rahmen der TER-RATEC Leipzig, 5.-6. März 1997
- [11] EnviQ: Durchschnittswerte 1998 von Zuschlagsbeträgen der landwirtschaftlichen Klärschlammwertung von Grossstädten im Rheinland – persönliche Mitteilung
- [12] Ergebnisprotokoll BMU vom 3. Feb. 1999, Az.:WA II 4 – 30115 – 1/9
- [13] *Witte, H.*: Noch mehr Gift im Klärschlamm? Korrespondenz Abwasser, Heft 5/1998, Seite 962ff
- [14] Richtlinie des Rates vom 12. Juni 1986 über den Schutz der Umwelt und insbesondere der Böden bei der Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft (86/278/EWG – Amtsbl. Nr. L 181 vom 4. Juli 1986, Seite 6)
- [15] *Witte, H.*: Vortrag vor dem Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie im Rahmen der IFAT99 München, 4.-7. Mai 1999

## MÉLYÉPTELV KOMPLEX MÉRNÖKI Rt.

1012. Budapest, Várfok u. 14.

Tel.: 214-0380\*, 355-4176, 355-5299, 355-5683, Fax: 375-4616

E-mail: [melyepterv@mail.matav.hu](mailto:melyepterv@mail.matav.hu)

A MÉLYÉPTELV Komplex Mérnöki Rt. az 1948-ban alapított Mélyépítési Tervező Vállalat (MÉLYÉPTELV) II. Komplex Irodából 1992-ben alakult Mélyépterv Komplex Mérnöki Kft. 1995. februári átalakulásával létrejött - 100%-ban magántulajdonú - részvénytársaság.

A tulajdonosok kizárólag a cég alkalmazottai. A cég tulajdonát képezi a több mint 700 m<sup>2</sup> alapterületű kétszintes tetőtéri iroda. Az állandó alkalmazottak száma 70 fő.

A társaság elsősorban a mélyépítési ágazat területén végez komplex tervezést a víziközművek hálózati rendszereinek, s azon belül pontszerű, telepszerű létesítmények megvalósításában, illetve a meglévők bővítésében, átalakításában és rekonstrukciójában.

### *Tevékenységi területek, szakágazatok címszavakban:*

- ☞ Vízellátás, vízgazdálkodás,
- ☞ Csatornázás, vízvezetés,
- ☞ Vízisztítás, szennyvíztisztítás,
- ☞ Vízállítás-technológia, speciális szivattyútelepek,
- ☞ Mélyépítés, magasépítés, szerkezetépítés,
- ☞ Különleges mérnöki műtárgyak,
- ☞ Villamosenergia-ellátás, műszer-, automatika,
- ☞ Épületgépészet, gázellátás,
- ☞ Környezetvédelem.

A társaság évről évre fejlődik, melyet kifejez az árbevétel és a vagyon növekedése, valamint a tervezési módszerek korszerűsítése terén elért eredmények. Tevékenysége elsősorban hazai nagyobb beruházásokhoz kötődik, és sok esetben dolgozik külföldi cégekkel.

# A NITRIFIKÁCIÓ NÖVELÉSE ÉSZAK-AMERIKAI SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEKEN

Glen T. Daigger\*, Denny S. Parker\*\*

\*CH2MHILL, 100 Inverness Terrace East, Englewood, Colorado 80112 USA

\*\*Brown and Caldwell, P. O. Box 8054, Walnut Creek, California 94596-1220, USA

## KIVONAT

A szennyvíztisztító telepek tervezői és üzemeltetői a nitrifikációt is biztosító eleveniszapos eljárást, mint nagy hidraulikai tartózkodási idejű (HRT) folyamatot tartják számon. Az elmúlt időszakban számos módszert próbáltak ki az eleveniszapos telepeken a nitrifikáció hatásfokának növelésére. Az eredmény – ha ezeknek a módszereknek a megfelelő együttesét alkalmazzák – a biológiai folyamatok tartózkodási idejének és ezzel párhuzamosan a szennyvíztisztító telepek költségeinek (és a helyigényének) jelentős csökkenése. Jelen tanulmány számos tényezőt, többek között az egyes „technikák” alapját szolgáló ismereteket és ezeknek a nitrifikációra történő tervezés folyamatára gyakorolt hatását vizsgálja meg, néhány Észak-amerikai telep bemutatása mellett.

## KULCSSZAVAK

Nitrifikáció, szennyvíz összetétel, dugattyús áramlás, szelektorok, lépcsős betáplálás, pH szabályozás, vegyszeradagolással intenzifikált mechanikai kezelés.

## BEVEZETÉS

A szakmában a korábbi időszakban legfőképp az öt napos biokémiai oxigénigényben ( $BOI_5$ ) és a kémiai oxigénigényben mért szervesanyag eltávolítás mérését tartották fontosnak. Napjainkra azonban felismerték a növényi tápanyagok – ammónium-nitrogén, összes nitrogén és a foszfor – kibocsátás fontosságát is. Ennek eredményeként az új szennyvíztisztító telepek esetében, illetve régi telepek intenzifikálásánál ezeknek a szennyezőknek az eltávolítása is cél és így a tervezési gyakorlat részévé is válik. Jelenleg csupán néhány száz Észak-amerikai szennyvíztisztító telepen szükséges a nitrogén és foszfor eltávolítása, de az közeli jövőben számos telepen kell majd a tisztított vízben az ammónia koncentrációt csökkenteni. A nitrifikáció – vagyis az a biológiai átalakítási folyamat, amely az ammónia-nitrogént nitrát nitrogénné alakítja – minden biológiai folyamatnak szükséges része, amely ammónia nitrogént, és/vagy összes nitrogént távolít el. A nitrifikáló baktériumok szaporodási sebessége sokkal kisebb a szerves anyagot bontó heterotróf baktériumokénál. Emiatt hosszabb aerob iszaptartózkodási idő (iszapkor – SRT) biztosítása szükséges az eleveniszapos folyamatokban a nitrifikáló szervezetek növekedéséhez. Az eredmény – amennyiben egyébként változtatás nem szükséges – sokkal nagyobb

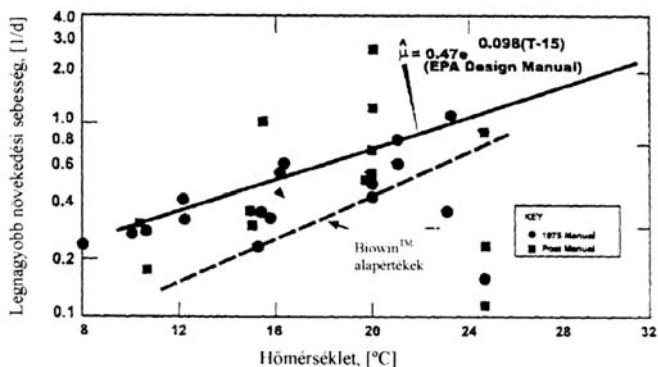
iszap mennyiség szükséges, amely nagy hidraulikai tartózkodási időt biztosító biológiai reaktortérfogatot igényel és rendszerint nagyobb méretű ülepítő medencét is. Ennek eredményeként nagyobb beruházási költséggel épültek nitrifikációt biztosító szennyvíztisztító rendszerek, melyeknek így a területigénye is nagyobb volt. A jelentős gazdasági ösztönzés és a városi telepeken a szűkös rendelkezésre álló területek miatt sokféle módszert dolgoztak ki a nitrifikáció biztosításához szükséges biológiai reaktor méretének csökkentésére. Ilyenek voltak például (1) a szennyvízösszetétel vizsgálatának „finomítása” (2) dugattyús áramú aerob zónák alkalmazása (3) az iszap ülepítésének javítására szelektorok alkalmazása (4) nitrifikáló szervezetek „adagolása” (5) lépcsős szennyvíz betáplálás (6) pH beállítás az optimális nitrifikációs sebesség beállítására (7) a teljes rendszer integrációja (8) szervesanyag eltávolítás a nitrifikációt megelőzően. Jelen tanulmány ezekről a módszerekről gyűjtött információkat összegzi, elméleti alapok és gyakorlati alkalmazások segítségével.

## A SZENNYVÍZÖSSZETÉTEL VIZSGÁLATÁNAK „FINOMÍTÁSA”

Az IAWQ (International Association on Water Quality) eleveniszapos modelljei (Activated Sludge Model – ASM) és azoknak gyakorlati alkalmazásai felhívták a figyelmet a szennyvízösszetétel pontos ismeretének szükségességére (Reid Crowther and Partners, Ltd., et al., 1994, Henze, et al., 1987, 1995). A szennyvíznek számos összetevője van hatással a nitrifikációra történő méretezésre, ezek közül azonban a két legfontosabb a biológiailag nem bontható lebegőanyag mennyiségének és a nitrifikáló mikroszervezetek legnagyobb szaporodási sebességének ismerete. A biológiailag inert lebegőanyagok az iszapban akkumulálódnak az SRT és HRT arányának függvényében. Bizonyos esetekben ezek az eleveniszap jelentős részét is kitehetik (lásd pl. Garman et al., 1996). Tekintettel arra, hogy a reaktor méretének meghatározása ezeknek az akkumulálódott anyagoknak a függvényében történik, az inert lebegőanyagok mennyiségének ismerete a nyers szennyvízben elengedhetetlen.

A nitrifikáló szervezetek legnagyobb fajlagos növekedési sebességéről és az azt befolyásoló tényezőkről az irodalomban számos publikáció jelent meg. Ezek az EPA (Environmental Protection Agency) tervezési segédleteiben (Parker et al., 1975, Schleibe et al., 1993) is

megtalálhatók. Az 1. ábra több kutató által gyűjtött adatokat összegzi és hasonlítja össze az EPA tervezési segédleteiben ismertetett görbével, továbbá egy viszonylag széleskörűen alkalmazott, az ASM 1-es verzió alapuló modell adatait tartalmazza. Adott hőmérséklet esetén, a nitrifikáló szervezetek legnagyobb szaporodási sebességei között kétszeres különbségek is megfigyelhetők az EPA tervezési egyenlet alatt és felett is, mely kétszeres eltérést jelent a hatékony nitrifikációhoz szükséges aerob SRT-k között. Mialatt ezt a különbséget számos tényező befolyásolhatja, a változás egyik okaként bizonyosan a szennyvíz szennyezőit nevezhetjük meg. Ebből sok kutató azt a következtetést vonta le, hogy a nitrifikáló szervezetek legnagyobb fajlagos szaporodási sebességét minden szennyvíz esetében mérni szükséges. A növekedési sebességek eltérő nagysága kétségtelenül a kis sebességek használatának irányába tolt el a hagyományos modellekben alkalmazott alapértéket. Az alapértékek használata azonban túlméretezéshez vezethet, például 16 C esetén a hagyományos modellek alapadatainak alkalmazásával a bioreaktor kétszeres térfogatot jelentene az EPA segédlet által javasolt értékeknél. Szerencsére egyszerűbb technikák is kialakultak a nitrifikáló fajlagos növekedési sebességének mérésére az elmúlt időszakban (El Halaby, 1993, Nowak et al., 1994, Dold, 1999, Daigger és Sadick, 1999).

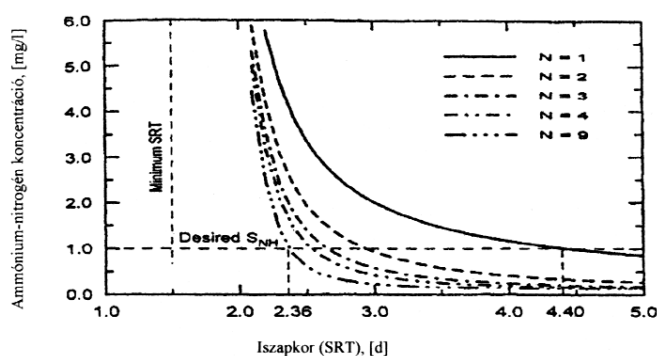


1. ábra. A nitrifikáló szervezetek mért fajlagos növekedési sebességeinek összehasonlítása (EPA Tervezési segédletek és hagyományos modellek. Parker és Richards, 1994).

## DUGATTYÚS ÁRAMÚ AEROB ZÓNÁK

A nitrifikáció eléréséhez alkalmazott levegőztetett zónák lehetnek tökéletesen kevert, vagy dugattyú áram jellegűek, mely utóbbiak azonos rész-egységek sorozatba történő rendelésével valósíthatók meg. Egyes korábban készült tervezési útmutatók (Parker et al., 1975) hangsúlyozták, a gyakorlat azonban gyakran nem vette figyelembe azt a tényt, hogy az aerob bioreaktor kialakítása jelentősen befolyásolja a nitrifikáció eléréséhez szükséges SRT nagyságát. A legnagyobb SRT a tökéletesen kevert reaktorok esetében szükséges. Ennek oka elsősorban az, hogy az ammónia-nitrogén koncentráció egységesen kicsi a tökéletesen

kevert reaktorban, következésképpen a nitrifikáló fajlagos növekedési sebessége a kicsiny elfolyó ammónia-nitrogén koncentráció miatt limitált. A dugattyúáramú reaktorok esetében viszont az ammónia-nitrogén koncentrációk a reaktor nagyobbik részében magasak, így csupán az elfolyás közelében léphet fel limitáció. Ennek eredményeként a nitrifikáló maximális sebességgel szaporodhatnak, a reaktor nagyobbik részében, és sokkal kisebb SRT szükséges a folyamat fenntartásához. Az IAWQ ASM modellek ideális eszközt adnak ezeknek a hatásoknak az elemzéséhez. A 2. ábrán (forrás: Grady, Daigger és Lim) látható, hogy a szükséges SRT érték jelentősen csökkenthető dugattyús áramú bioreaktor alkalmazása esetén. A jelenséget kísérletileg is bizonyították (Azimi és Horan, 1991).



2. ábra. Az SRT és a sorba kötött reaktorok számának hatása az elfolyó ammónia-nitrogén koncentrációjára. Forrás: Grady, Daigger és Lim, 1999.

A reaktor kintetikai eredmények ismeretében a szerzők gyakorlati tapasztalatai szerint a dugattyús áramú reaktorok tervezése inkább javasolható, mint a tökéletesen kevert reaktoroké, akár egy hosszú és keskeny reaktort, akár több, sorba kapcsolt reaktorokat alkalmazunk. Különös figyelmet kell fordítani a tervezés során az oxigén felvétel sebességére, hogy a reaktorok elején minden esetben biztosítani tudjuk a megfelelő oldott oxigén tartalmat. A szelektorok alkalmazásának előnye (lásd később), hogy azok csökkentik az oxigénfelvétel értékét a reaktor elején, és növelik az „alfa” értékét, mely által a levegőbevitel mennyisége csökkenthető a bevezetés közelében (Albertson és Hendricks, 1992).

## SZELEKTOROK

A szelektor tulajdonképpen a bioreaktorban a biológiailag könnyen bontható szerves anyagok felvételének zónája. Kialakításuk alapján az elektron akceptor lehet az oldott oxigén (aerob), a nitrát-nitrogén (anoxikus), illetve elektron akceptor nélküli (anaerob). A szelektorok befolyásolják a nitrifikáló reaktorok méretezését, tekintettel arra, hogy az eleveniszap jobb ülepíthetőségi tulajdonságokkal rendelkezik és így magasabb iszapkoncentráció engedhető meg az eleveniszapos medencében. Ennek eredményeként kisebb

medence, és/vagy kisebb utóülepítő tervezhető. A szelektorok nem befolyásolják azonban a szükséges SRT nagyságát, habár az iszapterfogati index növekedése hatással van a megengedhető iszapkoncentrációra a szelektor hatékonyságának és az előszelektor állapotának függvényében két- vagy többszörös (Parker et al., 1992, Parker et al., 1998). A szelektorok típusainak, tervezésének további részletei a szakirodalomban hozzáférhetők (Jenkins, et al., 1993).

## BEOLTÁS

A „beoltás” jelen esetben a nitrifikáló mikroszervezetek az eleveniszaphoz történő hozzáadását jelenti abból a célból, hogy a szükségesnél kisebb aerob SRT esetén is képesek legyenek a nitrifikálók a szaporodásra. A beoltás hatásának és a szükséges SRT összefüggéseinek vizsgálata alapján egyértelmű összefüggések mutathatók ki, mely kapcsolatok az irodalomban fellelhetők (Daigger, et al., 1993, Kos, 1998, Grady, Daigger és Lim, 1999). Labor kísérletek eredményei szintén megmutatták hogy egy SBR (szakaszos üzemű biológiai szennyvíztisztító) reaktorból származó nagy ammónia koncentrációjú iszapnak 3 napos iszapkorú eleveniszapos rendszerbe történő beadagolását követően az – melynél korábban nem figyeltek meg nitrifikációt – teljes nitrifikációt volt képes biztosítani (Lam és Babcock, 1998). Általában a szükséges SRT a rendszerbe adagolt nitrifikálók tömegével arányosan csökken, a rendszerben keletkező nitrifikáló szervezetek tömegének függvényében. A beoltó nitrifikálók eredetétől függően, az SRT akár 50%-kal is csökkenthető. A beoltás a folyamat stabilitását jótékonyan befolyásolja, és csökkenti a nitrifikálók kimosódásának veszélyét is. A beoltó anyag eredete lehet például egy ugyanazon a telepen működő párhuzamos eleveniszapos eljárás vagy egy másik rendszer, amely nagy ammónia koncentrációjú szennyvizet tisztít.

Elképzelhető olyan fixágyas, biológiai hártás nitrifikáló reaktor, mely beolt egy, a technológiai sorban következő másik egységet; ennek a rendszernek a működését azonban további kísérleteknek kell vizsgálniuk (Parker és Richards, 1994). A szerzők csepegtetőtestet követő eleveniszapos rendszerben gyors nitrifikációs sebességeket figyeltek meg, melynek lehetett oka a nitrifikáló szervezetek beoltásának hatása, de akár a csepegtetőtestes tisztítás során az inhibíciót okozó anyagok eltávolításának hatása is.

A nitrifikáló szervezetek beoltására a gyakorlatban kevés sikeres példát találunk; az egyik ezek közül a 120000 m<sup>3</sup>/d kapacitású szennyvíztisztító telep Hilsboro-ban (Rock Creek Szennyvíztisztító Telep, Hilsboro, OR, USA) ahol nitrifikáló szennyvíztisztító telepről származó fölösiszapot adagoltak a tiszta oxigénes eljárással (HPO) működő technológiához, a nitrifikáció elősegítésére. A tiszta oxigénnel működő technológia önmagában nem volt képes a nitrifikáció biztosítására, a nitrifikáló szervezetekben gazdag fölösiszap adagolását követően azonban jelentős mértékű ammónium átalakítást tapasztaltak a telepen.

## Lépcsős betáplálás

A lépcsős szennyvíz betáplálást biztosító biológiai reaktorok abban különböznek a dugattyús áramú biológiai reaktoroktól, hogy az utóülepítő medencékből recirkuláltatott eleveniszapot (RAS) más módon vezetik rá az eleveniszapos reaktorra. Dugattyús reaktorok esetében a recirkuláltatott eleveniszap a bevezetésnél keveredik el a nyers szennyvízzel, ezáltal viszonylag egyenletes eleveniszap koncentrációt eredményez a bioreaktorban. A lépcsős betáplálás esetében a recirkulációs iszapot a reaktor több pontján vezetik be, melynek eredményeként a reaktorban az eleveniszap koncentrációjának hosszmenti gradiense alakul ki. Magasabb iszapkoncentrációk mérhetőek a bioreaktor elejénél, míg kisebb koncentrációk jellemzők a reaktor utóülepítő medence felőli végére. Tekintettel arra, hogy az utóülepítő viselkedését csak az eleveniszap koncentrációja befolyásolja, a bioreaktor elejénél jellemző iszapkoncentráció nincsen hatással az utóülepítő működésére. Következésképpen a bioreaktorokban az eleveniszap koncentrációt – a hagyományos dugattyús rendszerekéhez képest a lépcsős betáplálást biztosító rendszerekben – magasabban értéken lehet tartani. Az átlagos iszapkoncentráció értéke 35-70%-kal növelhető, a betáplálási pontok számának és az egy bevezetési pontra jutó szennyvíz mennyiségének függvényében. A nagyobb iszapkoncentráció kisebb térfogatú reaktor (medence) építését teszi lehetővé.

Napjainkban a bevezetési pontoknál az anoxikus szelektorok alkalmazásának, a bioreaktorok aerob részének dugattyús áramú kialakításának és a lépcsős betáplálásnak a kombinációját alkalmazzák kis tartózkodási idejű, teljes tápanyag-eltávolítást végző biológiai szennyvíztisztító telepen (Carrio et al., 1991). A dugattyús áramlás a lehető legrövidebb aerob iszapkor alkalmazását teszi lehetővé (lásd korábban), az anoxikus szelektorok pedig a jobb eleveniszap ülepíthetőség elérésében, ezáltal a magasabb megengedhető iszapkoncentráció mértékében játszanak fontos szerepet. A lépcsős betáplálás szintén növeli a legnagyobb megengedhető eleveniszap koncentráció értékét. Az anoxikus szelektorok jelentős mértékű nitrogéneltávolítást képesek megvalósítani, mivel ezekben az aerob zónákban keletkező nitrát-nitrogén denitrifikációja történik. Ezekben a rendszerekben kisebb reaktor átalakításokkal biológiai foszforeltávolítás is létrehozható. New York városa extenzív kutatás-fejlesztési programot indított el a jelenlegi szennyvíztisztító telepeinek többségénél az anoxikus lépcsős betáplálású rendszerek technológiai megvalósíthatóságára. A kutatás során gyűjtött eddigi eredmények biztatóak, és azt jelzik, hogy a stabil nitrifikáció érhető el kis hidraulikai tartózkodási idő (4-6 óra) és alacsony hőmérséklet (12 °C) esetén is (Metcalf & Eddy, 1998). Néhány irodalmi példa megerősíti a fent ismertetett következtetéseket (Fillos et al., 1996). Sikeresen működnek üzemi körülmények között hasonló kialakítású berendezések, mint például a Lander Street Szennyvíztisztító Telep, vagy a Boise-



ben (USA) működő 60000 m<sup>3</sup>/d kapacitású telep. Az 1. táblázatban a Lander Street-I szennyvíztisztító telep üzemeltetési adatai láthatók. Néhány nagyobb telepen már építés alatt van, illetve már üzemeltetnek anoxikus reaktorokat az Egyesült Államokban: ilyenek a 630000 m<sup>3</sup>/d kapacitású San Jose-ben működő és a 250000 m<sup>3</sup>/d kapacitású Lower Potomac szennyvíztisztító telepek. További hasonló kialakítású telepekről számol be Carrio et al., 1993.

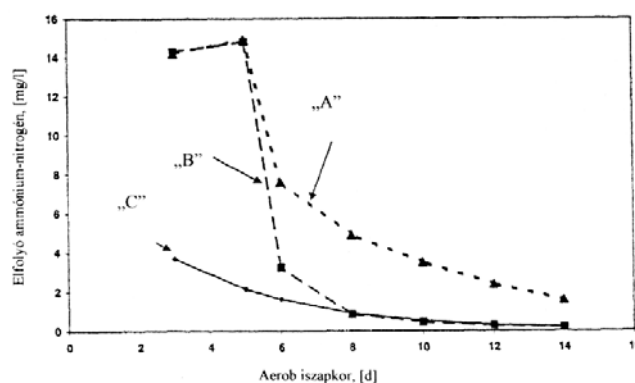
Jellemző	Nyári időszak	Téli időszak
Lépcsős betáplálási rendszer	Anoxikus lépcsős betáplálás	Anoxikus lépcsős betáplálás
Tervezési HRT, [h]		
Anoxikus	1,1	1,3
Aerob	3,7	4,4
Összesen	4,8	5,7
Tervezési hőmérséklet, [C]	23	12
Tervezési SRT, [d]	5	16
Tervezési MLSS, [mg/L]		
Átlag	2,575	5,950
Levegőztetőből elfolyó	1,970	4,970
Izapindex [mL/g]	60-90	60-90
Elfolyó NH <sub>3</sub> -N [mg N/L]	0,2-0,8	0,2-0,8

A lépcsős betáplálási rendszerek könnyen adaptálhatók olyan esetekre is, ahol biológiai többletfoszfor eltávolítás kapcsolódik a nitrifikáló rendszerhez. Néhány nagy Egyesült Államokbeli szennyvíztisztító telepen, ahol az iszap „fellevegőztetése” illetve iszap keverése valósít meg, melyet az első medencébe vezetnek, ami a recirkulációs iszap tárolására szolgál és melyet az anaerob reaktor követ. Ez a megoldás az utóülepítő medencék csapadékos időszakok alatti nagy lebegőanyag terhelésének csökkentésére szolgál, részben a tisztítási előírások minden körülmények közötti fenntartására, részben pedig a nitrifikáló szervezetek visszatartására hideg időszakban. Erre jó példát találunk a Minneapolis/St Paul-i 98000 m<sup>3</sup>/d kapacitású Metro szennyvíztisztító telep esetében, ahol is a szennyvízmennyiség negyed részéből biológiai úton távolították el a foszfort (Garman et al., 1996). Kiemelkedően jó biológiai foszfor- és nitrogéneltávolítást értek el, a szelektornak köszönhetően pedig nagyon jó ülepíthetőségi tulajdonsággal rendelkező iszap keletkezett. Lépcsős betáplálási biológiai foszforeltávolításra és nitrogéneltávolításra további példa a Lethbridge, Alberta és Austin telepek esetében TX (Nolasco, et al., 1998).

A lépcsős betáplálási rendszerek kitűnő lehetőséget jelentenek a nyers szennyvíz és nagy ammónia-nitrogén tartalmú iszapkezelésből származó szennyvizek keverékének tisztítására. A 3. ábra a New York város által finanszírozott, jelen cikk szerzői által végzett kutatási programban az ASM 3-al (Activated Sludge Model – eleveniszapos szennyvíztisztítási modell) készített szimuláció eredményeit foglalja össze. New York város szennyvíztisztító telepén négy darab sorosan elrendezett dugattyúáramú, lépcsős betáplálási bioreaktorral rendelkezik. A recirkuláltatott eleveniszapot az első reaktorba vezetik vissza. Fennáll a lehe-

tősége annak, hogy a szennyvizet bármelyik bioreaktorra vezessék. Az „A” esetben a recirkulációs iszapot az első medencébe, a szennyvíz és a nagy ammónia-nitrogén tartalmú csurgalékvizet a 2. és 3. medencébe (sorrendben a 2. és 3. bioreaktor) vezetik. A „B” esetben a nagy ammónia-nitrogén tartalmú csurgalékvizet az 1. reaktorba vezetik, a nyers szennyvizet pedig a 2. illetve 3. bioreaktorba. Ebben az elemzésben az aerob iszapkor értékének a változtatásával a tisztított szennyvíz várható ammónia-nitrogén koncentrációját számítottuk. Ahogy az jól látható, az elemzés szerint az 1. reaktorba történő csurgalékvíz vezetés számottevően kedvezőbb eredményt ad. A „C” változat beoltást feltételez, ahol is a biomasszát külső forrásból adagoljuk az 1. reaktorba. Ennek a változatnak a nitrifikációt biztosító iszapkorra gyakorolt csökkentő hatása kiemelkedően nagy. Mindazonáltal további vizsgálatokat igényel az a feltételezés, hogy a magasabb hőmérsékleten keletkező mikroorganizmusok gyorsan akklimatizálódnak az alacsonyabb hőmérsékletre. A tervek szerint félüzemi körülmények közötti további kísérletek folynak majd mindegyik változat kiértékelésére, New York város anyagi támogatása mellett.

Egy valós példa a „B” változatra az Appleton-i szennyvíztisztító telep. A 45000 m<sup>3</sup>/d kapacitású tervezett telepen esetenként 340000 m<sup>3</sup>/d mennyiségű szennyvizet tisztít az infiltráció miatti szennyvízhozam növekedés következtében. A lépcsős betáplálási mód szerint a szennyvíz bevezetése a négy bioreaktor közül a 2. reaktorba történik, az iszap víztelenítés során keletkező nagy ammónia tartalmú csurgalékvizeket pedig az 1. reaktorba vezetik (itt keveredik össze a recirkulációs iszappal). A rendelkezésre álló kis terület miatt a telep 5 és 7 nap közötti iszapkorral működik, a szennyvíz átlagos havi hőmérséklete 15 C feletti. A tisztított szennyvíz ammónia-nitrogén koncentrációjának átlagos havi értéke 3,0 mg/l alatti.



3. ábra. Lépcsős betáplálási változatok ammónium-nitrogén kimenete az aerob iszapkor függvényében 10 °C-os szennyvízhőmérséklet esetén

### LÚGOSSÁG és ph szabályozás

A levegőztető medencék túlméretezését eredményező, gyakran figyelmen kívül hagyott tényező, a bioreaktorban fenntartható legnagyobb nitrifikációs sebességhez tartozó lúgosság mértéke. A dugattyús áramú reaktorok esetében ez a tényező különös fontosságú, tekintettel a

lúgosság értékének folyamatos csökkenésére a reaktor „mentén”. A szerzők tapasztalatai szerint a helyszükében lévő szennyvíztisztító telepek esetében a vegyszeres pH szabályozás mindig költséghatékonyabb megoldás, mint a levegőztető medence esetleges túlméretezése a csökkent mértékű nitrifikációs sebesség miatt.

### Szennyvíztisztító rendszer integrálása

Jelen tanulmányban eddig főként a bioreaktor hatását vizsgáltuk, de számos esetben, például a tisztítótelep más technológiai egységeinek az elrendezése is befolyásolja a nitrifikációhoz szükséges iszapkor nagyságát. Észak-Amerikában például számos tisztítótelepen rothasztást alkalmaznak az iszap stabilizálására. Amennyiben iszapvíztelenítés is történik, az ammónia tartalmú recirkuláltatott csurgalékvizek kezelésére is figyelmet kell fordítani. Ha a víztelenítést a nappali órákban végzik, a csurgalékvizek ammónia tartalma a nyers szennyvíz ammónia csúcsával együtt jelentkezik, ezáltal a tervezési iszapkor – a nitrifikáló biomassza – értékének növelését teszi szükségessé. A levegőbevitel szükséges mennyiségét is ezáltal növelni kell. Ennek az ellensúlyozására kiegyenlítést alkalmaztak, a csurgalékvizeket az éjszakai időszakban vezették vissza, amikor is a nyers szennyvíz ammónia tartalma általában alacsonyabb. Ilyen megoldást alkalmaztak az Appleton-i WI, Lilleton/Englewood, CO és Wichita, KS szennyvíztisztító telepen.

Kevésbé vizsgált aspektus azonban az anaerob kezelési eljárások potenciális inhibíciós hatása a nitrifikációra. Például a nyersiszap sűrítése során keletkező uszadékot a nitrifikációt gátolták egy nitrifikáció/denitrifikációt megvalósító félüzemi berendezésben, feltételezhetően az anaerob körülmények hatására (Plaza, et al., 1990). Az illékony zsírsavak (VFA) melyek jelen vannak az iszaprothasztás utáni víztelenítés során keletkező csurgalékvizekben – labor kísérletek eredményei szerint a nitrifikációt gátolják (Eilerson et al., 1994). Mindazonáltal a nagy ammónia koncentrációk és a VFA komponensek hatásainak vizsgálata, azonosítása és a probléma mértékének meghatározása szükséges. Az ilyen irányú kutatások megkezdéséig javasolható megvizsgálni azt, hogy a csurgalékvizeket valamely különálló szennyvíztisztító egységbe vezetjük, vagy a biológiai tisztítóegység kevésbé érzékeny részében kezeljük. Ezt valószínűsítették meg a Wichita, KS szennyvíztisztító telepen, ahol a csurgalékvizeket egy kiegyenlítetlen terhelésű csepegtetőtestre vezették, illetve ahogy azt a korábban már említett Appleton-i ahol a csurgalékvizeket a stabilizációs medencében vezették.

### A nitrifikációt megelőző Szervesanyag eltávolítás

A nitrifikációt megelőzően a szervesanyag eltávolítási eljárások között az előülepítés, a vegyszeradagolással intenzifikált mechanikai kezelés (CEPT) a kétlépcsős biológiai

szennyvíztisztítás (kétlépcsős nitrifikáció), illetve az A-B eljárás nevezhető meg. Most a CEPT eljárást vizsgáljuk részletesen, mely főként kis rendelkezésre álló területek esetében meglévő előülepítők intenzifikálására alkalmazható.

A vegyszeradagolással intenzifikált mechanikai kezelés lehetővé teszi az azt követő eleveniszapos tisztító egységben a kisebb méretű bioreaktorok alkalmazását, tekintettel arra, hogy az eleveniszapos egységben a fenntartandó iszapmennyiség csökkenthető, az iszapkor azonban ugyanakkora marad. Kisebb szervesanyag terhelés esetében az eleveniszapos medencében kisebb a fölősiszap mennyisége, amely a szükséges iszapkoncentráció csökkentését eredményezi. A CEPT alkalmazásával az összes lebegőanyag (TSS) eltávolítás hatásfoka a hagyományos mechanikai kezelés 55-65%-hoz képest 75-85%-ra növelhető, továbbá a szervesanyag eltávolítás hatásfoka is növekedik; 30-35%-ról 50-60%-ra. Ennek eredményeként az eleveniszap „termelődé”, vagyis az eleveniszap szükséges mennyiség 50%-kal csökken. A CEPT és nitrifikáció kombinációjára korai példa Észak-Amerikából a mésztej, illetve mésztej és vassó magas pH értékeken történő adagolása (például  $10,2 < \text{pH} < 11,5$ , Horstkotte, et al., 1974). A nagy mennyiségű mésztejet alkalmazó eljárások során a keletkező iszap miatt egyre inkább a polimer adagolásával kiegészített vassó alkalmazása került előtérbe (Sedlak, et al., 1992). A vassó adagolás következményeként előálló lúgosság csökkenés miatt rendszerint a lúgosságot valamilyen vegyszer adagolásával pótolni kell.

Kitűnő példát találhatunk a CEPT nitrifikációt javító hatására a korábban már említésre került 120 000 m<sup>3</sup>/d kapacitású Rock Creek szennyvíztisztító telep esetében, Hillsboro, OR, USA. Vegyszeradagolást (alumíniumsó és polimer) alkalmaznak a szervesanyag terhelés csökkentésére, melynek következményeként az eleveniszapos rendszerben a nitrifikáció növekszik. A négy nap közeli fenntartott aerob iszapkor a nyári 17-23 C-os szennyvízhőmérséklet esetében elégségesnek bizonyult. Az anoxikus szelektornak köszönhetően az iszap ülepíthetőségi tulajdonságai nagyon jók. Ennek eredményeként megbízható nitrifikáció érhető el négy órás tartózkodási idő mellett.

### Összefoglalás és Következtetések

Számos módszer ismert illetve került alkalmazásra Észak-Amerikai eleveniszapos szennyvíztisztító telepen a nitrifikáció növelésére, ezeket az 2. táblázatban foglaltuk össze. Jól látható, mindegyik módszer az iszapkor csökkentésének potenciális lehetőségét, az MLSS koncentráció megengedhető növelését és a bioreaktor csökkenését hordozza magában. Több módszer kombinációja is megvalósítható, amely a medenceméret és költségek jelentős csökkenését eredményezik. Üzemi példák bizonyítják, hogy 4 órás tartózkodási idő és 15 C-os szennyvízhőmérséklet esetén is megbízható nitrifikáció érhető el. Elmondható, hogy nagyszámú alkalmazás esetén az 2. táblázatban ismertetett módszerek

azt eredményezték, hogy a nitrifikációt nem kell feltétlenül a nagy hidraulikai tartózkodási időt igénylő folyamatok közé sorolnunk.

**2. táblázat. A nitrifikációt növelő módszerek összefoglalása**

Módszer	Nitrifikációra gyakorolt hatás
Szennyvíz analízis	50% vagy nagyobb aerob iszapkor csökkenés
Dugattyús áramú reaktor	50% alatti aerob iszapkor csökkenés
Szelektorok	100%-os MLSS növelés, ami 50%-os HRT csökkenést eredményez
Beoltás	50% alatti aerob iszapkor csökkenés
Lépcsős betáplálás	50%-os MLSS növelés, ami 33%-os HRT csökkenést eredményez
pH szabályozás	50% alatti aerob iszapkor csökkenés
Rendszerintegráció	25% alatti aerob iszapkor csökkenés
Szervesanyag eltávolítás	A szükséges bioreaktorhoz kapcsolódó beruházás (és HRT) 50%-os csökkentése

## IRODALOMJEGYZÉK

- Albertson, O. és P. Hendricks (1992). Bulking and foaming organisms control at Phoenix, AZ, WWTP, Water Science and Technology, 26(3/4), 461-472.
- Azimi, A. A. and N. J. Horan (1991). The influence of reactor mixing characteristics on the rate of nitrification in the activated sludge process, Wat. Res., Vol. 25, No. 4, pp. 419-423.
- Carrio, L. A., Robinson, L., Fillos, J. and Diyamandoglu (1991). The Tallman Island demonstration project. Paper presented at the 63<sup>rd</sup> Annual Water Pollution Control Association Meeting, New York.
- Camo, L. A., Sharpe, R., Bizzari, R. and Wilson, T. E. (1993). Advanced BNR – BNR for large plants, proceedings of the Water Environment Federation 65<sup>th</sup> Annual Conference & Exposition, Vol. III, Liquid Treatment Processes Symposium, 292- 304.
- Daigger, G. T. and Sadick, T. A. (1999). Evaluation of methods to detect and control nitrification inhibition with specific application to incinerator flue-gas scrubber water, Water Environment Research (in press).
- Daigger, G. T., Norton, L. E., Watson, R. S., Crawford, D. and Sieger, R. B. (1993). Process and Kinetic Analysis of Nitrification in Coupled Trickling Filter/Activated Sludge Processes, Water Environment Research, 65, 750-758.
- Dold, P. L. (1999). Chapter 10 – Wastewater Characterization for Biological Nutrient Removal Modeling in “Design and Retrofit of Wastewater Treatment Plants for Biological Nutrient Removal”, 2nd edition, Water Quality Management Library, Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, Pennsylvania (in press).
- Eilerson, A. M., Henze, M. and Kloft, L. (1994). Effect of volatile fatty acids and trimethylamine on nitrification in activated sludge, Wat. Res., 28 (60), 1329-1336.
- E1 Halaby H. (1993). Wastewater characterization for activated sludge process modeling. M. Eng thesis, McMaster University, Department of Civil Engineering, Hamilton, Ontario, Canada.
- Fieldler, C., Kuhn, V. and O. Novak (1997). Operation of BNR plants at low pH values, proceedings of the BNR 3 conference on Biological Nutrient Removal, Brisbane, Australia.
- Fillos, J., V. Diyamandoglu, L. A. Carrio, L. Robinson (1996). Full-scale evaluation of biological nitrogen removal in the step-feed activated sludge process, Water Environment Research, 68, 132-142.
- Garman, K. R., Tetreault, M. J., Dold, P. L., Parker, D. S. and Finley, H. R. (1996) Evaluation of Critical Activated Sludge Parameters for Dynamic Process Models, proceedings of the Water Environment Federation 69<sup>th</sup> Annual Conference & Exposition, Vol. 1, Wastewater Treatment Research/Municipal Wastewater Treatment, 625-634.
- Grady, C. P. L., Jr., Daigger, G. T. and Lim, H. C. (1999). Biological Wastewater Treatment, Second Edition, Marcel Dekker, NY.
- Henze, M., C. P. L. Grady, Jr. W. Gujer, G. v. R. Marais, and T. Matsuo (1987) Activated Sludge Model No. 1, Scientific and Technical Report No. 1.
- Henze, M., W. Gujer, T. Mino, T. Matsuo, M. C. Wentzel, G. v. R. Marais (1995) Activated Sludge Model No. 2, Scientific and Technical Report No. 3.
- Horstkotte, G. A., Niles, D. G., Parker, D. S. and Caldwell, D. H. (1974). Full-scale testing of a water reclamation system. Journal Water Pollution Control Federation, 46 ( 1 ),181-197.
- Jenkins, D., Richards, M. G., and Daigger, G. T. (1993). Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming, Ann Arbor Science, Boca Raton, FL.
- Kos, P (1998). Short SRT nitrification process flow sheet, paper presented at IAWQ Biannual Conference in Vancouver, Canada, June 1998.
- Lam, C. and Babcock, R. (1998). Assessing bioaugmentation for enhancement of sludge settleability and nitrification, Vol. 1, Wastewater Treatment Research/Municipal Wastewater Treatment, 297-307.
- Metcalf & Eddy of New York, Inc. (1998) Nitrogen Control Feasibility Plan, Prepared for the City of New York Department of Environmental Protection.
- Nolasco, D. A., G. T. Daigger D. R. Stafford, D. M. Kaupp, and J. P. Stephenson, (1998). The use of mathematical modeling and pilot plant testing to develop a new biological phosphorus and nitrogen removal process, Water Environment Research, 70, 1205-1215.
- Nowak, O., Schwighofer, P., and Svardal, K. (1994). Nitrification inhibition – a method for the estimation of actual maximum autotrophic growth rates in activated sludge systems, Wat. Sci. Tech., 30 (6), 9-19.
- Parker, D. S., Stone, R. W., Stenquist, R. J., and Culp, G., (1975). Process Design Manual for Nitrogen Control, prepared for the US EPA,
- Parker, D. S., Merrill, M. S., and M. J. Tetreault (1992). Wastewater treatment process theory and practice: the emerging convergence. Wat. Sci. Tech., 25 (6), 301-315.
- Packer, D. and Richards, J. T. (1994). Discussion of process and kinetic analysis of nitrification in coupled trickling filter activated sludge systems, Water Environment Research, 66, 934-935.
- Parker, D. S., Ekama, G., Melcer, H. and van Niekirk, A. (1998). Discussion of Full-scale evaluation of factors affecting the performance of anoxic selectors, Water Environment Research, 70 (6), 1225-1228.
- Plaza, E., Hultman B. and Trela, J. (1990). Effect of easily degradable carbon sources on nitrogen removal efficiency, Wat. Sci. Tech., 22 (7/8), 281-282.
- Reid Crowther and Partners, Ltd., Brown and Caldwell and WRC Swinden (1994). Research Needs for Nutrient Removal from Wastewater Water Environment Research Foundation, Alexandria, VA.
- Scheible, O K., Mulbacger, M., Sutton, P., Simpkin, T., Daigger, G. Heidman, J., Yoder, M., Schwinn, D and Stormer, D. (1993). Manual Nitrogen Control, prepared for the US EPA, EPA/625/R-93/010.
- Sedlak, R. I., Ed., (1992). Principles and Practice of Phosphorus and Nitrogen Removal from Municipal Wastewater, Lewis Publishers, Ann Arbor, MI.



## ZENON SYSTEMS KFT.

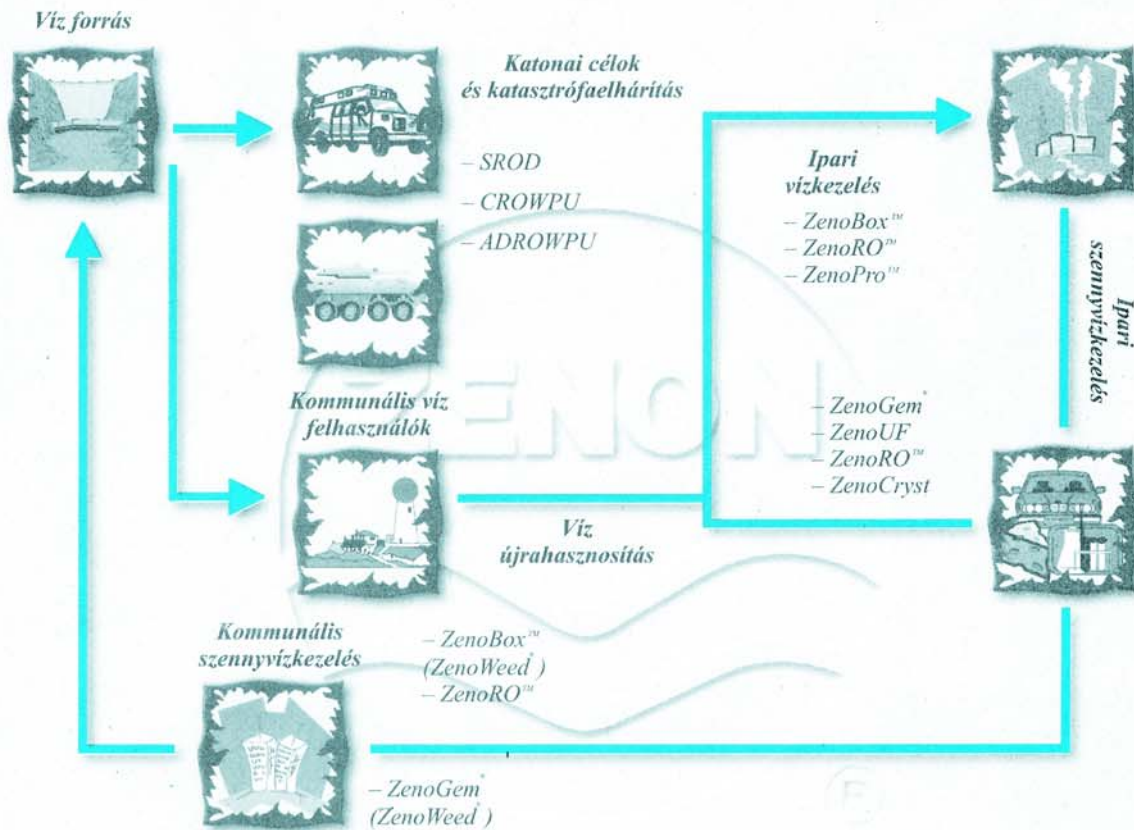
2803 TATABÁNYA, VIGADÓ U. PF. 353

Telefon: (34) 512-520 – Fax: (34) 512-525

E-mail: tblanka@zenonsystems.hu – http://www.zenonenv.com

IPARI ÉS KOMMUNÁLIS VÍZKEZELÉS MEMBRÁN TECHNOLÓGIÁVAL

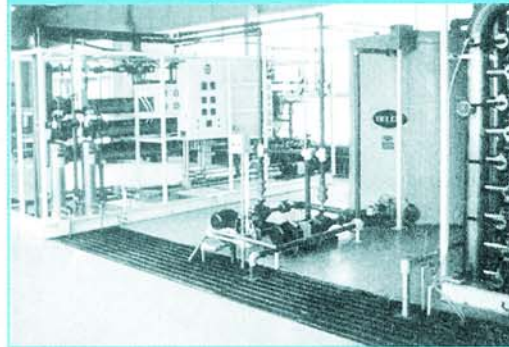
### Termékek és szolgáltatások



#### Vízkezelés



#### Szennyvízkezelés



Water for the World