

# Hírsatorna

A MAGYAR VÍZ- ÉS SZENNYVÍZTECHNIKAI SZÖVETSÉG LAPJA  
2024/4. szám



**120 ÉVES  
A SZEGEDI  
VIZTORONY**

**MASZESZ ORSZÁGOS KONFERENCIA  
– MÉRLEGEN AZ EU TAGSÁG 20 ÉVE**

# LEGYEN ÖN IS TAGJA A SZÖVETSÉGNEK

## Szakmai érdekképviselet

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

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

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

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

Tudástárunk több száz szakmai prezentációt és szakanyagot tartalmaz.

## Szakmai együttműködő partner

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

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

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

## Vízérték képviselet– társadalmi kommunikáció

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

## Kedvezmények

MaSzeSz tagként korlátlan hozzáférést szerez Tudástárunkhoz.

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

Jelenléti rendezvényeinket ugyancsak számottevő kedvezménnyel tudja látogatni.

# IMPRESSZUM

**A Magyar Víz –és Szennyvíztechnikai Szövetség online folyóirata**

1118.Budapest, Rétköz utca 5.

**Kiadó:** MaSzeSz

**Kiadásért felel:** dr. Szalóki Szilvia (főtitkár)

**Főszerkesztő:** Papp Mária

**Szerkesztő:** Göttlinger Dóra

**Fordítások:** dr. Szalóki Szilvia

**ISSN 3057-8418 (Online)**

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

**Grafika és tördelés:** Zsiráf Kreatív Ügynökség

# TARTALOM

|   |    |
|---|----|
| Beköszöntő  | 4  |
| <b>SZAKMAI - TUDOMÁNYOS ROVAT</b>   |    |
| 120 éves a szegedi Szent István téri víztorony<br><i>Bodor Dezső – Dr. Körmöczi Ernő – Szolga András</i>  | 5  |
| Szennyvíztisztító kisberendezések: Nemzetközi és hazai trendek, tapasztalatok<br><i>Györki Gábor</i>  | 10 |
| A nagyhatékonyságú oxidációs eljárások (Advanced Oxidation Processes, AOP) alkalmazása során képződő termékek és hatásuk a szennyvízkezelési technológiára<br><i>Bezsenyi Anikó</i>                                   | 22 |
| Rendszerfejlesztési stratégia kialakítása a DMRV Zrt. vízellátó rendszerén hálózathidraulikai modell alkalmazásával<br><i>Nagy Nikolett</i>   | 33 |
| <b>ÁGAZATI HÍREK</b>  |    |
| Mérlegen az EU-tagság 20 éve – Felkészülés a jövőre a települési vízgazdálkodásban<br>A MaSzeSz hiánypótló, dinamikus, és aktív közreműködésre inspiráló éves konferenciája   | 46 |
| Dr. Benedek Pál (1924-2016) születésének 100. évfordulójára   | 51 |
| Együttműködünk a Védelmi Innovációs Kutatóintézetrel<br>Gondolkodás a vízipari tudás kettős célú hasznosításáról  | 52 |
| 18. Ivóvízbiztonsági konferencia - 2024. október 2. Magyar Hidrológiai Társaság<br>Együttműködés a jövő tiszta vizének előállítására és a szakember utánpótlás biztosítása érdekében - Veszprém, 2024. szeptember 12. | 53 |
| VLG kábelkereskedelmi Kft. bemutatkozása  | 59 |
| <b>TÖRTÉNETI VISSZATEKINTÉS</b>   |    |
| A települési szennyvíztisztítás fejlődése a múlt század elejétől napjainkig.<br><i>Boda János – Dr. Juhász Endre</i>  | 60 |
| <b>KÉPZÉSI AJÁNLÓ - ESEMÉNYEK</b>   |    |
| Az Óbudai Egyetem hirdetménye   | 85 |
| BME hirdetménye   | 86 |
| Miskolci Egyetem hirdetménye  | 87 |
| NKE hirdetménye   | 88 |
| Pannon Egyetem hirdetménye  | 89 |

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

## BEKÖSZÖNTŐ

### KEDVES OLVASÓK!



Ismét ünnepelünk! **120 éves lett a Szegedi Víztorny!**

Az épület Szeged város ékessége és a szakma büszkesége. A bevezető cikkben a megvalósításának történetét követhetjük végig, példát mutatva a jövő generációjának.

A világban egyre többször találkozunk **decentralizált szennyvíztisztítással és kisberendezések alkalmazásával**, elsősorban ott, ahol, a központosított szennyvíztisztítás nem biztosított.

Elterjedésének elsődleges akadálya, hogy jelenleg ezek a **berendezések még nem kiforrottak**, nem tartanak lépést az új technológiákkal. A cikk szerzője a kisberendezések pozitív és negatív példáit mutatja be.

Napjainkban egyre szélesebb körben terjednek el a **nagyhatékonyságú oxidációs eljárások** a szerves mikro szennyezők vízből és szennyvízből történő eltávolítására. Az alkalmazott technológiák közül kiemelkednek az AOP (Advanced Oxidation Process) technológiák, melyeknek tulajdonságaival ismerkedhet meg az olvasó.

A lakosság fogyasztói szokásának változásával a vízi közmű szolgáltató feladata, hogy a **kereslet–kínálat rendszere a vízigény**

**területén** megvalósuljon. Ehhez szükséges az új rendszerfejlesztési stratégia kidolgozása **új hálózat hidraulikai modell** segítségével. Erre egy jó példát mutat be a következő cikk szerzője.

**„A múlt ismerete alap az előre tekintésre!”**-írják a szerzők a cikk bevezetőjében.

A jövőben a feladatok megoldása csak akkor lesz eredményes, ha a szakemberek tanulnak a múlt hibáiból.

A MaSzeSZ országos konferenciájának fő témája az **EU tagság 20 éve** volt, érintve a szakma kulcs kérdéseit - **vízdiplomácia– kommunikáció –oktatás – vízérték szemlélet –stratégiai gondolkodás stb.**

A résztvevők között élénk vita alakult ki e célok megvalósítását érintő főbb kérdések felett.

Lassan vége a 2024-es évnek!

**Köszönet minden kedves Kollégának, aki munkájával segítette on-line folyóiratunk ez évi számainak megjelenését, ezzel hozzájárulva a „vizes” szakmai ismeretek minél szélesebb körű terjesztését!**

**Kellemes ünnepeket és boldog újévet kívánok a Szerkesztő Bizottság nevében!**

Dr. Papp Mária  
főszerkesztő

# 120 ÉVES A SZEGEDI SZENT ISTVÁN TÉRI VÍZTORONY

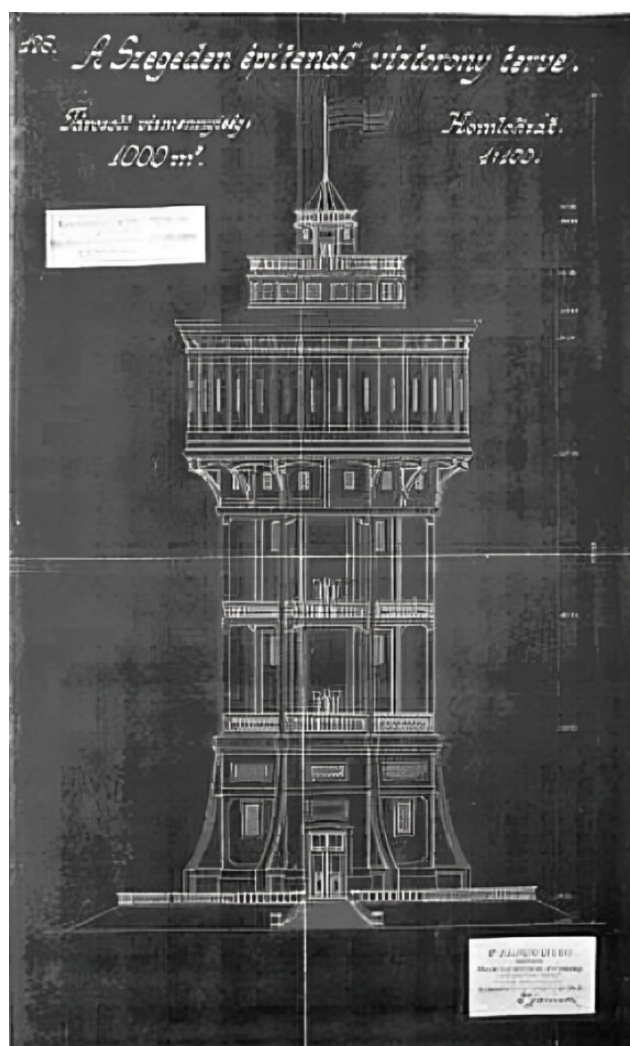
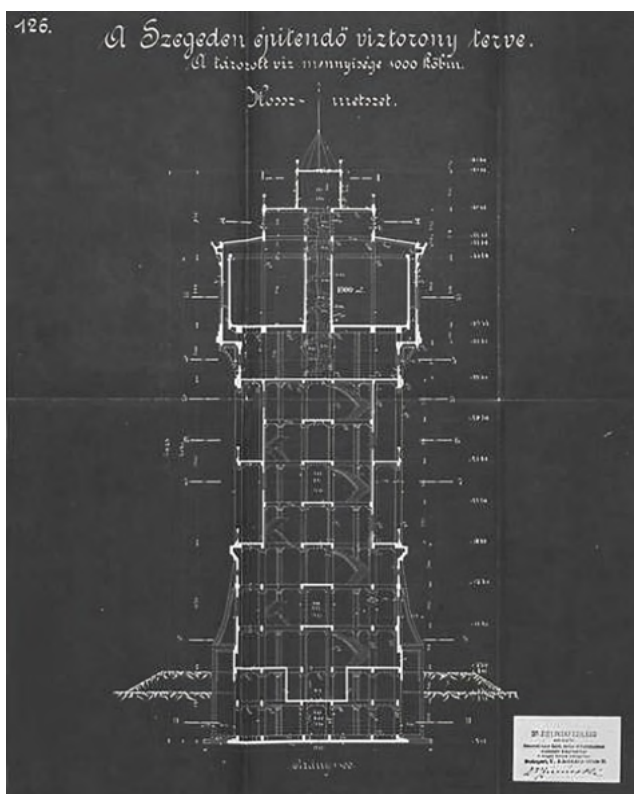
Bodor Dezső – Dr. Körmöczy Ernő – Szolga András

Szeged vízellátását korábban a Tiszából valósvították meg, azonban a folyó hordaléka eltömte a vezetékeket, ezért a város vezetése korszerű vízellátás megvalósítására írt ki pályázatot, melynek része volt egy 1000 m<sup>3</sup> térfogatú víztorny megvalósítása is.

## A VÍZTORONY TÖRTÉNETE: PÁLYÁZTATÁS A VÍZTORONY MEGALKOTÁSÁRA

Szeged szabad királyi város 1903. áprilisában pályázatot hirdetett egy 1000 m<sup>3</sup>-es víztorny megépítésére.

14 pályázat közül a nyertes a Zielinski-féle pályamű, amely a víztornyot teljes egészében



**vasbeton szerkezettel oldotta meg.** Vasbetonból készült a víztorny tartórendszere, a tárolómedence, de még a bejárati ajtó és a zászólótartó is. **Eredeti tervek: homlokzat metszet.** Magyarországon ekkor még nem létezett működő vasbeton víztorny. A víztorny ebben az időszakban kiépülő „állandó vízmű” meghatározó láncszemét képezte. Zielinski

közvetlen munkatársa Jemnitz Zsigmond volt, aki a statikai számítások, és a vasbeton részlettervek készítőjeként óriási részt vállalt a feladatban. A csodálatos szecessziós homlokzati megjelenítés Korb Flóris munkája. A gépészeti és egyéb szakági tervezők személye nem ismert.

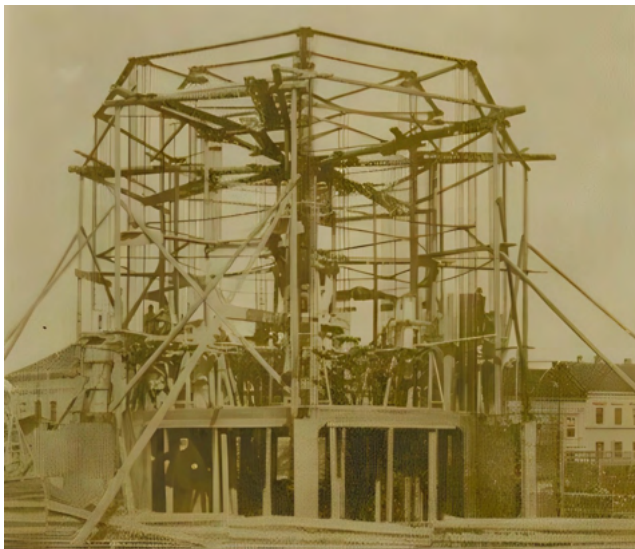
## A VÍZTORONY

Tartószerkezeti szempontból a víztorony két fő részből áll. Az egyik rész az 1000 m<sup>3</sup>-es medence, amely az alsó vasbeton lemezével a toronyszerkezet gerendázatára fekszik fel, de ettől eltekintve a víznyomásból származó igénybevételeket a toronyszerkezettől függetlenül viseli el. A medence szerkezeti kialakítása vasbeton körhenger-héj, amely sarokmereven kapcsolódik a fenéklemeszt képező alulbordás vasbeton körlemezhez. A medence külső átmérője 15,3 m, a palást belső (hasznos) magassága 5,85 m.

A másik tartószerkezeti rész a torony oszlopokból és gerendákból összeépített tartórendszer, amely mint forgásszimmetrikus térbeli rúdszerkezet működik. A tartórendszer mintegy 540 rudat és 240 csomópontot tartalmaz. A torony teljes magasságában vasbeton lépcső vezet végig. A medence alatti szintig a lépcsőket a belső és a közbenső pillérek közötti alapterületen alakították ki, ettől felfelé belső csigalépcső vezet a 4 belső pillér között a legfelső kilátószintig. A centrális elhelyezésű csigalépcső függőleges értelemben áthatol a medence tengelyén. A torony magassága a terepszinttől a legfelső kilátószintig 46 m.

## A VÍZTORONY ÁLLVÁNYOZÁSA

A kivitelezési munkákat Freund Henrik és fiai cég végezte, az állványozási, zsaluzási feladatokat szegedi ácsbrigád oldotta meg, kitűnő minőségben. Zielinski nagyon sokat



tartózkodott a kivitelezés alatt Szegeden, a művezetői feladatot Illés Kálmán látta el. A műszaki ellenőr Tóth Mihály városi főmérnök volt. A víztorony 1904. novemberére-decemberére készült el. A víztorony üzembe helyezése december 1., a munka teljes befejezése december 21.

## A VÍZTORONY EREDETI SZÍNVLÁGA 1916-OS KÉPESLAPON

A medence első feltöltése november 26-án történt meg. A feltöltés ideje alatt az egész teret kiürítették, a toronyban végül csak egyedül Zielinski maradt, és a medence alatt várakozva győződött meg munkája eredményéről.

Az átadás: Lázár György dr. polgármester a vízmű ünnepélyes megnyitására a hivatalokhoz és a katonasághoz a következő meghívót küldte: „.... A vízmű ünnepélyes megnyitása szerdán, azaz folyó hó 30-án fog megtörténni, ezt a városi lakosságnak oly módon hozzuk tudomására, hogy este 6-7 óráig kivilágítás mellett a Széchenyi téren az utcai vízcsapok szökőkutakká lesznek rög-tönözve.” A közönség teljesen ellepte a Klauzál és a Széchenyi teret. Teljes egy óra hosszú szág gyönyörködött a szokatlan látványban,



és hallgatta a katonazenét. A vízsugarak a platanok tetején is túlszöktek, a járdák mellett patakként folyt a víz.

A munka végleges befejezését az 1905. március 23-i testületi ülés jelentette, amikor is az állandó vízműre megadták a használhatósági engedélyt, és az átvételi jegyzőkönyvet lezárták. A pályázat elnyerésétől a víztorony elkészültéig mindössze másfél év telt el. Ez önmagában is óriási teljesítmény, különösen ha végig gondoljuk a kivitelezés akkori lehetőségeit, körülményeit: a beton és vasbeton technológia kezdeti stádiumban volt, nem létezett még csúszózszaluzás, betonkeverő, nem volt toronydaru, nem volt szerkezeti előregyártás, csupán teljes beállványozás és kézi erő.

### A VÍZTORONY FELÚJÍTÁSA

A víztorony az 1904-es megalkotása óta üzemelt. Az elmúlt több, mint 100 év viszonylag szerencsésen, háborús károsodások és lényegi változtatások nélkül telt el, és csupán

az 1959-60-as években végeztek rajta jelentősebb felújítási munkálatokat, melyek főleg a homlokzati felületekre terjedtek ki. Bodor Dezső 1996 óta volt a Szegedi Vízmű főmérnöke, amikor először bejutott a toronyba, nagyon jó érzés töltötte el. Kiderült számára, hogy a csodálatos szecessziós homlokzati megjelenítés Korb Flóris építőművésznek köszönhető, aki a nagyapja nagybátyja volt. Munkatársaival 10 évet dolgoztak azon, hogy a torony felújítása megvalósuljon.

A károsodások nem statikai, hanem döntően korróziós eredetűek voltak, melyek kiterjedtsége és mértéke megnövekedett, üteme felgyorsult. Az egyedi műemlékké nyilvánított víztorony megmentése, rekonstrukciója egyre elkerülhetetlenebb, sürgetőbb feladattá vált. Az Önkormányzat –Dr. Igaz Ágnes, Pásztor Péter-, és a Vízmű –Bodor Dezső, Becsky Balázs, Végh Zoltán - szakemberei, a közreműködő mérnökök azon dolgoztak, hogy a rekonstrukció minél előbb elkezdődjön,



és ismét eredeti pompájában tündököljön Szeged Öreg Hölgye.

A felújítás terveit a Funkció és Szerkezet Mérnöki Iroda mérnökei, Dr. Körmöczi Ernő és Szolga András készítette el, a villamos tervező Papp Antal, a gépészeti tervező Felvégi András volt. A torony színdinamikai tervezője Szögi László.

A vízszigetelési munkák terveit dr. Horváth Sándor és Horváth László készítette el.

A víztorony rekonstrukciójára öt pályázó közül a „Torony Konzorcium” (SADE Magyarország Kft. és a Techno Consult Kft.) kapott megbízást, főépítés vezetője Reichart Gyula, építésvezető Miklós Zoltán volt. A társvállalkozó a Techno-Wato Kft. helyi képviselője Csányi László, Kele Károly és Almássy Piroska. A víztorony felújítás 2005. augusztus - 2006. május végéig tartott. A torony felújítása során számos kiváló anyagot, újszerű



*A víztorony a felújítás előtt*

technológiákat alkalmaztak, pl. a MICRO-TOP TW habarcsrendszert, melyből a víztároló medence födémen cseppkő formájú felületstruktúrát alakítottak ki, így a páralecsapódás gyorsan le tud csepegni, megakadályozva a visszafertőződést, a korróziós hatásokat. Az 1000 m<sup>3</sup>-es medence belső felületére vízzáró kemény polietilén befüggesztett szigetelőlemez került. A medencén áthatoló csigalépcsőn menve a víztér felett üvegfal készült, melyen keresztül a medence megtekinthető. A vízteret alulról megvilágították. A medence gyűrű irányú megerősítése korrózió ellenálló szénszálalakkal történt. A gépészeti szerelést a Szegedi Vízmű készítette Pomázi Zoltán irányításával. A felelős műszaki vezető Dr. Mezős Tamás, a mérnök feladatait és a műszaki ellenőrzést a Csomiber megbízásából Budai Imre látta el. A felújított víztorony lenyűgöző szépségű,



csak csodálattal és szakmai alázattal lehet rá tekinteni, mely Tierney Clark díjat kapott.



*A felújított víztorony  
(Fotó: Bodor Máté)*



*Felcsendül a zene a toronyban*

A víztorony funkciói: A víztorony alapvetően Szeged vízellátó rendszerének szerves része maradt. Ezen kívül kilátóként is funkcionál, a kiállítások mellett a kiváló akusztikája

lehetővé teszi hangversenyek rendezését is. A felújított víztoronyban a szikvíz készítésével, a fizika történetével kapcsolatos kiállítások, festmények, rajzok, fotógrafikák láthatók. A víztorony a vízmű történeti kiállításnak is helyet adott. **Az „Öreg Hölgy”-nek nevezett víztorony kívül-belül megújult, azóta rendszeresen látogatható.**



*A víztorony 120. évi születésnapját a Vízmű fényfestéssel ünnepelte meg.  
(Fotók: szeged.hu Kuklis István)*

# SZENNYVÍZTISZTÍTÓ KISBERENDEZÉSEK: NEMZETKÖZI ÉS HAZAI TRENDEK, TAPASZTALATOK

**Györki Gábor**<sup>1,2</sup>

Nemzeti Közzolgálati Egyetem

## ABSZTRAKT

A decentralizált szennyvíztisztítás és a szennyvíztisztító kisberendezések alkalmazása egyre népszerűbb szerte a világon, egyre gyakrabban jelenik meg azokon a helyeken, ahol a központosított szennyvíztisztítás nem elérhető. Nagyrészt programszerű, kisebb részben egyedi telepítésekről van szó, a tapasztalatokból azonban hasonló következtetéseket lehet levonni. A kisberendezéseket övező szabályozások nem kiforrottak vagy nem tartanak lépést az újabb technológiákkal, a nem előírás szerinti üzemeltetés és helytelen karbantartás problémákat okozhat. Jelen cikk néhány hazai, illetve nemzetközi példán keresztül mutatja be a pozitív és negatív tapasztalatokat a kisberendezésekkel kapcsolatban.

## KULCSSZAVAK

decentralizálás, eleveniszap, ESZKB, egyedi szennyvíztisztítás, egyedi szennyvíztisztító kisberendezés, oldómedence, szennyvíz, szikkasztás, tisztítómező

## 1. A DECENTRALIZÁLT SZENNYVÍZTISZTÍTÁS JELENTÉSE ÉS TÍPUSAI

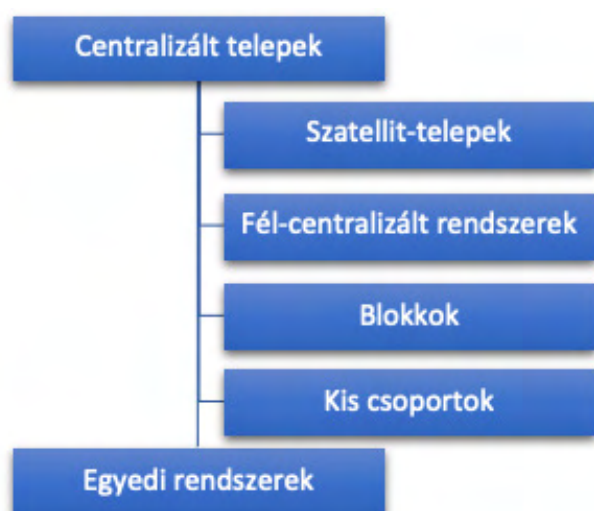
A decentralizált szennyvíztisztítás során a szennyvizet a keletkezés helyén vagy ahhoz közel kezelik, tisztítják, vagy hasznosítják újra. Ez rendszerint a különböző forrásokból származó szennyvizek összegyűjtése nélkül történik ([www.epa.gov](http://www.epa.gov)). Leggyakrabban olyan helyeken találkozhatunk ilyen megoldásokkal, ahol a centralizált rendszerek (általános értelmezésben a nagy szennyvíztisztító telepek) nem elérhetők. Ilyenek többek között a fejlődő országok, valamint a fejlett országok ritkán lakott vagy privát területei (Libralato et al., 2012).

De van egyáltalán pontos definíciója a „decentralizált” szennyvíztisztításnak? Általános értelemben a „centralizált” szennyvíztisztítás ellentéte, azaz egy meghatározott terület lakosságát nem egy központi, hanem legalább egynél több rendszer biztosítja, akár egymástól függetlenül, különböző technológiákat alkalmazva. A szennyvíz a keletkezés helyén kerül kezelésre összegyűjtés nélkül, így logikusan arra következtethetünk, hogy a decentralizált rendszerek egyszerűbbek és kisebbek. Ez nagyrészt igaz, azonban semmilyen megállapodás nincs

<sup>1</sup> Nemzeti Közzolgálati Egyetem, Víz tudományi Kar, Vízi Környezettudományi Tanszék, 6500 Baja, Bajcsy-Zsilinszky u. 12-14.

<sup>2</sup> Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, Nemzeti Közzolgálati Egyetem, Víz tudományi Kar, 6500 Baja, Bajcsy-Zsilinszky u. 12-14.

abban, mekkora kapacitástól, vagy lakosegyenértéktől (LE) számít egy megoldás decentralizáltnak. Ezen felül a decentralizált rendszerek nem mindig kicsik (például, ha egy nagy kapacitású ipari terület szennyvizét kezelik), és a centralizált rendszerek is lehetnek kis léptékűek. Az angol Institute of Water Pollution Control szerint 1 000, az amerikai Environmental Protection Agency (EPA) pedig 10 000 lakosegyenérték alatt számít kicsinek egy szennyvíztelep. Egyes megfogalmazások szerint a decentralizált rendszerek 5 000, más források szerint 2 000 alatti lakosegyenértéket szolgálnak ki. A kettő között átfedés van, így célszerű úgy decentralizált rendszerekről beszélni, hogy azt is definiáljuk, mihez viszonyítjuk ezeket (Libralato et al., 2012). Decentralizálnak tekintjük az egyedi (egyéni) rendszereket, melyek egy-egy forrást, háztartást szolgálnak ki. Ezt követik a néhány háztartást kiszolgáló kisebb csoportok, a nagyobb épületek (például iskolák) szennyvizét kezelő blokkok, a fél-centralizált (semi-centralized) rendszerek, továbbá a centralizáláshoz legközelebb álló szatellit-telepek, melyek a centralizált rendszerekkel integráltan működnek (1. ábra).



**1. ábra.** Decentralizált rendszerek típusai.

Forrás: (Libralato et al., 2012)

A magyar nyelvben a „decentralizált” helyett inkább az „egyedi” szennyvíztisztítás elnevezés terjedt el, ez alatt főleg az egyéni rendszereket, valamint a kis csoportokat értik. Az ezzel kapcsolatos változatos nevezéktant a harmadik fejezet fejt ki.

## 2. MI SZÓL A DECENTRALIZÁLÁS MELLETT, MILYEN PROBLÉMÁK ADÓDhatnak?

A természetes környezet rendkívüli terhelésnek van kitéve azokon a helyeken, ahol a hulladék- és szennyvízkezelés elégtelen, vagy teljesen hiányzik. Az ebből adódó környezetszennyezés és a közvetett egészségügyi kockázatok csökkentésére nyújthatnak megoldást a decentralizált rendszerek, melyek manapság teljesítik a befogadók védelmével kapcsolatos előírásokat. Az említett terhek csökkentése mellett a decentralizálás lehetőséget adhat a víz megtartására, újrafelhasználására, valamint értékes anyagok visszanyerésére is, mindenképp jobb megoldás, mint a kezeletlen szennyvíz környezetbe jutása (Libralato et al., 2012). Telepíthetők decentralizált rendszerek abban az esetben is, ha a centralizáláshoz szükséges csatornák kiépítése földrajzi okokból nem megoldható, vagy irreálisan magas költségekkel járna, például a kiterjedt csatornarendszerek, átemelők, szivattyúk, egyéb szükséges berendezések miatt. A gazdasági szempontok kiemelten fontosak abban az esetben, ha a felhasználók kis népsűrűségű, nehezen megközelíthető helyen élnek, vagy alacsony a jövedelmük. A kisebb berendezések telepítésénél alacsonyabb bekerülési költségekkel kell számolni, a működés során pedig az egységnyi szennyvízre jutó költség hasonló a centralizált rendszerekhez (Capodaglio, 2017; Pasciuc et al., 2022). Legnagyobb előnyük, hogy

| Szakirodalomban használt kifejezés        | Forrás                   |
|---|--------------------------|
| Decentralized wastewater treatment system | (Molognoni et al., 2017) |
| Individual wastewater treatment system    | (Libralato et al., 2012) |
| On-site wastewater treatment system       | (Weiss et al., 2008)     |
| Small wastewater treatment system         | (Eggimann et al., 2018)  |
| Domestic wastewater treatment system      | (Chirisa et al., 2016)   |

**1. táblázat.** Decentralizáláshoz kapcsolódó gyakran használt kifejezések listája.

számos különböző megoldás áll rendelkezésre, a célnak megfelelően lehet megválasztani az alkalmazott technológiát, annak hatékonyságát, fókuszát, és kapacitását is (Gikas & Tchobanoglous, 2009). A modern, helyesen üzemeltetett decentralizált rendszerek képesek teljesíteni a nagy szennyvíztelepekre vonatkozó előírásokat, megfelelnek a határértékeknek. Megfelelő minőségben távolítják el a szerves anyagokat, növényi tápanyagokat, típustól függően néhány mikroszennyezőt (például nehézfémeket) is. Az előnyök közé tartozik továbbá, hogy a kis lépték miatt az esetleges meghibásodások kevésbé terhelik a környezetet, természeti katasztrófák esetén kisebb az okozott kár, könnyebb a helyreállítás is (Libralato et al., 2012).

Számolni kell azonban problémákkal is, mivel a decentralizált rendszerek rendszerint olyan technológiákat és méreteket alkalmaznak, melyekkel kapcsolatban kevés a tapasztalat. A nem megfelelően megválasztott technológia, méret és elhelyezés, valamint a nem-megfelelő üzemeltetés a tervezésnél alacsonyabb hatékonyságot eredményezhet (Chirisa et al., 2016; Tang & Zhang, 2014). Ha a berendezéseket nem szakember kezeli (például, ha magántulajdonban vannak), a tulajdonosok vonatkozó ismereteinek és a szaképzettségnek a hiánya, valamint a nem

megfelelő hozzáállás is problémát okozhat azok működésében (Györki et al., 2023).

### 3. A DECENTRALIZÁLT ÉS EGYEDI MEGOLDÁSOK TERMINOLÓGIÁJA

A nemzetközi szakirodalomban számos hasonló kifejezéssel találkozunk (1. táblázat), ezek használatában viszont általában nincs rendszer, így publikációknak csak a címét és absztraktját olvasva nem feltétlen világos, milyen technológiákról van szó. A kifejezések esetenként megegyeznek („decentralized” és „on-site”), átfednek („decentralized” és „small”), vagy az egyik magában foglalja a másikat („decentralized” és „domestic”). Egyetlen decentralizált rendszerként tekinthető több egyedi rendszer halmaza is (Chirisa et al., 2016).

A decentralizált szennyvíztisztítás, valamint a hazai szakirodalomban elterjedt egyedi szennyvíztisztítás egymáshoz nagyon hasonló fogalmak, érdemes lehet azonban elkülöníteni a kettőt. Hazánkban a szakma gyakran szinonimaként kezeli a két fogalmat, az egyedi szennyvíztisztítás leggyakoribb jellemzője viszont a kis lépték, gyakran egy néhány háztartásról, épületről van szó. Ezzel szemben láthattuk, hogy a decentralizálás nem jelent minden esetben kis méretet, a definíció csak a keletkezés helyén való kezelést foglalja magába.

Az egyedi rendszereket a vonatkozó jogszabályok tovább osztályozzák, a korábban hatályos 174/2003. Kormányrendelet többek között a következőket definiálta:

- *egyedi szennyvízkezelés*: az egyedi szennyvízkezelésre lehatárolt területeken olyan egyedi szennyvízkezelési létesítmények (építmények) alkalmazása, amelyek 1–25 lakosegyenértéknek (főnek) megfelelő települési szennyvíz tisztítását és/vagy végső elhelyezését, illetve átmeneti gyűjtését, tárolását szolgálják.
- *egyedi szennyvíz-elhelyezési kislétesítmény*: olyan létesítmény (építmény), amely a környezeti elemek terhelését csökkentve a települési szennyvizek nem közműves elvezetésére-tisztítására és elhelyezésére szolgál, [...] a szennyezőanyagok lebontását energiabevitel nélkül végzi.
- *egyedi szennyvíztisztító kisberendezés*: olyan létesítmény (építmény), amely a települési szennyvizek nem közműves elvezetésére-tisztítására és elhelyezésére szolgál, [...] a szennyezőanyagok lebontását energiabevitel segítségével végzi.
- *egyedi zárt szennyvíztároló*: olyan létesítmény (építmény), amely egy vagy több, zártan és vízzáróan kialakított medencéből áll; a szennyvizek ártalommentes gyűjtésére és a szennyvízből keletkező települési folyékony hulladék időszakos tárolására szolgál.

Jelenleg a hét évvel később kiadott 147/2010. (IV. 29.) Kormányrendelet van hatályban. Ez a következőket definiálja:

- *Egyedi szennyvíztisztítás*: olyan egyedi szennyvíztisztító létesítmények alkalmazása, amelyek legalább 1, legfeljebb 50 lakosegyenérték szennyvízterhelésnek megfelelő települési szennyvíz tisztítását,

végső elhelyezését, illetve átmeneti gyűjtését, tárolását szolgálják.

- *Egyedi szennyvíztisztító berendezés*: olyan vízilétesítmény, amely a települési szennyvizek nem közműves, biológiai tisztítását energiabevitel segítségével végzi.
- *Egyedi zárt szennyvíztároló*: olyan egy vagy több, zártan és vízzáróan kialakított tartályból, illetve medencéből álló közműpótló műtárgy, amely a szennyvizek időszakos ártalommentes gyűjtésére és tárolására szolgál.

A korábbi kormányrendelet különválasztotta a kislétesítményeket és a kisberendezéseket energiafelhasználás szempontjából, az új kormányrendelet a kislétesítményeket egy nagyobb halmazként, a kisberendezéseket pedig egy ezen belüli szűkebb halmazként értelmezi. Változott továbbá többek között a kiszolgált lakosegyenérték meghatározása is 25-ről 50 főre. A 2010-es kormányrendelet-hoz képest a 2019-es, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Karán megrendezett első Decentralizált Szennyvíztisztítás Konferencián a következő definíció hangzott el a kisberendezésekre: „A szennyezőanyagok biológiai úton történő lebontását a régebbi berendezések energiabevitel segítségével, de az újgenerációs egyedi berendezések energiafelhasználás nélkül végzik” (Kóthay, 2019). A 2010-es kormányrendelet nem csupán kevésbé részletes, mint a 2003-as, de egyes definíciók a technológiai fejlődés miatt már nem is állják meg a helyüket. A korábbi kormányrendelet szerint a kisberendezéseket az energiafelhasználás választja el a kislétesítményektől, a 2019-es előadásban elhangzott definíció alapján ez a megkülönböztetés azonban nem lehetséges, mivel az újabb kisberendezések ugyanúgy nem igényelnek

energiabevitelt, mint a kislétesítmények. A nemzetközi és hazai terminológiát megvizsgálva látható, hogy az egyedi szennyvíztisztításra vonatkozó szabályok és meghatározások jelenleg nem kiforrottak, azok nem állnak megfelelő összhangban egymással.

#### **4. EGYEDI SZENNYVÍZTISZTÍTÓKNÁL ALKALMAZOTT TECHNOLÓGIÁK**

A leggyakoribb megoldások közé tartoznak az egyszerű, könnyen és olcsón telepíthető, régóta ismert oldómedencék. Ezekben az ülephető fázis a fenékre süllyed, majd idővel rothadásnak indul. Az oldott formába kerülő szerves anyag a vizes fázisban részben lebomlik. Alkalmaznak egyszerű és bővített oldómedencéket, beiktathatók természetközeli szennyvíztisztítók vagy aerob kisberendezések elé. A folyamatos átfolyású eleveniszapos kisberendezések jelenleg nagy népszerűségnek örvendenek, ezek két fő része a levegőztetett biológiai tér, és az utóülepítő. A biológiai

térben az eleveniszap révén nagyfokú aerob bomlás történik, innen a szennyvíz átkerül az utóülepítőbe, ahol megtörténik a fázisválasztás, a gravitációsan kiülepedett iszap egy részét visszavezetik az aerob térbe, a folyamatos működés fenntartásához. A 90-es évektől megjelentek az addig nagy szennyvíztisztítóknál alkalmazott SBR (Sequencing Batch Reactor) rendszerek a kisberendezések között is. Itt a jobb helykihasználás érdekében egyetlen reaktortérben történik minden folyamat, egymástól időben elválasztva. Nagy előnye, hogy a szennyvízhozam-ingadozás nem befolyásolja a rendszer stabilitását. A csepegtetőtestet alkalmazó kisberendezésekben biofilm képződik egy természetes vagy mesterséges hordozó felületén, mely az aerob biológiai tisztítást végzi. A tölteten átfolyó szennyvíz az utóülepítőben elválasztható. A bemerülőtestes és lebegőágyas technológiáknál a szennyvízbe merülő vagy azon úszó, nagy fajlagos felületű műanyag elemeken



**2. ábra.** Gyökérszónás szennyvíztisztítás. Forrás: ([www.hidroconsulting.hu](http://www.hidroconsulting.hu))

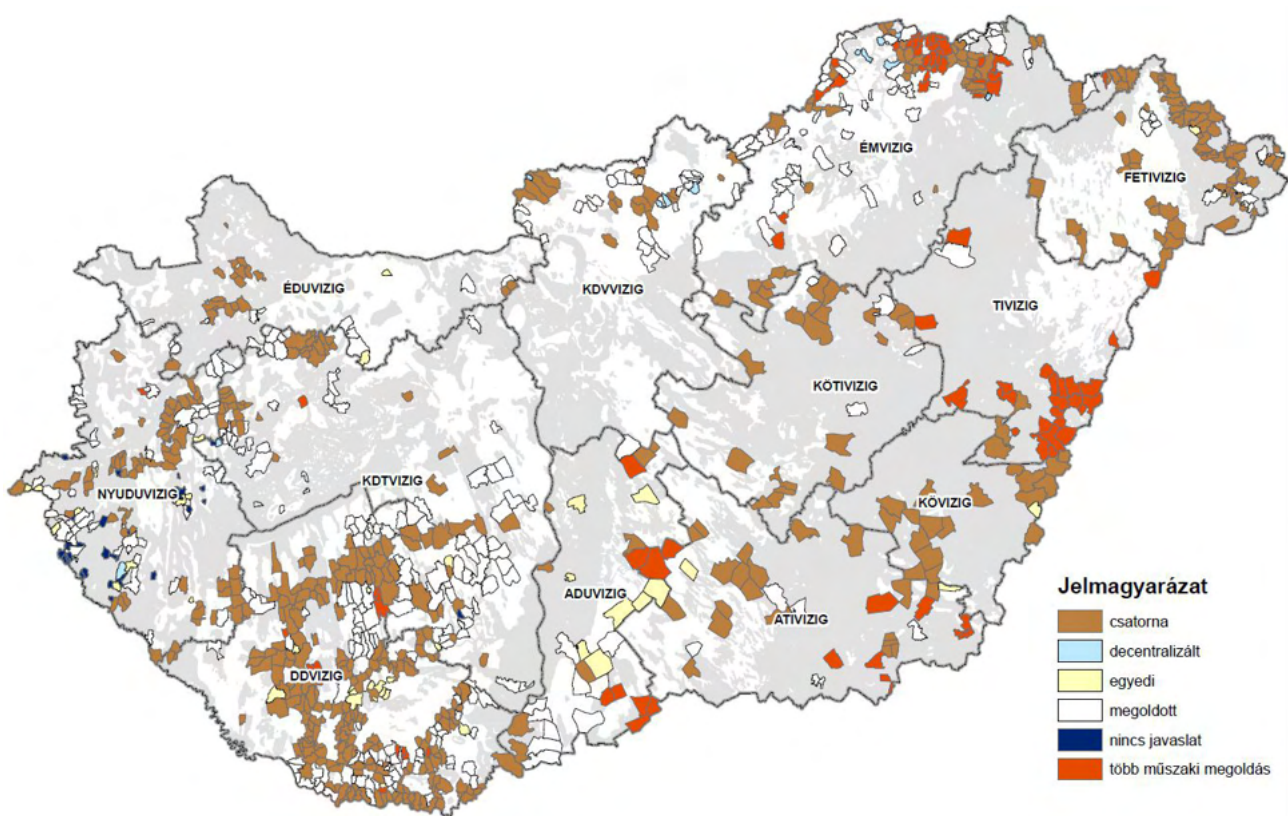
megtapadó mikroorganizmusok végzik a tisztítást, melyet az előzőekhez hasonlóan utóülepítő követ. A membrán bioreaktorok az eleveniszapos technológia és a membránszűrés ötvözetei, ahol az utóülepítőt a helytakarékosabb és hatékonyabb elválasztást biztosító membránszűrő (általában 0,1-5 mikrométeres pórusátmérőjű) váltja fel (Karches, 2020).

A természetközeli megoldások alatt olyan biológiai szennyvíztisztítást értünk, melyek során a talajszemcsékhez, növények gyökeréhez kötődő, vagy vízben lebegő mikrobák végzik a tisztítást. Ide tartoznak a tavas szennyvíztisztítók, melyek lehetnek ülepítőtavak, levegőztetett vagy levegőztetés nélküli szennyvíztavak, és szépítő tavak. Decentralizált létesítményekként a levegőztetett és a szépítőtavak alkalmazhatók. A növényágyas

és gyökérszűrők (2. ábra) mikro és makro élő szervezeteket vesznek igénybe, és a természet öntisztulási folyamataira alapoznak. Önállóan általában nem alkalmazzák őket, a mesterséges rendszerek kialakításukat tekintve lehetnek horizontális vagy függőleges átfolyású, illetve elárasztott rendszerek. A homokszűrő mezők és árkok alkalmazásakor az előtisztított szennyvíz a talaj helyett - a hatékonyság növelése érdekében - homokszűrőn áramlik át, mely a lebegőanyagok mennyiségét csökkenti és egy második biológiai lépést is jelent (Karches, 2020).

## 5. HAZAI TAPASZTALATOK

A hazai helyzetet vizsgálva először meg kell határozni mit tekintünk egyedi szennyvíztisztításnak vagy szennyvízkezelésnek.



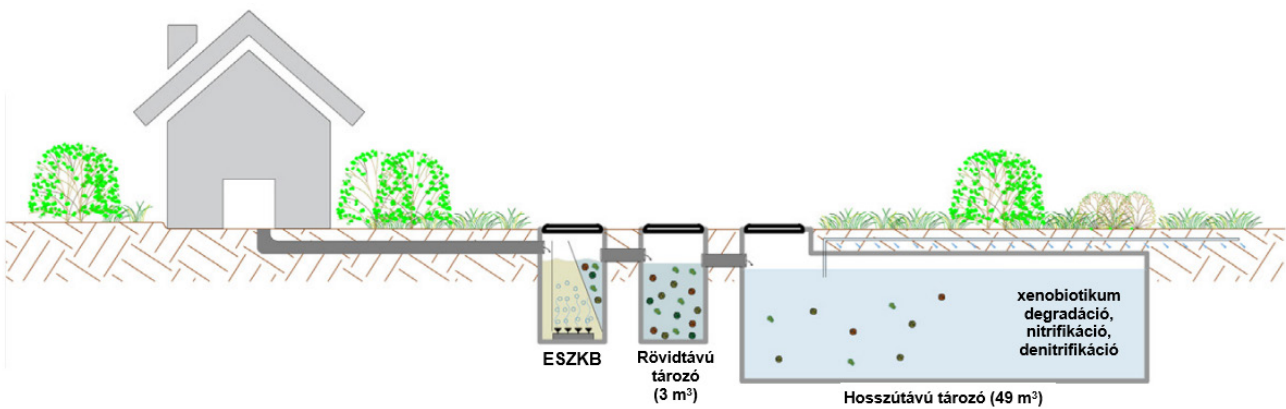
3. ábra. Javaslatok szennyvíztisztítási megoldásokra. Forrás: (Láng, 2024)

Amennyiben az emésztőgödröket és a csak szippantós alapon működő oldómedencéket nem soroljuk ide, Magyarország mondhatni gyerekcipőben jár az egyedi rendszerek alkalmazásában, jelenleg még a centralizált telepek és az ehhez kapcsolódó csatornarendszerek kiépítése folyik. A teljes lakosságot tekintve a csatornázottság 2022 során 83% fölé emelkedett a 2004-es 61%-hoz képest, és a decentralizálás szempontjából jelentős 2 000 lakosegyenérték alatti településeken is már 241 szennyvíztisztító telep működik (Belügyminisztérium, 2022). A települési szennyvíz kezeléséről szóló 91/271/EGK irányelv változása érinti az említett, 2 000 fő alatti településeket: az 1 000 lakosegyenérték feletti agglomerációk szennyvizét központosított gyűjtőrendszerekben kell majd gyűjteni, amennyiben más megoldás nem indokolt. Ebből adódóan a következő évtizedben is kevesebb egyedi rendszer telepítése várható (Nagy, 2024). Az Országos Vízügyi Főigazgatóság vizsgálata alapján csak Magyarország csekély részén javasolt decentralizált vagy egyedi rendszerek alkalmazása (3. ábra).

Vannak olyan területek viszont, ahol szennyvíztelepek létesítése nem megvalósítható, vagy gazdaságilag nem indokoltak. Ezek a területeken az utóbbi években megvalósult néhány nagyobb léptékű projekt, és egyéni telepítésekre is van példa. 2016 és 2022 között a VP6-7.2.1.2-16 – „Egyedi szennyvízkezelés” kiírás keretében 162 pályázat kapott összesen 23,5 milliárd Ft támogatást, melyből 10321 db berendezést telepítettek. Ezen belül a tisztítómezővel ellátott oldómedencés létesítmények száma 2056 db, melyek energiabevitel nélkül működnek, a kezelt szennyvíz pedig szikkasztásra kerül. Szintén gyakoriak a különböző kialakítású eleveniszapos rendszerek,

melyekben helyet kapnak levegőztetett és nem levegőztetett kamrák is (V. Németh, 2024). A Nemzeti Közzolgálati Egyetem Víz-tudományi Karán 2024. júliusában megrendezett III. Decentralizált Szennyvíztisztítás Konferencián több, kisberendezésekkel kapcsolatos projektről is szó esett. Egy Tilajon megvalósult mintaprojektben 101 ingatlant szolgál ki egyedi berendezés, melyek üzemeltetése az önkormányzat feladata. 76 oldómedencés létesítmény lett telepítve a hozzájuk tartozó egy-egy szikkasztórendszerrel együtt. A próbaüzem sikeres volt, csupán a keletkező szennyvízzel kapcsolatban alakult ki probléma, mivel szennyvíztelepre szállítás nem megoldható. A gyűjtés és a szállítás engedélyköteles, a komposztálás utáni terméként való felhasználást, mezőgazdasági kihe-lyezést pedig kormányrendeletek szigorúan szabályozzák (V. Németh, 2024). A Johkasou Rendszerek Egyesülete (JSA) szerint a Johkasou rendszerek Japánból való exportja folyamatos növekedést mutat (Masahiro, 2017). Szentkirályon 664 külterületi lakos és további 220 lakott tanya szennyvízkezelését kell megoldani. Ehhez pilot jelleggel telepítettek 3 db Johkasou típusú (5-7 lakosegyen-érték kapacitású) rendszert, a projekt pozitív eredményekkel zárult. Évenkénti karbantartást kell végezni, mely az első három évben az önkormányzat, ezután a lakosság költségén történik. A gyökérbenövés problémáján kívül meghibásodás nem történt, a lakosság pozitív tapasztalata továbbá, hogy a tisztítás nem jár semmilyen szaghatással (Szabó, 2024). A Nivegy-völgyben 309 db egyedi kisberendezés szolgál ki összesen 940 főt, Öko-tech-Home A.B. Clear, Prowatech IN-DRÄN, GRAF One2Clean, illetve Polyduct Polydox rendszerek lettek telepítve. Balatoncsicsón





**4. ábra.** Egyedi szennyvíztisztító kisberendezés, tározótartályokkal. A szerző által szerkesztve (Knisz et al., 2021) alapján.

a telepítéssel és üzemeltetéssel kapcsolatban több probléma is felmerült. A földrajzi sajátosságok miatt átemelő szivattyúkra és szikkasztó dombokra volt szükség, a nem kiforrott kialakítású Polydox rendszereknél pedig gyakori meghibásodásokat észleltek. A Káli-medencében a kisberendezések helyett a 953 főt jelentő 508 lakást egy kis, maximum 1766 lakosegyenérték kapacitású FHS-SBR technológiájú szennyvíztisztító telepre kötötték rá. Mindkét megoldásra a beruházási költség átlagosan 1-2 millió forint ingatlanonként, üzemeltetési költségük pedig hasonló, néhány ezer forint havonta. Zircen 2022-ben 3 db GRAF-KLARO Easy 50 EW típusú, összesen 150 lakosegyenérték kapacitású kisberendezést telepítettek. Ezekhez 36 ingatlant kötöttek be egyenként közel 4 millió forintért, a szennyvízcsatornák jelentős része nyomott, kisebb része gravitációs. A tapasztalatok rámutatnak, hogy az egyedi szennyvíztisztítás nem rossz megoldás, de alaposan vizsgálni kell, hogy műszakilag melyik megoldás a legmegfelelőbb, illetve melyik a gazdaságosabb. Csak megfelelő minőségű és ismert háttérű berendezéseket érdemes telepíteni, figyelembe kell venni a település környezetét és

adottságait a jövőbeni fejlesztéseket is figyelembe véve, valamint az üzemeltetés feltételeit meg kell teremteni, és felügyelni azokat (Radács, 2024). A hazai szakirodalomban találkozunk továbbá eleveniszapos egyedi rendszerek után beiktatott tározótartályokkal is (4. ábra), melyek a kutatások alapján tovább javítják az elfolyó szennyvíz különböző paramétereit, így a szerves anyagokat, növényi tápanyagokat, lebegőanyag-tartalmat és különböző mikroszennyezőket (Knisz et al., 2021). Eleveniszapos berendezések vizsgálata során felmerült továbbá, hogy azok tisztítási hatásfokát csökkentheti az elégtelen karbantartás. Így akár nagyságrendekkel magasabb szennyezőanyag-koncentráció lehet az elfolyó szennyvízben, a berendezés nem éri el a tervezési hatékonyságot, továbbá nem teljesíti az előírt határértékeket sem (Györki et al., 2023). Néhány hazai kutatás rámutatott továbbá, hogy az előírásoknak megfelelő üzemeltetéssel a rendszerek sikerrel (Györki et al., 2023; Karches & Papp, 2016), azonban a hazai üzemeltetési tapasztalatokat eddig még nem foglalták össze (Czakó & Karches, 2019). A hazai piacon számos gyártó van jelen különböző technológiájú, kapacitású, és fejlettségű

| Gyártó       | Modell                              | KOI <sub>cr</sub> | BOI <sub>5</sub> | Lebegő-anyag     | NH <sub>4</sub> -N | Összes N           | Összes P         | E. coli szám          |
|--------------|-------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|------------------|-----------------------|
| Ökotech-Home | A.B. Clear                          | 55 mg/l           | 15 mg/l          | 18 mg/l          | 9 mg/l             | 20 mg/l            | 5 mg/l           | -                     |
| Prowatech    | 4K IN-DRÄN                          | 99%,<br>2-15 mg/l | 99%,<br>1-7 mg/l | n.a.             | n.a.               | 80%,<br>10-25 mg/l | 70%,<br>5-7 mg/l | 99%                   |
|              | 4K IN-DRÄN Plus                     | 99%,<br>2-15 mg/l | 99%,<br>1-7 mg/l | n.a.             | n.a.               | 80%,<br>10-25 mg/l | 70%,<br>5-7 mg/l | 99,99%,<br>1000/100ml |
|              | 4K IN-DRÄN Biobed                   | 97%,<br>20 mg/l   | 98%,<br>4 mg/l   | n.a.             | n.a.               | 55%,<br>30 mg/l    | 99%,<br>0,2 mg/l | 99,99%,<br>1000/100ml |
| Asio         | AS-VARIOcomp K                      | 90 mg/l           | 25 mg/l          | 25 mg/l          | 15 mg/l            | n.a.               | 6 mg/l           | n.a.                  |
|              | AS-VARIOcomp P                      | 90 mg/l           | 25 mg/l          | 25 mg/l          | 15 mg/l            | n.a.               | 2 mg/l           | n.a.                  |
|              | AS-VARIOcomp K + AS-ZEON talajszűrő | 40 mg/l           | 5 mg/l           | 10 mg/l          | 10 mg/l            | 35 mg/l            | 6 mg/l           | n.a.                  |
|              | AS-MONOcomp                         | 90 mg/l           | 20 mg/l          | 20 mg/l          | 20 mg/l            | 18 mg/l            | 6 mg/l           | n.a.                  |
| BIOROCK      | ECOROCK                             | 96,3%,<br>26 mg/l | 98,7%,<br>4 mg/l | 99,3%,<br>3 mg/l | n.a.               | n.a.               | n.a.             | n.a.                  |
| Graf         | One2Clean                           | 96,2%             | 98,6%            | 98,6%            | 99%                | 79,1%              | n.a.             | n.a.                  |
| Polyduct     | Polydox-6                           | 90 %              | 90 %             | 90 %             | n.a.               | n.a.               | n.a.             | n.a.                  |
|              | Polydox-12                          | 90 %              | 90 %             | 90 %             | n.a.               | n.a.               | n.a.             | n.a.                  |

**2. táblázat.** Példák Magyarországon elérhető berendezések tervezési eltávolítási hatékonyságaira.

rendszerrel (2. táblázat). A leggyakrabban forgalmazott rendszerek közé tartoznak a tisztítómezővel ellátott oldómedencék, valamint a változatos kialakítású többkamrás eleve-niszapos berendezések. Főleg német és ázsiai gyártók termékeivel találkozhatunk, viszont a tervezési hatékonyságoknak meg kell felelniük a magyar jogszabályoknak.

## 6. NEMZETKÖZI TAPASZTALATOK

Számos nemzetközi esettanulmány elérhető, melyek hasonló tapasztalatokkal szolgálnak, mint a hazai projektek. Magyarországgal ellentétben néhány országban már évtizedekkel ezelőtt is elterjedt volt a decentralizálás, esetenként a kisebb népességsűrűségű területek miatt (például Közép-Kelet-Európa), vagy a szélsőséges földrajzi adottságok (hegyvidékek, szigetcsoportok) miatt.

Kínában néhány vidéki területen az önkormányzatok centralizált telepek építése

helyett inkább az oldómedencék telepítését szorgalmazták. Magyarországgal ellentétben a kezelt szennyvíz itt főleg felszíni vizekbe került vagy öntözésre használták, így az oldómedencéket gyakran kombinálják eleve-niszapos, vagy valamilyen biofilmet alkalmazó nagyobb kapacitású (de 1 000 m<sup>3</sup>/nap alatti) decentralizált rendszerrel. A beruházás költségeit az önkormányzatok, az üzemeltetés költségeit viszont már a lakosok állták. A rendszereknek mindössze 5%-át üzemeltette betanított szakember, a többi esetben ez is a lakosokra hárult. Bár vidéki területekre nincs jogszabály az elfolyó szennyvíz minőségét illetően, a városi szennyvízre vonatkozó határértékeket az elégtelen karbantartás (vagy ennek teljes hiánya) miatt az elfolyó szennyvíz nem teljesíti (Guo et al., 2014).

Az olaszországi Veneto régióban 248 db 2 000 lakosegyenérték alatti decentralizált telep működik, melyek néhány kiugró értéken



**5. ábra.** Szippantó-csónak, úgynevezett „honey-sucker” Velencében. Forrás: (www.archinfo.fi)

kívül megfelelnek a határértékeknek kémiai és biokémiai oxigénigényt, növényi tápanyagokat, lebegőanyagokat és E. coli számot tekintve. A szennyvíztisztítás szempontjából problémásabb Velencében 140 biológiai kisberendezés, és több, mint 7 000 oldómedence működik. A sok apró sziget miatt egy kiterjedt csatornahálózat kiépítése szinte lehetetlen feladat, így már évtizedek óta minden hotel, vendéglátó egység és felújított ingatlan esetén kötelező legalább az oldómedencék telepítése. Ez ugyan részleges biológiai tisztítást jelent, mely védi a Velencei Lagúna minőségét, mégis gyakran okoznak problémát a kellemetlen szagok a lakosok és turisták körében (Libralato et al., 2012; Tomiato et al., 2017; www.archinfo.fi). Az oldómedencékből az elfolyó szennyvíz a befogadó

csatornába kerül, a kiülepedett iszapot pedig erre tervezett szippantó-csónakkal távolítják el (5. ábra). Közép-Kelet-Európa országai sok tapasztalattal rendelkeznek a decentralizálással kapcsolatban, itt körülbelül 11 500 mechanikai-biológiai alapon működő szennyvíztisztító telep működik, melynek 40%-a 2 000 lakosegyenérték alatti területet szolgál ki. Észtországban és Lettországban a telepek 90%-a kis kapacitású, Csehországban és Szlovéniában szintén nagy arányban vannak jelen. A vidéki területeken a keletkezett szennyvíz 70%-át oldómedencék vagy emésztőgödörök kezelik, ezek alacsony megbízhatósága miatt viszont néhány helyen csak előkezelőként működnek a végső befogadó védelme érdekében. A második leggyakoribb megoldás az eleveniszapos technológia, mely kis

telepeken (50-500 lakosegyenérték) és házi szennyvíztisztítóknál is (5-50 lakosegyenérték) megjelenik.

Szlovákiában több, mint 10 000 ilyen berendezés található, melyek 100 000 lakos szennyvizét kezelik. Ukrajnában – mely nem az EU tagja - gyakoriak a szikkasztómezők, mivel kiépítésük egyszerű és olcsó. Hatékonyságuk azonban nem felel meg a szigorúbb EU-s előírásoknak, így az EU tagországokban ez a megoldás főleg kisberendezések után beiktatott utókezelésként van jelen. A növényágyas és gyökérszűrő tisztítókkal kapcsolatban Észtországban és Litvániában pozitívak a tapasztalatok, a Balti országok éghajlata mellett is jó tisztítást érnek el. Szlovákiában ezzel szemben negatívan állnak a rendszerekhez, főleg a nagy területigényük miatt. Közép-Kelet-Európa több országában (Bulgária, Lettország, Románia, Szlovénia és Ukrajna) 2015-ben nem voltak nemzeti irányelvek a természetközeli rendszerekkel kapcsolatban, Szlovákiában bár vannak, több évtizede változatlanok. A szakemberek bár nyitottak a természetközeli megoldásokra és más kisberendezésekre, az államok és intézmények eddig kevés figyelmet fordítanak erre (Istenic et al., 2015).

Lengyelországban a jogszabályok csak akkor engedik a kisméretű vagy egyedi szennyvíztisztító alkalmazását, ha városi szennyvíztisztító építése gazdaságilag nem indokolt, és nincs kiépített csatornahálózat. Krapkowitz területén (mely reprezentatívnak számít Lengyelországot tekintve) a csatornázás mértéke elégtelen, így számos háztartást egyedi berendezések szolgálnak ki, vagy oldómedencék működnek, ahonnan a nagy telepekre szállítják a szennyvizet. 2009-ben közel 50 000 hivatalosan telepített egyedi

szennyvíztisztító működött, bár jelentős nehézségek adódnak az adatgyűjtésnél. Amennyiben a szennyvízkibocsátás kisebb, mint 5 m<sup>3</sup>/nap, és ez a tulajdonos telkén belül történik, nincs szükség semmilyen engedélyre szennyvíztisztító rendszerek telepítéshez. Az esetek 60%-ában a szennyvíz oldómedencékbe kerül, a lakosok többsége pedig szerződésben áll az ezt elszállító szolgáltatókkal. A fennmaradó 40% esetében helyben kezelik a szennyvizet, melynek egy részét elszikkasztják. Több ezer kis kapacitású természetközeli megoldás van használatban önmagában vagy kiegészítő lépésként, pozitív hosszútávú tapasztalatokkal. Az eleveniszapos rendszerek ezzel ellentétben a terhelés-ingadozások miatt gyakran meghibásodnak, vagy csökkent hatékonysággal működnek. A biokémiai oxigénigényt tekintve a berendezések többnyire megfelelnek a határértékeknek, de az extrém alacsony hivatalos ellenőrzések miatt ez nem feltétlen reprezentatív (Boguniewicz-Zabłocka & Capodaglio, 2017).

Ausztráliában több kutatás is fókuszált az egyedi szennyvíztisztításra vonatkozó hiányos jogi és intézményi környezetre. A kis üzemeltetési igényű oldómedencék többsége nem megfelelően volt elhelyezve vagy üzemeltetve, néhány rendszer elfolyó szennyvize egészségügyi kockázatokkal járt. Általánosan elmondható, hogy minél több üzemeltetői felelősség hárult a tulajdonosokra, annál nagyobb a meghibásodások száma is, mivel alacsony a működéssel kapcsolatos tájékozottság (Gunady et al., 2015; Vanderzalm et al., 2010).

## ÖSSZEGRÖZÉS

A korábbiakban láthattuk, hogy a decentralizált szennyvíztisztítás, valamint az egyedi

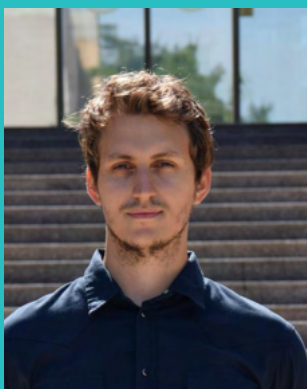
szennyvíztisztítók is egyre elterjedtebbek. Főleg olyan rendszerekről van szó, melyeket nem lehet a telepítés után hosszú időre elfelejteni, ennek ellenére az üzemeltetést és karbantartást, továbbá az ellenőrzést övező szabályrendszer még nem kiforrott. Bár az Európai Unió irányelvek bevezetésével és frissítésével, a berendezésekkel kapcsolatos általános információhiány és a gyakran rossz felhasználói hozzáállás akadályozhatja az egyedi szennyvíztisztítás térhódítását. A berendezések működésével kapcsolatosan felmerülő problémák gyakran hasonlóak, visszavezethetők a nem-megfelelő tervezésre, üzemeltetésre, illetve felügyeletre. Az alkalmazott technológiát

minden esetben a célnak, a környezeti adottságoknak megfelelően területspecifikusan kell megválasztani, szem előtt tartva az üzemeltetés lehetséges problémáit is. Meg kell ismertetni az lakossággal a szennyvíztisztítási lehetőségeket, azok pozitívumait és a felmerülő nehézségeket is. Szoros együttműködést kell létrehozni továbbá a jogalkotók, a gyártók és forgalmazók, a szakemberek, valamint a tulajdonosok között.

### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben bemutatott kutatás a Széchenyi Terv Plusz program keretében az RRF-2.3.1-21-2022-00008 számú projekt támogatásával valósult meg.

## ▶ IRODALOMJEGYZÉK



**Györki Gábor** okleveles vegyészmérnök (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2021), jelenleg a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen dolgozik, mint tanársegéd, többek között kémia, mérnöki kémia, vízkémia, környezeti biotechnológia tárgyakat oktat magyar és angol nyelven. 2022 óta a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Karán a Környezeti Mikrobiológia Kutatócsoport tagja, PhD tanulmányokat folytat az épített környezetben történő biodegradáció és biodeterioráció témakörében.

# A NAGYHATÉKONYSÁGÚ OXIDÁCIÓS ELJÁRÁSOK (ADVANCED OXIDATION PROCESSES, AOP) ALKALMAZÁSA SORÁN KÉPZŐDŐ TERMÉKEK ÉS HATÁSUK A SZENNYVÍZKEZELÉSI TECHNOLÓGIÁRA

**Bezsenyi Anikó**

Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.

## ABSZTRAKT

Az utóbbi pár évtizedben kidolgozott és gyors ütemben fejlődő nagyhatékonyságú oxidációs eljárások (Advanced Oxidation Processes, AOP) ígéretes, hatékony módszereket jelentenek, amelyeket elsősorban a szerves mikroszennyező anyagok vizekből és szennyvizekből való eltávolítására fejlesztettek ki. A legismertebb képviselője e csoportnak az ózonos kezelés, az UV-kezelés és az úgynevezett elektronágyú (EB, electron beam). Az AOP működése közben képződő szabadgyökök, azaz erős oxidálószer hatáására a bonyolult szerkezetű szerves mikroszennyezők felépítése egyre egyszerűbbé, a mikroorganizmusok számára is hozzáférhetőbbé válik. Mindemellett sokféle egyszerű szerves sav képződik (pl. ecetsav, oxálsav), amely biológiai utókezelés esetén a denitrifikációhoz szolgáltat megfelelő szénforrást. Emellett azonban toxikus vegyületek (aldehidek, nitrovegyületek, bromát, hidrogén-peroxid) is megjelennek, amelyek az eljárás alkalmazását nehezítik, és valamilyen utókezelést (pl. homokszűrés, aktív szén szűrés) tesznek szükségessé. Az ózonos kezelés ezért önmagában nem alkalmazható

negyedik fokozatként, hanem valamilyen (biológiai) utókezelési eljárást igényel kiegészítésként. 91/271/EGK irányelv módosítása különösen aktuálissá tette a negyedik fokozatot érintő kérdéseket, így a bevethető technológiák körének alapos felmérését is. A költségek mellett az ökológiai, egészségügyi vonatkozások feltérképezése is rendkívül fontos, hiszen a jövőnk is múlik a jelen döntésein. Az alkalmazható technológiák közül kiemelkednek az AOP technológiák, amelyek a mikroszennyező anyagokban (pl. gyógyszervegyületekhez tartozó antibiotikumokban) szerkezeti változásokat okoznak, így indítva el ezeket a molekulákat a biológiai lebontás útján, és ezzel az antibiotikum-rezisztencia terjedése ellen is hatnak.

## BEVEZETÉS

Az elmúlt években zajlott 'A települési szennyvíz kezeléséről szóló' 91/271/EGK irányelv módosítása, amely felélénkítette a szakmai közéletet és a figyelmet a szennyvíztisztítás új területeire irányította. Az irányelv sok új követelményt fogalmaz meg a szennyvíztisztító telepek energiasemlegességével, az üvegházhatású gázok – főként dinitrogén-oxid

– kibocsátásával, valamint a szennyvíztisztítás hatásfokával kapcsolatban. A direktíva egyik legfontosabb igényköre, a szennyvízben és a csapadékvízben megjelenő mikro-szennyezők ellenőrzése, illetve az azok eltávolítását biztosító negyedik tisztítási fokozat megvalósítása. Ez egyben a legköltségesebb igény is, amely elsősorban a 150 000 LE feletti terhelésű szennyvíztisztító telepeket kötelezi a megvalósításra 2045-ig, de a 10 000-150 000 LE terhelésintervallumba eső tisztítóművek között is akad majd érintett indokolt esetben (pl. ivóvízkivétel a befogadóból).

A felszíni vizekben megjelenő mikroszennyezők közül a gyógyszerek kiemelkedő jelentőséggel bírnak, mivel elterjedten és nagy mennyiségben alkalmazza ezeket a vegyületeket az emberiség. Becslések szerint évente több százezer tonna farmakológiailag aktív anyagot használunk világszerte ember- és állatgyógyászati célokra [1]. Jelentőségük nemcsak a felhasznált mennyiség miatt nagy, hanem komoly népegészségügyi kockázatot is hordozhatnak bizonyos gyógyszertípusok. Így például az antibiotikumok jelenlétének kockázata vitathatatlan. A literenkénti mikro-, illetve nanogrammmnyi mennyiségük ellenére is kiemelt jelentőségűek az antibiotikum-rezisztencia fokozott terjedése miatt. Antibiotikum-rezisztencia akkor alakul ki, ha egy kórokozó ellenállóvá válik egy olyan antimikrobiális gyógyszerrel szemben, melynek hatására korábban elpusztult volna. Ugyanaz a baktérium több antibiotikummal szemben is ellenállóvá válhat, így ún. multirezisztens törzsek is megjelennek. Ezeket gyakran „szuperbaktériumoknak” nevezik, és nincs vagy alig akad gyógyszer, amely bevethető ellenük. Ennek szélsőséges megjelenése az ún.

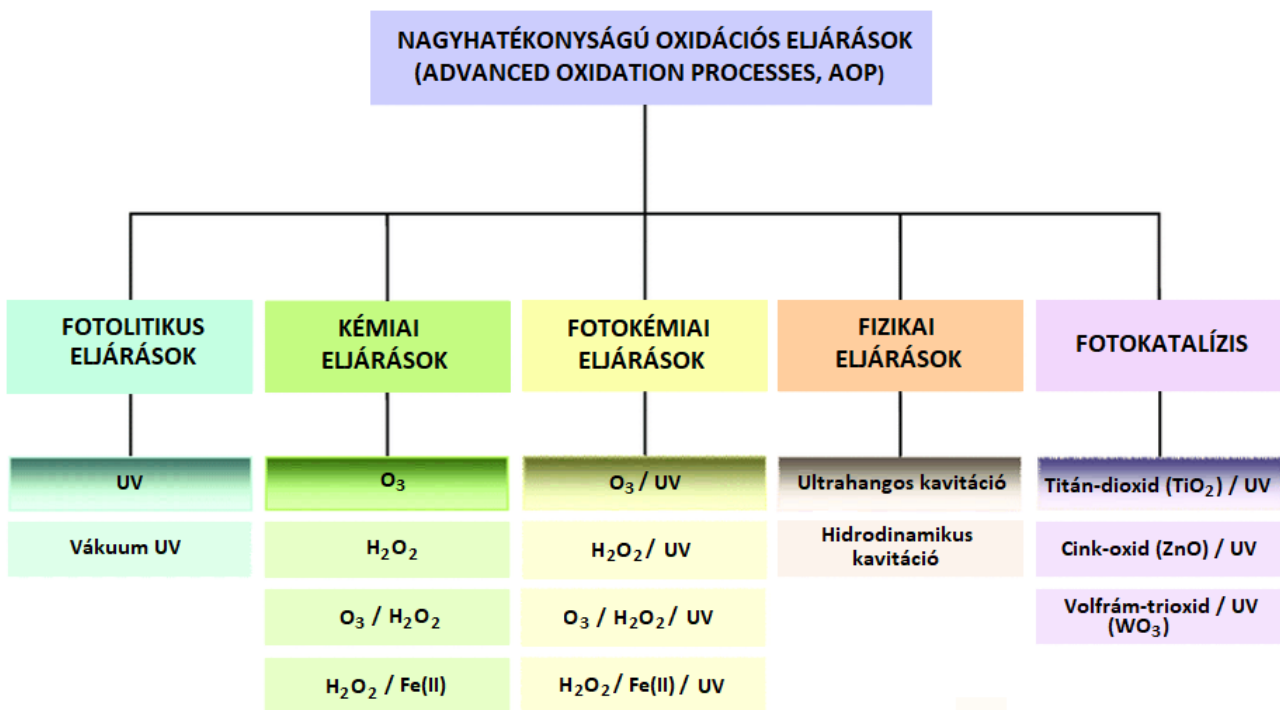
panrezisztens baktérium, amely jóformán minden antibiotikummal szemben érzéketlen. Szerencsére panrezisztencia még csak nagyon kevés baktérium esetében alakult ki. A szuperbaktérium-fertőzések kétharmada kórházi eredetű [2]. Ma a világon évente 700 ezer ember halálát okozza az antibiotikum-rezisztencia, ebből 50 ezren Európában és az Egyesült Államokban hunynak el [3]. Az előrejelzések szerint ez a szám 2050-re évi 10 millióra növekedhet.

Bár a szennyvízben található ng L<sup>-1</sup>, illetve µg L<sup>-1</sup> koncentráció kevés ahhoz, hogy a szennyvíz baktériumait elpusztítsák, vagy szaporodásukat gátolják az antibiotikumok, a rezisztencia kialakulásához ez a közeg mégis kedvező lehet. A szennyvíztisztító telepek – a kórházak mellett – forró pontjai a multirezisztens törzsek kialakulásának. A kockázatot erősíti, hogy a szennyvízben rengeteg baktérium van egy helyen, és egymásnak képesek átadni a rezisztenciagéneket (horizontális génátadás) [2][4][5]. A génátadásnak annál nagyobb a valószínűsége, minél több baktérium jelenik meg egy helyen. A nyers szennyvízben milliliterenként 10<sup>5</sup>-10<sup>8</sup> CFU (telepképző egység, telepszám) baktérium tenyészik [6][7][8]. Ráadásul a biológiai szennyvíztisztító telepeken a biomaszasűrűség körülbelül 3 nagyságrenddel növekszik a bioreaktorokban [8]. A hagyományos szennyvíztisztítási technológiában a mikroszennyezők – főként biológiai – eltávolítása általában nem teljes és a hatékonysága is változó. Néhány gyakori gyógyszervegyület esetében 12,5% és 100% között mozog. Ennek oka főként a molekulák sajátosságaiban (pl. hidrofóbitás, biológiai bonthatóság) és kis koncentrációjukban keresendő, amely az eltávolításukat a legtöbb esetben megnehezíti. Tehát a mikroszennyező

anyagok eltávolítása szinte kizárólag csak negyedik fokozat telepítésén keresztül valósítható meg. Azonban a biológiai kezelés hatékonysága is javítható kedvező feltételek mellett (pl. kiterjesztett SRT és HRT, megfelelő hőmérséklet és a redox körülmények finomhangolása) [9].

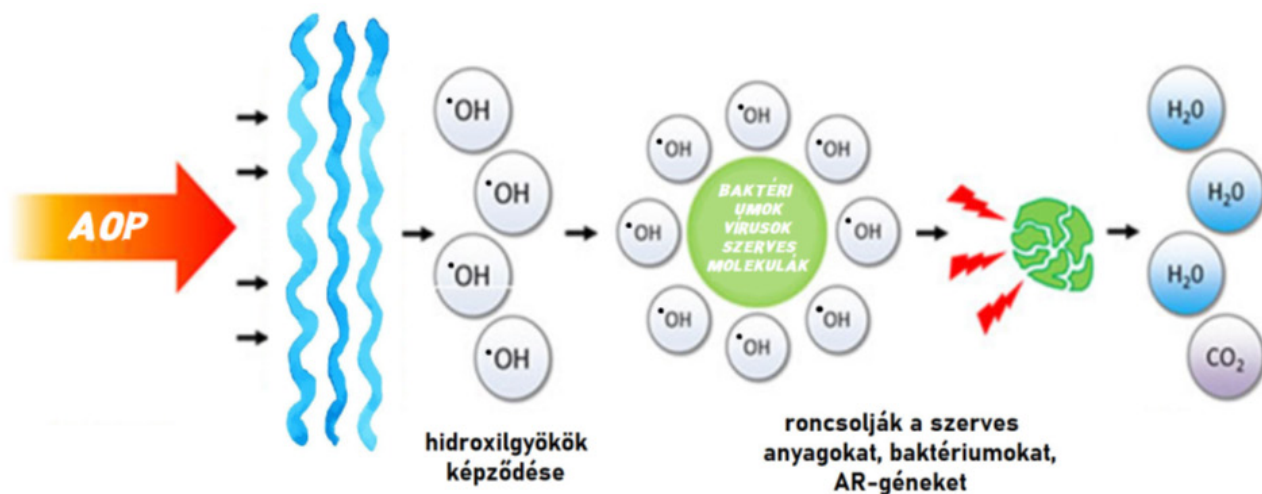
Az elmúlt egy-két évtizedben sok új technológiai megoldást teszteltek, de ezeknek csak egy része alkalmazható ipari méretekben is. Ilyen az oxidáció ózonnal ( $O_3$ ) és az adszorpció porított vagy szemcsés aktív szénen (PAC – Powdered Activated Carbon, GAC – Granular Activated Carbon), illetve a különböző membrántechnológiák [9][10][11]. Az utóbbi pár évben felzárkózni látszik az ózonnal történő oxidáció mellé egy másik nagyhatékony oxidációs eljárás is (Advanced Oxidation Processes, AOP), amelynél az ionizáló sugárzást elektrongyorsító segítségével állítják elő [12][13], és a köznyelvben elektronágyúként terjedt el.

Kevés nemzetközi tapasztalat áll rendelkezésre, amely mintaként szolgálhat és a megvalósítást segítheti. Németország és Svájc épített fel tartományi, illetve nemzeti programot a mikroszennyezők mennyiségének csökkentésére, amelynek talán a legfontosabb pillérét jelenti a szennyvíztisztítási technológiák fejlesztése, a szennyvízkezelő rendszerek kiegészítése negyedleges tisztítással. Németország két tartománya, Észak-Rajna-Vesztfália és Baden-Württemberg, valamint Svájc élvonalnak számítanak, hiszen a kiépített és üzemelő negyedik fokozatok száma ezekben a régiókban jelentős. Németországban az aktív szenes technológiákon kívül a különféle membrán eljárások is elterjedtek, beleértve az MBR (membrán bioreaktor) rendszereket is. Ezek kombinációit is tesztelték. Ezzel szemben Svájcban a membrántechnológiák helyett inkább az ózonos kezelést alkalmazták az aktív szenes eljárások mellett, illetve azokkal



1. ábra A nagyhatékony oxidációs eljárások (Advanced Oxidation Processes, AOP) [15] alapján





**2. ábra** A nagyhatékonyságú oxidációs eljárások (Advanced Oxidation Processes, AOPs) leegyszerűsített működési elve (AR-gének: antibiotikumrezisztencia-gének). A folyamat végén, az ábra jobb oldalán feltüntetett szén-dioxid- és vízmolekulák a teljes mineralizáció (ásványosodás) lehetőségét mutatják. Ez nem feltétlenül magának az AOP-nak a közvetlen eredménye, inkább azt jelenti, hogy a roncsolt szerkezetű molekulák már biológiai úton lebomlanak a környezetben

kombinálva. Ezek a technológiák alapvetően mind nagyon hatékonyak, és alkalmasak a feladatuk betöltésére. Az optimális technológia kiválasztása azonban mindig előtanulmány készítését igényli, mert csak a helyi körülményeknek leginkább megfelelő eljárás lehet hatékony [14].

## A NAGYHATÉKONYSÁGÚ OXIDÁCIÓS ELJÁRÁSOK (ADVANCED OXIDATION PROCESSES, AOP)

A nagyhatékonyságú oxidációs eljárások közös sajátossága, hogy agresszív gyökök, főként hidroxilgyökök ( $\cdot\text{OH}$ ) indítják el az átalakulásokat. A legismertebb, és a szennyvízkezelés szempontjából a legrelevánsabb eljárás az ózonos oxidáció, illetve az elektrónagyúként ismert elektrongyorsító. A nagyhatékonyságú oxidációs eljárások leggyakoribb formáit gyűjtöttük össze az 1. ábrán.

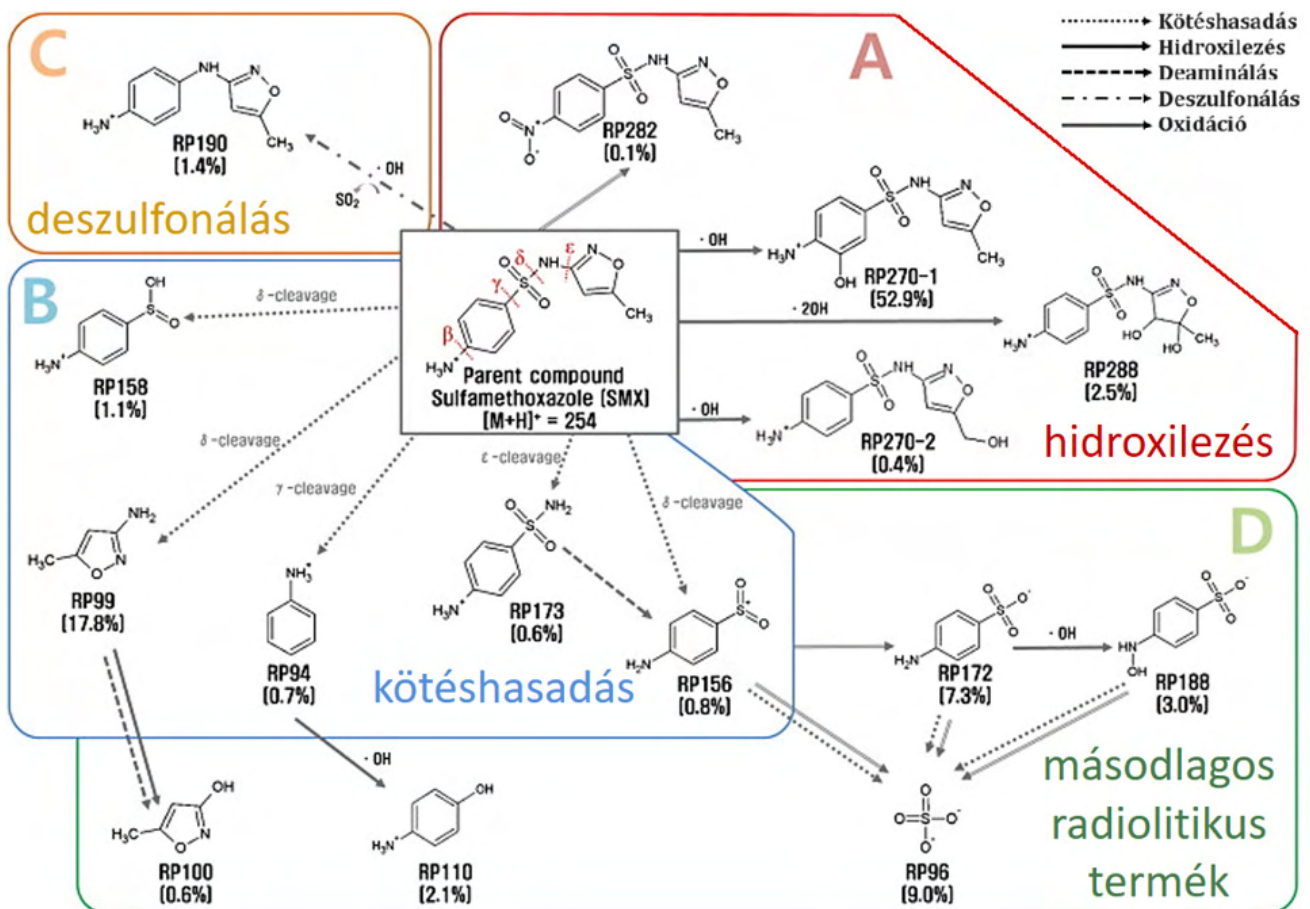
A gyökök gyakran olyan oxigén-, nitrogén-, kén- vagy szénközpontú molekulák, molekularészletek, amelyek elektronszerzés

céljából nagyon gyorsan lépnek kémiai reakcióba más vegyületekkel. Tulajdonképpen megtámadnak más molekulákat. A biológiailag nem vagy nehezen bontható szerves molekulák szerkezetét képesek megbontani, roncsolni, így közvetve sejtrongáló, örökítőanyag-károsító hatásuk is van [16][17][18]. A nagyhatékonyságú oxidációs technológiák leegyszerűsített működési elve látható a 2. ábrán.

Néhány példa a reaktív gyökökre: superoxid anion gyök ( $\text{O}_2\cdot^-$ ), peroxil gyökök ( $\text{RO}_2\cdot$ ), hidroxil gyök ( $\cdot\text{OH}$ ), peroxidion ( $\text{O}_2\cdot^-$ ), singlet oxigén ( $^1\text{O}_2$ ), hidroxidion ( $\text{OH}^-$ ), szulfát gyök ( $\text{SO}_4\cdot^-$ ); karbonát gyök ( $\text{CO}_3^-$ ) [19]. Hatásuk nem szelektív és nagy redoxpotenciállal rendelkeznek [20]. Közülük a hidroxil gyök redukciós potenciálja a legnagyobb ( $E^\circ = 2,7\text{-}2,8\text{ V}$ ), így a leghatékonyabb oxidálószer a felsoroltak közül [21]. A szennyvíztisztítás szempontjából releváns reaktív oxidálószer redukciós potenciálja az 1. táblázatban látható.

| OXIDATÍV MOLEKULA/VEGYÜLET                                | REDUKCIÓS POTENCIÁL (E°, V) |
|---|-----------------------------|
| Fluor (F <sub>2</sub> )                                   | 3,03                        |
| Hidroxil gyök (·OH)                                       | 2,7-2,8 (savas közeg); 1,9  |
| Szulfát gyök (SO <sub>4</sub> <sup>·-</sup> )             | 2,5 – 3,1                   |
| Szinglet oxigén ( <sup>1</sup> O <sub>2</sub> )           | 2,42                        |
| Klór gyökönion (Cl <sub>2</sub> <sup>·-</sup> )           | 2,09                        |
| Ózon (O <sub>3</sub> )                                    | 2,07; 1,01 (pH =11-12)      |
| Perszulfát (S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> <sup>2-</sup> ) | 2,1                         |
| Hidrogén-peroxid (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )         | 1,78; 0,46 – 0,87 (pH = 7)  |
| Oxid gyökönion (O <sup>·-</sup> )                         | 1,78                        |
| Permanganát (MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )              | 1,7                         |
| Klór-dioxid (ClO <sub>2</sub> )                           | 1,5                         |
| Szuperoxid gyök (O <sub>2</sub> <sup>·-</sup> )           | 1,0                         |
| Perhidroxil gyök (HO <sub>2</sub> <sup>·</sup> )          | 0,79; 1,5                   |
| Klór (Cl <sub>2</sub> )                                   | 0,42 – 0,60                 |
| Hipoklórossav (HClO)                                      | 0,04 – 0,46                 |

1. táblázat A szennyvíztisztítás szempontjából releváns reaktív oxidálószeres redukciós potenciálja [19][22][23]



3. ábra A szulfametoxazol nevű antibiotikum molekulá szerkezetének változása 1 kGy dózísú gamma-sugárzás (AOP modellezéseként alkalmazott) hatására [25]

Az oxidatív gyökök gyógyszermolekulák bonyolult molekulaszervezetét többféleképpen módosíthatják. Ezekre láthatunk példát a 3. ábrán, amelyen a szulfametoxazol nevű antibiotikum szerkezetének változásai követhetők 1 kGy dózisu gamma-sugárzás hatására. Az AOP modellezésére gyakran alkalmaznak gamma-sugárzást, illetve gyorsított elektronkat. A szennyező anyagok oxidációja során a kiindulási vegyületek kis molekulatömegű szerves savakká bomlanak. Ezek a biológiailag lebomló vegyületek további oxidáció során teljesen mineralizálódnak, azaz  $H_2O$ ,  $CO_2$  és különböző szerves vegyületek képződnek, mint végtermék (beleértve a redukált reaktív oxidálószerkeket). Ezek a szerves vegyületek hagyományos kezelési módszerekkel kezelhetők, illetve eltávolíthatók a közegből, végül csak  $H_2O$ ,  $CO_2$  marad, ami a szennyezett közeg teljes mineralizálódását jelenti [24].

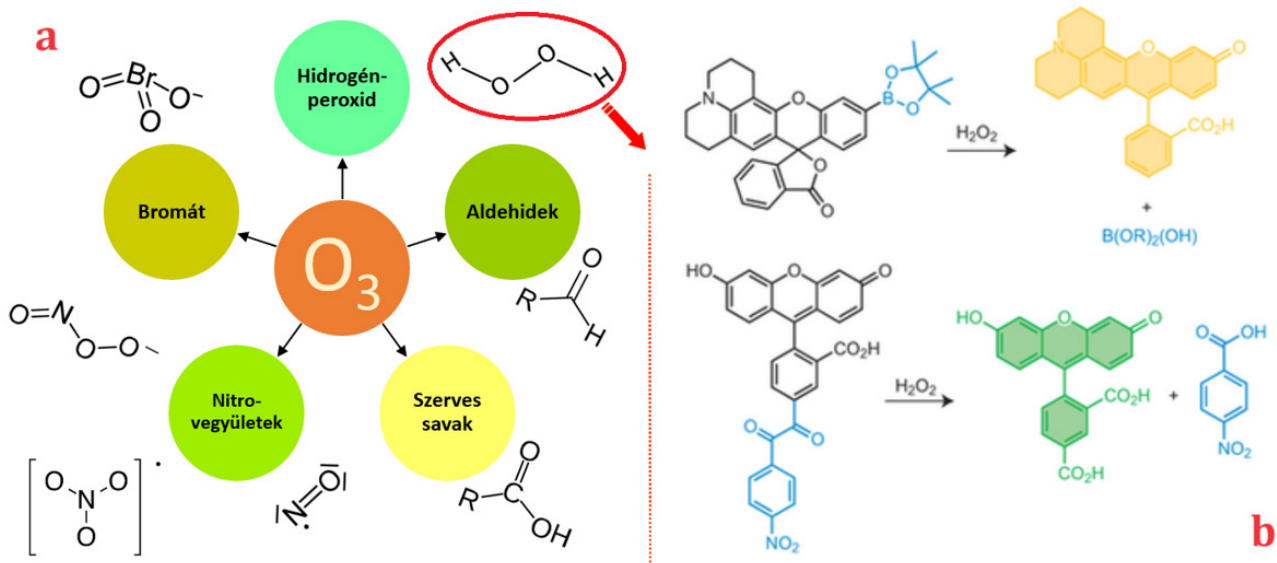
Valójában a teljes mineralizáció elérése igen nehéz, és talán nem is cél, hiszen a mikro-szennyezők olyan mértékű átalakulása, amely biológiailag bonthatóvá teszi a termékeket már elegendő. Természetesen a végső cél a gyakorlatban a technológiai konfiguráció függvénye. Az AOPk alkalmazása, vagyis a különböző mikro-szennyezők oxidatív lebomlása során keletkező egyszerű szerves és szerves melléktermékek az alapvegyület szerkezetétől függően változnak: aldehidek, alkoholok, karbonsavak, szerves vegyületek.

Az AOP-t előnyben részesítik más módszerekkel szemben, mivel környezetbarát technológiák. A melléktermékképződés minimalizálható. Nem visznek át szennyező anyagokat egyik fázisból a másikba, nem termelnek veszélyes iszapot a szennyező anyagok kezelése során. Mindemellett az AOP olyan szennyvizek kezelésére is alkalmasak, amelyek nagy mennyiségű

szerves anyagot tartalmaznak, és kis pH-értékük miatt nem lehet azokat biológiai módszerekkel kezelni [26]. A membrántechnológiákkal és az aktív szén szűréssel ellentétben az AOP nem koncentrálna a szennyező anyagokat. Más folyamatokkal kombinálva is használható, és bizonyos esetekben az energiafogyasztása is kedvező. Erős oxidáló képességgel és gyors reakciósebességgel rendelkeznek, és a biológiai bontásnak ellenálló, esetleg tűzveszélyes vegyületek is kezelhetővé válnak általuk [27]. Ezzel szemben a biológiai szűrés esetében csak az egyébként is zajló biodegradációs folyamatokat erősítjük fel. A biológiai bontásnak ellenálló molekulák vagy az aktív szénhez kötődnek és akkumulálódnak, vagy a tisztított szennyvízzel együtt távoznak. Ezen felül még az AOP alkalmas a másodlagos kezelés során el nem távolított kórokozók inaktíválására is [9][26][27]. Az AOP-knek az előnyök mellett számos hátrányuk is van. Az egyik fő probléma az, hogy nem minden eljárás méretezhető az ipari igényekhez (pl. fotokatalízis, ultrahangos kavitáció). A másik pedig, hogy a hagyományos módszereknél általában nagyobb beruházási és működési költségek jellemzik. Ugyancsak jelentős hátrány lehet, hogy egyes esetekben az oxidálószer koncentráció ellenőrzése és a pH korrekció kontrollja elkerülhetetlen, valamint a folyamat korlátai szintén a pH-változásokhoz is kapcsolódhatnak (részecskék aggregációja, a heterogén katalizátorok felületi tulajdonságainak módosítása) [27].

### AZ ÓZONOS KEZELÉS TERMÉKEINEK HATÁSAI A SZENNYVÍZTISZTÍTÁS FOLYAMATAIRA

Az ózonos kezelésnek több nagyon jelentős előnyét érdemes kiemelni. Az AOP



**4. ábra** Az ózonos kezelés melléktermékei (a), és példák a képződő hidrogén-peroxid által előidézett molekulahasadásokra

alkalmazásával a szerves mikroszennyezők biodegradációja fokozható. Egyrészt a komplex szerkezetű szerves molekulák felépítése egyre egyszerűbbé, a mikroorganizmusok számára is hozzáférhetőbbé válik [28][29][30][31][32]. Másrészt a különböző mikroszennyezők oxidatív lebomlása során többek között sok olyan alifás sav képződik, amely a sejtanycsere általánosan elterjedt természetes eleme: maleinsav, almasav, piroszőlősav, glioxilsav és oxálsav. Emellett a denitrifikációnak kedvező egyszerű szerves savak (ecetsav, hangyasav) is megjelennek a termékek között. Az AOP módszerek, így az ózonos kezelés alkalmazása során is képződő szerves melléktermékek/végtermékek láthatók a 4. ábrán.

Az AOP segítségével az antibiotikum-rezisztencia elleni küzdelemben két fronton vívhatunk csatát e technológiák segítségével. Egyrészt a gyógyszermolekulák szerkezetét megbontva azok nemcsak élettani aktivitásukat veszítik el, hanem megszűnik

a rezisztencia kialakulásához szükséges modellezésük. Nem tudnak a baktériumok hozzászokni a jelenlétükhöz.

Másrészt az antibiotikumrezisztencia-géneket (AR-gének) is tönkreteszik, illetve a rezisztens baktériumokat elpusztítják. A szerves molekulákat az alkalmazott dózistól függő mértékben roncsolják az AOP-k. Megfelelően nagy dózisonál nagyon egyszerű szerkezetű szerves molekulák (pl. szerves savak) és szeretlen molekulák (pl. ammónia, nitrát, szulfát) képződnek. Ezek az egyszerű molekulák már fogyaszthatók a baktériumok számára, az anyagcsereutakon szén- és energiaforrásként hasznosulhatnak [16][17][18].

**Negatív hatásai is lehetnek az ózonos kezelés termékeinek.** Az ózonozás utáni toxicitás növekedését figyelték több kutatás során, amely fiatal szivárványos pisztrángok (*Oncorhynchus mykiss*) elhullásához és fejlődésének késleltetéséhez vezetett [33], illetve *Lumbriculus* nemzetségbe tartozó kevésbé gyűrűsférgek szaporodásának gátlásához

[34]. Okozott zebrakagylók (*Dreissena polymorpha*) esetében mortalitást [34], és a békalencse (*Lemna sp.*) növekedésének gátlását [35] is megfigyelték. Az ózonozás utáni genotoxikus és mutagén potenciál növekedéséről is beszámoltak [33][36]. Ezeket a hatásokat az ózonozás során mérgező oxidációs melléktermékek, például aldehidek képződésének tulajdonították, amelyek homokszűrés után eltávolíthatók voltak. Ezzel ellentétes eredmények is születtek, amelyek az ózonozás során a toxicitás csökkenését mutatták ki [37][38][39]. A gondos tervezés kulcsfontosságú az ózonozási eljárásnál. A hosszabb reakcióidő elősegíti a labilis köztes termékek lebomlását [10][36]. Az ózonos kezelés hatására képződő toxikus aldehidek igazolt élettani hatásait foglaltuk össze az 5. ábrán

Az aldehidek és karbonsavak képződése ózonozáskor jól ismert. Az aldehidek (formaldehid, acetaldehid és glioxál) képződése az ózon/teljes szerves szén (TOC) aránytól függ, a maximális aldehidképződést 1 – 1,1 aránynál mérték. Nawrocki és mtsai (2003) az aldehidek két eltérő hatású csoportját azonosították. Az első (azaz formaldehid, acetaldehid) koncentrációja erősen függ az ózondózistól, míg a második aldehidcsoport (pl. glioxál, metilglioxál) koncentrációja viszonylag függetlennek tűnik az ózondózistól. (Az ózon gyakorlatilag a teljes szervesanyag mennyiséget savakká oxidálhatja. A hangyasav, az ecetsav és különösen az oxálsav a legjelentősebbek. A karbonsavak biológiailag könnyebben bonthatók, mint az aldehidek [40].

Ózonozás után az aldehidek általában tíz mg L<sup>-1</sup> nagyságrendben, míg a karbonsavak több száz mg L<sup>-1</sup> koncentrációban vannak jelen. Az ózonozási melléktermékek két csoportja

(a ketosavakkal együtt) biológiailag bontható, de a biológiailag bontható szerves szénnek (biodegradable organic carbon, BOC) csak körülbelül 25-30%-át teszik ki. A BOC fennmaradó része még (2003) ismeretlen. A természetes szerves anyag ózonozásának fő azonosított termékei a hangyasav, ecetsav és oxálsav (és oxalátok), valamint számos ketosav (pl. piroszőlősav, glioxálsav, ketomalonsav) [40].

Az AOP-k alkalmazása során nagyon gyakran megjelenő toxikus melléktermékek közé tartoznak a nitrocsoportot tartalmazó kémiai vegyületek (nitrotermékek). Ezek képződése olyan reaktív nitrogénformákhoz köthető, mint például a nitrát gyök (NO<sub>3</sub><sup>•</sup>), nitritgyök (NO<sub>2</sub><sup>•</sup>), nitrogén-oxid gyök (NO<sup>•</sup>) és a peroxinirit (ONOO<sup>-</sup>). Az N-tartalmú szennyezőanyagok oxidatív lebomlása során nitrát-, nitrit- és ammóniumionok szabadulnak fel. Egyes esetekben a mineralizált nitrogénfajták (nitrát, nitrit) másodlagos reakciói az alap- vagy köztes vegyülettel több nitroterméket eredményeznek [41].

Fontos következménye lehet az ózonos technológiák alkalmazásának a bromát (BrO<sub>3</sub><sup>-</sup>) képződése bromidtartalmú (Br<sup>-</sup>) vizek esetén, amely egy potenciális karcinogén (rákkeltő) vegyület. Éppen ezért az ivóvíz bromátkoncentrációja szigorúan korlátozott (10 µg L<sup>-1</sup>) [42][43]. Ezért ajánlott elkerülni az ózonozást, ha a szennyvíz bromidkoncentrációja ≥ 0,4 mg L<sup>-1</sup>. A szennyvízben található bromid természetes és antropogén forrásokra is visszavezethető. A bromid természetes koncentrációja a tengervízben (65 mg L<sup>-1</sup>) általában nagyságrendekkel magasabb, mint a felszíni és a talajvízben (<0,01-0,3 mg L<sup>-1</sup>). A felszíni vizekben és az esővízben található bromid egy része tengeri aeroszolokra vezethető vissza,

Az ózonozás utáni toxicitás növekedését figyelték több kutatás során



5. ábra Az ózonos kezelés hatására képződő toxikus aldehidek igazolt élettani hatásai

de a tengertől távol keletkező szennyvíz megemelkedett bromidkoncentrációja elsősorban antropogén forrásokhoz, (égetőművek, hulladéklerakók) köthető [44]. Az UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kezelés hasznos alternatívának tekinthető. Az UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a mikroszennyezőket is hatékonyan oxidálja bromátképződés nélkül, de az energiaigény lényegesen magasabb, mint az ózonos vagy O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kezelésnél [45]. A AOP alkalmazása során dózistól függő mértékben képződik hidrogén-peroxid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), amely toxikus az élő szervezetekre nézve bizonyos koncentráció felett. Erősen bomlékony molekula, bomlásakor hőfejlődés közben víz és oxigén keletkezik:

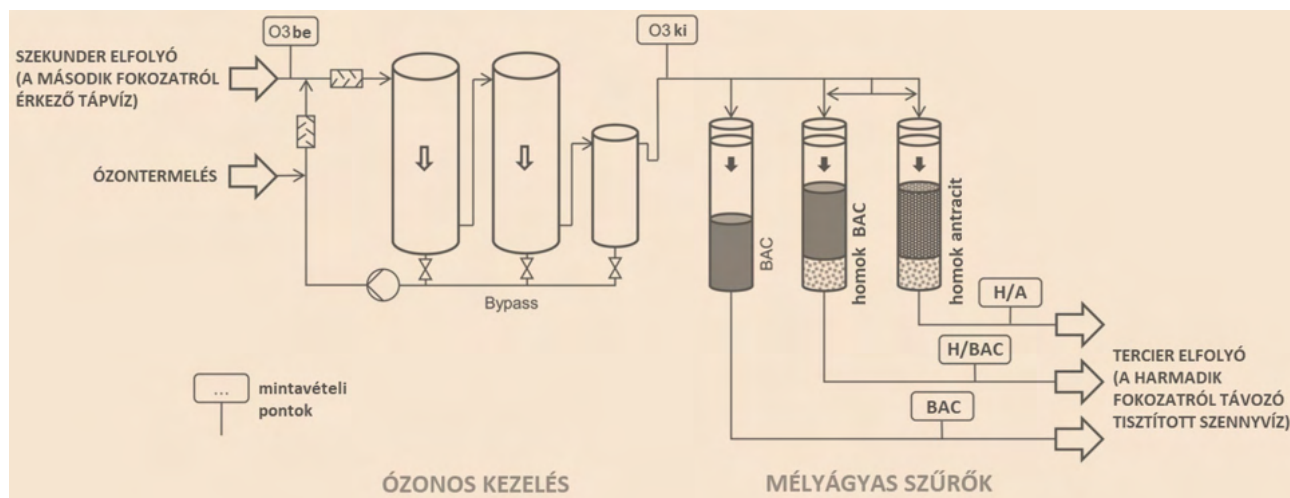


A hidrogén-peroxidból nemcsak spontán módon, hanem a szerves anyagokkal reakcióba lépve is oxigén szabadul fel (abiotikus), de enzimatis folyamatokon keresztül (biotikus) is végbemegy hasonló folyamat. Szerves molekulákkal reakcióba lépve, azokban jelentős

kémiai/szerkezeti változást idézhet elő, amely egyszerűbb szerkezetű, esetleg biológiailag hozzáférhető molekulák képződését eredményezheti. Ezirányú pozitív hatása jelentős lehet, hiszen rendkívül reaktív molekula és nagy koncentrációban jelenik meg az AOP kezelések során [28][46]. A képződő hidrogén-peroxid hatására bekövetkező molekulahasadásra is láthatunk példákat a 4. ábrán.

### A NEMKÍVÁNATOS MELLÉKTERMÉKEK ELTÁVOLÍTÁSA

A szerves mikroszennyezők kommunális szennyvízből történő eltávolítására szolgáló ózonozást az elmúlt évtizedben alaposan tanulmányozták, és már a gyakorlatban is jól működő technológiává fejlesztették ki Svájcban és Németországban. Általánosan elfogadott, hogy az ózonkezelés után biológiai utókezelést kell alkalmazni az oxidációs folyamat során keletkező potenciálisan mérgező és/vagy rákkeltő oxidációs melléktermékek (oxidation by-products, OBP) lebontása



**6. ábra** A Schoenerlinde Szennyvíztisztító Telepen üzemeltetett kísérleti üzem egyszerűsített áramlási sémája (ózonációs befolyó: O3 be; ózonnal kezelt szennyvíz: O3 ki; BAC szűrő: BAC; homok/BAC szűrő: H/BAC; homok/antracit szűrő: H/A. [47])

érdekében. Azonban még mindig vita folyik egy ilyen utókezelési lépés megfelelő kialakításáról és üzemeltetéséről. Számos rendszert tanulmányoztak utókezelésre. Teszteltek például fix ágyas bioreaktorokat, mozgóágyas bioreaktorokat, épített vizes élőhelyeket, integrált megoldásokat ózonozással az eleve-niszapos eljárás közbenső lépéseként vagy mélyágyas szűrőket. Ez utóbbi technológiát alkalmazzák a leggyakrabban, homok vagy szemcsés aktív szén (GAC) töltettel [14].

Az ózonos oxidációt követő lépésben megfelelő mennyiségű OMP eltávolítását csak a GAC-t tartalmazó mélyágyas szűrők esetében figyeltek meg, amelyet elsősorban adszorpciós kezelési lépésként, vagy biológiailag aktív szén (biological activated carbon, BAC) szűrőként üzemeltettek. Sauter et al. (2021) háromféle mélyágyas szűrőrendezés hatását vizsgálta ózonos oxidációt követő utókezelésként. Az 6. ábrán látható, párhuzamosan felépített rendszerben egy BAC-szűrő, egy kombinált közegű homok/BAC-szűrő és egy ugyancsak kombinált közegű homok/antracitszűrő (nem adszorpciós) teljesítményét hasonlították össze. A BAC

használata a nem adszorpciós szűrőanyagok, például az antracittal szemben alkalmasabb a biomassza anyagcsere aktivitásának elősegítésére, és ezáltal javítja a szerves anyagok aerob lebomlását. Ezenkívül a BAC szűrőkkel végzett utókezelés több OMP eltávolítását teszi lehetővé, míg a nem adszorpciós szűrők nem járulnak hozzá az OMP eltávolításához. Mivel a BAC szűrőkben az OMP eltávolítása viszonylag stabil maradt, feltételezték, hogy a szorpció mellett biológiai folyamatok is részt vesznek az OMP eliminációjában. Az ózonozás utáni biológiai utókezelés elsődleges funkciója – a biológiailag lebomló OMP hatékony eltávolítása – a szűrőanyag megválasztásától függetlenül megvalósítható [47].

## ÖSSZEFOGLALÁS

A nagyhatékonyságú oxidációs eljárások bevezetése több szempontból kedvező lehet a megemelkedett költségek ellenére is. A biológiailag nem vagy nehezen bontható szerves molekulák szerkezetét képesek megbontani, roncsolni az alkalmazott dózistól függő mértékben. A képződő egyszerű szerves és

szervetlen molekulák már hasznosíthatók a baktériumok számára.

A denitrifikációhoz szubsztrátként egyszerű szerves vegyületekre (szerves savak, alkoholok) van szükség. Ezek a szubsztrátok származhatnak belső és külső forrásból egy szennyvíztisztító rendszerben. Belső forrás maga a nyers szennyvíz, illetve a szennyvíztisztító rendszer különböző pontjain képződő csurgalékvizek. Külső forrásként a kereskedelemben kapható tiszta vegyszereken (ecetsav, hangyasav) kívül használhatunk a mezőgazdaságból, vagy az iparból származó melléktermékeket is, ha azok megfelelnek a feltételeknek. Ugyanakkor külső forrásként jelenhet meg az AOP alkalmazása során képződő számtalan melléktermék is, amelyek között sokféle egyszerű sav, aldehid, keton és alkohol szerepel. A nagyenergiájú ionizáló sugárzást, mint AOP-t alkalmazva, a dózis növekedésével egyre oxidáltabb termékek képződnek. A sor végén – a legoxidáltabb állapottal – a glioxálsav és az oxálsav jelenik meg. A toxikus melléktermékekről sem szabad azonban megfeledkeznünk. A  $\gamma$ -radiolízis és a gyorsított elektronok esetében is nagy koncentrációban jelenik meg a hidrogén-peroxid a kezelt oldatokban.

Az ózonozás utáni toxicitás növekedését figyelték meg több kutatás során. Ezeket a hatásokat az ózonozás során képződő mérgező oxidációs melléktermékeknek, például aldehideknek tulajdonították.

A gondos tervezés kulcsfontosságú az AOP eljárásoknál, így az ózonozási eljárásnál is.

A hosszabb reakcióidő elősegíti a labilis köztes termékek lebomlását. Az aldehidek és karbonsavak képződése ózonozáskor jól ismert. A karbonsavak biológiailag könnyebben bonthatók, mint az aldehidek. A természetes szerves anyag ózonozásának fő azonosított termékei a hangyasav, ecetsav és oxálsav (és oxalátok), valamint számos ketosav (pl. piroszőlősav, glioxálsav, ketomalonsav). Az AOP alkalmazása során nagyon gyakran megjelenő toxikus melléktermékek közé tartoznak a nitrocsoportot tartalmazó kémiai vegyületek (nitrotermékek).

Az ózonozás utáni biológiai utókezelés elsődleges funkciója – a biológiailag lebomló OBP hatékony eltávolítása – a szűrőanyag megválasztásától függetlenül megvalósítható. Ugyanakkor ózonos oxidációt követő lépésben megfelelő mennyiségű OMP eltávolítását csak a GAC-t tartalmazó mélyágyas szűrők esetében figyelték meg, amelyet első sorban adszorpciós kezelési lépésként, vagy biológiailag aktív szén (BAC) szűrőként üzemeltettek.

Végül meg kell említenünk az AOP ökológiai és egészségügyi jelentőségét. Az antibiotikum-rezisztencia elleni küzdelemben fontos szempont, hogy olyan eljárásokat alkalmazunk, amelyek az antibiotikumok szerkezetét roncsolják, így azok elveszítik élettani aktivitásukat. Nem tudnak a baktériumok hozzászokni a jelenlétükhöz. Másrészt az antibiotikum rezisztencia-géneket (AR-gének) is tönkreteszik, illetve a rezisztens baktériumokat elpusztítják.



# RENDSZERFEJLESZTÉSI STRATÉGIA KIALAKÍTÁSA A DMRV ZRT. VÍZELLÁTÓ RENDSZERÉN HÁLÓZATHIDRAULIKAI MODELL ALKALMAZÁSÁVAL

Nagy Nikolett DMRV Zrt.

## 1. BEVEZETÉS

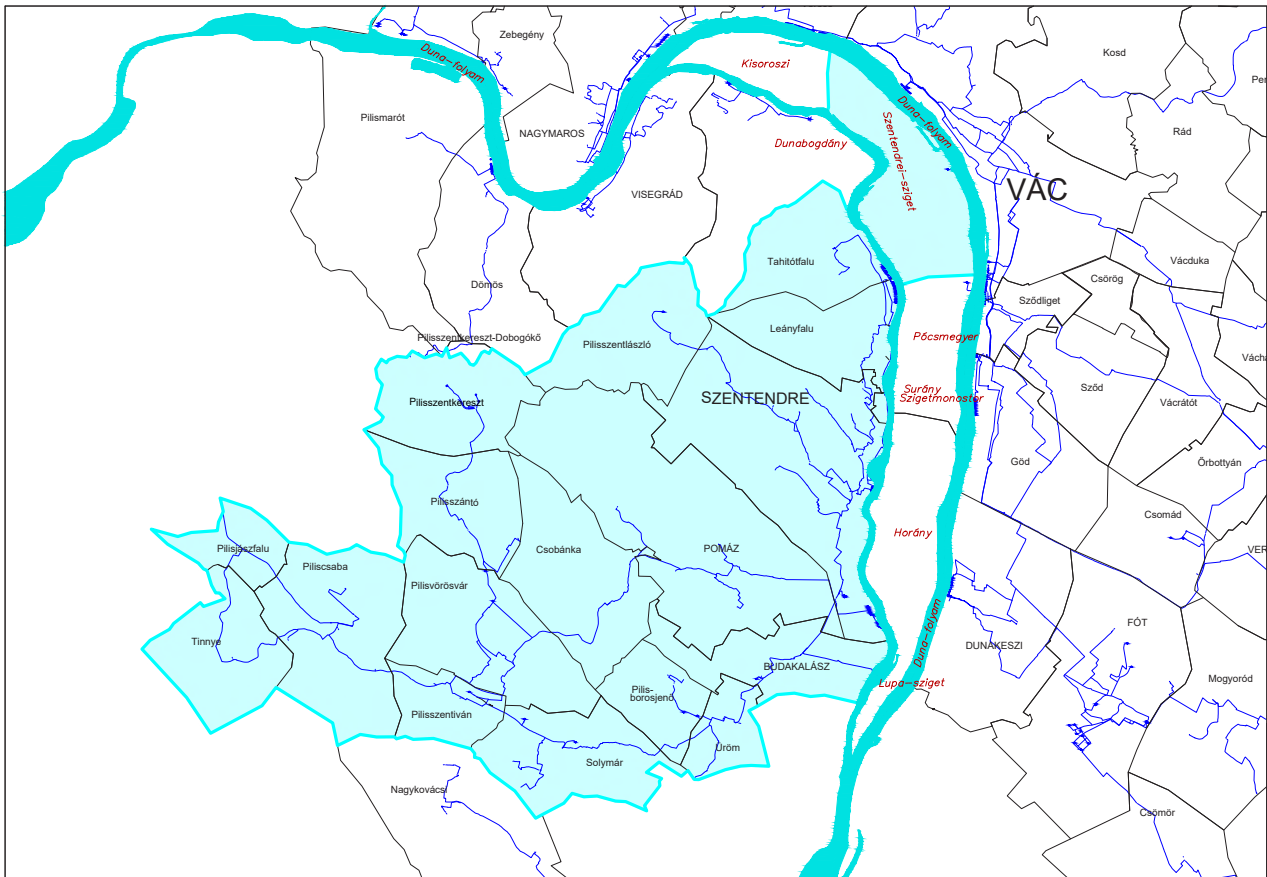
Magyarország nagy részén jellemző, hogy a települési vízigények csökkenő trendet mutatnak, mely folyamattal ellentétesen a DMRV Zrt. ellátási területén a vízfogyasztás nagyarányú növekedése tapasztalható. A DMRV Zrt. működési területén, különösen a Duna Jobbparti Regionális Vízellátó Rendszeren a rendszerváltást követően az amúgy országszerte jellemző túlméretezett víztermelési- és vízelosztási kapacitások nem voltak megfigyelhetőek. A DMRV Zrt. működési területén a nyári csúcsfogyasztási időszakokban az elmúlt években több alkalommal lépett fel szolgáltatás kiesés, melyek közül a 2022. évi volt a legsúlyosabb és legkiterjedtebb. A települések lakosszáma rohamosan növekszik, a vízhasználati szokások és mértékek jelentősen eltérnek az évtizedekkel ezelőtti trendektől, mely jelenséget tovább erősíti a vízdíjak alacsony mértéke is. Az életszínvonal növekedésével jelentősen megnöttek a nagyvízigényű, gondozott zöldfelületek, elterjedtek az úszómedencék illetve az automata öntözőberendezések. A társadalmi változások mellett az éghajlatváltozás is jelentős szerepet játszik, mivel a klímaváltozás következtében az aszályos időszakok meghosszabbodtak, a nyári hőségriadók száma pedig növekedett, mely

tovább növelte a vízfelhasználás volumenét a száraz nyári időszakokban. Az extrém fogyasztású időszakokban jelentkező igényeket a meglévő vízellátó rendszer nem képes maradéktalanul kiszolgálni. A probléma oka egyrészt a termelési és vízátvételi kapacitás hiányra, másrészt a meglévő vízszállító és elosztórendszer kapacitáshiányára vezethető vissza.

A távlati vízigények kielégítéséhez szükséges rendszerfejlesztési feladatok meghatározásához elengedhetetlen megismerni a rendszer jellemző és mértékadó üzemállapotait, melyeket csak hidraulikai szimulációs modellező program alkalmazásával ismerhető meg.

## 2. A RENDSZER FELÉPÍTÉSE

A Duna Jobbparti Regionális Vízellátó Rendszeren a 17 db település vízellátása a termelt és átvett vizekből egy regionális rendszeren keresztül valósul meg. A DMRV Zrt. által jelenleg üzemeltetett parti szűrésű vízbázisokból - Tahy, Szentendre Északi és Déli vízbázisa, - továbbá Pilisborosjenő, Budakalász és Pilisszántó karsztkútjai, valamint a Fővárosi Vízművek Zrt. (továbbiakban: FV Zrt.) és az Északdunántúli Vízmű Zrt. (továbbiakban: ÉDV Zrt.) vízátvételei által biztosított a vízellátó rendszer vízigénye.



**1. ábra:** Duna Jobbparti Regionális Vízellátó Rendszer

A vízellátás a termelt és átvett vizekből egy regionális rendszeren keresztül valósul meg, DN100-500 mm átmérőjű vezetékekkel juttatjuk el a rendelkezésre álló vizet, több helyen többirányú vízkormányzási lehetőséggel, nyomásfokozókkal és kb. 50 % víztároló kapacitással.

### 3. A MODELL FELÉPÍTÉSE, KALIBRÁCIÓJA

A meglévő vízellátó rendszer működése és a távlati vízmennyiségeknek megfelelő, fejlesztéseket is tartalmazó vízellátó rendszer hidraulikai modell segítségével került vizsgálat alá. A fővezetési hálózat a rendelkezésre álló adatokból, egy magyar mérnökök által fejlesztett modellező szoftver, a HCWP program segítségével került felépítésre.

A rendelkezésre álló AutoCad térképi állományból felülvizsgálatra és javításra kerültek a hálózat csomóponti kapcsolatai és nyomvonalai, az átmérők és anyagmegjelölések. A vezetékek átmérő és anyag megjelölésében jelentős hiányosságok merültek fel, valamint téves adatok szerepeltek az adatbázisban, ezen hibák a modell működésében jelentős eltéréseket okoztak, melyek korrekciót igényeltek.

A magassági adatok előállításához a rendelkezésre álló digitális és papír alapú ivóvíz hálózati térképeken szereplő magassági adatok kerültek meghatározásra. Azokon a pontokon, ahol nem volt fellelhető ivóvíz szakági térkép, ott a szennyvízhálózati térképek, valamint más térképészeti adatbázisok alapján kerültek bevitelre a magassági adatok.

A modell építése során betáplálásra kerültek a vízellátó rendszeren található gépházak, tárolók és kútadatok. A szivattyúk tekintetében a gyártói katalógusok adataiból beállításra kerültek a gyári jelleggörbe adatok. Azoknál a szivattyúknál, ahol nem található szivattyú jelleggörbe, azoknál a jellemző munkapont alapján került beállításra a modellben. Elkészítésre kerültek a tárolók térfogati jelleggörbéi, melyek a modell Vízállás-térfogat függvényei között találhatóak. A szivattyúk vezérlése a jelenlegi és tervezett tárolók szintjei alapján történik.

A kalibráció főleg a DMRV Zrt-nél meglévő Folyamatirányító és Ellenőrző Rendszerből kinyert adatok, valamint a hálózaton található tűzcsapok nyomásértékeinek felhasználásával készült el. Ezeknek az adatoknak a modellel való összevetésével, egybevágóságával ellenőrizhető a modell és a valóság közötti összefüggés. Természetesen a modell minél pontosabb kalibrációjához, hitelesítéséhez több adat és mérés szükséges, azonban

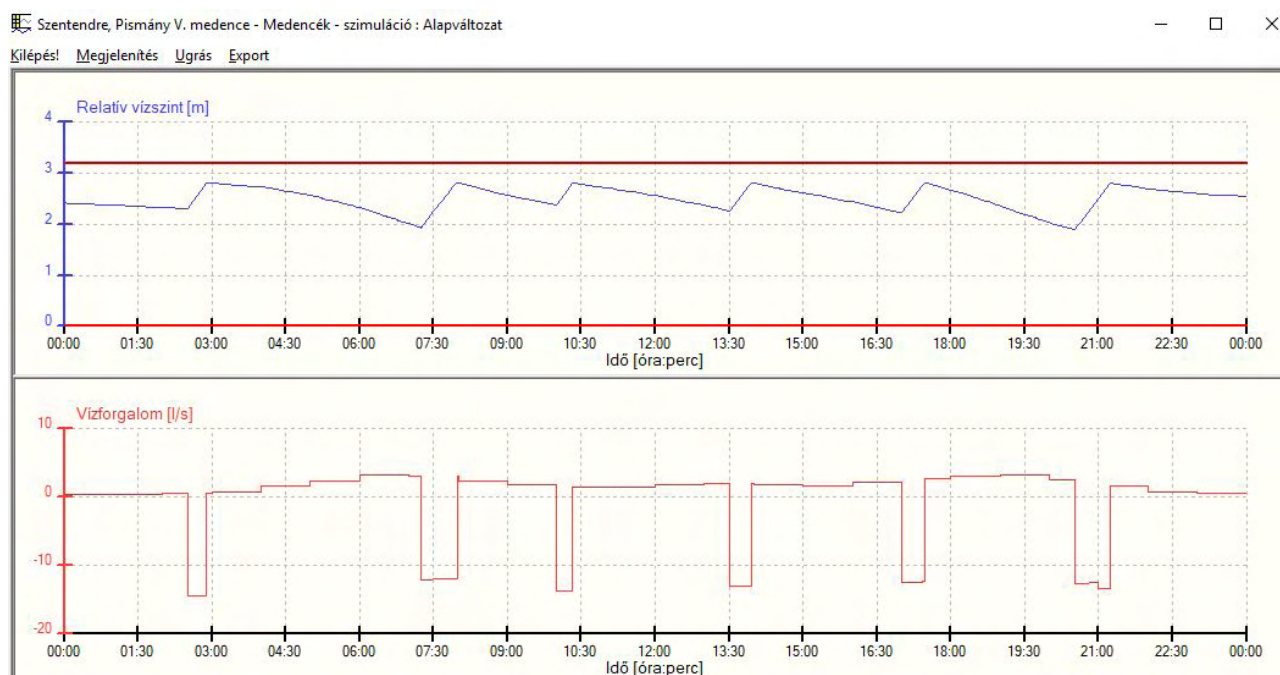
a célkitűzéshez ez a szint is megfelelőnek bizonyult.

#### 4. A MEGLÉVŐ VÍZELLÁTÓ RENDSZER ISMERTETÉSE - ÁTLAGOS FOGYASZTÁSI ÜZEMÁLLAPOT

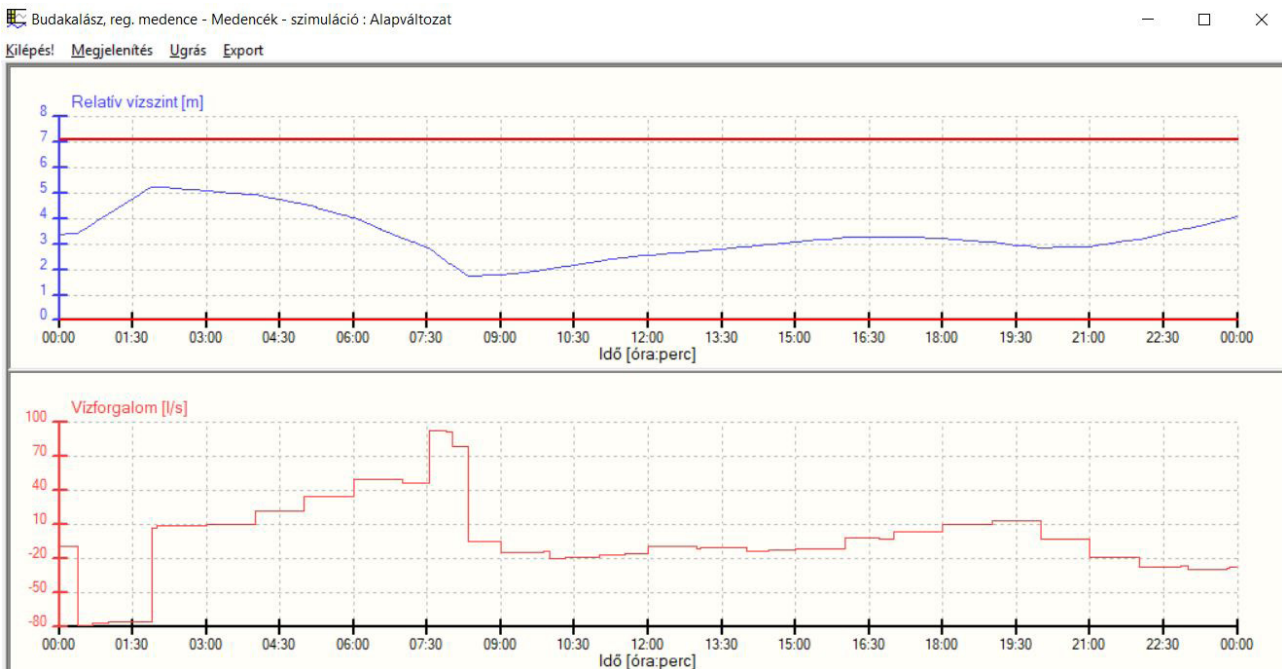
A vízellátó rendszer modellezéséhez, a rendszer működésének meghatározásához átlagos fogyasztási üzemállapot megismerése szükséges, mely által körvonalazódik a rendszer jellemző vízmozgása. Az elmúlt 9 év adatait vizsgálva az átlagos vízigény mértéke 33 000 m<sup>3</sup>/d körül alakul, ezért az átlagértékhez közeli napot vettem figyelembe.

A fogyasztási körzetek napi vízigénye a vizsgált napon az irányítástechnikai rendszerből vett adatok illetve havi leolvasások átlagértékei alapján lettek meghatározva. A modellezés során a rendszert 51 db fogyasztási körzetre tagoltam.

A térség ellátó hálózatán nem alakulnak ki vízhiányok, nem tapasztalható vízellátási zavarok, azonban vannak olyan elemek, melyek



2. ábra: Szentendre, Pismány V. medence napi vízszintváltozása



**3. ábra:** Budakalász, regionális medence napi vízszintváltozása

már a mindennapok során is kapacitásuk határán működnek. Ilyen a Csobánka regionális gépház és medence közötti DN300 azbesztcement vezeték, melyen 1,76 m/s sebesség alakul ki. Továbbá Szentendre, Pismány településrész településszerkezeti fejlődésének következtében a medencék napi hat alkalommal töltődnek és ürülnek le. Igaz ugyan, hogy ez a normál üzemmenetben nem jelent problémát, de egy jelentős műszaki meghibásodás javítása a településrészben szolgáltatási zavar nélkül nem elhárítható.

A Budakalászi, regionális vízműtelep medencéit (2x600 m<sup>3</sup>) a Szentendre Déli vízműből jövő DN300 mm azbesztcement vezeték tölti. A Budakalász regionális medence szintje a nap folyamán töltődik és ürül, a zónában vízhiány nem alakul ki, azonban látható, hogy a reggeli és esti csúcsfogyasztási időszakokban a medence szintje erőteljesen lecsökken. Amennyiben a medence töltése kisebb

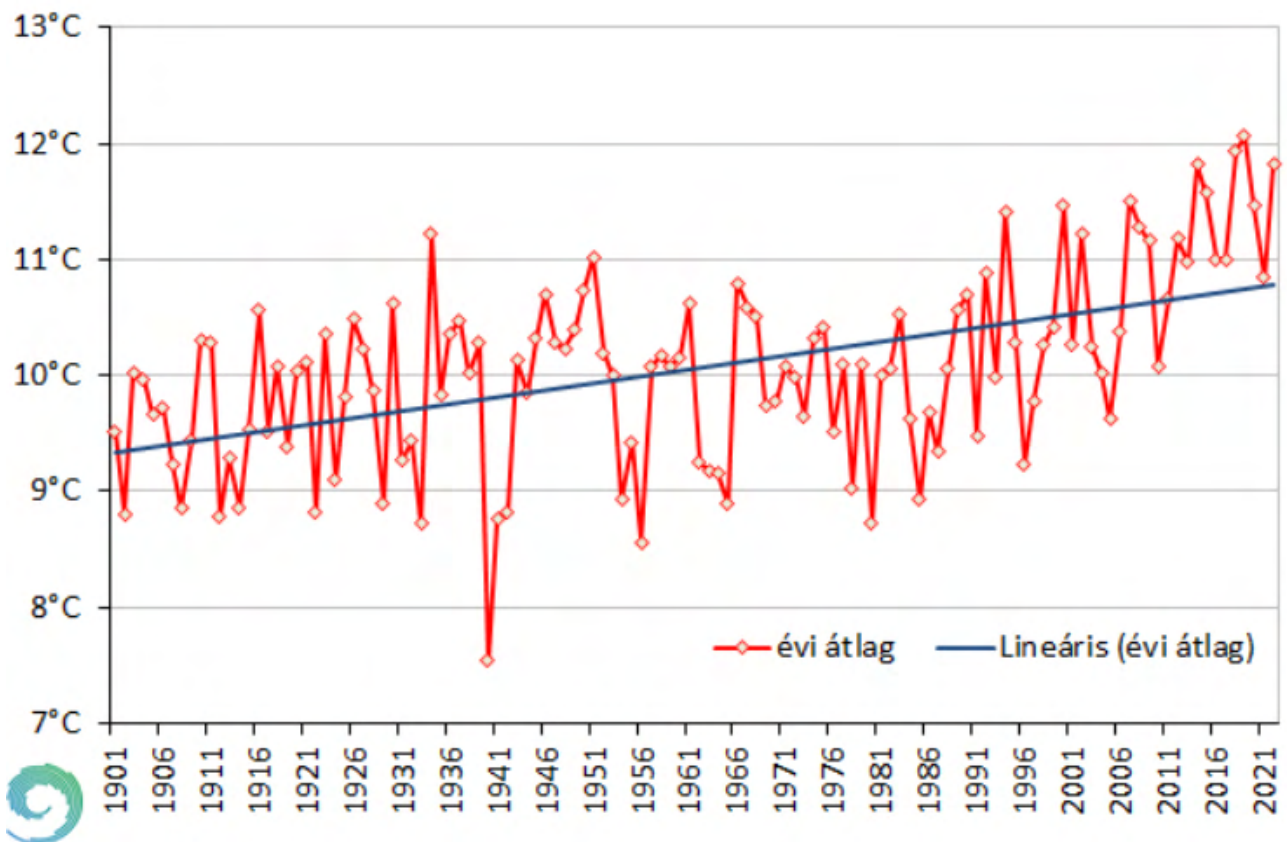
vízmennyiséggel történik, akkor a nap végére a medence leürül.

## MEGLÉVŐ RENDSZER – CSÚCSFOGYASZTÁSI ÜZEMÁLLAPOT

Csúcsfogyasztási üzemállapotban a víziközmű-infrastruktúra, azon belül is az ivóvízellátó rendszer nem tudja kielégíteni a növekvő igényeket. A települések hálózatai egy regionális vízellátó rendszer részeként működnek, a regionális fővezeték rendszerhez kapcsolódnak, így többé-kevésbé együttesen érintettek az ivóvízellátásban és a felmerülő vízellátási zavarokban.

### 5.1. Éghajlatváltozás

Magyarországon a 2022-es évi középhőmérséklet országos átlagban 11,83°C-nak adódott, ami 1,1°C-kal volt melegebb az 1991-2020-as éghajlati normálnál. A 2022. év az ellenőrzött, homogenizált és interpolált adatok alapján a 2019-es és 2018-as évek

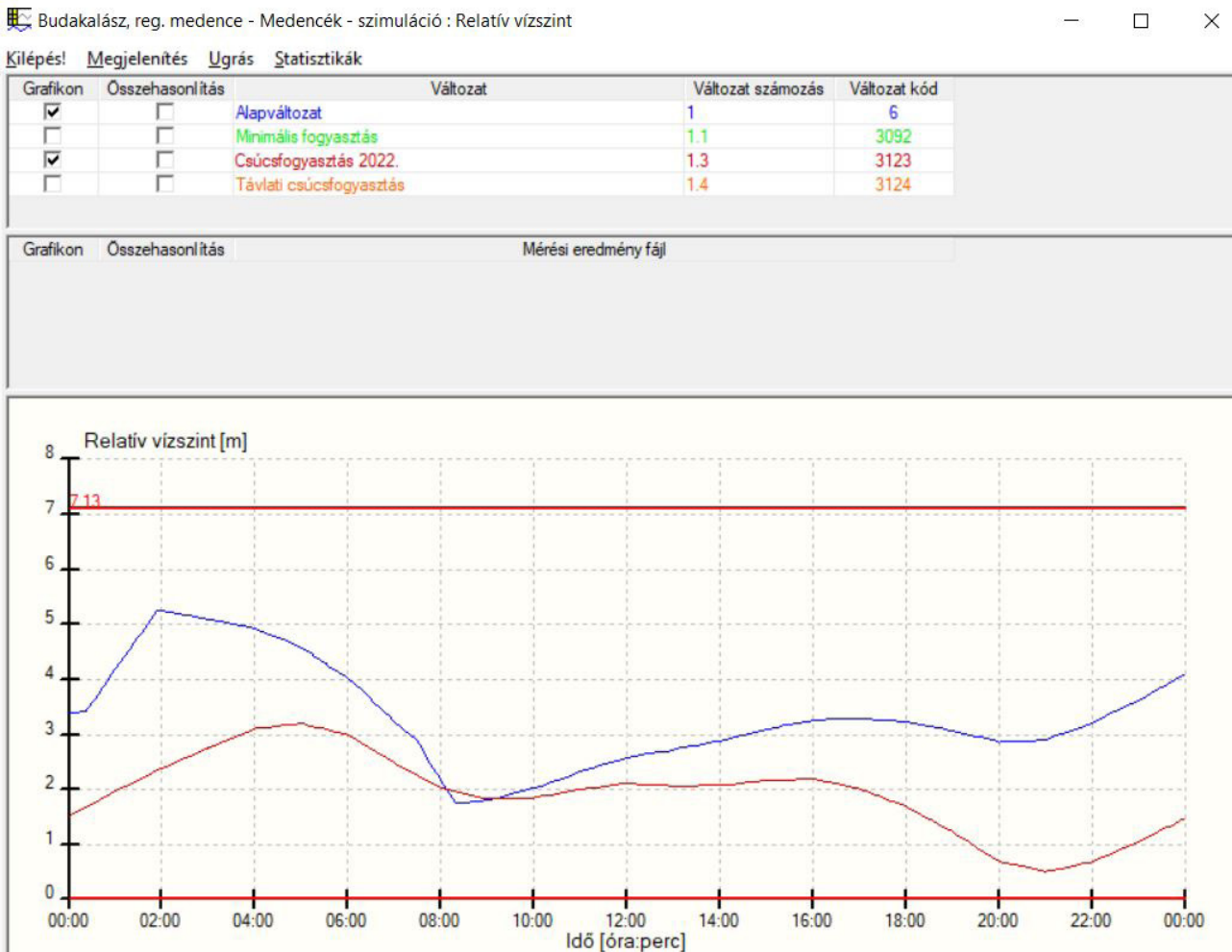


**4. ábra:** Az évi középhőmérséklet 1901. és 2022. között Magyarországon (homogenizált, interpolált országos átlag)

után a 3. legmelegebb az elmúlt 122 évben. Az év során lehullott csapadék mennyisége országos átlagban a homogenizált adatok alapján 497 mm, ezzel a 17. legszárazabb év volt 1901 óta. 2022 során a megszokott (~620 mm) csapadékmennyiség mindösszesen 81%-a hullott le, melynek eloszlása mind térben, mind időben igen szélsőségesen alakult. Már az év első negyede is rendkívül száraznak bizonyult. A csapadék évi összegei alapján megállapítható, hogy a 2021. szeptember – 2022. augusztus közötti időszakban az ország egész területén, még a legcsapadékosabb területeken is elmaradt a csapadék a sokévi átlagtól, Magyarország nagy részén több havi csapadék hiányzott a klímanormálhoz.

## 5.2. Fogyasztói szokások változása

A lakosságnak szolgáltatott ivóvíz mennyisége 2013-2022. között évente átlagosan 9,65 %-kal emelkedett, ami meghaladja az állandó népesség növekedési dinamikáját. Ebben javarészt az 1 főre eső átlagos napi vízfogyasztás mértékének emelkedése játszik közre. Az 1 főre eső átlagos napi vízfogyasztás a térségre összevontan 2014-2022. közötti években a 120 l/fő/nap értéket többször is meghaladta, a 2022-es évben fogyasztási csúcsérték jelentkezett Üröm településen 202,2 l/fő/nap értékben. A rendkívül magas 1 főre eső vízfogyasztás oka elsősorban a fogyasztói szokások megváltozásában keresendő. Manapság a házi úszómedencék az átlagemberek számára is elérhetőek, egyáltalán nem



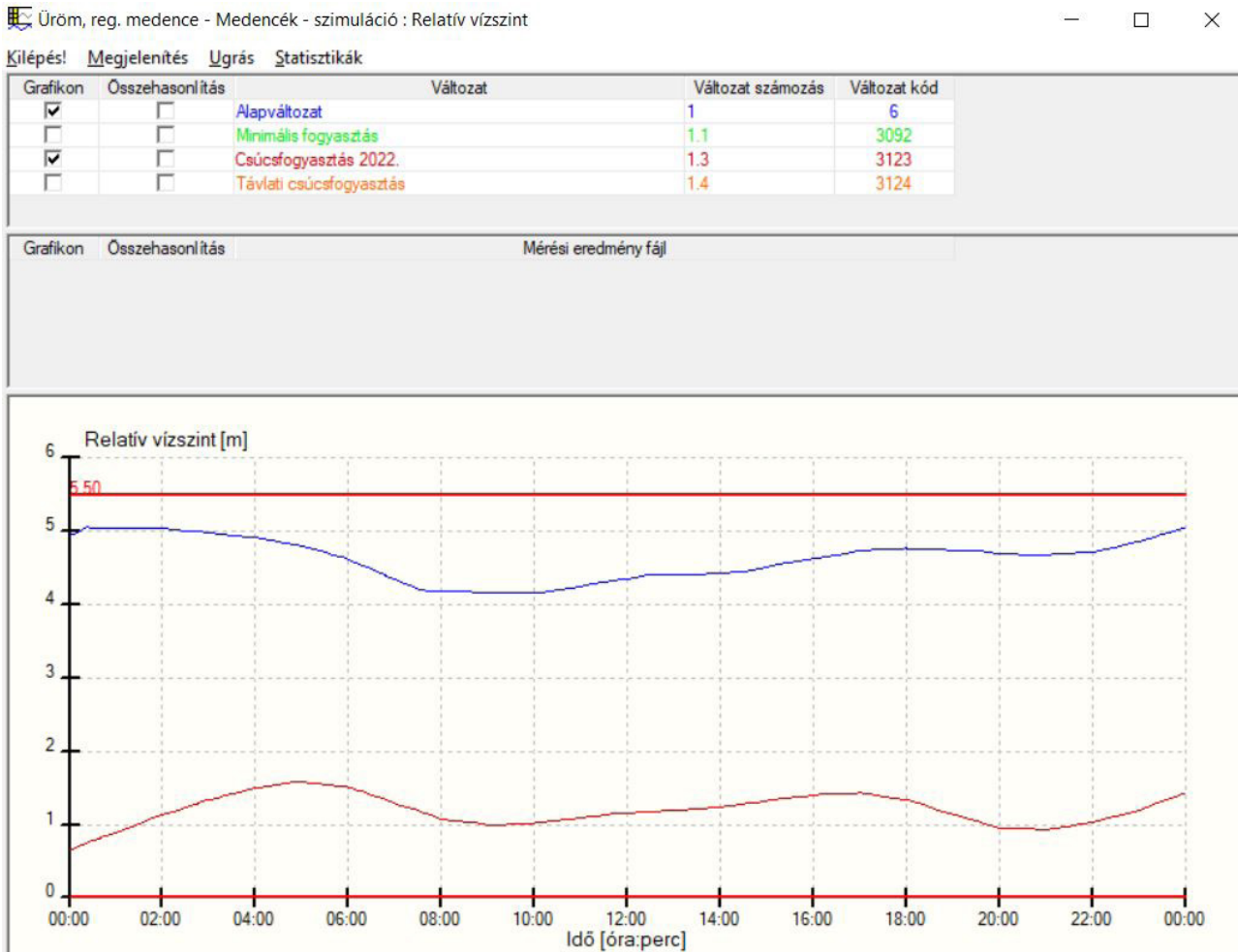
5. ábra: Budakalászi regionális medence töltöttségi szintje átlagos- és csúcsfogyasztási üzemállapotban

hozzáférhetetlen árucikk, mint régen. Az élet-színvonal növekedése következtében a kerti locsolóberendezések széleskörű elterjedése tapasztalható a térségben, melynek vízigényét elsősorban az ivóvízellátó hálózat biztosítja. A kánikulai időszak megjelenésével a lakosság egyszerre kezdi el tölteni a medencéket, illetve a locsolások száma is nagymértékben megemelkedik – jellemzően az automata berendezések ugyanabban a napszakban, a hajnali órákban indulnak –, ezáltal a reggeli csúcsórai időszakokban az ivóvíztároló medencék töltöttségi szintjei nem érik el a kívánt értéket.

### 5.3. Hidraulikai felülvizsgálat ismertetése

A hosszan tartó, meleg nyári időszakokban a vízfogyasztás extrém módon megemelkedik, melyet a vízellátó rendszer nem képes kiszolgálni. Ennek eredményeképp vízellátási zavarok léptek fel Solymár, Szentendre - Pismány térségében, Szarvashegy településrészen, Pilisborosjenő és Üröm településeken, melyek a rendszer egészének kapacitáskorlátaira vezethetők vissza. Ezt a modellezéssel is sikerült visszaigazolni.

A Tahi-Leányfalu vízbázison termelt vízmennyiség átadása a budakalászi ág irányába a Szentendrei Regionális Déli vízbázison

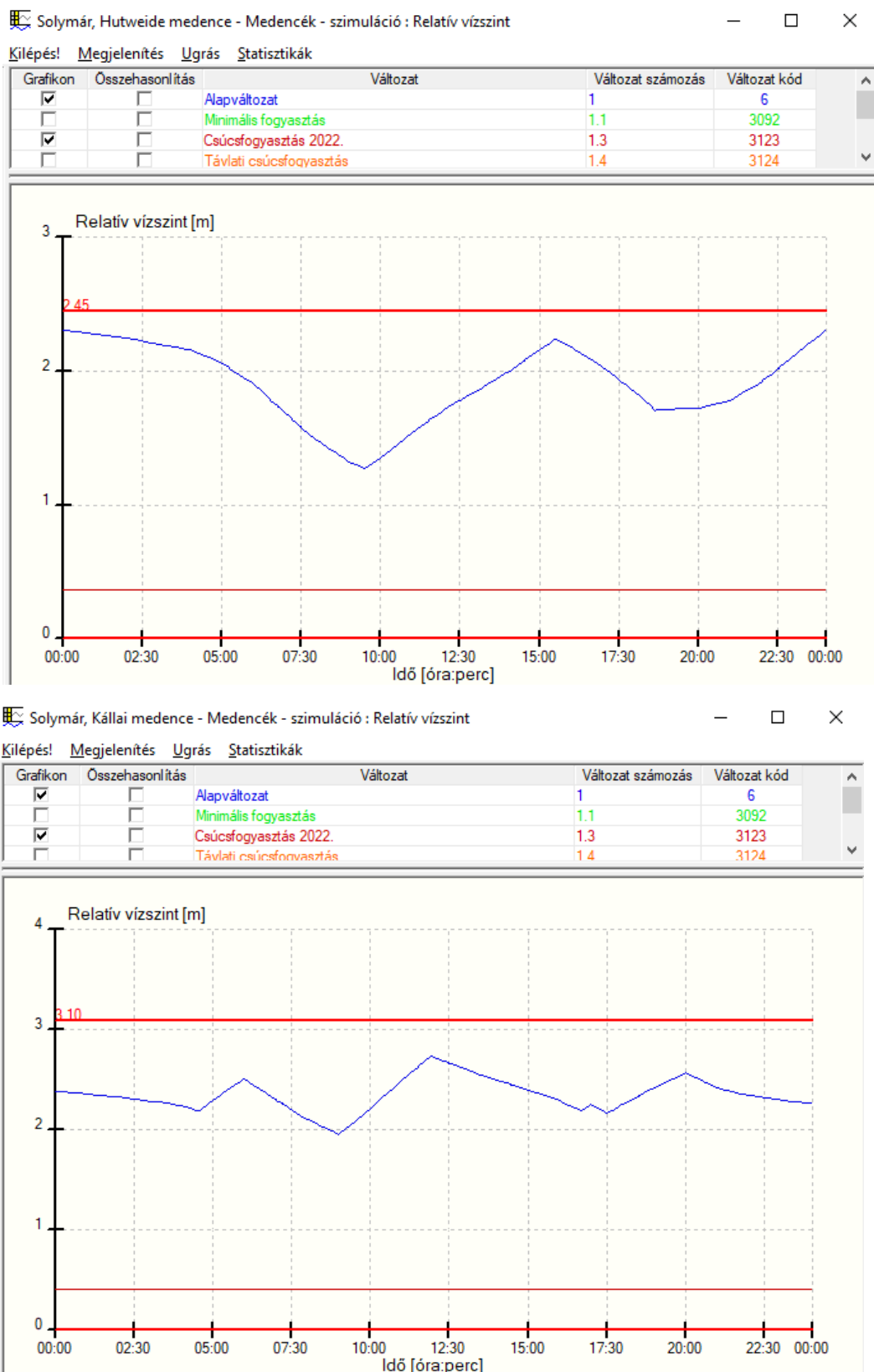


**6. ábra:** Üröm, regionális medence töltöttségi szintje átlagos- és csúcsfogyasztási üzemállapotban

található gyorsító szivattyúval történik. Csúcsfogyasztási üzemállapotban a Tahi-Leányfalu vízbázison, Szentendre irányába dolgozó szivattyúk maximális kapacitással dolgoznak 24 órában (közel 13 000 m<sup>3</sup>/d), azonban a Budakalászi medencék töltésére nem elegendő. Az ábra alapján a tárolómedence relatív vízszintje rendkívül lecsökken, töltöttsége nem éri el az átlagfogyasztási napokon jellemző kezdeti töltöttségi szintet.

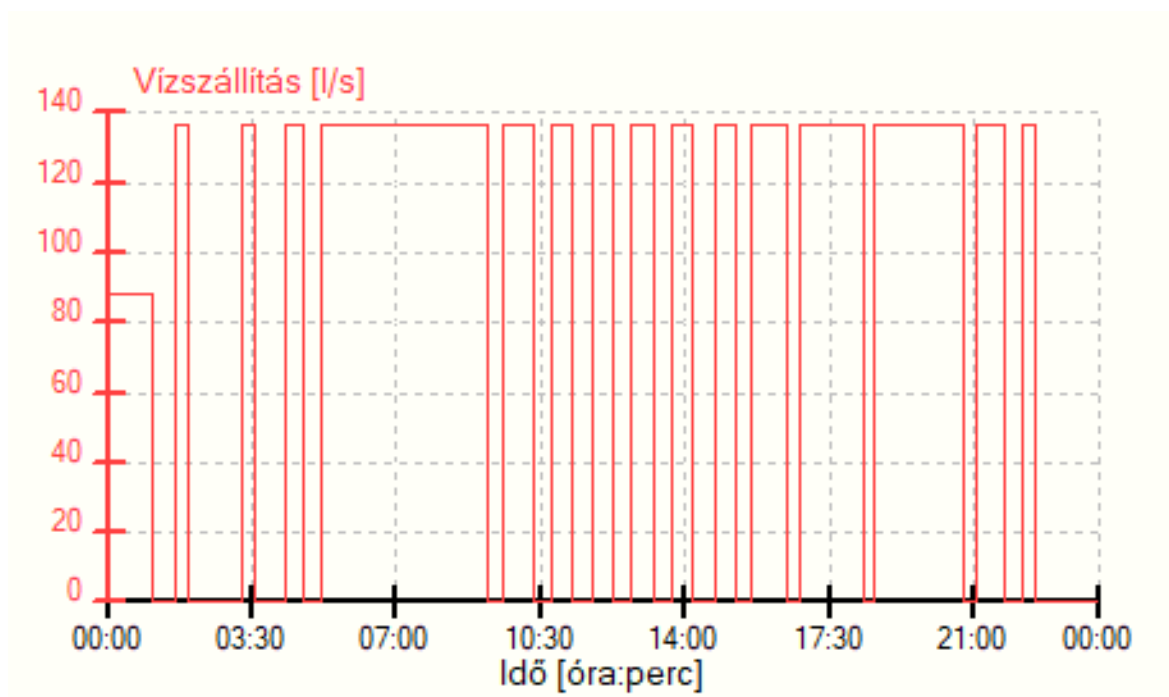
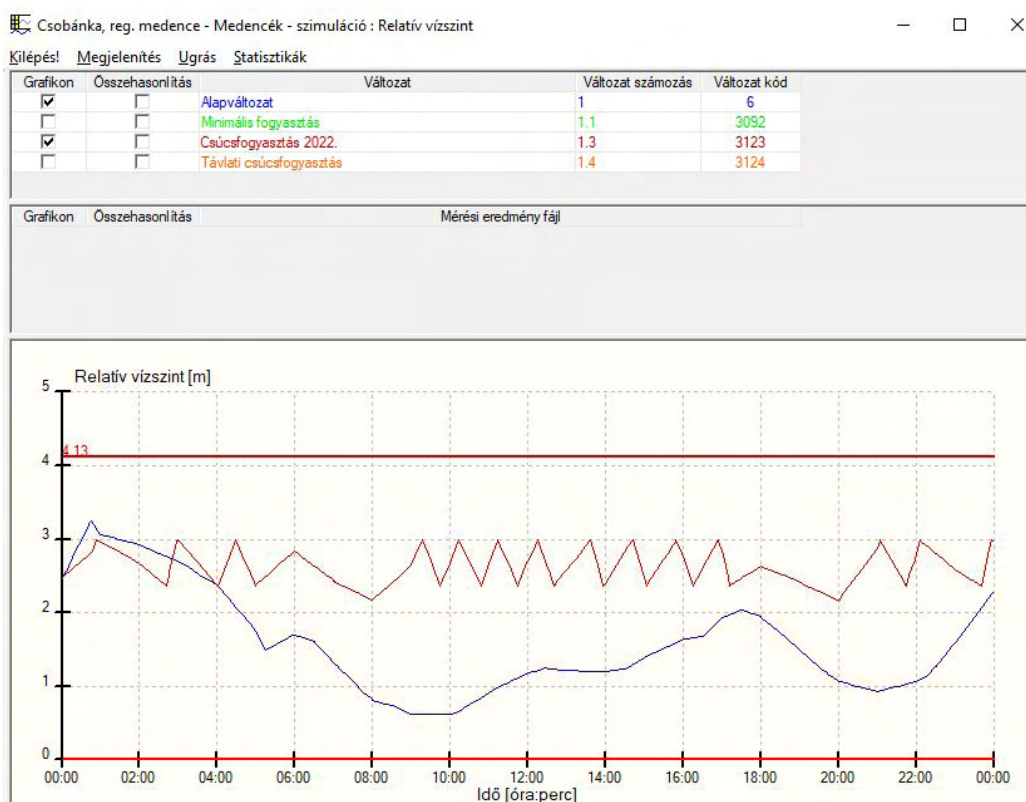
Az Ürömi regionális medencék rendelkeznek a legnagyobb tárolókapacitással, de látható, hogy a medencék töltöttsége szintén nem

éri el a szükséges relatív vízszintet. Üröm település nyomásviszonyait a medence vízszintje befolyásolja, ezért szükséges a medencében állandó minimális vízszint tartása, mely csúcsfogyasztáskor az egyik medence kizárásával biztosítható. A Budakalászi ág korlátozott vízszállítása, Budakalász és Üröm települések vízigénye miatt nem teszi lehetővé a további vízatadást. A pomázi ágon, a csobánkai regionális medencéről gravitációsan a víz Pilisvörösvár - Pilisszentiván - Solymár - Pilisszántó - Pilisszentkereszt zónára folyik, ahonnan Solymár településre csak 1740 m<sup>3</sup>/d vízmenyiség érkezik csúcsfogyasztási időszakban.

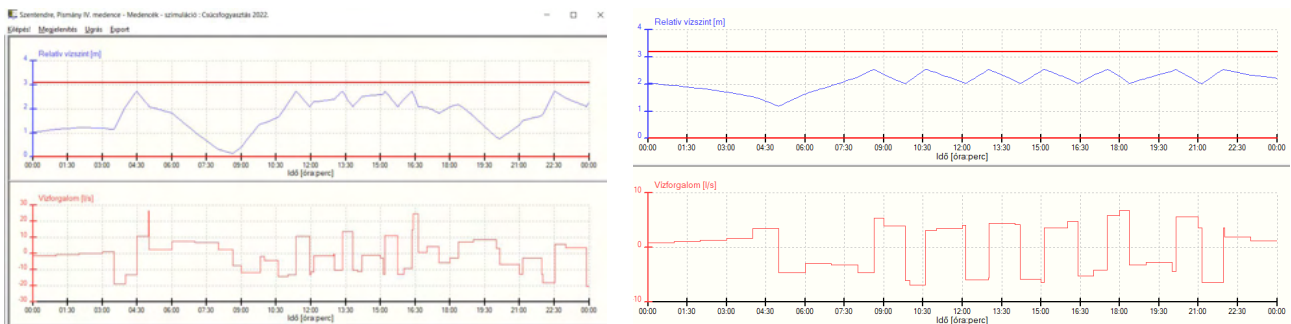


7. ábra: Solymár, Hutweide és Kállai medence töltöttségi szintje átlag-és csúcsfogyasztási üzemállapotban





8. ábra: Csobánka medencék napon belüli vízszintváltozása, valamint a gépház napi üzeme csúcsfogyasztáskor



**9. ábra:** Pismány IV. és V. medence vízszintváltozása csúcsfogyasztás üzemállapotban

Ennek következtében jelentős vízellátási zavarok léptek fel, kiemelten Solymár és Pilisborosjenő településeken. A legsúlyosabban Solymárt érintette a vízellátás zavara, az alapzónán kívül a többi településrészen először átmeneti, majd tartós vízhiány alakult ki.

A csobánkai tárolómedencék térfogata 2x400 m<sup>3</sup>, mely érzékenyen reagál a térségi rendszer vízigényeinek változására, kiegyenlítő hatása korlátozott. A csobánkai gépház és csobánkai medencék közötti DN300 azbesztcement regionális vezetéken kialakuló sebességek a 2022. évi csúcsfogyasztási üzemállapotban elérik a 2,0 m/s értéket, ezért a vezeték bővítése elengedhetetlen a jövőben.

Solymár településen kívül átmeneti vízellátási zavar volt tapasztalható Szentendre, Pismány és Skanzen településrészekén is, mely szintén a rendszer kapacitáskorlátaira vezethető vissza.

Csúcsfogyasztási üzemállapot eredményei is azt mutatják, hogy a jelenlegi vízellátó rendszer nem felel meg a követelményeknek, ezért beavatkozások szükségesek a regionális rendszer vonatkozásában. A megnövekedett vízigények nyári csúcsfogyasztási időszakban jelentkező többletterhelésének kezelése csak a víztermelő és vízellátó rendszer kapacitásbővítésével valósítható meg, továbbá a regionális rendszer jellegéből adódik, hogy annak fejlesztése csak

teljes egészében lehetséges, nem korlátozódhat az egyes települések főművi elemeire.

## 6. TÁVLATBAN SZÜKSÉGES FEJLESZTÉSEK

A Duna Jobbparti Regionális Vízellátó Rendszer 17 településének átlagos napi vízfelhasználása 33.000 m<sup>3</sup>, ebből közel 28.000 m<sup>3</sup> a három Duna-parti vízbázis termelése. Az ellátási arány mértéke a dunai vízbázisokról kb. 90 %-os, tehát a felszín-közeli vízbázisok adják az ellátás gerincét.

A távlatban szükséges vízfogyasztások, vízigények meghatározásához prognózis készült a 2050-ig terjedő időszakra, melyhez az alapadatok a Központi Statisztikai Hivatal adatbázisából, és üzemeltetői adatszolgáltatásból származnak, továbbá az érintett önkormányzatok esetében a tervezett távlati lakócélú fejlesztéseiket vettük figyelembe. A prognózis eredményeként a 17 településre összesen 58.180 m<sup>3</sup>/d csúcsvízigény jelentkezik, mely a meglévő víztermelő kapacitások fejlesztésével nem biztosítható. A vízbázisok fejlesztésére vonatkozóan külső szakcég bevonásával készült egy tanulmány, melyben a fejlesztések eredményeként lehetőség nyílik az 55.000 m<sup>3</sup>/d kapacitás térbeli, az igényekhez időben is jól igazodó vízmennyiség kitermelésére. A kitermelt többlet vízmennyiség rendszerbe táplálása, vízkormányzása, tárolása érdekében a regionális rendszer teljes

körü megújulása szükséges, mely a meglévő elosztóhálózat, gépészeti berendezések és víztárolók kapacitásnövelését jelenti.

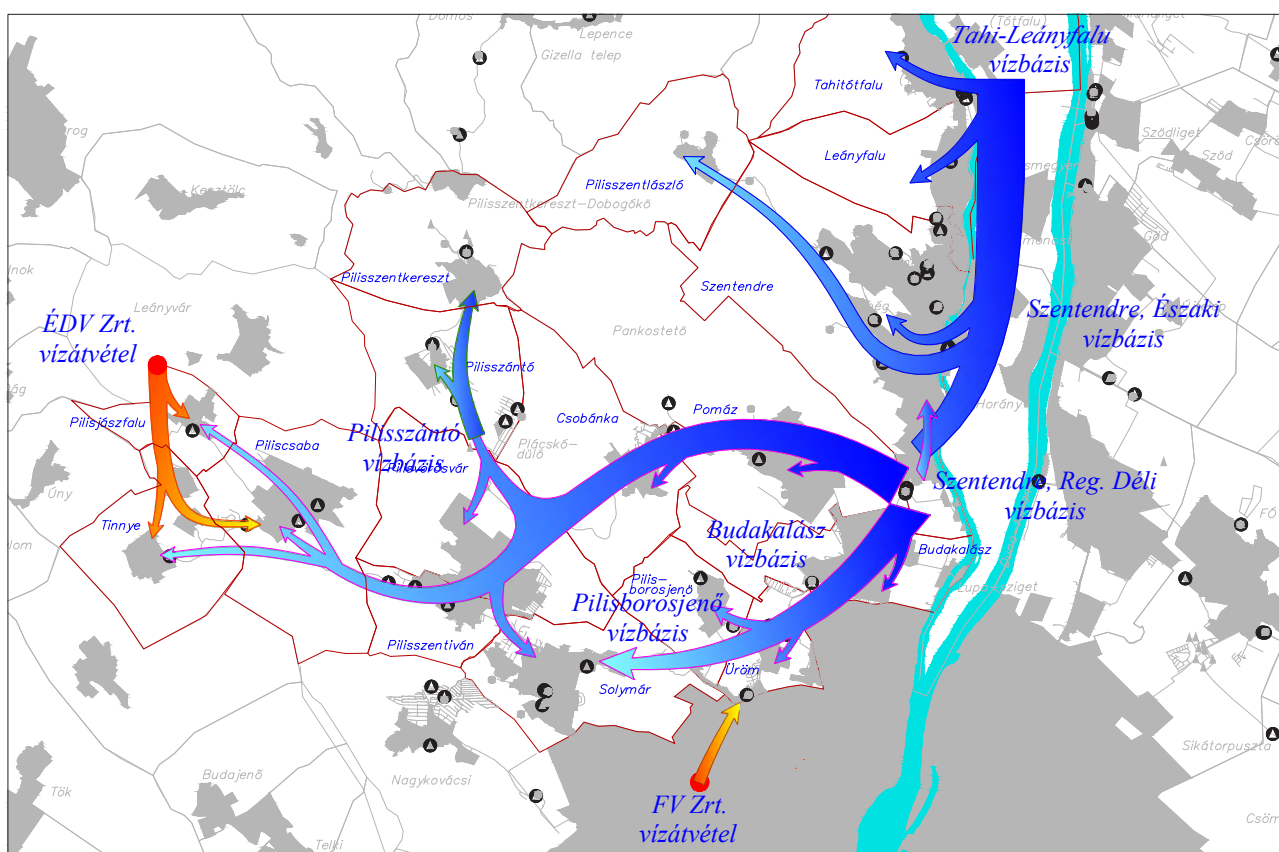
A távlati vízigények modellbe történő betáplálásánál láthatóvá váltak a vízellátó rendszer kapacitáskorlátai, mely probléma orvoslása „kézi” számítási módszerek és a szimulációs program együttes alkalmazásával történt meg.

A vizsgált települések 2050-ben várható maximális vízigénye nagyobb lesz, mint amit a Szentendre, Regionális Déli vízbázis tud termelni, ezért a települések vízigényét más vízbázisokról is szükséges biztosítani. Várhatóan a Szentendre, Északi vízbázis valamint a Tah-Leányfalu vízbázisból 7000 m<sup>3</sup>/d mennyiség átvételére lesz szükség. Ezáltal a Szentendre, Regionális Déli vízbázison a gépház által kiadott mennyiség maximálisan 35 000 m<sup>3</sup>/d érték körül alakul.

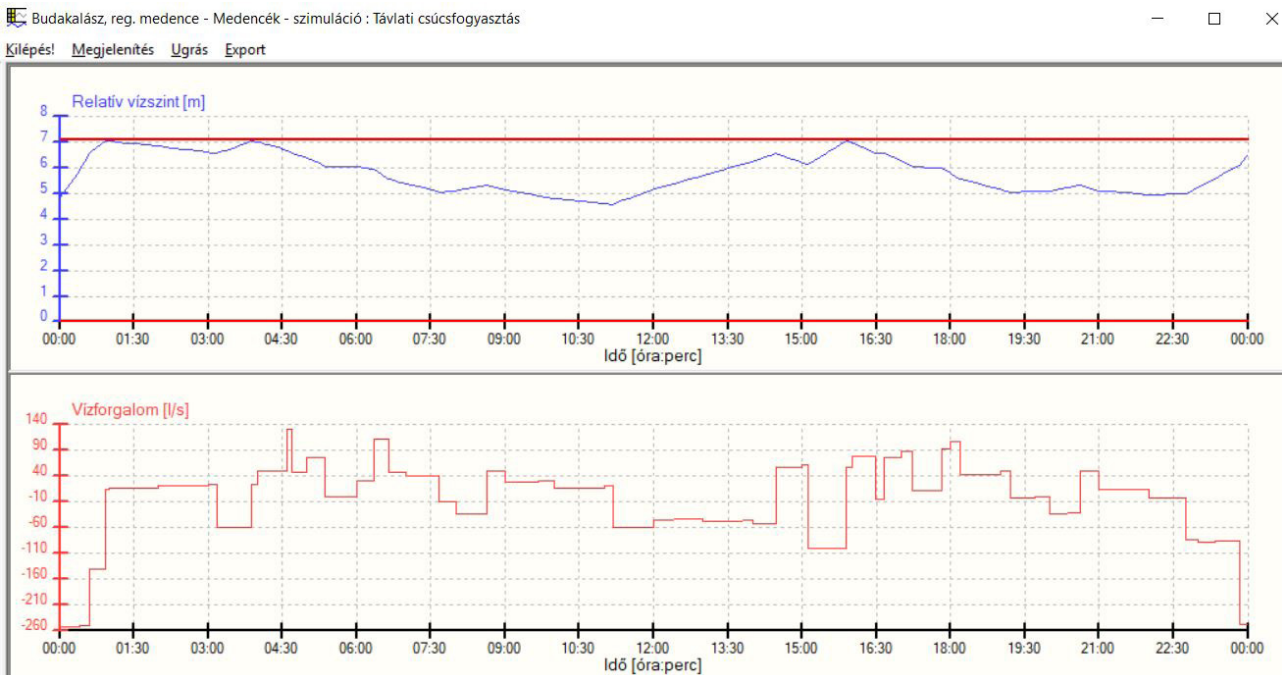
A kapacitásbővítés hatására a medencék nem ürülnek le, illetve a napi vízigény ellátása során sem tapasztalható olyan periódus, melynél a rendszer részleges leürülése lenne tapasztalható.

Megállapítható, hogy a Szentendre, regionális gépházból kiadott ivóvíz mennyisége elegendő a tárolómedencék biztonságos víz utánpótlására.

Az elképzelés szerint 7 650 m<sup>3</sup> többlet tárolókapacitással bővül az ellátó rendszer. A fővezetési hálózatot érintően pontos meghatározásra került az átmérő növelést igénylő szakaszok hossza, a modellben mintegy 40 km hosszban szükséges a hálózat bővítése. Az átemelő gépházak szivattyúzási kapacitásainak meghatározása során kirajzolódott, hogy 9 db gépház esetén van szükség fejlesztésre.



10. ábra: Vízforgalmi ábra



**11. ábra:** Budakalász, regionális medence napi vízszintváltozása

A beruházások előzetesen becsült költsége 25.925.125.000,- Ft, mely a koncepció részletes tervek nélküli beárazását jelenti.

## 7. ÖSSZEFOGLALÁS

A DMRV Zrt. működési területének egyik meghatározó és leginkább frekvenciált része Szentendre és a Pilisi-medence, mely terület az elmúlt évtizedek során jelentős településszerkezeti változásokon ment át. A főváros közelsége miatt a régió ideális célpontja lett azon családoknak, akik Budapest túlnépesedésének negatív hatásait, úgymint a túlszűfoltosság, környezetszennyezés, közlekedési problémákat elkerülve, új lakóhelyet kerestek. Ennek eredményeként a lakosság szám lényegesen, közel 100 000 fővel növekedett.

A korábban kiépített regionális vízellátó rendszerek - beleértve a víztermelő telepeket is - ma már a kapacitásuk határán működnek. Az egyre növekvő vízigények a nyári csúcsideőszakban időnként meg is haladják azokat, mely

következtében kialakuló üzemeltetési állapot kezelése jelen kiépítettséggel csak vízkorlátozással orvosolható. Mindez az elmúlt években számos települést érintett. A vízkorlátozáson túlmenően, sajnós vízellátási zavar is fellépett a hosszan tartó kánikulai időszakban a vízellátó rendszer kritikus részein, mely az ott élő lakosok és helyi önkormányzatok számára elfogadhatatlannak bizonyult. Ilyen helyzetek - a trendeket tanulmányozva - a jövőben is előfordulhatnak, amennyiben nem történik olyan műszaki fejlesztés, mely a regionális vízellátó rendszer teljesítményének növelésére irányul.

A biztonságos és hosszútávon fenntartható üzemeltetés szempontjából elengedhetetlen, hogy a megfelelő mennyiségű víz rendelkezésre álljon egy esetleges időben elhúzódó haviaria esetén is. Ennek feltétele, hogy a vízszállítás megfelelő vízzállító kapacitású vízellátó rendszeren keresztül történjen. Hálózat hidraulikai modellezés használata elengedhetetlen egy fővezetési rendszer kapacitásbővítési feladatainak

meghatározásánál, hisz a teljes rendszer vizsgálata nélkül megbízhatóan nem határozhatók meg az új létesítmények szükséges, jellemző paraméterei. A meglévő és tervezett rendszer analízise, felülvizsgálata során, a kapott eredmények alapján egy olyan szintű rendszerfejlesztési stratégia kidolgozására nyílt lehetőség, mely a napi üzemeltetés optimalizálását is elősegíti.

A fejlesztési elképzelésben szereplő műszaki megoldások úgy a térségi víztermelésben, vízkormányzásban és tárolásban, mint a települési

hálózatok ellátásában megoldást kínálnak az ellátási területen jelenleg élő mintegy 200 000 felhasználó és az ott működő intézmények, gazdasági egységek biztonságos ivóvíz ellátására.

Szeretném megemlíteni, hogy ezek a kapacitásbővítő fejlesztések a felhasználók mindenkori vízigényeit ki fogják elégíteni, de nagy szükség van a felhasználók együttműködésére, a tudatos és észszerű vízhasználat terén, mivel a szolgáltatást biztosító rendszer feladata elsősorban az IVÓVÍZ ellátás.

## ► IRODALOMJEGYZÉK



2014. óta a Duna Menti Regionális Vízművek Zrt-nél dolgozok, mint műszaki főmunkatárs. A már meglévő BSc diplomám mellé 2023-ban a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem vízellátás-csatornázás szakirányú továbbképzési szakán szakmérnöki képesítést szereztem. A szakma iránti elhivatottságom sarkalt arra, hogy szakdolgozatomban a Társaságunknál egy aktuális, a Duna Jobbparti Regionális Vízellátó Rendszert érintő vízellátási zavarokra egy olyan megoldást találjak, amellyel hosszútávon is megkönnyíti a mindennapokat, és támogatja az ellátási biztonság megteremtését és fenntartását. A létrehozott szimulációs modell (digitális iker) használatával különféle üzemi helyzetekre szinte „egy kattintással” lehet szakmailag megalapozott megoldásokat keresni és találni.



# MÉRLEGEN AZ EU-TAGSÁG 20 ÉVE – FELKÉSZÜLÉS A JÖVŐRE A TELEPÜLÉSI VÍZGAZDÁLKODÁSBAN

**A MaSzeSz hiánypótló, dinamikus, és aktív közreműködésre  
inspiráló éves konferenciája**



2024. november 14–15-én, Tatán rendezte meg éves konferenciáját a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség (MaSzeSz), Dr. Áder János, a Kék Bolygó Alapítvány kuratóriumi elnöke és Magyarország korábbi köztársasági elnöke fővédnökségével. A konferencia célja az Európai Unióhoz való csatlakozásunk első 20 évének értékelése, valamint a települési vízgazdálkodás előtt álló kihívások és lehetőségek feltárása volt.

**Dr. Áder János** megnyitó előadása inspiráló alapot adott a szakértők által vezetett eszmecserékhez. A kétnapos rendezvényen

a hazai szakigazgatás, az uniós szintű vízpolitika és vízdiplomácia, az egyetemek, az ipar,





az önkormányzatok, a tudományos élet és a szakmai szervezetek képviselői osztották meg tapasztalataikat. A résztvevők közösen értékelték az elmúlt két évtized eredményeit és közösségi tervezés keretében fogalmazták meg az ágazat előtt álló feladatokat. A konferencia szakmai programját klasszikus előadások és interaktív panelbeszélgetések gazdagították. A megszólalók őszintén és tárgyyszerűen ismertették az ágazat jelenlegi helyzetét, valamint a fenntartható települési vízgazdálkodás felé vezető úton álló kihívásokat.

### KÖZÖSSÉGI TERVEZÉS A KÖZÖS JÖVŐKÉPÉRT

A rendezvény különlegessége a közösségi tervezés volt, amelyben a résztvevők együtt dolgoztak a fenntarthatóságot elősegítő megoldásokon. Az együttműködés során olyan kulcstémák kerültek elő, mint:

- a vízdiplomácia erősítése,
- az őszinte és hatékony kommunikáció,
- az oktatás és a társadalmi bevonás fejlesztése,
- a vízérték-szemlélet elmélyítése,



- a stratégiai gondolkodás fontossága, valamint
- az ágazatok közötti partnerség és együttműködés.

Az eredményeket vizuálisan is megragadó fenti grafikus jegyzetek kiemelték a közösségi tervezés során megfogalmazott javaslatok erejét és kreativitását.

## ELISMERÉSEK ÉS DÍJAK



A konferencia keretében adták át a „Dr. Benedek Pál-díjat”, amelyet 2024-ben Makó Magdolna, szakokleveles mérnök és környezetvédelmi szakmérnök érdemelt ki. Makó Magdolna évtizedek óta elkötelezetten dolgozik a víziközmű ágazat fejlesztéséért, számos kutatás-fejlesztési és innovációs projekt koordinátoraként, valamint a MaSzeSz Mentor Egyesület elnökeként a fiatal szakemberek támogatásáért.

Különleges elismerésben részesült Dr. Áder János, akinek Dr. Kovács Károly, a Hungarian Water Partnership (HWP) elnöke a „HWP Tiszteletbeli Nagykövete” címet adta át. Az elismerés méltó módon tiszteleg Áder János munkája előtt, amelyet a nemzetközi szakmai együttműködés és a magyar vízipar nemzetközi térhódítása érdekében végzett.



## A JÖVŐ ALAPKÖVEI

A konferencia zárónyilatkozata összefoglalta a közösségi tervezés eredményeit és az ágazat előtt álló stratégiai célokat.

### AZ ÁGAZAT JELEN KIHÍVÁSAI ÉS PROBLÉMÁI

#### I. Vélekedésünk a vízről

A víz, mint alapvető természeti erőforrás, alulértékelt a társadalomban és a döntéshozók körében egyaránt. A víziközmű-szolgáltatások fenntartása az ágazat saját problémájává vált, miközben a finanszírozás kérdése továbbra is rendezetlen. A konferencia kiemelte, hogy a társadalom szemléletformálása és a víz értékének újragondolása sűrűn feladat.

#### II. Alkalmazkodás a szélsőségekhez

A változó hidrológiai ciklus és az éghajlati szélsőségek kezelése új megközelítéseket és technológiai eszközöket igényel, melyek túlmutatnak a hagyományos módszereken.

#### III. Stratégiai tervezés, transzparencia hiánya

A vízgazdálkodás elsősorban nem műszaki, hanem társadalmi, politikai kérdés.



Ezért megkerülhetetlen a társadalom, a vízes szakma bevonása a döntésekbe és egyidejűleg a transzparencia biztosítása.

#### **IV. Életpálya modell hiánya**

A munkaerő ellátottság az ágazat egyik fő kihívása. Mind az ágazat nemzetgazdasági jelentősége, mind pedig a kihívások összetett volta magas képzettségű munkaerőt igényel. Ehhez szükséges egy vonzó és kiszámítható életpályamodell, melyet egy szisztematikus tervezhető képzési program alapoz meg. Ennek biztosításához szemléletváltára van szükség az ágazati felsőoktatásban.

#### **V. Érdekvérvényesítés, szakmai konszenzus**

Az ágazat és a szakpolitika között az eltávolodott döntéshozatali rendszer miatt bizalmi válság van.

#### **VI. Szakmai kihívások**

A klímaváltozás és a jogi szabályozás miatt szemléletváltás és új technológiák alkalmazásra lesz szükséges az ágazatban.

### **FELADATOK ÉS JAVASLATOK**

#### **I. Az ágazat finanszírozási modelljének kialakítása**

Az Európai Unió jogszabályaiból fakadó növekvő minőségi követelmények teljesítésével párhuzamosan meg kell teremteni az infrastruktúra megújításához már hosszabb ideje hiányzó pénzügyi tartalékokat.

#### **II. Alkalmazkodás a szélsőségekhez**

A sikeres alkalmazkodási stratégiának ki kell térnie a jogi, pénzügyi, gazdasági, műszaki, oktatási és társadalombevonási

kérdésekre. Az adaptív vízgazdálkodás keretében ki kell használni a rendelkezésre álló adatokat és technológiákat, például a mesterséges intelligenciát és az előrejelzési modelleket.

#### **III. Stratégiai gondolkodás, szakmai partnerség kialakítása**

Az integrált települési és területi vízgazdálkodás pozitív változásokat hozhat, de a szakmai és kormányzati együttműködés elengedhetetlen a hosszú távú sikerhez.

#### **IV. Életpálya modell kialakítása**

A szakigazgatás eredményes munkájához szükséges az oktatás és társadalmi szemléletformálás megreformálása.

#### **V. Érdekképviseltek együttműködése**

Az érdekképviselati munka hatékonyságának fokozásához a résztvevők egy háromlépcsős feladatlistát határoztak meg. Elsőként szükséges a fókusz-témák meghatározása, melyek közül a konferencián legsürgősebbnek/legfontosabbnak ítélteteket éppen ez az anyag listázza. Ezek mentén szükséges egy szakmai érdekegyeztető fórumot létrehozni, témánként meginvitálva az kapcsolódó ágazati érdekképviselőket és más ágazatok érdekképviselőit, illetve potenciálisan vendégként invitálva a témában legjobb nemzetközi gyakorlatokat képviselni tudó szervezeteket. A fórum célja szakmai konszenzus kialakítása, szakmai szervezetek harmonizált témafelvetésével ezáltal ajánlások kidolgozása, melyeket a szakigazgatással folytatott intézményesített kommunikáción keresztül tudnak a szervezetek közösen képviselni.

## VI. Vízdiplomácia

A magyar vízipar pozíciójának megerősítése és nemzetközi jelenlétének növelése kiemelt feladat. A víz, mint stratégiai erőforrás, hazánk számára nemcsak gazdasági, hanem politikai jelentőséggel is bír.

## VII. Szakami súlypontok

### a. Integrált települési csapadékvíz gazdálkodás

A települési csapadékvíz gazdálkodás nem megfelelően szabályozott miközben a csapadék-eloszlás egyenetlenségének növekedésével egyre nagyobb szerepet kell szánni a lokalizált visszatartásnak. Szükséges modellezés alapján az alkalmazandó módszerek kidolgozása és olyan harmonizált szabályozók beiktatása, melyek ösztönzik a társadalom számára kívánatos megoldásokat.

### b. Jogszabályi változások

Az Európai Unió jelentősen szigorítja a települési szennyvizek tisztítására vonatkozó előírásokat. A szennyvízgyűjtés, kezelés kötelezettségét kiterjesztik az ezer és kétezer



lakosegyenérték közötti agglomerációkra. Szigorítják a foszfor és nitrogén eltávolításra vonatkozó elvárásokat. Egyidejűleg el kell érni a tisztítótelepek energiasemlegességét a villamos energia helyben történő megtermelésével. Valamint be kell vezetni a mikro-szennyezők eltávolítására alkalmas negyedik tisztítási fokozatot.

### c. Kistelepülési szennyvíz standardok

Jógyakorlatok és útmutatók kidolgozásával segíthető a kistelepülések fenntartható szennyvízkezelése.

**A résztvevők konstruktív együtt dolgozásának köszönhetően a konferencia valóban értékes szakmai és közösségi élményt nyújtott.**

**Köszönjük támogatóinknak, hogy hozzájárultak a rendezvény sikeréhez.**



## DR. BENEDEK PÁL (1924-2016) SZÜLETÉSÉNEK 100. ÉVFORDULÓJÁRA



Benedek Pál neve melegséggel tölti el minden szakember szívét, akik személyesen ismerhették őt és élvezhették szakmai tudását és emberi kiválóságát. Ki Benedek Pál, a magyarországi vízminőség-szabályozás

iskolateremtő mérnöke??

1947-ben végzett építő mérnökként a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen (a Budapesti Műszaki Egyetem jogelődjén). Egyetemi doktori címét 1970-ben kapta, Akadémiai nagydoktori címét 1983-ban szerezte meg. Az International Water Association és a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség alapító tagja, valamint számos, napjainkban is egyedülállóan fontos szakkönyv szerzője.

Munkásságát számtalan díjjal ismerték el: Honorary Member (IAWPRC, 1990), Reitter Ferenc díj (2002), Aranyfedlap – díj (mely 2017-től „dr. Benedek Pál díj”), Örökös Mérnöki Kamarai Tag (2006), Eötvös Loránd-díj (1976), a Magyar Érdemrend tisztikeresztje (2013)

Ám Benedek Pál szakmai nagyságát emberi tulajdonságai koszorúzták meg:

Sokan köszönhetjük ellentmondást nem tűrő, finom ösztökélésének, sőt határozott elvárásának a doktori vagy akadémia fokozatunkat, nyelvtudásunkat, hazai és külföldi szakmai kapcsolatainkat, külhoni konferenciákra való részvételt, vagy ösztöndíjhoz való jutást. Megtanított bennünket a vizes szakma tiszteletére, a vizes család megbecsülésére és a magas színvonalú munkára.

### Szakembertársai, tanítványai

#### így emlékeznek rá:

*„A hazai szennyvizek „Pápája”, „A magyarországi vízminőség-szabályozás iskolateremtő mérnöke”, „A magyar szakemberek mentora”, „Állhatatos és szisztematikus alkat volt”, „Számukra lehetőséget biztosított a kapcsolódásra”, „Gondoskodott a szakmai utánpótlásról, azok személyiségének kiterelvényesítéséről”, „Sokunkat Ő „avatott” kandidátussá”! Mi, akik együtt dolgozhattunk Benedek Pállal, így emlékezünk:*

*...tudása bennünk, azokban él tovább, akiknek a kezébe szakmát adott, akikkel megszerette ezt az ágazatot, és akiket megtanított a becsületes munka tiszteletére!*

*Soha nem múló tisztelettel és hálával*

*dr. Major Veronika*

Dr. Benedek Pál Díjas mérnök



## EGYÜTTMŰKÖDÜNK A VÉDELMI INNOVÁCIÓS KUTATÓINTÉZETTEL

### Gondolkodás a vízipari tudás kettős célú hasznosításáról

Az idén júliusban aláírt együttműködési megállapodás szellemében a Védelmi és Innovációs Kutatóintézet (VIKI) vezérigazgató-helyettese, Hendrich Balázs részt vett és előadást tartott a HWP november 28-ai, balatonkenesei csapatépítőjén. A klaszter tagvállalatai, szakmai-, valamint stratégiai partnerei számára szervezett, hagyományos őszi program résztvevői megismerhették a VIKI tevékenységét és a hazai védelmi ipari kutatás-fejlesztésben játszott szerepét.

Magyarországon számos vállalat dolgozik olyan technológiák, szoftverek és termékek fejlesztésén, amelyek polgári és katonai célokra egyaránt alkalmazhatók. A 2023-ban alapított VIKI célja, hogy a hazai védelmi innovációs képességekben hasznosítsa a rendelkezésre álló, magas szintű, hazai szakértelmet. Ennek érdekében kutatóintézetekre épülő, ún. „gyorsító programot” és tesztközpont-hálózatot

alakít ki, amely a haderő, valamint az élenjáró fejlesztők közötti együttműködést szolgálja. Továbbá lehetőséget biztosít a tudományos kutatásokat és technológiai fejlesztéseket végző vállalatok számára a védelmi jellegű projekteken való részvételre is. A VIKI támogatni fogja a kiválasztott partnervállalatok részvételét az Európai Unió és a NATO keretében, valamint a szervezetek tagállamaiban induló projekteken, illetve elősegíti megjelenésüket a nemzetközi védelmi ipari piacon.

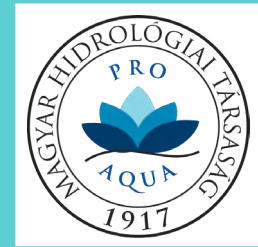
A gondolatébresztő előadás megnyitotta a párbeszédet arról, hogy a jövőben miként tudja hasznosítani a hazai védelmi ipar a HWP tagvállalatainál felhalmozott szakmai tudást, valamint a kutatás-fejlesztési eredményeket.

*Horváth Zoltán*  
ügyvezető igazgató



# 18. IVÓVÍZBIZTONSÁGI KONFERENCIA

## Magyar Hidrológiai Társaság



Társaságunk Vízhigiénés és víztechnológiai Szakosztálya a Fővárosi Vízművek Üzemi Szervezetével közösen 2024. október 2-án tartotta meg a 18. Ivóvízbiztonsági konferenciát 90 fő részvételével. A rendezvény helyszíne a Magyar Víziközmű Szövetség székházának nagyterme volt.

A rendezvény támogatói voltak továbbá a Magyar Víziközmű Szövetség, a BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, a Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, valamint az MHT Vízellátási Szakosztálya.

Az EU 2020/2184 (12. 16.) "ivóvíz" irányelv és az 5/2023 (01.12.) Korm. rendelet célja, hogy átdolgozott szabályokat hozzon létre annak érdekében, hogy a víz „egészségességének és tisztaságának” biztosítása útján óvja az emberi egészséget az emberi fogyasztásra szánt víz szennyezettsége által okozott káros hatásoktól.

Ennek megfelelően a 18. Ivóvízbiztonsági konferencia témái: a népegészségügyi követelmények áttekintése, az ivóvízellátási lánc kockázat felmérésre és alkalmazott kockázatkezelésre alapozott üzemeltetése, vízkezelő technológiákkal kapcsolatos aktuális kérdések, a szolgáltatott ivóvízminőség biztonságának veszélymegelőzésre alapozott javítása.

A konferencia előadásai, valamint az előadók ajánlásai, javaslatai az alábbiak:

### Csörnyei Géza (Fővárosi Vízművek Zrt.): Hogyan tovább vízbiztonság?

Ajánlások a közeljövő vízgazdálkodási kihívásaira, települések és üzemeltetők számára:

- Zöld infrastruktúra fejlesztése: Zöldtetők, esőkertek, víztározók a csapadékvíz kezelésére.
- Vízyűjtő rendszerek és tározók fejlesztése: A hirtelen lezúduló csapadékvíz tartálékoltása.
- Szűrkevíz újrahasznosításának ösztönzése: könnyen integrálható technológiai megoldások.
- Szigorúbb szankciók bevezetése, a vízbázis védőterületek folyamatos monitoringja.
- Integrált növényvédelem ösztönzése, a növényvédőszer-használat csökkentése, kiváltása.
- Szennyvíztisztító telepek fejlesztése: új típusú szennyzők hatékony eltávolítása.
- Kampányok indítása a lakosság körében a fenti témakörökben.
- Településszerkezeti terv módosítás vízbázisvédelmi véleményeztetése.
- Vízforrások védelme, a vízgazdálkodás hatékonyabbá tétele és az innovatív megoldások támogatása.

- Vízbázisvédelmi hozzájárulás a növényvédőszer használatra.
- Újépítésnél a szürkevízhasználat, felújításnál az idős belső víziközmű-hálózatok felújításának előírása.
- Vízbiztonsági kockázatelemző szakember kötelező alkalmazása.

### **Molnár Attila (ÉRV Zrt.): Vízbiztonsági kockázatok kezelése az Északmagyarországi Regionális Vízművek Zrt-nél**

Magyarországon az egészséges ivóvíz mindenki számára elérhető, de hogy ez így is maradjon mind mennyiségi, mind minőségi szempontból a kockázatokat csökkenteni kell. Új technológiák bevezetése, regionalitás kihasználása, kiépítése. A bezárt vízbázisok újra vizsgálása, technológiai javaslat. Víz visszatartás, tározók létrehozása vízbázisként való kezelése. A területi és települési vízgazdálkodás harmóniájának megteremtése.

### **Laky Dóra, Souha Neguez (BME, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék): Klorát ion az ivóvízben – hazai üzemeltetők körében végzett kérdőíves felmérés eredményei**

Kutatásunk célja az ivóvízbiztonság javítása az 5/2023 (I.12) Kormányrendeletben új paraméterként megjelenő klorát ion kapcsán, a megelőzésen alapuló kockázatcsökkentő tevékenységek körének felmérése elsősorban a hazai üzemeltetői gyakorlat tapasztalatai alapján.

A vizsgált ivóvízkezelő telepek közül elsősorban a törésponti klórozást

nátrium-hipoklorittal megvalósító technológiák érintettek a klorát-ion problémában. Ezeknél a tisztítástechnológiáknál az eltávolított ammónium ion mennyisége és a klorát ion koncentráció között nem határozható meg összefüggés, ami felhívja a figyelmet arra, hogy az ammónium ion eltávolításhoz beadagolt vegyszer mennyisége mellett egyéb tervezési és üzemeltetési szempontok is kulcsfontosságúak a klorát ion mennyiségének minimalizálásában. A nemzetközi szakirodalom (AWWA, 2011 és Coulombe et al., 2019) szerinti ajánlások, melyekkel a megismert hazai tapasztalatok is egybevágnak:

- Nátrium-hipoklorit oldat gyakrabban történő szállítása
- Régi és új nátrium-hipoklorit oldat keveredésének kerülése
- Szállítást követően a nátrium-hipoklorit oldat hígítása
- Tárolási idő minimalizálása
- Tárolás alacsony hőmérsékleten, napfénytől védett helyen
- Klorát szint rendszeres mérése a nátrium-hipoklorit oldatokban
- pH rendszeres mérése, pH érték 11-13 között tartása
- Hígított nátrium-hipoklorit oldatok koncentrációjának rendszeres ellenőrzése
- Vegyszertartályok rendszeres tisztítása

A technológiák optimalizálásával, az üzemeltetés fentiek szerinti megváltoztatásával azonban nem feltétlenül lehet a határérték alá csökkenteni a kezelt víz klorát ion koncentrációját, sok esetben csak a technológia megváltoztatásával biztosítható a 0,25 mg/l alatti klorát koncentráció.

### **Horváth Tibor (ProMinent Magyarország Kft.): Helyszínen előállított alacsony klorát tartalmú fertőtlenítőszer**

A klorát határérték bevezetése szükségessé teszi a vízkezelő rendszerek átgondolását, új innovatív technológiák bevezetését a vízkezelés, fertőtlenítés során. A különböző sóelektrolízises rendszerek helyben állítják elő a nátrium-hipokloritot, hipoklórossavat, vagy klórgázt, mely sok hasznos tulajdonságot biztosít. A felsorolt készülék kivitelekkel szinte minden alkalmazáshoz a megfelelő fertőtlenítési eljárás áll rendelkezésre.

Ezért ezen korszerű technológiák bevezetése a magyarországi vízkezelő rendszerekbe nagyon ajánlott és mind az üzemeltetőknek, mind a fogyasztóknak számos előnnyel jár.

Törekvésünk, hogy ezen eszközöket megismertethessük a tervezőkkel, leendő felhasználókkal, üzemeltetőkkel, mely egyik kiemelt célja ezen előadásunknak is.

### **Gergelics Gergő (Dunántúli Regionális Vízmű Zrt.): Van másik út!? Még egy esély a biológiai ammónium eltávolításnak**

A víziközmű szolgáltatóknak felelős üzemeltetőként mindent meg kell tenniük annak érdekében, hogy az ismert vízminőségi problémákra – ha van ráhatásuk – mielőbb megoldást találjanak. A klorát probléma ugyan csak 2026-tól „élesedik”, de ha a szolgáltatónak van lehetősége változtatni, akkor az ivóvízbiztonságot szem előtt tartva minden lehetőséget meg kell ragadnia annak érdekében, hogy fogyasztók egészségvédelme érdekében minimalizálja az ivóvíz klorát tartalmát.

A helyi adottságok és vízminőségi paraméterek kellően szigorú elemzése alapján kiválasztott helyszíneken, a 21. századi színvonalú üzemirányító rendszerek nyújtotta támogatás és felügyelet mellett, a biológiai ammónium eltávolítás egy fenntartható, és ivóvíz biztonsági szempontból is megfelelő alternatívája lehet a nátrium-hipokloritos oxidációt alkalmazó törésponti klórozásos technológiáknak

### **Nagy Anita (Észak-zalai Vízforgató és Csatornamű Zrt.): Egervár vízmű technológiájának tervezése**

A 2018-2023 KEHOP során 2 db biotechnológia és 4 db vegyszeres vízkezelő technológia létesült az üzemeltetési területen.

Javaslatok:

- A tervezés kezdetén vizsgálni kell a vízbázis mennyiségi állapotát, készletproblémák kérdésköre
- A kutak előbb készüljenek el, mint a vízkezelő technológia
- A nyersvíz minőségéhez kellene tervezni a vízkezelő technológiákat és nem típus-terveket kellene kivitelezni.
- Felül kellene vizsgálni a membránszűrők alkalmazását az ivóvízkezelésben. Költséges beruházás és üzemeltetés, 8-10 év élettartam. A technológiai vízigénye a napi termelt vízmennyiség 10-15%-át is eléri. A biotechnológiai fázis lezárásaként a költséges membránszűrők helyett UV csírátlanító berendezést és biztonsági homokszűrőt javaslok.
- A klorát határértéknek való megfelelés az előzetes mérések alapján nehézségekbe ütközik. Ez valószínűleg a biotechnológiák térnyerését hozza el.

- Metángáz tartalmú vizek esetén kiemelt fontosságú a megfelelő hatásfokú gázta-  
lanítók létesítése
- Tapasztalataink alapján a B „fokozatú (0,8  
– 10 NI /m<sup>3</sup>)” CH<sub>4</sub> vizek nem megfelelőek  
a nitrifikáló baktériumok számára
- A biotechnológia létesítése előtt javasolt  
kiszüemi kísérleteket elvégezni, hogy  
a nitrifikáló baktériumok a szűrőtölteten  
képesek-e elszaporodni.

### **Bíró Barbara (Debreceni Vízmű Zrt.): Szer- vetlen arzénformák elválasztástechnikái: módszerek és gyakorlati alkalmazásuk sze- repe az ivóvízkezelésben**

A módszernek köszönhetően célzott prob-  
lémakezelés érhető el. A technológiákban  
használt vegyszerek beállításainak gyors  
korrigálásával a domináns formának meg-  
felelő beavatkozásra van lehetőség (oxidáló-  
szer vagy koaguláns dózis emelése), mellyel  
a lakosság terhelése időben és mennyiség-  
ben is minimálisra redukálható, ami komoly  
előnyökkel jár a vízi közmű szolgáltatások  
üzemeltetésében és a vízbiztonság terén  
is, hiszen arzén határérték túllépés esetén  
a szolgáltatott víz „kifogásolt” minősítési ka-  
tegóriába esik, azaz akár a víz fogyasztására  
vonatkozó korlátozást is elrendelhet az ille-  
tékes egészségügyi hatóság. A mérési mód-  
szer alapos kidolgozását követően annak  
országos szinten történő alkalmazásával ele-  
nyésző költség ráfordítás mellett jelentősen  
növelhető az ivóvízbiztonság

### **Nagy Nikoletta (Duna Menti Regionális Víz- mű Zrt.): Duna Jobbparti Regionális Víz- látó Rendszer víztermelésének, vízellátásá- nak kapacitásbővítő fejlesztése**

Hálózat hidraulikai modellezés használata  
elengedhetetlen egy fővezetéki rendszer  
kapacitásbővítési feladatainak meghatározá-  
sánál, hisz a teljes rendszer vizsgálata nél-  
kül megbízhatóan nem határozhatók meg  
az új létesítmények szükséges, jellemző  
paraméterei. A meglévő és tervezett rend-  
szer analízise, felülvizsgálata során, a kapott  
eredmények alapján egy olyan szintű rend-  
szerfejlesztési stratégia kidolgozására nyílik  
lehetőség, mely a napi üzemeltetés optima-  
lizálását is elősegíti.

### **Sebestyén Ágnes, Bufa-Dórr Zsuzsanna, Dr. Vargha Márta (Nemzeti Népegészség- ügyi és Gyógyszerészeti Központ, Köz- egészségügyi Laboratóriumi és Módszer- tani Főosztály): Épületek belső hálózatának kockázatértékelése**

Az ivóvízminőség területén a kockázatalapú  
szemlélet erősödik, az ivóvízminőségi prob-  
lémák tekintetében pedig a geológiai (nyers-  
víz) eredetű szennyezőkről a hangsúly a má-  
sodlagos szennyezők felé tolódik. Emiatt is  
vált kiemelt területté az EU-s és a hazai sza-  
bályozásban is épületek kockázatfelmérése.  
Az elsőbbségi intézmények kockázatfelmé-  
rése jogszabályi előírás, de más épületeknél  
is fontos, hogy megjelenjen ez a fajta szem-  
lélet a tervezés és az üzemeltetés során is.  
A tervezésnél figyelembe kell venni, hogy  
megfelelő legyen a méretezés, ne alakulja-  
nak ki pangó szakaszok. A hálózatok szige-  
telése legyen megfelelő, hogy a használati  
melegvíz megfelelően meleg (>50°C min-  
den csapon), az ivóvíz megfelelően hideg  
(<20°C) legyen. A beépített anyagok meg-  
választása, minősége fontos tényező a má-  
sodlagos szennyeződések megjelenése



szempontjából, amely területen kiemelt szerepet kap a termékengedélyezés. A bejövő víz kezelése, vagy kiegészítő fertőtlenítése is szükséges lehet (pl. kórházakban), de fontos az előnyök és hátrányok mérlegelése és a vízkezelő rendszerek megfelelő üzemeltetése.

Az épületek üzemeltetése során figyelmet kell fordítani arra, hogy a nem használt szakaszok rendszeresen, valamint a hosszabb üzemszünet (pl. tanítási szünet a gyermekintézményekben) után az egész hálózat legyen átöblítve, a csaptelepek legyenek rendszeresen tisztítva, vízkötelenítve, egészségügyi intézményekben fertőtlenítve.

A felújítások során pedig érdemes megfontolni, hogy milyen új anyagok kerüljenek

beépítésre. A felhasználókat is tájékoztatni kell az első használat előtti átöblítés fontosságára, valamint fel kell hívni a figyelmet, hogy étel-ital készítésekor ne a melegvizet használják. Fontos az épületen belüli víztisztítók, vízadagolók kapcsán is a megfelelő üzemeltetés és karbantartást, valamint a felhasználók tájékoztatása a használattal kapcsolatos előírásokról.

*Dr. Borsányi Mátyás*  
Vízminőségi és víztechnológiai Szakosztály  
– elnök

*Dr. Laky Dóra*  
Vízminőségi és víztechnológiai Szakosztály  
– titkár



## EGYÜTTMŰKÖDÉS A JÖVŐ TISZTA VIZÉNEK ELŐÁLLÍTÁSA ÉS A SZAKEMBER UTÁNPÓTLÁS BIZTOSÍTÁSA ÉRDEKÉBEN

**A VeoliaWater Hungary Kft. és a Pannon Egyetem együttműködési megállapodást írtak alá az innováció vezérelt hosszútávú stratégiai együttműködés és a közös értékteremtés, valamint az üzleti igényekhez igazodó, gyakorlati kompetenciákra épülő szakmai utánpótlásképzés biztosítása érdekében.**

Az elérhető környezeti és társadalmi egység megvalósításának előmozdítása és hosszútávú fenntarthatósága, továbbá a tiszta ivóvíz előállításához kapcsolódó innovációk fejlesztése érdekében a VeoliaWater Hungary Kft. és a Pannon Egyetem a jövőben közösen lépnek fel.

Az együttműködés lehetővé teszi közös fenntarthatóságra, felelősségre nevelő oktatási és szemléletformálási programok megvalósítását, a szakemberek továbbképzését és a tiszta ivóvíz előállítására specializálódó mérnökök

utánpótlásnevelését a legkorszerűbb ismeretanyag átadásával. Felismerve a minőségi középiskolai utánpótlás fontosságát, az Egyetem és a Veolia összefogva kíván lépéseket tenni, különösen a természettudományi, műszaki, informatikai képzés középiskolai népszerűsítése, a természettudományos oktatás és a tanárok támogatása érdekében, közös szakmai programok és pályaaorientációs tevékenységek megvalósításán keresztül.

Kiemelt cél a Veolia membrányáértési tevékenységéhez kapcsolódó közös fejlesztési lehetőségek feltárása, releváns tudományos kutatási témák azonosítása, egy ipari-egyetemi tudástranzfer létrehozása, mely révén üzleti technológiai igényeket és kihívásokat fogalmazznak meg a fenntarthatóság jegyében.

Veszprém, 2024. szeptember 12.





## Üdvözlünk minden kedves Érdeklődőt!

A **VLG Kábelkereskedelmi Kft.** a legutóbbi időkben lépett be a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetségbe.

Cégünk családi vállalkozásként kezdte működését több harminc éve, majd a Meinhart Holding tagja lett és ma már leányvállalatként működünk.

A gazdasági élet számos területén jelen vagyunk - úgy, mint az energiaszektor, közlekedési vállalatok, gyártóüzemek, ipari végfelhasználók és nagyvolumenű kivitelezők.

Állandó feladat az új piacok figyelemmel kísérése, új egyedi termékek forgalmazása, mint helyi szellemiségű nemzetközi kábelkereskedelmi vállalat, mottónk jól szimbolizálja azt az alapgondolatot, amellyel nap, mint nap végezzük munkánkat:

**„A jól működőt tökéletesíteni,  
az innovációra nyitottnak lenni”**

Régebb óta van kapcsolatunk a vízgazdálkodási területtel, mely reformja kapcsán a VLG menedzsmentje úgy döntött, hogy mi is részt veszünk a Kormány által meghirdetett modernizációban. Azzal, hogy olyan egyedi és



magas minőségű kábeltermékeket forgalmazunk, melyek szofisztikált vízipari területeken kerülnek beépítésre, hozzájárulunk a technológiai folyamatok korszerűsítéséhez.

Hiszünk abban, hogy a jövő kihívásai és lehetőségei közös gondolkodást és együttműködést igényelnek. Cégünk elkötelezett amellett, hogy innovatív megoldásokkal és ügyfélközpontú hozzáállással részt vegyen partnereink sikerében. Erre ösztönzött minket a tatabányai konferencia is, amelynek zárógondolata teljes mértékben megegyezett a magunk által kialakított véleményünkkel.

Bízunk benne, hogy bemutatkozásunk felkeltette érdeklődésüket és inspirálta Önöket arra, hogy együtt dolgozzunk a közös célok elérésén.

Szívesen osztjuk meg elérhetőségeinket és ajánljuk további információkért cégünk honlapcímét: **[www.vlg.hu](http://www.vlg.hu)**. Örömmel várjuk megkeresésüket!

### Gergely Csaba

Vizes felhasználási területek kábelei és vezetékei  
témavezető menedzser  
+36 20 669 4181

### Katona Mihály

Értékesítési referens  
+36 20 377 1848

# A TELEPÜLÉSI SZENNYVÍZTISZTÍTÁS FEJLŐDÉSE A MÚLT SZÁZAD ELEJÉTŐL NAPJAINKIG.

**Boda János – Dr. Juhász Endre**

Az elmúlt bő száz esztendő viharos történelmi időszakainak települési szennyvíztisztítási-iszapkezelési tudományos és gyakorlati fejlődési lépcsőit, így kifejezetten a folyadékfázis kezelés vonatkozásában szándékozik a cikk bemutatni, hogy az Olvasó képet alkothasson arról, hogyan alakult pl. csak Magyarországon az a több ezer Mrd. forint értékű, javarészt földalatti mérnöki alkotás, amely része társadalmunk életminőség növelését szolgáló egyik speciális műszaki, gazdasági tevékenységének. (Megj; a szennyvíziszap-kezelés fejlődése további külön cikkben...)

*Mottó:*

**A múlt ismerete alap az előre tekintéshez!**

A korábbi hibák vagy hiányosságok kiküszöbölése mellett fontos kérdés a „hogyan tovább...” A cikk felvázolja azokat a fontosabbnak ítélt feladatokat is, amelyek a következő évtizedben elkerülhetetlenül megoldásra várnak az utánunk jövő generációk számára. A jövő feladatainak végrehajtásának része kell legyen, hogy illeszkedjen a tudatos és tudományosan fenntartható fejlesztés, az egységes települési vízgazdálkodás által megfogalmazott tézisekhez, vele párhuzamosan elégítse ki – lehetőség szerint minél magasabb szinten – mind a technikai fejlődés, mind a lakosság e területen megjelenő újabb és újabb elvárásait. (idézet: Juhász E.: A szennyvízelvezetés fejlődése. Hidr. Közlöny 2020. 100. évf. 1. sz.)

A tervszerű és tudatos csatornázás -mint tudjuk- a XIX. sz. végén indult, ám a szennyvíztisztítás hazánkban még sokáig a fogalomkörben sem szerepelt. Bár Európa nyugati felében a befogadókba való bevezetés előtt legtöbb helyen általában minőségi előírásokat vezettek be, nálunk ez néhány évtizedig még váratott magára.

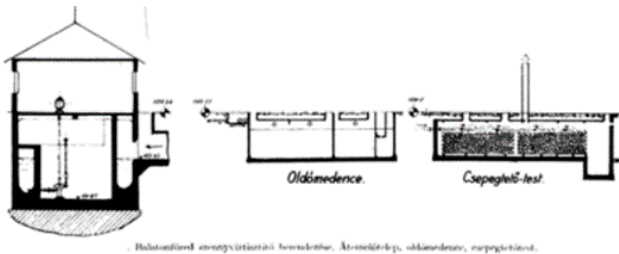
A fejlődés országunkban kezdetben legfeljebb csupán arra irányult, hogy a darabos, és az úszó- lebegő anyagok eltávolítására kerüljenek (mechanikai tisztítás), a szervesanyagok tényleges visszatartását alig-alig frekvenciálták. Mivel a városok elsősorban a csatornák építésére – főleg hitel felvétellel – fordították a hangsúlyt, a befogadókba történő parti bevezetéseknél tisztító telepek kialakítására nem is adódott hely ill. lehetőség.

Még 1942-ben is a Főváros egyik nagy tiszteletet élvező főtanácsosa írásban történt nyilatkozatában hivatalosan úgy nyilatkozott, hogy a szennyvizek Duna folyó hatalmas öntisztító erejének csak kicsi hányadát veszi igénybe, úgyhogy ma még beláthatatlan időre szóló fejlődés esetén is biztosítottak látszik a Főváros szennyvizeinek zavartalan elvezetése”. Sokáig élt az a megkötés is, hogy 150-szeres hígítás felett elégséges az előmechanikai fokozat (rács, homokfogó). Annak is hangot adtak, hogy a halálománynak szüksége van a tápanyag gyanánt bevezetett „szerves” anyagra

Nagy hiányosságunk volt, hogy hiányzott mind a hálózatok építésének, mind

a szennyvizek tisztításának oktatása. A munkásokat általában külföldi mérnökök irányították, a magyarok ezektől igyekeztek „ellesseni” az ismereteket. Japánban már 1903-ban bevezették a felsőoktatásban a szennyvíztisztítás oktatását, nálunk erre 60 évet kellett várni.

Annak ellenére, hogy sem szakember, sem szakmai igény nem volt, mégis találkozhatni minimális előre lépéssel.



A Balatonfüredi tisztítómű folyamatvázlata

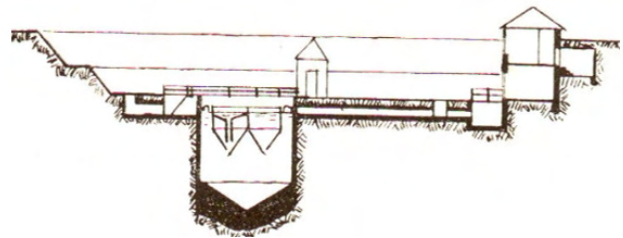
Magyarországon az egyik elsővárosi szennyvíztisztító telep az I. Világháború előtt ~ 1913 körül Siófokon épült. (a háború alatt kezelőt behívták katonának s ennek hiányában az nagyon gyorsan tönkre is ment). Ebben az időben az ismeret a külföldi példát követő az oldómedence és a föld alá süllyesztett, fix víz-elosztású „csepegtető testes” megoldás szolgált például. A siófoki műszaki megoldást követve később hasonló épült Balatonfüreden is.

Az I. Világháború után a háború okozta fájdalmait, az adminisztráció újbóli megszervezése stb. volt a probléma, kevésbé törődtek a csatornázással és főleg a szennyvíztisztítással, ami különösen nem az elsők között szerepelt.

Ennek ellenére atomnyi jelek azért mutatkoztak. Szakmai szempontból elsők között szerepeltek a külföldön elszaporodó ún. Imhoff medencék, (magyar nevén a kétszintes ülepítők), melyre példa az 1930-as években

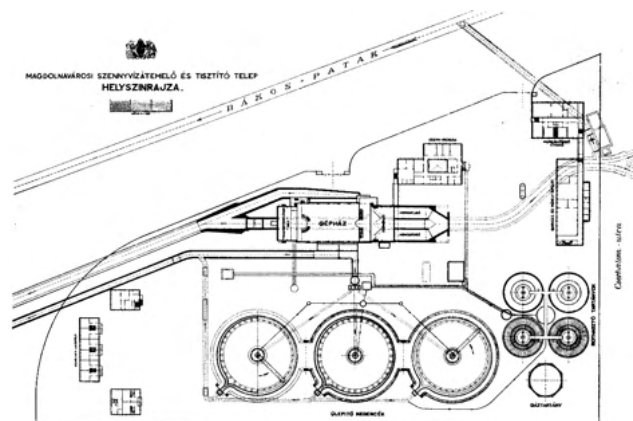
a Főváros vízbázisa védelme érdekében Vácott épült telep, mely a Vízművek vízgyűjtője feletti fekvése miatt durvarácsból, homokfogóból, „OMS” kútból (kétszintes ülepítőből) álló tisztító berendezést építettek. (A korabeli leírás szerint a hatékonyság mértéke lebegő anyagban 8,8 %, szerves anyagban 28,8 % volt.)

A következő képen a váci telep technológiai vázlatát látható (befogadó a Duna).



Noha a szennyvíztisztítás változatlanul nem szerepelt a hivatalos körök szótárában mégis ide kíváncsok, hogy 1936-ban a Rákospatak és a Duna csatlakozásánál (mai nevén Dagály mentén) terveztek egy I. (mechanikai) fokozatú telepet. A rác és hosszanti homokfogó mellett megjelent az ún. Dorr típusú ülepítő is. Sajnos a zápor átemelőn kívül a megvalósítást elmosta a II. világháborúra való felkészülés.

A tervezett I. fokozatú Angyalföldi telep helyszínrajza 1936-ból. (forrás Lesenyey 1940)



Szintén néhány évvel még a II. világháború előtt Miskolc város a Sajó-Szinva csatlakozásánál építtetett egy 2 000 m<sup>3</sup>/d kapacitású biológiai tisztító művet. A berendezés hosszanti homokfogóból, előülepítőként 2 000 m<sup>3</sup> térfogatú négyrekeszes oldó medencéből, nagyterhelésű nyitott kialakítású (töltet magasság 2.0 m, D= 20.0 m, csepegtetőtestből állt. Mint újdonság, először jelent meg itthon a vízelosztó „forgó permetező” gépeszeti berendezés. A test anyaga lukacsos fagyálló mésztufa, kavics és kocsz keverékből állt. Az egyetlen biológiai telepünket a szerző szeme láttára 1944 június 2-án az amerikaiak – a vasúti állomás helyett – szétbombázták. A háború befejeztével hosszú csend jellemezte a hazai szennyvízes fejlődést.

A világ első „szellőztetéses” (mai nevén eleveniszapos) biológiai tisztítótelepét – 1914-ben Manchesterben építették.

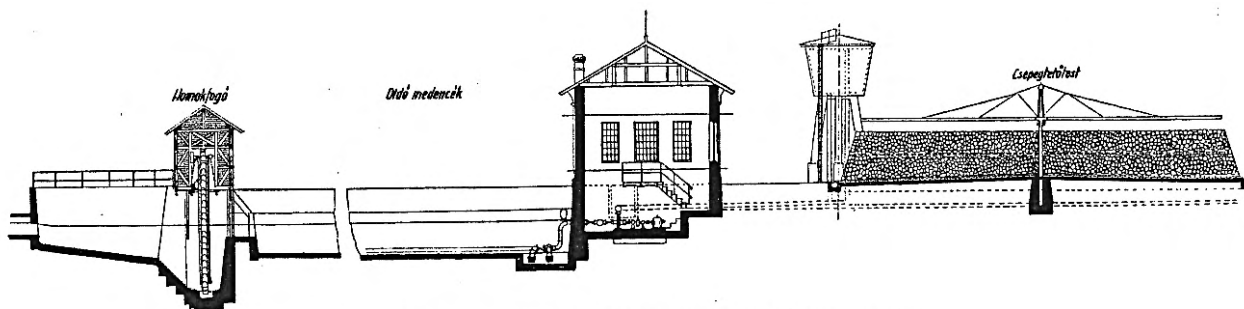
A csatornázás több ezeréves története mellett a szennyvíztisztítás szinte eltöpreődik. A befogadók védelme érdekében történő intézkedéseket, gyakorlatilag a szennyvizek bármilyen fokú tisztítását az ipari forradalom által okozott kényszer indította útjára.

A szennyvíztisztítás és a szennyvíziszapok kezelése és elhelyezése a kezdeti időszakban

kifejezetten építőmérnöki tevékenység körébe tartozott. Az 1900-as évek elejétől a világban – mint települési vízépítés – új feladataival, azaz már a szerves anyagok fokozottabb eltávolítási igényével egyre inkább „multi disciplinárabb” lett. Ez a folyamat hazánkban csaknem egy fél évszázados késéssel jelentkezett, s a szerves szennyeződések mikroorganizmusokkal történő intenzív eltávolítása pedig csupán ~ ötvenes évek vége felé honosodott meg. (csepegtető testes eljárások). A háború utáni időszakokkal a kutatók tevékenysége is rendkívül dinamikus beindult.

Az 1950-es évektől a szakmai ismeretek bővítésében meghatározó szerepe volt a Hidrológiai Társaság szennyvíz szakosztályának, amelynek a neve a későbbiekben csatornázási és szennyvíztisztítási szakosztályra változott.

Az első igazi szakkönyv 1962-ben a Mélyépítéstervezés későbbi irodavezetője, Nagy L. Dénes szerkesztésében „Szennyvíztisztító Berendezések és Csatornahálózatok Működése, Kezelése és Karbantartása” címmel jelent meg. A szennyvíztisztítás kibontakozásának idején jól szolgálta a Tervezőket az 1963. augusztusában hatályba lépett MSZ 15 302-62 jelű



Ábra. Miskolc szennyvíztisztító berendezésének hosszmetaszete.

A képen a miskolci telep technológiai hossz-szelvénye látható (Lesenyei 1940)

csatornatervezésről és szennyvíztisztításról szóló szabvány.

Jó egy évtizeddel később az ÉVM „Szennyvíztisztítási és szennyvíztisztítási építmények Tervezési Előírások” címmel, útmutatót tett közzé.

A Magyar Szabványügyi Hivatal Szabványgyűjteményének 14. kötetében jelentették meg az MSZ-04 511-75 szennyvíztisztítás és szennyvíztisztítási létesítmények kötelező Tervezési előírásait.

A további képzést segítette az FCSM főmérnökének szerkesztésében 1973-ban megjelent „Szennyvízkezelés” című jegyzet.

A szennyvíztisztítás egyetemi oktatása a 60-as évek közepén indult be a BME vízgazdálkodási intézetében, majd az önálló tanszékekben Öllös Géza vezetésével. Napjainkban a Víziközmű és környezetmérnöki Tanszéken folyik a tárgy magas szintű oktatása Patziger Miklós tanszékvezető irányításával.

A Vegyész-mérnöki karon Jobbágy Andrea és munkatársai oktatják és kutatják a tárgyat.

A szakterület oktatásának kiemelkedő intézménye a Bajai Vízgazdálkodási Főiskola, ma a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz-tudományi Kara, valamint a Szent István Egyetem Ybl Miklós Építménytudományi Kara, ahol 1971-ben Dulovics Dezsőné vezetésével jött létre az önálló Közműépítési Tanszék.

Meg kell említeni még a Veszprémi Egyetemet és az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari kara is nem elfeledve, hogy napjainkban számos vidéki egyetemen is oktatják a tárgyat. Az egyetemeken szakmérnöki oktatás is folyik.

A szakmai minőség ugrásszerű fejlődésének egyik hazai letéteményese a Vízügyi

Tudományos Kutató Intézet (VITUKI) volt. Stelzer Károly egy világhírűvé vált kutatóközpontot hozott létre, melynek részeként a 60-as évek elején Benedek Pál vezetésével megalakult a Vízminőségi Főosztály.

Benedek Pál a nemzetközi szakirodalom tökéletes ismeretében megalkotta a technológiai méretezés hazai szabályozását. Az új módszer azonnal bevonult az oktatásba is. Az 1970-es évektől kezdve a VITUKI számos nemzetközi kutató programban működött közre.

Az intézet vezető szerepet töltött be a szennyvíztisztítás és iszapkezelés, elhelyezés kutatásfejlesztési programjában és a későbbiekben ismertetett „Településekről származó szennyvizek tisztító telepei” címmel 1977-ben megjelent, majd 1984-ben átdogozott Műszaki irányelvek egységesítési program keretében közreadott műszaki irányelvek kidolgozásában is.

A kutató központ érdeme, hogy Magyarországon a 70-es évek végére egy ütőképes szennyvízes tervező-kutató garnitúra tudott kialakulni.

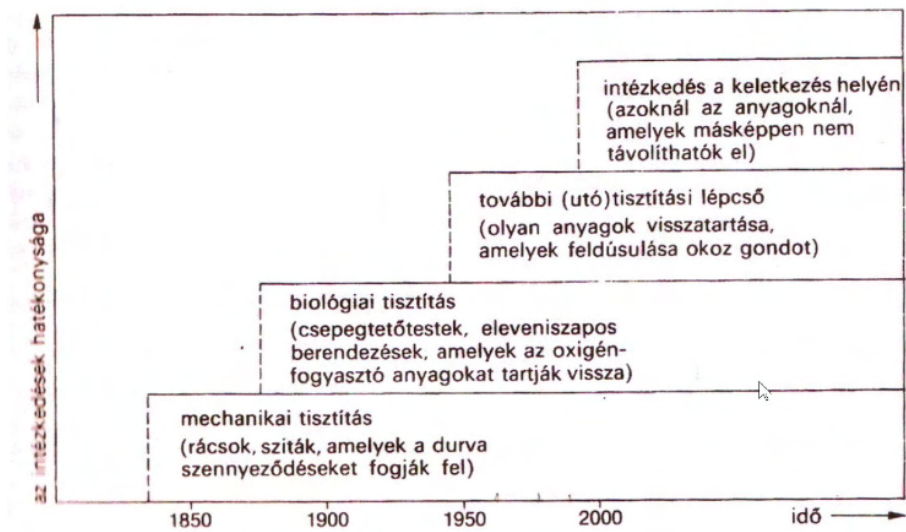
Sajnálatos, hogy a későbbiekben a megszüntetéséről döntöttek, székháza az Atlétikai Stadion építéskor lebontásra került.

A későbbiekben a szakmai ismeretek továbbításában meghatározó szereplő a MaSzeSz és a MaVíz lett.

Hahn és Hartmann német professzorok által készített táblázat a tisztítási folyamatok időbeni és hatékonyságuk szerinti fejlődését, egyben azok egymásra épülését mutatja be. Amint az a táblázatból kitűnik az ezredforduló előtti időtől kezdődően az ipari előtisztítás szerepe lép hatékonyan előtérbe különösen azon anyagokra „kihegyezve”, melyek a települési szennyvíztisztítás során – a felhígulás

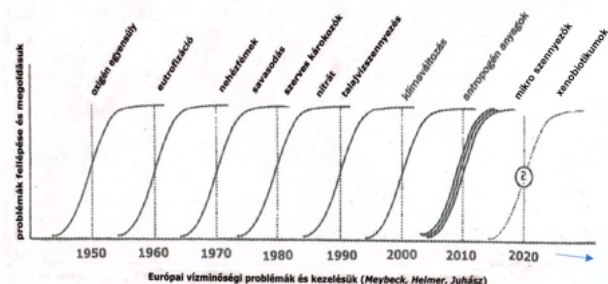
hatására is – már alig vagy egyáltalán nem vonhatók ki.

A háborút követő években különösen a németeket egyes kutatási területeken korlátozták, így azok az akkor semlegesnek számító „környezeti-, vízzel kapcsolatos” témák felé fordultak. Az európai vízzel kapcsolatos kutatási témák időrendjét az alábbi ábra mutatja:



A víz- és szennyvíz-technológiák történeti fejlődése

Juhász Endre által kiegészítve (1990-től) a korábban Meybeck és Heimer által összefoglalt



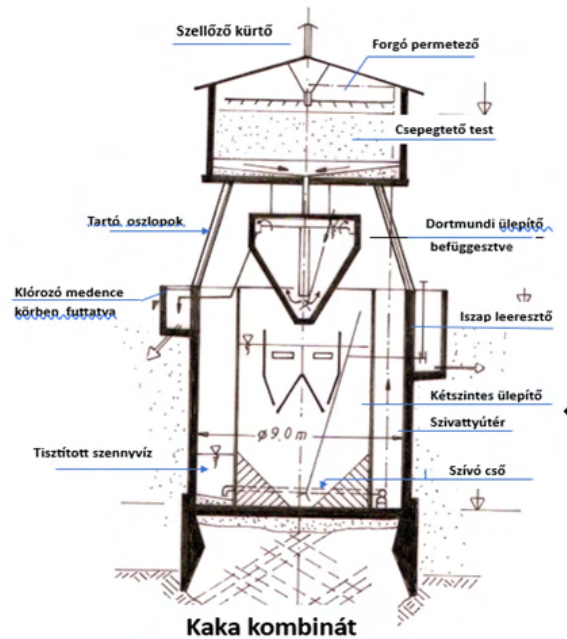
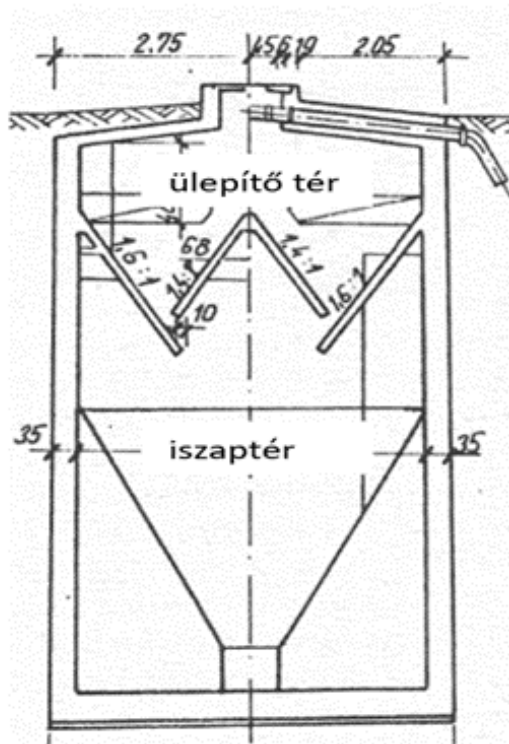
előzetes kutatási periódusokat megismerhető, hogy e korszaktól kezdve napjainkig valójában mik voltak kontinensünk – természetesen honunkban is - a vízzel kapcsolatos problémák. Az utóbbi, mintegy harminc évben a szennyvízbe jutó – kockázati tényezőként kezelt – antropogén anyagok (kozmetikumok, gyógyszerek, hormon készítmények, mikro szennyezők és xenobiotikumok), majd azok csökkentésére, ill. eltávolítására szolgáló technológiai eljárások kidolgozása kerültek a figyelem középpontjába. Jelenleg a klímavizonyok alakulásával kapcsolatban a szennyvizet hasznosítása, valamint a szennyvíziszap termőföldi elhelyezésének

kérdése szerepel a kutatásaink fő témái között. Az érintett tárcák képtelenek a meg egyezésre, nem különben az EU-s jogszabályok sem kedveznek a kérdés mielőbbi -kompromisszumos – megoldásának.

Visszatérve magának a tisztítástechnológiáknak a háború utáni szakaszban való alakulására, városainkban még jónéhány évig kétszintes ülepítő és a zárt kivitelű nagyterhelésű (1,0kg BOI5/m<sup>3</sup> töltet terhelőségű) csepegtetőtestes eljárás vált elfogadott megoldásnak. A '70-es évek legelején a Szlovákiából Magyarországra áttelepült Dulovics Dezső – a későbbiekben jeles egyetemi oktató - magával hozott műanyag töltetű testes eljárás hozott átmenetileg változást, melynek fajlagos terhelése már háromszorosra volt az ismert koksziolittufa, stb. töltetkezéssel képest.

Érdekességként megemlíthető, hogy a hagyományos nagyobb helyigényt kívánó horizontális elrendezés (kétszintes+, csepegtetőtest+, utőülepitő és fertőtlenítő) helyett egy szűk helyen és rossz altalaj (hat méter vastag tőzeg) miatt kialakított egyetlen vertikális





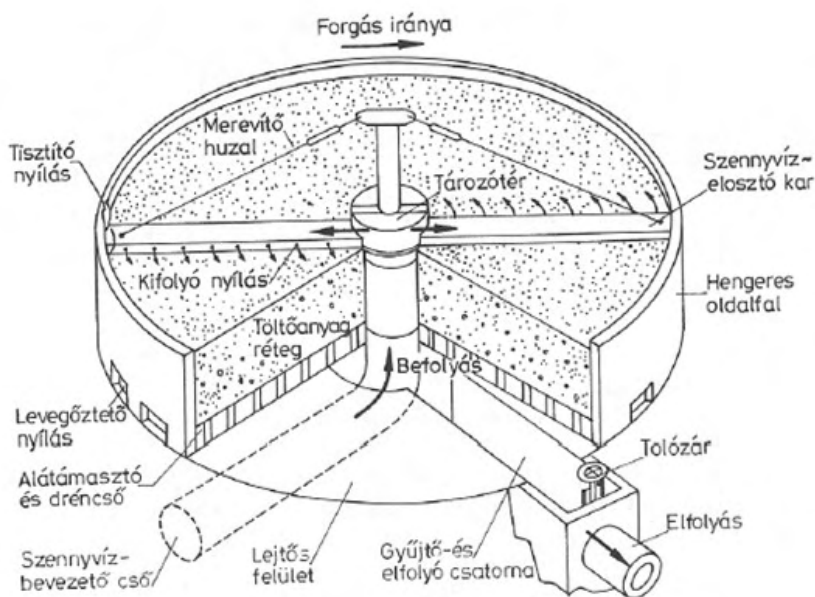
a kor leghíresebb szerkezettervezője, Mistéth Endre nevéhez kapcsolódik. A szakemberek a művet „kakakombinát” névvel illették.

műtárgyban foglalták össze a teljes - abban az időben járatos - tisztítási folyamatot. A mellékelt képen láthatóan egy kilenc méter átmérőjű süllyesztett kútra aplikáltott teljes folyamat. A szellemes megoldás

A II. világháború után, csupán az 1950-es évek végétől indult meg a korszerű eleve-niszapos tisztítás. A VITUKI és a nagyobb tervező vállalatok (Mélyépterv, VIZITERV) létrejöttével igen aktív kutatás- fejlesztés és tervezés indult meg, melyek

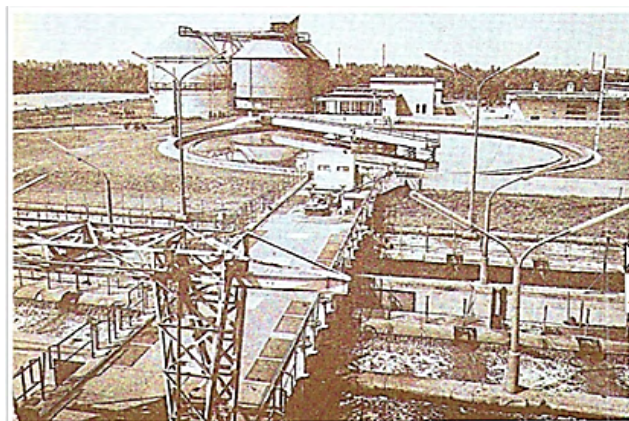
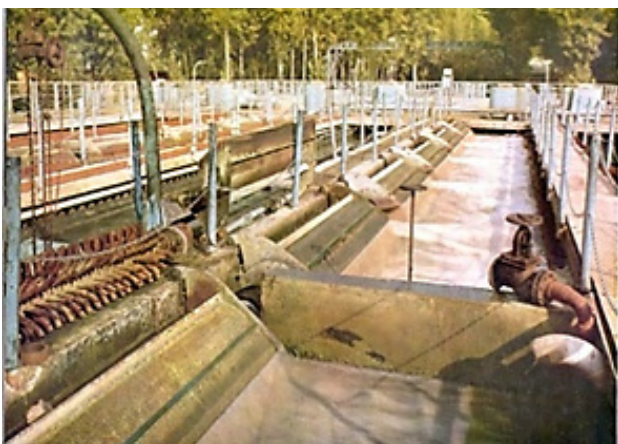
elsősorban középvárosok korszerűbb szennyvíztisztítóinak megvalósításához adtak segítséget. A nagyvárosok jelentősebb állami támogatásra várva nem szorgalmazták a komplex tisztítóművek megépítését. Jobbára csak a mechanikai lépcsőig futotta a gazdasági erő.

- Ezekre a nagyobb városokra csak az 1980-as évek második felében és meglehetősen lassú ütemmel került

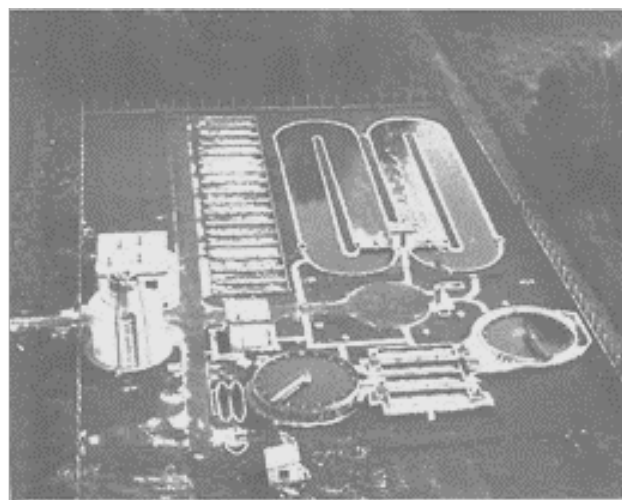


sor. A politikai rendszerváltás során megváltozott tulajdonviszonyok és támogatási feltételek miatt, jelentős külföldi támogatással, mint egy tíz-tizenöt év elmaradással mára elérte az ország, hogy minden közcsontra végén az élővízek védelme érdekében korszerű, zömében III. fokozatú (tápanyag eltávolítás) szennyvíztisztító üzemel. 2024-ben az üzemelő szennyvíztisztító telepek száma 849 db, melyre a beérkező összes szervesanyag terhelés kerekítve 11.5 millió LE. -

Az első kísérleti céllal létesített eleveniszapos telep a Fővárosi Csatornázási Művek kezdeményezésére Pestlőrincen (a városnévben korábban szereplő „szent” szót akkoriban törölték) épített 800 m<sup>3</sup>/d terheléses ún. „kes-senerkefés” hosszú, vízszintes tengelyű több csapággal alátámasztott, ívesen kialakított medence fenékkal, mely a Mélyépterv tervei alapján Pató Tibor g. mérn. irányításával üzemelt. Ez volt az alapja mind Budapesten, mind Magyarországon elindult korszerű élesztett- ill. eleveniszapos szennyvíztisztításnak. Az itteni tapasztalatok alapján a Mélyépterves Muhits Tamás által vezetett tervező csoport megtervezte a Dél-budapesti – első ütemben - 36 000 m<sup>3</sup>/d kapacitású biológiai szennyvíztisztítót, mely 1966- ban üzembe is állt.



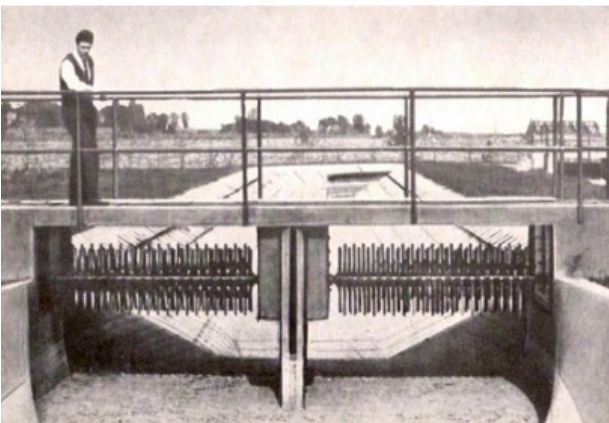
A Dél-Bp-i teleppel egy időben (1963-64) az ország kiemeltebb idegenforgalmi és üdülési létesítményének – a Balaton vízminőségének védelme érdekében – a tó királynője címmel felruházott Keszthely városban



létesült egy hasonló technológiájú biológiai fokozatot tartalmazó 1 500 m<sup>3</sup>/d kapacitású telep azzal a kiegészítéssel, hogy a tó biztonsága érdekében utána egy burkolat nélküli II. lépcsőt, ún Pasveer árkot építettek. Az árok sajnos nem tartotta a vizet, így hiába való biztonság keresési kísérletté vált. A telep tervezést az ország akkori legkiválóbb tervezője, a politikailag háttérbe szorított Besenyői István g. mérnök Viziterves munkacsoportjával látta el.

Valójában ez időben indult el a hazai eleveniszapos biológiai szennyvíztisztítási technológia.

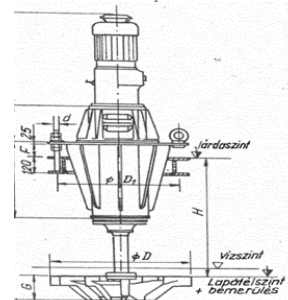
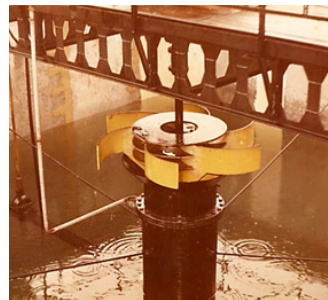
A már burkolattal ellátott oxidációs árkos szennyvíztisztítási technológiát a Mélyépterves, korábban a politikailag szintén meghatározott Kőrösmezey László indította útjára. 200 – 500 – 1000 m<sup>3</sup>/d kapacitással, kézi tisztítású finomráccsal, osztóaknával, elnyújtott körgyűrű alaprajzú, trapéz szelvényű, burkolt oxidációs árokkal, vízszintes tengelyű levegőztető rotorokkal, függőleges átfolyású utóülepítővel, recirkulációs és fölőlszap át-emelővel, iszapsűrítő és tároló medencével.



Ahogy a csatornázás területén a hálózat fejlesztést itthon a MOBA át-emelők „forradalmasították”, úgy a szennyvíztisztítás területén az eleveniszapos rendszerek ill. azok levegőztető berendezésének megjelenése jelentette az előrelépést.



A '70-es évek elején ugyan is megjelentek a kevésbé hatékony vízszintes tengelyű levegőztető eszközök helyett, ill. mellett a függőleges tengellyel kialakítottak. A Mélyépterves Ábrahám Endre -Tasffy László megalkotta a VIDUS cég által gyártott és forgalmazott AB-TA aerátort. Ezt kevéssel később a VITUKI kutatója – Horváth Imre - által kialakított ún. varimix szintén függőleges tengelyű berendezés követte, melyet már a VÍZGÉP gyártott és forgalmazott.



AB-TA aerátor Varimix levegőztető rotor Varimix rotor működés közben

E két cég szolgálta ki a hazai víziközmű soványka fejlesztésének ipari hátterét. A Vidust a kimerült tatabányai szénmező helyén - foglalkoztatási politikából- a Nehézipari Minisztérium hozta létre elsősorban acél szerkezetű tartályok és berendezések gyártására-, míg a Vízgép vállalatot az OVH fejlesztette fel Lajosmizse-i központtal, elsődlegesen a falusi vízellátására kialakított „hidroglobuszok” gyártására. A későbbiekben főként ez a gyár töltötte be részben hazai innovációval, részben külföldi szabadalmak vásárlásával a szakágazat hazai gépgyártás hátterét.

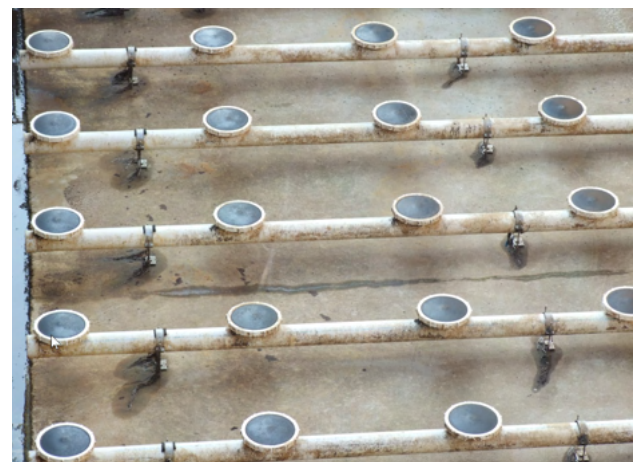
A függőleges tengellyel gyártott levegőztetők átalakították az addigi megszokott árkos totáloxidációs rendszert. Egyrészt sokkal kedvezőbb, energia takarékos O<sub>2</sub> bevittel, azaz a vízszintes tengelyűekhez képest (~0,7 kg O<sub>2</sub>/kWh) már 1,2- 1,3 kg O<sub>2</sub>/ kWh mutatóval rendelkeztek, másrészt ~ 4,0-4,5 méterre megnőtt a „keverési” mélység. A továbbiakban a technológia jobbra át tudott térni az ún. nagyterheléses rendszerre, ami rövidebb tartózkodási időt, alacsonyabb iszapkört vont maga után, továbbá gazdasági szempontból medence térfogatot és műtárgy alapterület megtakarítást jelentett. Ehhez azt is hozzá kell tenni, hogy a keletkezett iszap viszont további kezelést igényelt.

Mivel a levegő bevitel energia igénye jelenti a legtekintélyesebb üzemi költség hányadot, megindult a további gazdaságos megoldások kutatása. Egymás után jelentek meg a külföldről behozott légbefúvásos berendezések és egyéb hazai innovációk. Csupán néhány nevet említve, porózus lemezek, textil szálból kialakított (texért) fejek, Messner lemez, perforált csőre húzott

műanyag szivacsok, különböző kerámia fejek, stb.

A többségük hátránya volt, hogy a légáteresztés a levegő szennyezettsége miatt eltömődött. Vajúdott az a kérdés is, hogy a felszín közeli (Inka) vagy a fenéken elhelyezett, finom, vagy nagybuborékos rendszer a kedvezőbb. Végül két északi ország fenéken elhelyezett levegőztető berendezése, a Finn Nokia cég és a Svéd Flygtsaniter tányéros megoldás honosodott meg. Bár a Nokia fejek tisztítás, csere, stb. szempontjából a medencékből üzemeltetés közben is kiemelhetők voltak, hosszabb távon élelciklus szempontjából is az előnyösebb lézerrel perforált Flygtsaniter fejek terjedtek leginkább el.

A hazai ipar megfelelő méretű kompresszorokat nem gyártott, így ebben is „tőkés valutaigényes” importra szorultunk.



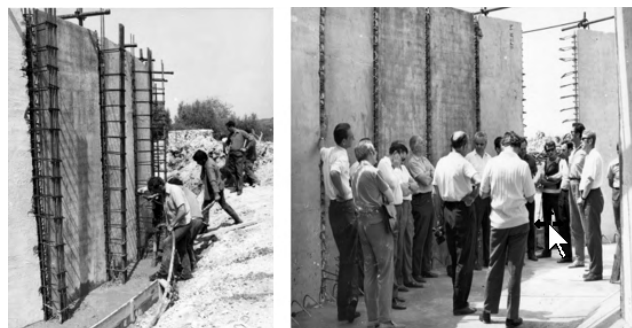
*Nokia kerámia fejek és kiemelésük csere céljából Flygt, „Saniter” fejek*

A Vízépítési Tröszt a gépészeti háttér fejlesztés mellett – a házgyári építéshez hasonlóan – üzemben előregyártott nagypaneles eljárást kívánt a mélyépítési műtárgyak területén is bevezetni. Az érdekes és újszerű, mélyépítési és egyben „vízálló” medencés kísérlet két úton indult, aminek a célja a „műanyag habarcs” kötéses és a „nedves kötéses” eljárással történő elem vízzáróságának kipróbálása volt. A műanyag kötéses eljárás irányítását a Mélyépterves Pálfy Imre, míg a nedveskötéses eljárást a Víziterves Juhász Endre kapta feladatául.

A Vízépítési Tröszt a gépészeti háttér fejlesztés mellett – a házgyári építéshez hasonlóan – üzemben előregyártott nagypaneles eljárást kívánt a mélyépítési műtárgyak területén is bevezetni. Az érdekes és újszerű, mélyépítési és egyben „vízálló” medencés kísérlet két úton indult, aminek a célja a „műanyag habarcs” kötéses és a „nedves kötéses” eljárással történő elem vízzáróságának kipróbálása volt



Építés műanyag habarccsal

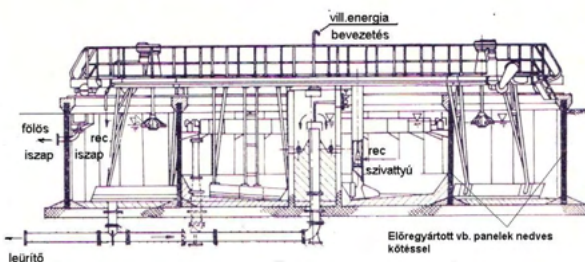


Építés hagyományos habarccsal és bemutató

A felszerszámozás, az elemek szállítása és maga a bedolgozás, valamint az elemek szükséges darabszámának éves gyártási igénye nem tette gazdaságossá az elképzelést. Bár a prototípus építések sikeresek voltak, a kivitelezők javaslatára az eljárás elvetésre került.

Ugyan ezen évtized elsőharmadában főleg a Balaton vízminőségének védelmében a tó parti települések közművesítése jelentette a legnagyobb fejlesztési programot. A vízellátás súlyozott fejlesztése mellett egymás után szerepet kapott a csatornázás és a szennyvíztisztítás. Országos tervpályázatra alapozva hét régiót alakítottak ki, ahol első sorban az ún. egyesített rendszerű biológiai technológia műtárgyakra alapozott tisztító művek kerültek beépítésre. Az újszerű technológiát valójában két olyan centrikus körmedence képezte, melyben a levegő bevitelt és turbulenciát egy körbe mozgó hídra szerelt aerátor végezte. A szennyvíz szivattyús vagy propelleres mozgatása helyett a hídra épített „turbinák” jártak körbe és alakították ki az anaerob, anoxikus és aerob zónákat. A találmány energia, terület-, anyag felhasználás szempontjából jelentős megtakarítást hordott magában. A 250 – 500-1000-2 000 m<sup>3</sup>/d méretségben kialakított technológiai

rendszer előnyös volt a híd szerkezet „sorozat gyártás” tekintetében is. A képeken az egyesített biológiai berendezés és az e típusból megépített pl. Fűzfő-i telep.



A gépészeti és építési innováció mellett a számtalan tervezői elképzelést a hazai háttérpar nem tudta követni, ezért a '70-es évek közepén az OVH javaslatára mind az ivóvíz-, mind a szennyvíztisztítás területére egy nagyobb méretű egységesítési program került kidolgozásra.

Az egységesített – gazdaságos technológiai – eljárásokat és műszaki megoldásokat az ország legkiválóbb technológusai dolgozták ki, melyeknek megismerése és átvétele az „alacsonyabb ismeretekkel” rendelkező tervezők számára ugrásszerű felzárkózást és versenyképességet eredményezett. Javította továbbá a gépészeti és villamos berendezések ipari háttérének lehetőségeit azzal is, hogy a minőség szempontjából -- ha nem

is túlzott méretekben – alkalom nyílott gyártmányok gazdaságosabb módon történő sorozat gyártására. A megyei kiterjedésű üzemeltetőknél, de a nagyobb telepek esetében is a berendezések „csere szabatosága” javította a tartalék-készletekkel való gazdálkodást, mind emellett növelte a szolgáltatási biztonságot is. Az egységesítés általánosnak nevezhető hátrányos tulajdonsága viszont, hogy egy-egy időszakra gúzsba köti a fejlődést. Az egységesített technológiák alkalmazása meghatározott kapacitás intervallumon belül kötelező volt, ami egyben kedvezően hatott engedélyező szervek munkájára is. Az OVH Varga György irányításával a VIZITERV keretén belül létrehozta az Országos Vízügyi Egységesítési és Szabványosítási Központot, ám természetes volt, hogy a feladatkörbe tartozó tevékenységhez a VITUKI és a házon belülieken kívül, más szaktárcánál dolgozó kiváló szakemberek is, mint pl. a Mélyépterv, a Műszaki Egyetem stb. jeles mérnökei teljes mellszélességgel közreműködve, támogatták az erre irányuló törekvést. A Vízügyi Szabványosítási Központ (VSZK) égisze alatt mind az ivóvízellátás, mind a szennyvíztisztítás méretség szerinti technológiai elemei és berendezései csaknem teljes spektrumban minta-, ill. típusstb. szinten kidolgozásra kerültek és bárki számára hozzáférhetővé váltak. Ez szintén nagymértékben hozzájárult a víziközművek általános technológiai fejlődéséhez.

Nem volt titok, hogy az egységesítés sok előnye ellenére idővel hátrányt gerjesztett. Az uniformizálás bizonyos értelemben megtorpanást okozott a fejlődésben, visszafogta mind a technológiai-, mind a berendezések terén történő továbblépést. Ezt csak úgy lehetett volna kiküszöbölni, ha bizonyos idő

elteltével a fejlődést figyelembe véve, a meglévő anyagokat szükség szerint korszerűsítik, lecserélik. A rendszerváltást követően azonban megváltoztak a körülmények.

| Országos Vízügyi Hivatal<br>Műszaki Irányelvek   |  | TELEPÜLÉSI SZENNYVÍZTISZTÍTÁS<br>EGYSÉGESÍTÉSE<br>Telepugyiszigord és mintatechnológiák           | MS-10<br>263/1-78<br><br>G 21 |
|--|--|---|-------------------------------|
| Fogalom meghatározás szlovénul és magyar nyelven   |  | Definition of utilization average pollution, Order of regulation of plants and technology process |                               |
| <p>A Műszaki Irányelvek tárgya a települési (kommunális) szennyvíztisztítási technológiájának kiválasztásához szükséges szennyvíztisztítási telepek nagyságrendje és a mintatechnológiák.</p> <p>A Műszaki Irányelvek részletes ismertetését a technológiák nem tartalmazzák.</p> <p>Tartalom:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fogalomhatározások</li> <li>2. Telepugyiszigord</li> <li>3. Mintatechnológiák</li> <li>4. A mintatechnológia kiválasztása</li> </ol> <p>Függelék:<br/>A tárggyal kapcsolatos magyar állami szabványkódok</p>  |  |   |                               |
| <p><b>1. FOGALOMHATÁROZÁSOK</b></p> <p>1.1. Települési (kommunális) szennyvíz: a település lakosságának, közintézményeinek és helyi ipari létesítményeinek 270–300 mg/l<sup>3</sup> (24 óra átlagban) tisztított szennyvízével és az MS-10 127/2 M.S. és M.7. szabványa szerinti ipari szennyvízzel.</p> <p>1.2. Telepugyiszigord: a 12–500 000 m<sup>3</sup>/Ma (1–50 000 m<sup>3</sup>/d) településlakosság átlagos víznyelvényesig terjedő település.</p> <p>1.3. Szennyvíztisztítási technológia: a szennyvíz tisztításához szükséges fizikai, kémiai és biológiai eljárásoknak a tisztítandó szennyvíz minőségéről függő rendje, valamint az azokat megvalósító berendezések és műtények működése.</p> <p>1.4. Mintatechnológia: az egyesítésre alkalmas kiválasztott szennyvíztisztítási technológia.</p> <p>1.5. Ismertetési mintatechnológia: a kiválasztott szennyvíztisztítási technológia során alkalmazott ismertetési szennyvíztisztítási telepen belüli állókülső szennyvíz elhelyezése vagy hasznosítása.</p> <p>1.6. Technológiai elem: a szennyvíztisztítás egy részét megvalósító berendezés vagy műtény.</p> <p>1.6.1. Technológiai berendezés: a szennyvíztisztítás egy részét megvalósító gépészeti (vílamos, irányítástechnikai) gépek, szerkezetek, továbbá a létesítményeken belül, az állókülső szennyvíz elhelyezése, csatlakozás, szerelvények és vílamos vezeték.</p> <p>1.6.2. Technológiai műtény: a szennyvíztisztítás egy részét megvalósító építmény.</p> |  |   |                               |
| A jogszabály elfogadása<br>1978. december 22.  |  | A szerkesztés elfogadása<br>1979. április   |                               |

Egyrészt a „vizes ágazat” ellen gerjesztett ellenszenv, a központi irányítási rendszer átalakulása, másrészt a tulajdon viszonyokban bekövetkezett változások, továbbá a korábbi tervezői rendszer fragmatizálódása, a külföldi gyártók berendezései és technológiáinak erőteljes betódulása a korábbi gyakorlatot csaknem teljesen felszámolta. Azt is ki lehet jelenteni, hogy az egységesítési rendszer az új gazdálkodási folyamatban leépült, elvesztette jelentőségét. Az országra tóduló külföldi gyártók bizonyos – sokszor nem is létező gazdasági előnyök ígéretésével – gyakran igyekeztek elavult berendezéseiket a szakmai ismeretekkel alig rendelkező Önkormányzatokra rá erőszakolni. A háttérben egyértelmű

volt a szemléletük: az otthon már korszerűtlen berendezéseiket itt kívánták értékesíteni azzal a felkiáltással, hogy „a magyaroknak ez is jó lesz!” Volt eset, amikor egyik nagy városunk (Szeged) szennyvíztisztítóját 30 éves (vízszintes tengelyű) levegőztető eljárással kívánták megoldani. Nehezen fogadták el azt a nézetet, hogy az ország számára immáron nem olyan berendezés kell, ami náluk évtizedek óta működik, hanem olyan, amely évtizedek múltával is korszerű és gazdaságos, s a jövőbeni feltételeket mintaszerűen kielégíti. Az egységesítést bár utólag érték - olykor jogos - kritikák, az általános fejlődés tekintetében azonban mindenképpen pozitív eredményt hozott.

A 60-as és 70-es évek szennyvíztisztító telepei elsődlegesen azzal a céllal épültek, hogy a kommunális szennyvizet szerves széntartalmát, ill. a bennük természetesen előforduló egyéb szerves (tehát biológiailag bomtható) komponenseket képesek legyenek eltávolítani. Ezzel a tisztított elfolyó víz tartósan alacsony BOI<sub>5</sub> – és lebegőanyag-tartalmával, a befogadó szerves anyag terhelését annak öntisztító kapacitása, vagy hatóságilag előírt határértékei alá csökkenthették.

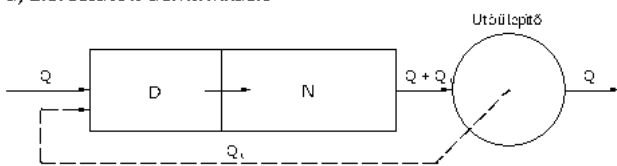
A vízi környezet növekvő terhelésével, s a technológiák folyamatos fejlődésével azonban egyre növekvő igény jelentkezett az elfolyó víz ammónium-tartalmának csökkentésére is. A vizsgálatok kimutatták, hogy ez a vegyület oldott NH<sub>3</sub> formában, 8,5 pH felett jóval toxikusabb a halakra nézve, mint a nitrát. A nitrát ugyanakkor a felszíni vízből történő ivóvíz előállítás esetén jelent veszélyt a csecsemőkre. Az ammónium és nitrát a foszfáttal együtt növényi tápanyag,

ami az élővizekben elsősorban az algapopulációt sokszorozhatja meg, kedvezőtlen esetben akár káros mértékű eutrofizációt is okozva. A tisztítók tervezésénél tehát ettől kezdve úgy kellett a korábbi elveket módosítani, hogy az üzemben a nitrifikációhoz, denitrifikációhoz és a foszfor eltávolításához szükséges körülményeket is biztosítani lehessen.

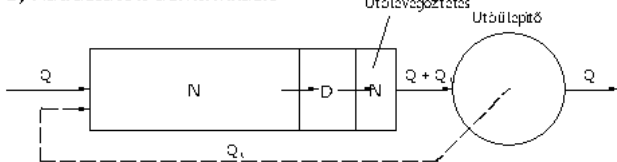
A nitrogén eltávolítás reaktor elrendezési sémái abban különböznek egymástól, hogy a denitrifikáló (D - anoxikus) és nitrifikáló (N - levegőztetett) medencék, illetve medence részek milyen sorrendben kapcsolódnak egymáshoz. E szerint megkülönböztetünk:

- a) előrecsatolt
- b) hátracsatolt
- c) szimultán
- d) alternáló/intermittáló (időprogram szerint változó)
- e) szakaszos/ ciklikus denitrifikációt

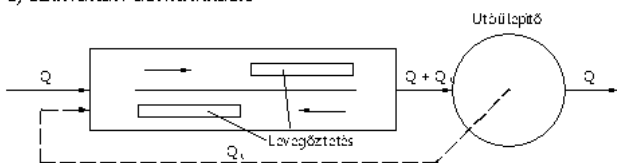
a) Előrecsatolt denitrifikáció



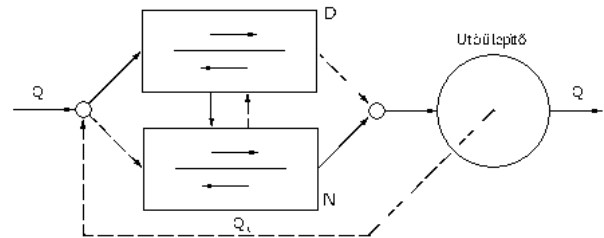
b) Hátracsatolt denitrifikáció



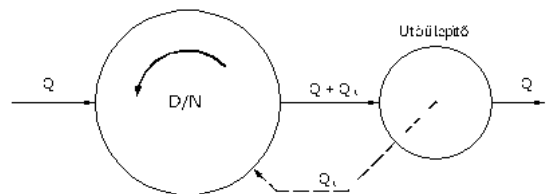
c) Szimultán denitrifikáció



d) Alternáló nitrifikáció/denitrifikáció



e) Ciklikus nitrifikáció/denitrifikáció



A nitrogén eltávolítás reaktorelrendezési alapsémái (DWA A 131 2016. alapján)

Az előrecsatolt denitrifikáció az egyik leggyakrabban alkalmazott reaktorelrendezési séma. Lényege abban áll, hogy a mechanikailag tisztított szennyvíz először az anoxikus medencébe ér és onnan jut tovább a levegőztetett medencébe. A levegőztetett medencében megtörténik a nitrifikáció, majd az úgynevezett belső (nitrát) recirkulációval, amelynek vízhozama akár a beérkező szennyvíz két-háromszorosa is lehet, visszajuttatjuk a nitrátban dús szennyvizet a denitrifikáló térrészbe. Ez ugyan a nitrifikáció és denitrifikáció folyamatának sorrendjével ellenkező irányú reaktor elrendezés, de lényegét könnyen megérthetjük, ha figyelembe vesszük, hogy mi kell a hatékony denitrifikációhoz: anoxikus környezet, oldott nitrát ionok, denitrifikálóbaktériumokat tartalmazó eleveniszap, és könnyen bontható szerves szénforrás (szervesanyag). Ha a reaktorokat a nitrifikáció és denitrifikáció reakciósorrendjének megfelelően kapcsolnánk,



akkor a levegőztetett medencerészben bár megtörténne a nitrifikáció (tehát az ammónium átalakítása nitráttá), de ugyanakkor a levegőztetés hatására lebontódna a rendelkezésre álló szerves szénforrás is. Így hiába juttatnánk nitrátban dús szennyvizet a denitrifikáló medencerészbe, ott már nem állna rendelkezésre elegendő szerves szénforrás a denitrifikációhoz. Az előre-csatolt térrészben viszont a visszaforgatott nitrátdús szennyvíz folyamatosan találkozik a mechanikailag tisztított szennyvízzel beérkező szerves szénforrással.

Van azonban olyan eset is, amikor a nitrifikáló és denitrifikáló reaktorokat a nitrifikáció és denitrifikáció reakcióinak megfelelő sorrendben, egymás után kapcsoljuk. Ez az úgynevezett hátracsatolt denitrifikáció. Hátracsatolt denitrifikáció esetén a levegőztetett reaktorban lebontott szerves szénforrást pótszénforrás adagolásával pótoljuk. Pótszénforrás lehet például: metanol, ecetsav, izocukor stb. Mivel a pótszénforrás adagolása költségigényes és körülményes (tűz és robbanásvédelem stb.), az ilyen reaktorelrendezést általában kerülni igyekszünk. Ritka esetekben mégis ott használjuk, ahol a beérkező szennyvízben a nitrogénkoncentrációhoz képest eleve nagyon kevés szerves szénforrás áll rendelkezésre. Ilyen esetekben nincs szükség belső recirkulációra.

Kifejezetten gyakran alkalmazott módszer az úgynevezett szimultán denitrifikáció. Ez a nagyvárosi szennyvíztisztító telepek egyik uralkodó reaktorelrendezési sémája, de sok esetben alkalmazzuk közepes szennyvíztisztító telepek esetében is. Ilyenkor egy lóversenypálya alakú medencét

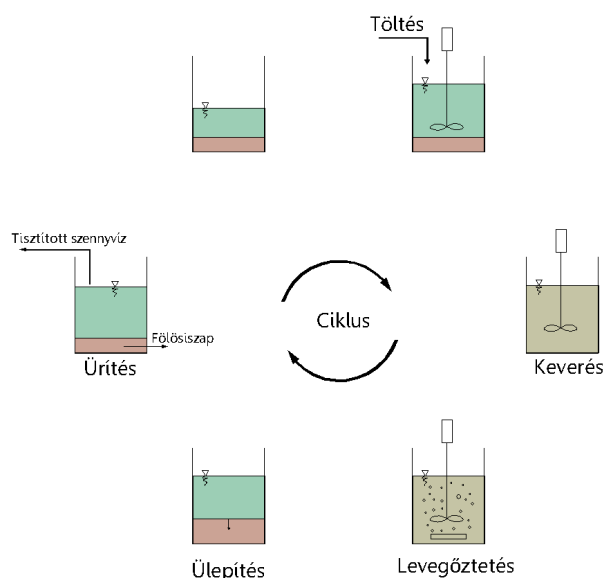
(bécsi medence) alkalmazunk, amelyben áramlástkeltő keverők és levegőztető mezők találhatók. Az áramlástkeltő keverők segítik az eleveniszapos szennyvíz folyamatos körkörös mozgását a medencében, illetve a bejuttatott légbuborék felhő és beoldott oxigén hatékony szállítását a medence közegében. A denitrifikáció ebben a medencetípustban kétféle módon megy végbe. Egyik módja az, hogy a medence levegőztető mezőktől távol eső, oldott oxigénnel nem ellátott részeiben megindul a denitrifikáció, a másik pedig az, hogy a levegőztetés szakaszos üzemeltetésével (irányítástechnikai rendszerről vezérelt ki és bekapcsolásával) anoxikus fázisokat hozunk létre a levegőztetés lekapcsolt állapotában és így indul meg és zajlódik le a denitrifikáció folyamata. A levegőztetés ki és bekapcsolása, illetve a befújt levegőmennyiség vezérlése oldott oxigén és ammónium nitrogén mérés alapján történik a telepi on-line folyamatirányító rendszer segítségével.

Ahogy a szennyvíztisztító telepek nagyságrendi skáláján a kisebb telepek felé haladunk, egyre nagyobb teret nyernek az alternáló, intermittáló (tehát időben váltakozó), ciklikus és szakaszos rendszerek. Ezeknél a nitrifikáció és denitrifikáció folyamata nem térben, hanem időben elválasztva egy műtárgyon belül történik meg.

Az alternáló és intermittáló módszereknél kettő vagy több reaktort kötünk párhuzamosan (mint már többször említettük, erre üzemeltetési és karbantartási okokból minden más technológiánál is törekszünk). A párhuzamosan kötött reaktorokat felváltva terheljük. Az egyes medencékben a nitrifikáció és

denitrifikáció folyamata a levegőztetés ki és bekapcsolásával, a levegőztetés és keverés váltakozó üzemeltetésével történik. Az ülepítés az előző módszerekhez hasonlóan külön utóülepítő medencében történik.

A szakaszos és ciklikus módszereknél (angol nyelven: sequencing batch reaktor – SBR) a nitrifikáció, denitrifikáció és az ülepítés is egy medencetérben szakaszosan történik. A reaktor üzemeltetési fázisai a következők: 1. töltési fázis, 2. keverési fázis, 3. levegőztetési fázis, 4. ülepítési fázis és 5. ürítési (dekantálási) fázis. A töltési fázisban a medencében tárolt eleveniszapra szivattyúzzuk a mechanikailag tisztított szennyvizet. Ezt követően keverést és a levegőztetést üzemeltetjük. Eközben a bevezetett szennyvíz keveredik a medencében lévő iszappal, megtörténik a szerves anyagoknak és a nitrogénnek a lebontása. Az ülepítési szakaszban sem levegőztetést, sem a keverést nem üzemeltetjük, hanem a nyugvó vízterben hagyjuk az iszapot leülepedni és besűrűsödni. Ilyenkor a medencében sem bevezetés, sem elvezetés nem működik. Az ülepítés megtörténtével a dekantálási fázisban úszó, vagy nagyobb közepes telepek esetében segédmotorral mozgatható bukóvályú segítségével fölözzük le (dekantáljuk) és vezetjük el a tisztított szennyvizet. A tisztítási fázisok időprogram alapján vezéreltek, amelyeknek az alapját technológiai számítások alapján beállított időciklusok képezik. Mivel ezek az időciklusok erősen függenek az adott üzemi körülményektől (hőmérséklet, szennyvízmennyiség, szennyvízösszetétel, iszap ülepedési tulajdonságai), az időciklusokat a hatékony működés érdekében folyamatosan az adott üzemi körülményekhez kell



igazítani. Ez kihívó feladat az üzemeltetők számára.

*Szakaszos (SBR-sequencing batch reaktor) eleveniszapos biológiai tisztítás sémája*

## FOSZFOR ELTÁVOLÍTÁS

A szennyvízből a foszfor részben biológiai úton, részben vegyszeres kicsapattal távolítható el.

A foszfor kicsapattához fémsókat és ezek vizek oldatát alkalmazzák. Ezek a leggyakrabban vas és/ vagy alumínium sók: vas (III) klorid ( $\text{FeCl}_3$ ), vas (II) szulfát ( $\text{FeSO}_4$ ), alumínium szulfát ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), különböző keverékek vas és alumínium sókból (pl. Piral 5), illetve nátrium-alumínátok. a kicsapattás folyamán az oldott állapotban lévő foszforból szilárd csapadék, úgynevezett vegyszeres iszap képződik.

A kicsapattás a vegyszeradagolás helye szerint lehet:

- előkicsapatás
- szimultán kicsapatás és
- utókicsapatás

A beadagolási pontot mindhárom módszer-nél úgy kell megválasztani, hogy jó bekeve-redést biztosítsanak a reaktorterekbe történő belépés előtt.

Előkicsapatás esetében az előülepítő elé adagolják a vegyszert. A kicsapatott vegyszeres iszapot ilyenkor az előülepítőben ülepítik a nyersiszappal együtt. Ennél a módszernél a vegyszeradagolással a nyersiszapot jobban ülepíthetővé tesszük, így többlet nyersiszap keletkezik, amely a rothasztással és biogáz-termeléssel rendelkező nagyobb telepek esetén előnyös a biogázképződés megnövekedése miatt.

A szimultán kicsapatás a leggyakrabban alkalmazott foszforkicsapatási módszer. Ilyenkor a vegyszert a biológiai tisztítási fokozaton adagoljuk.

Utókicsapatást viszonylag ritkán alkalmazunk. Ilyenkor közvetlenül az utóülepítés előtt adagoljuk be a vegyszert.

Napjainkban ott tarunk, hogy a néhány ezer lakosegyenérték kapacitású szennyvíztisztító telepeknél is szigorú ammónium oxidációt, majd nitrát és foszfát eltávolítást követelnek meg a jogszabályok. Ez a vízhozamra számítható fajlagos reaktorméret növelése révén lehet csak elérhető a tisztításnál. Szükség van emellett a különböző körülményeket biztosító egymást követő medenceterek kialakítására, és különös tekintettel az egyes medencékben a biomasza oxigénellátottságára, mely a különböző folyamatokra (foszforeltávolítás, nitrifikáció, denitrifikáció,

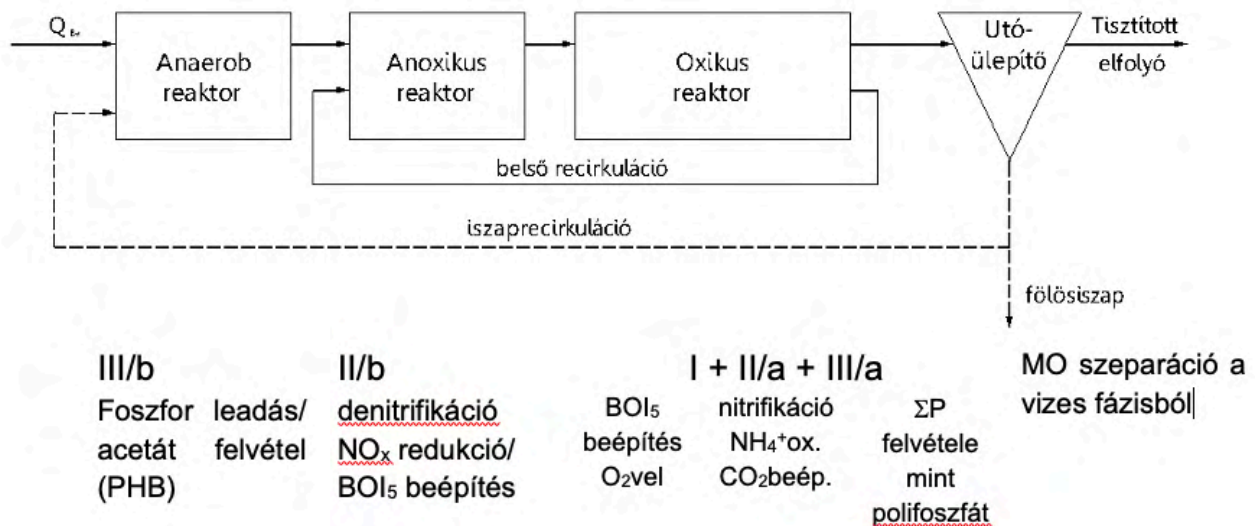
BOI-eltávolítás) specifikus mikroorganizmus csoportok kellő mértékű elszaporodását biztosítja.

A Dél-afrikai köztársaságban kidolgozott ilyen rendszereknél az alacsony oldott oxigén-ellátottságú, de ugyanakkor magas oldott nitrát koncentrációjú anoxikus medencetér beiktatásával lehetővé vált a denitrifikáció, a nitrát- és oxigénszegény környezet, pedig az anaerob medencében biztosít előnyös körülményeket a foszforakkumulációra képes mikroorganizmusok elszaporodásához. A folyamatban ezt követő oxikusban a szerves komponensek immobilizációja és széndioxidá alakítása, az ammónium oxidációja és a foszfor nagyobb fajlagos mennyiségben történő felvétele következik be. A szennyvíztisztítás során lejátszódó biológiai folyamatokat a fentieknek megfelelően az alábbi ábrán látható főbb csoportokba sorolhatjuk. Ugyanitt látható az is, hogy melyik folyamat melyik reaktorzónában meghatározó

A szerves anyag heterotróf mikroorganizmusokkal történő oxidációja és hasznosítása egyértelműen a leggyorsabb folyamat. Ezzel egyidejűleg (a megfelelő oxigén ellátottságú levegőztető medencében kerülhet sor a keletkező fölösiszapba felvételre nem kerülő (nem asszimilált) nitrogén többlet (a szerves anyag eredetű gyakorlatilag mindig redukált-N) oxidációjára az autotrofmikroorganizmusok révén. Az eleveniszapos rendszerekben mellettük ugyancsak szimultán nitrát redukció is bekövetkezhet a heterotróf szervezetek nagyobb hányada által, de csakis az iszappelyhekbelsejében, hiszen annak előfeltétele a minimális (<0,5 mg/l) oxigén – koncentráció. A heterotrófok ugyanis

## Biológiai átalakítás

## Fázis szeparáció



az oxigént hasznosítják elektronakceptor-ként mindaddig, amíg annak hiánya, vagy szűkössége nem kényszeríti őket a nitrát, mint oxigénforrás felhasználására.

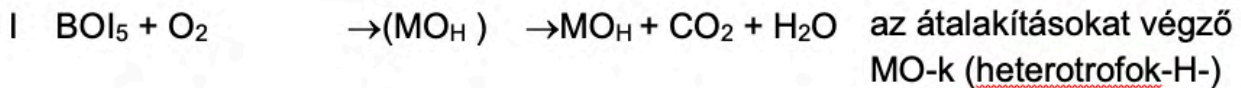
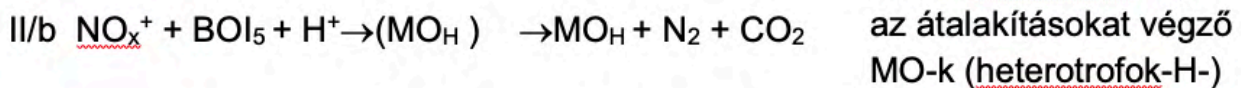
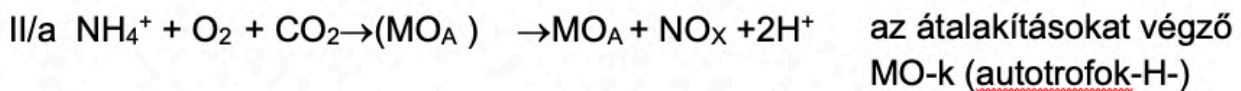
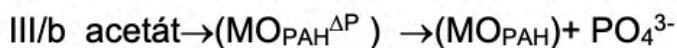
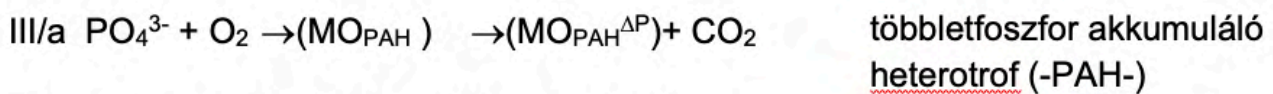
A szennyvíz biológiai tápanyag-eltávolításában a többletfoszfor immobilizálását, sejtbe történő akkumulációját ugyancsak heterotrofik különleges fajtái végzik, melyet ehelyett ugyan megemlítenénk, s a hozzá szükséges rendszerkialakítást is bemutatjuk, de működésük további részletezésétől eltekintünk. A fentieknek megfelelően mutatják be az az alábbiak a korszerű, szerves anyag és növényi tápanyag eltávolítására is alkalmas eleveniszapos biológiai szennyvíztisztítás alapvető átalakítási folyamatait, majd a technológiai folyamatábráját (Kárpáti, 2003).

Az eleveniszapos szennyvíztisztítás szerves anyag és növényi tápanyag (többszörös nitrogén és foszfor) eltávolítási folyamatait és az átalakításokért felelős mikroorganizmus csoportjait.

A tápanyag eltávolításához szükséges három eltérő környezetet egyetlen medencetérben is biztosítani lehet a folyamatok időbeni ciklizálásával (SBR). Ez vezetett a szakaszos betáplálás, üzemeltetés reneszánszához. Ennek eredményeként egyetlen reaktortérben valósulhatott meg a több anoxikus/aerob ciklusváltás, amivel jobb denitrifikáció elérése vált lehetővé. A reaktor előtt vagy annak bevezető részében kialakított anaerob szelektor ugyanakkor jó biológiai többletfoszfor-eltávolítást is eredményezett. A többszöri környezetváltás az iszap ülepedését is javította, így a levegőztetés és keverés leállítását követően már mintegy 30 perc múlva megfelelő tisztított víz eltávolítást engedett meg, dekantálással a medence felszínéről.

**Meg kell említeni a fejlődés menetében az iszapüleptetés cseréjét ultraszűrésre.**

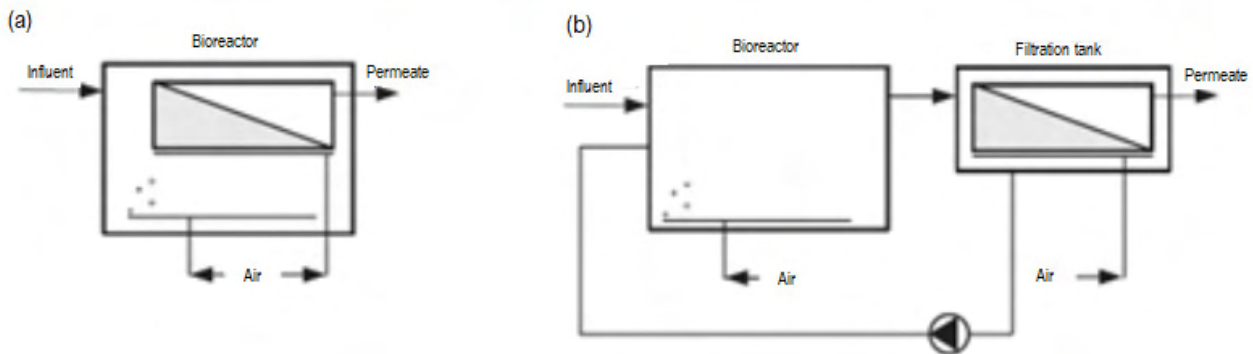
A korábbi évtizedekben kizárólagosan gravitációs ülepítéssel különítették el a tisztított vizet a szennyvíziszaptól. A múlt század

**Biológiai átalakítás****Mikroorganizmus fajok****Szerves anyag beépítés és oxidáció****Többletnitrogén eltávolítás****Többletfoszfor eltávolítás**

kilencvenes éveinek elejére azonban szűrőmembránok fejlődése révén már lehetőség adódott az ultraszűréssel történő iszap-visszatartásra is. Lévén a szűrő résmérete 0,02-0,04 mikron közötti, jobb iszap és makromolekula szeparációt, s azzal jóval tisztább elfolyó vizet biztosít. igaz ez a mikrobiális fertőző ágensek visszatartására is. Az ultraszűrőn keresztül már gyakorlatilag csak a vírusok juthatnak ki a szennyvíztisztítóból. A membránszűrős (ultraszűrős), iszap-szeparációs biológiai szennyvíztisztítókat általánosan membrán bioreaktoroknak (MBR) nevezik. Emellett azonban a membránok egyéb beépítési lehetősége is ismeretes a szennyvíztisztításba, például a gazdaságosabb levegőztetés érdekében, amely azonban ma még nem tekinthető

általánosan alkalmazottaknak (legutolsó fejlesztés).

Az eleveniszap membrános szeparációjának az öt ugrásszerű fejlődéséről, gyakorlati kiépítéséről mintegy három évtizede beszélhetünk. Kezdetben a gravitációs ülepítés után további lebegőanyag eltávolításra (harmadfokú tisztítás) próbálták beépíteni a tisztításba. Nagyjából egyidejűleg került beépítésre az utóülepítés helyére a membránszűrő. A levegőztető medencébe történő behelyezése, s a tisztított víz membránszűrőből történő eltávolítása volt persze igazán forradalmi lépés. Hamarosan kialakult ezután annak egy szeparált térben történő elhelyezési változata is. az első megoldás nagy üzemméretnél, híg szennyvizek esetében költségtakarékosabb, míg



A szűrőmembrán iszapos vízbe történő beépítésének a két változata

a második kisebb, töményebb vizeket tisztító egységeknél. Az utóbbi változat fejlesztésében jelenleg a membránfelület air-lift jellegű folyamatos felülettisztítása az egyik utolsó előrelépés.

Az MBR szennyvíztisztítás nagyarányú terjedése a jövőben a víz újrafelhasználása érdekében azzal elérhető előnyök eredménye. Különösen az utóbbi két évtizedben épültek nagy számban mind régi eleveniszapos üzemek felújítása, mind azok kapacitásnövelése során. Napjaink gyakorlata azt mutatja, hogy az aerob szennyvíztisztításnál az eleveniszap mikro- vagy ultraszűrése (MF ill. UF) elsősorban a nagyobb telepeken kerül kiépítésre. Természetesen a bioreaktor egy teljes szerves anyag oxidációt és N és tápanyag eltávolítást végző MBR tisztítóban a hagyományos eleveniszaposakéhoz hasonlóan több reaktortérből kell kiépülni (A2/O rendszerben).

Az a megoldással kisebb medencetérforogat (alapterület igény) és nagyobb iszapkoncentráció érhető el. Ennél az iszapos víz recirkulációja sem jelent költséget. Kis telepeknél akár a membrán alsó levegőztetése

is biztosíthatja a biológia oxigénigényét. Az ultraszűrő szeparált medencetérbe történő elhelyezése –b megoldás- viszont lehetővé téve a jó denitrifikációt és biológiai többletfoszfor eltávolítását is. Ekkor a szűrés és biológia külön-külön is optimalizálható. Így a vízhozam ingadozása is valamivel jobban kompenzálható a szűrés tekintetében.

Az MBR tisztítóknál a durva darabos vagy szálas anyagrészek előzetes eltávolítása a szennyvízből elengedhetetlen. A nagyobb tisztítóknál ez egész műveletsort is jelenthet, de a közepeseknél rendszerint csak egy mechanikus szűrés. A membrán előtt azonban az 1-3 mm résméretű szűrők beépítése mindenképpen ajánlatos. Leggyakrabban kettős szűrést is végeznek, amikor az első 2-6 mm résméretű, míg a második 0,5-3 mm-es. Rendszerint közöttük építik be a homok és zsírfogást. A zsír különösen hidegben blokkolhatja a szűrőfelületet. Ettől függetlenül a membránfelület folyamatos eltömődése, illetőleg megakadályozása az üzemeltetés meghatározója. A szűrés stabilizálására a membrán felületét folyamatosan durva levegőbuborékokkal történő folyadékkeveréssel tisztítják. Ezen túl

a membrán eltömődését megakadályozandó rendszeres (ciklikus) membrán visszamosást, vegyszeres tisztításokat is kell az üzemeltetésnél alkalmazni.

A membránszűrés esetében a rendszerben kialakuló iszap mikrobiális összetétele hasonló a hagyományos eleveniszapéhoz, viszont annak a pelyheinél sokkal finomabb szerkezetű kolloid rendszert képez. A szűréssel elérhető, hogy a medencék iszapkoncentrációját akár 20 g/l nagyságúra, tehát az eleveniszapénak a négyszeresére is növeljék, ami elvileg a térfogati teljesítményt is így növelhetné. A gyakorlatban azonban 10-12 g/l körül megállnak a membrán eltömődésének csökkentése, valamint a jó levegőellátás (oxigén) érdekében. Ezzel is mintegy 1,5-2 kg KOL/m<sup>3</sup>d tisztítóteljesítményt lehet így elérni. Ez azt is jelenti, hogy az MBR kiépítés már mintegy 70 %-os területigénnyel megoldható, mint a hagyományos eleveniszapos.

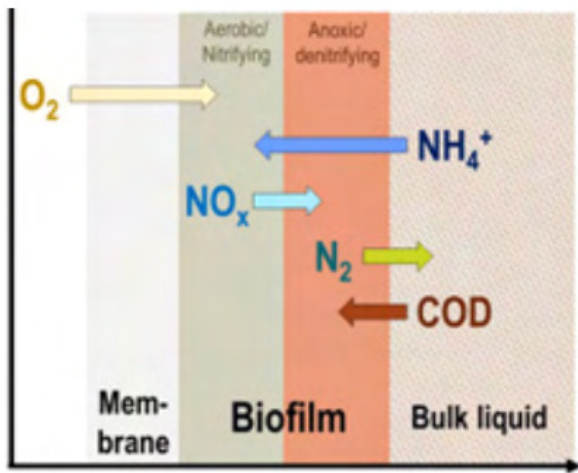
A membránszűrő ciklusában folyamatosan gondoskodni kell az iszapréteg vastagságának csökkentéséről, a szűrőteljesítmény minél hosszabb ideig történő fenntartásáról. A gyakorlatban legtöbbször alkalmazott megoldások a következők:

- Levegőárammal történő membránfelület tisztítás iszapoldalon,
- Időszakos szűrés leállítás levegőztetés mellett,
- Adsorbens/koaguláns bevitele az iszapba (aktívszén ajánlott),
- Membrán visszamosás, vegyszeres membrántisztítás, mechanikus tisztítás

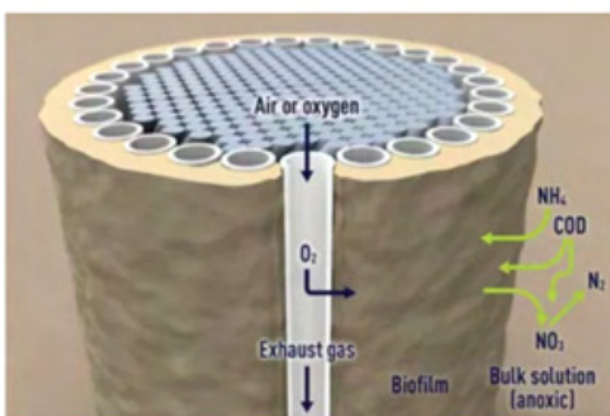
A membrános iszap-szeparációval ugyanakkor a lakossági szennyvizekből egy további

újrafelhasználásra, sokkal kevesebb költséggel hasznosítható tisztított vizet lehet előállítani.

A biofilm kialakítás különleges esetét valósították meg az utóbbi évtizedben speciális gázmembrán felhasználásával (ZeeLung). A membránnal levegőztetett bioreaktorokat a membránszűrősektől eltérő névvel is illették eltérő működési elvüknek megfelelően **MABR-MembraneAeratedBioreaktors**. A membrán nem az iszap kiszűrésére, hanem speciális biofilm kialakítására szolgál. Ennek megfelelően a membrán belső szerkezetében is lényegesen eltérő. Nem a szűrt víz szűrését és elvételét biztosítja, hanem a belülről levegőztetett membránszalak felületén kialakuló biofilm köpeny oxigénellátását. Ezt még azzal is fokozták, hogy a különlegesen finom gázmembrán csövecskéken keresztül csak az oxigén jut át a biofilmbe, részben javítva így az oxigénbevétel fajlagos költségét, részben a biofilm egyirányú oxigén konvekciója és diffúziója eredményeként nitrifikáló szervezetekbe rendkívül gazdag membránfelületi réteget alakít így ki. Ennek eredménye a nitrifikációs teljesítmény nagymértékű növelése. További előnye az így kialakuló biofilmnek, hogy a folyadékoldaláról ugyanakkor megfelelő szerves tápanyagellátást is kap nitrit és nitrát denitrifikációjához. A filmet körülvevő folyadékfázisban ugyanakkor a biofilm külső felületéről leszakadó denitrifikáló heterotrófokban gazdagabb biofilm része az ott kialakuló sokkal kisebb oxigénkoncentráció mellett is további szerves anyag oxidációt eredményezhetnek. Az így kialakuló biológiai folyamatokat az alábbi ábra szemlélteti.



A membránszál belülről levegőztetett biofilmjében

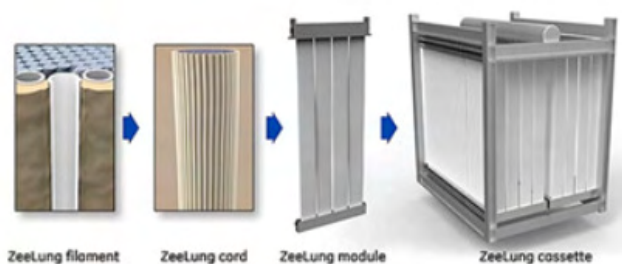


kialakuló átalakítások

A levegőztető membránszál speciális kialakítása

A membránnak természetesen a fenti oxigénátvitelhez nem csak anyagában kell megfelelőnek lenni, de strukturális kialakításában is. Erős szálakból kell kialakítani, melyek tartós használatot tesznek lehetővé (10-12 év használati idő). A gázmembrán csövecskék központi részében ezt egy stabil hordozószál biztosítja. Emellett a külső felülete felől is kellő mechanikus védelemmel kell ellátni a gázmembrán csövecskéket. A membránszálakat membránszűrőkhöz teljesen hasonló speciális blokkokba,

keretbe rögzítik, s azzal merítik be a MABR egységbe. Kézenfekvő lehetőség ugyanakkor a leszakadó biofilmrészek munkájának a további javítására egy szeparált, klasszikusan levegőztetett medencetér kialakítása is, amellyel a membrán levegőztetős rendszert hibrid rendszerűvé is lehet kialakítani, tovább tökéletesítve azzal a szerves anyag és nitrát eltávolítását is. A csak iszapos reaktortér gondos levegőztetés szabályozásával, szimultán utó denitrifikációnál a levegőztetés energiaigényét tovább lehet minimalizálni. Nagyon kedvezően csökkenthető ilyenkor a rendszerben kialakítandó iszapkoncentráció és iszapkor is, ami jó iszapülepedést és iszapszűrést is biztosít, lehetővé téve egyszerű, gravitációs iszap utóülepítés alkalmazását, ami a tisztító kiépítési költségeit tovább csökkenti. A Membrán levegőztető szerkezeti egységeit, annak kiépítését a következő ábra mutatja be.

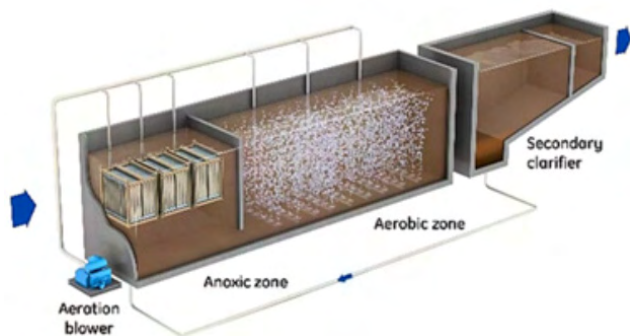


A membrán levegőztetés részegységei és tisztítóba meríthető kazettája

Fontos eredménye a kiépítéseket végző cégnek, hogy a teljes levegőztető blokk kiépítésére a membránszűrő (ZEEWEED 500) gyakorlati beépítésben jól bevált kazettájában került sor. Természetesen a levegő hozzávezetéséhez szükséges apróbb módosításokkal. A biológiai szennyvíztisztító rendszer kiépítésének a teljessége az alábbi ábrán látható. Ma már az ilyen szennyvíztisztító



típusból is több tízezer egység üzemel ipari méretekben.



Jellemző hibrid MABR kialakítás

### Az előzőekben ismertetett szennyvíztisztítási technológiákon kívül még a kétlépcsős bioszűrés említhető meg.

A nitrifikáló szűrőkben a szennyvíz ammónia tartalmát a töltetanyagon megkötődő mikroorganizmusok levegőbefúvás mellett nitráttá oxidálják.

A denitrifikáló szűrőkben a nitrifikálók elfolyó vizének magas nitrát tartalmát a töltetanyagán megkötődő mikroorganizmusok, anoxikus körülmények között elemi nitrogénné redukálják.

A biológiai folyamathoz kiegészítő tápanyagként egyszerű szerves anyagot, például metanolt adagolnak.

A töltetanyag eltömődésének megakadályozására a szűrőegységeket rendszeresen öblítik.

### Sor kerülhet az eleveniszapos biológiai tisztítás hatékonyságának a növelésére az OrganicaR Élőgépek technológiájának alkalmazásával is.

Az üvegházakkal lefedett eleveniszapos medencékben a szennyvíz oldott szervesanyag-tartalmát a mikroorganizmusok oxigén

felhasználásával lebontják. A vízfelszínre telepített növények 0,5-1,5 m mélyre nyúló gyökérzete és a medencékben elhelyezett mesterséges biofilmhordozók kiváló életteret (komplex ökoszisztéma) nyújt a szervesanyagokat lebontó 2-3000 féle mikroorganizmus, és egyéb magasabb rendű élőlények számára. A rendszerben lévő mikroorganizmusok számának növekedésével a tisztítás hatékonysága is növekszik.

- az anoxikus térben a lebontáshoz a nitrát oxigéntartalmát hasznosítják (elődenitrifikáció);
- a levegőztető részben a folyamatok oxigénszükségletét finombuborékos levegőbefúvatással biztosítják;
- a szennyvízben jelen levő foszfátot vas(III) - sóoldattal csapadékot képezve távolítják el.

### Az ammónium jó hatásfokú eltávolítása a nitrifikációs, denitrifikációs úton túl a rothasztás melegiszap vizéből energiatakarékosan is lehetséges, autotrof mikroorganizmusokkal (nitrifikálók és anamoxok) SBR üzemmóddal, melyhez nem kell szervesanyag.

A 2004-2006 között Ausztriában, majd Hollandiában megvalósított eljárás, rendkívül kényes a mezofil hőmérsékletre, a P<sub>l</sub>-ra, a szabályozásra is, ezért hazánkban csak két szennyvíztisztítóban Zalaegerszegen és a Budapesti Központi Szennyvíztisztító Telepen alkalmazzák.

Az egyéb biofilmes rendszerek, a fixfilmes és mozgóágyas valamint az aerob granulált iszapos rendszerek alkalmazására a települési szennyvizek tisztításánál nem került sor.

Visszatérve a szennyvíztisztítás hazai történetére, a Juhász Endre által a kezdetekről leírtakra, a főváros és a nagyobb városok szennyvíztisztításának fejlesztésére csak a 80-as évektől kezdődően és meglehetősen lassú ütemmel került sor.

A **Dél-pesti telepet** 1983-tól kezdődően több lépésben bővítették. A hidraulikai kapacitást napi 80 ezer m<sup>3</sup> –re növelték. A tisztítás hatékonyságát új műtárgyak építésével kétlépcsős, az elsőben Organica® Élőgépek eljárással kombinált eleveniszapos biológiai tisztítással, a másodikban nitrifikáló és denitrifikáló szűrőkkel, UV fertőtlenítéssel növelték.

Az iszapkezelés is megújult, gravitációs elősűrítőt építettek és üzembe állították a gépi sűrítésre és víztelenítésre szolgáló centrifugákat, valamint a biogázból villamos energiát előállító gázmotort.

Megépítették az ország első magas szervesanyag-tartalmú hulladékfogadó-feldolgozó állomását és megkezdte a működését az ugyancsak első termofil rothasztó, valamint egy új nagyobb kapacitású gázmotor. A víztelenített szennyvíziszap átmeneti tárolására iszapsilót telepítettek.

Az iszapvonalai fejlesztésekkel a telepet gyakorlatilag önellátóvá tették, hiszen a szennyvíziszapból és a szerves hulladékokból megtermelt elektromos és hőenergia az igények 90-100% -át fedezik.

Az **Észak-pesti telep** 1980-ban kezdte meg működését. Eleinte az összegyűjtött szennyvizekből csak a mechanikai szennyeződéseket távolították el, 1986-tól azonban, biológiai tisztításuk is megtörténik.

Az 1998-as felújítást követően az angyalföldi vízgyűjtő területeket nyomócsövek segítségével csatlakoztatták a telephez. Az 1999 és 2002 közötti kapacitásbővítésnek köszönhetően

a telep napi 200 ezer m<sup>3</sup> szennyvíz tisztítására vált képessé. A 2002-ben üzembe helyezett I. bővítési ütemet kizárólag a szerves anyagok lebontására tervezték. A szaghatások kiküszöbölése érdekében 2002-ben valósult meg a mechanikai tisztítóberendezések lefedése és biofilterekkel történő szagtalanítása.

2007-ben kezdődött meg az a hatalmas, kétmilliárd forintot meghaladó környezetvédelmi és bioenergetikai beruházás is, amely energiatakarékos és környezetbarát megoldást biztosít a szennyvíziszap kezelésére a telepen. A létesítmény, a dél-pesti telepen már évek óta működő iszapstabilizáló egységhez hasonló módon, a szennyvíziszapból biogázt, abból pedig hő- és elektromos energiát állít elő. 2008-ban indult a próbaüzem, 2009 elejétől pedig, teljes kapacitással működik. 2009-ben telepítésre került sűrítőasztal és a beépített új recirkulációs szivattyúk kevesebb energiaigénye költségmegtakarítást hozott. 2010-ben befejeződött az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep bővítésének második üteme is. A beruházás célja szennyvízben lévő tápanyagok (nitrogén és foszfor) eltávolítása volt. Az egyéves próbaüzemet követően 2011 tavaszán átadásra került a létesítmény. Szintén 2010-ben létesült a csatornaiszap-fogadó állomás, mely lehetővé tette a csatornaiszapok, csatornamű-hulladékok kezelését. 2014-ben az iszapvíztelenítési kapacitás növelése érdekében két darab víztelenítő centrifuga, továbbá a biogáztárolási kapacitás növelésnek érdekében, további egy biogáztároló tartály telepítése valósult meg. 2016 júliusától pedig újabb szakmai innovációként könyvelhető el az, hogy a megtermelt, de a telepen fel nem használt elektromos energia kitéplése kezdődött meg az országos hálózatba. 2020-ban három korszerű iszapvíztelenítő

centrifuga is telepítésre került. 2021 elején indult az elfolyó tisztított vízre telepített rekuperációs vízerőmű üzemeltetése, amely villamosenergi-termelésre képes. Ezt követően 2022-ben egy újabb rekuperációs vízerőmű került beépítésre majd üzembe helyezésre. 2023 elején egy 150 kW teljesítményű napelem park épült az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep nagyobb mértékű villamosenergia-termelésének érdekében.

**A rendszerváltást követően megszűntek a nagy tervező vállalatok.** Utódszervezeteik mellett több kisebb-nagyobb hazai és külföldi érdekeltségű cég jött létre a tervezési feladatok ellátására, a gépészeti és egyéb berendezések értékesítésére, új technológiák bevezetésére. Mindezek lehetővé tették a korábban épült szennyvíztisztítók fejlesztésénél, az újak építésénél a korszerű energiatakarékos gépek, műszerek, irányítástechnikai eszközök, és az előzőekben ismertetett tápanyag eltávolítása új eljárások használatát.

**Az Uniós csatlakozásunk adott új lendületet** a szennyvíztisztítás fejlesztésének. Kötelezettséget vállaltunk, hogy

- 2008. december 31-ig megoldjuk az érzékeny területeken a 10 ezer lakos egyenérték feletti agglomerációk szennyvizeinek elvezetését és tisztítását
- 2010. december 31-ig a 15 ezer,
- 2015. december 31-ig a 2 ezer lakos egyenérték feletti agglomerációkét az Uniós előírások figyelembevételével

A vállalásunk teljesítéséhez Uniós támogatók igénybevételeire vált lehetőségünk.

A **Budapesti Központi Szennyvíztisztító Telep** megépítését is Uniós társfinanszírozás tette lehetővé.

Az Élő-Duna Projekt keretében 2010 augusztusa óta üzemelő 350 ezer m<sup>3</sup> /d hidraulikai és 1,6 millió lakosegyenérték terhelésű telep technológiája három főrészből áll.

1. Előtisztítás nyolc finomráccsal és SediPac típusú homok és zsírfogó, valamint előülepítő műtárggyal
2. Biológiai tisztítás 18 párhuzamos eleveniszapos mélységbefúvásos műtárggyban tápanyag eltávolítással, 18 hosszanti átfolyású utóülepítő medencével. A foszfor biológiai eltávolítását kémiai kicsapatás egészíti ki. Arácsszemetet és az osztályozott homokot, tömörített hulladéklerakón helyezik el. A zsírt újrahasznosítják a szerződött partnerek.
3. Az iszapkezelés során a besűrített kevertiszapot pasztörizálást követően vagy anélkül három termofil tartályban rothasztják, majd centrifugákkal víztelenítik. A biogázt gázmotorokban elégetve hő- és villamosenergia előállítására használják ezzel a vásárolt energia mennyiségét csökkentik. A vízvonali létesítmények teljesen zárt, zöldtetővel fedett csarnokban kerültek elhelyezésre. Az elszívott bűzös levegőt tisztítást követően engedik a szabadba.

Juhász Endrének „A szennyvíztisztítás története (MAVÍZ 2011) című könyvében ismertetett nagyobb városok (Debrecen, Győr, Miskolc, Nyíregyháza, Pécs, Sopron, Szombathely, Székesfehérvár, Veszprém szennyvíztisztító telepeit a Dél-pesti és az Észak-pestihez hasonlóan uniós és egyéb támogatások igénybevételeivel tették alkalmassá a szerves és a növényi tápanyagok előírt mértékű eltávolítására,

a szigorúbb vízminőség védelmi követelmények betartására a szükséges kapacitások és az energiatakarékos üzem biztosításával.

Új telepet építettek Szegeden és a régiék helyett Pécsen, Kaposváron, Siófokon, Békéscsabán.

Utóbbiakon SBR technológiával, a többinél átfolyásos A2/O technológiával.

Ezekről a fejlesztésekről a Hírcsatorna tudástárában kikereshető cikkekben található több információ.

**Itt kell megemlíteni a membrán bioreaktoros szennyvíz technológiával Oroszlányban, Karcagon, Budajenőn, Hegyesden, Veresegyházon és Budakeszin épült telepeket.**

Ezek megvalósítását nagyban segítette a VEO-LIA cégcsoportnak, a világ egyik legnagyobb membrán gyárának és kutatási központjának a Magyarországi jelenléte.

**A szennyvízöntözésről,** mint a szennyvíztisztítás és elhelyezés speciális formájáról ugyancsak Juhász Endre számolt be a fentebb említett könyvében. Ez a fajta természetközeli megoldás a mezőgazdasági üzemek átalakulásával csendben elsorvadt. Remélhetőleg a klímaválság okozta aszálykárak enyhítésére a megoldás újra teret nyer. mint a Dunavarsányban, ahol a tisztított szennyvizet szántóföldi öntöző területeken, nyárfás, energia ültetvényen öntözik el.

## ZÁRSZÓ

A szennyvíztisztítás következő fejezete a negyedik fokozatról fog szólni. A települési szennyvízkezelésről szóló 91/271/EGK

irányelv módosítása követelményeket fogalmaz meg a szennyvíztisztító telepek energiasemlegességével az üvegházhatású gázok kibocsátásával valamint a szennyvíztisztítás hatásfokával kapcsolatban .

Az egyik legfontosabb és egyben legköltségesebb igény a mikroszennyezők eltávolítását biztosító negyedik tisztítási fokozat megvalósítása. elsősorban 150000 LE feletti terhelésű telepeket kötelezzék a megvalósításra 2045-ig de a 10 000 és 150000 LE terhelés intervallumba eső művek között is akad majd érintett (érzékeny befogadó)

A szerves mikroszennyező anyagok hatékony eltávolítása a negyedik tisztítási fokozat kiépítésével érhető el.

A számításba vehető technológiák között a költségek és az energiaigény figyelembevételével az ózonnal történő oxidáció és az aktív szénnel történő abszorpció (PAC - Powdered Activated Carbon/GAC Granulated Activated Carbon) tekinthető nagyüzemi mértékben is megvalósítható megoldásnak. Utóbbi években felzárkózni látszik az ózonnal történő oxidáció mellé egy másik nagy hatékonyságú oxidációs eljárás is (AOP - Advanced Oxidation Process), ez ionizáló sugárzást használ, amelyet elektron gyorsítóval állítják elő.

A nálunk is javasolható megfizethető legmegfelelőbb eljárás kiválasztásához szükséges előmunkálatok a mintavételek és a laboratóriumi vizsgálatok a Svájci – Magyar Együttműködési Program keretében már megkezdődtek.

*(Az Olvasók szíves elnézését kérjük, ahol az ábrák nehezen olvashatóak, ezek régi, eredeti fotók, rajzok. Szerzők.)*



**ÓBUDAI EGYETEM**  
REJTŐ SÁNDOR KÖNYVŰIPARI  
ÉS KÖRNYEZETMÉRNOKI KAR



## Az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könyvűipari és Környezetmérnöki Kar „Települési szennyvízgyűjtési szakmérnök” szakirányú továbbképzési szakot indít

2025. februári kezdéssel.

**A képzés besorolása:** ISCED 5B

**A képzés időtartama:** 3 félév, levelező tagozaton, a konzultációkra blended (kontakt és online) formában, péntek-szombati napokon kerül sor, 3 kontakt és 2 online alkalommal. A képzés részvételi díja: 350.000.-Ft/félév.

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

### A képzési célja:

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

### A szakirányú diploma feljogosít:

- Fejlesztési feladatok önálló megoldására,
- Decentralizált, kis szennyvíztisztítók üzemeltetésére,

- Szakreferensi feladatok ellátására önkormányzatoknál, szakhatóságoknál. stb.
- Projekt menedzseri feladatok ellátására.

A szakirányú diploma igazolja a FIDIC jellegű ismeretek elsajátítását.

### A szakirányú továbbképzésben megszerezhető szakképzettség neve:

Települési szennyvízgyűjtési szakmérnök

**A képzésről információk:** <https://rkk.uni-obuda.hu/szakok/telepulesi-szennyviz-gazdalkodasi-szakmernok/> illetve 06-30-651-9852 telefonszámon, vagy az alábbi címen kérhető: [bodane.rita@rkk.uni-obuda.hu](mailto:bodane.rita@rkk.uni-obuda.hu)

**Jelentkezési határidő:** 2024. december 10.

### Jelentkezni lehet írásban postai vagy online úton a következő címen:

Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könyvűipari és Környezetmérnöki Kar, Környezetmérnöki Intézet, 1034. Budapest, Doberdó u. 6., vagy online a jelentkezési lap (letölthető: <https://rkk.uni-obuda.hu/szakok/telepulesi-szennyviz-gazdalkodasi-szakmernok/>) és kért dokumentumok küldése a következő címre: [bodane.rita@rkk.uni-obuda.hu](mailto:bodane.rita@rkk.uni-obuda.hu)

# BME VÍZI KÖZMŰ ÉS KÖRNYEZETMÉRNÖKI TANSZÉKÉN INDULÓ SZAKMÉRNÖKI KÉPZÉSRE

## Jelentkezési felhívás

A Tanszéken folyó szakmérnöki képzés hivatalos megnevezése:  
Vízellátás-Csatornázás Szakirányú Továbbképzési Szak

**A következő kurzus 2025. szeptemberében indul.**

**Jelentkezési határidő:** 2025. augusztus 31.

Jelentkezni a következő linken történő regisztráció után, az ott található űrlap kitöltésével, és az alapképzettséget igazoló oklevél másolatának feltöltésével lehet:  
<https://www.kth.bme.hu/urlap>

A biztonság kedvéért kérjük, hogy jelentkezési szándékukat egy a [darabos@emk.bme.hu](mailto:darabos@emk.bme.hu) e-mail címre küldött levéllel is erősítsék meg. Az e-mailhez kérjük mellékeljék ebben az esetben is az alapdiploma scan-jét.

Ezen kívül, ha a WEB-es jelentkezéssel bármilyen probléma adódik, arról értesítsenek a [darabos@emk.bme.hu](mailto:darabos@emk.bme.hu) e-mail címen.

**Információ:** Darabos Péter c. egyetemi docens      **E-mail:** [darabos@emk.bme.hu](mailto:darabos@emk.bme.hu)

**Web:** <https://vkkt.bme.hu/>

**Minimális létszám** 20 fő.

**A kurzus félévenkénti tandíja** 325.000,- Ft.

Külön felhívjuk a figyelmet, hogy jelentkezőket csak alap (BSc), vagy mester (MSc) szintű mérnöki végzettséggel tudunk fogadni!

További információk az **alábbi linken** találhatóak.

MISKOLCI  
EGYETEM

MFK

**VÁROSÜZEMELTETŐ  
SZAKEMBER ÉS SZAKMÉRNÖK**  
SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉSI SZAK

**JELENTKEZÉSI HATÁRIDŐ: 2024.01.15.**

 2025. FEBRUÁRI KEZDÉSSEL  
2 FÉLÉV, RÉSZBEN TÁVOKTATÁSI RENDSZERBEN

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

A Városüzemeltető szakirányú továbbképzési szakképzési célja a településirányítás műszaki szakterületei számára olyan szakemberek/szakmérnökökképzése, akik megfelelő műszaki ismeretekkel és képességekkel rendelkeznek a települések műszaki alrendszerének egységes működtetéséhez, fenntartásához és fejlesztéséhez, az önkormányzatok települési műszaki feladatainak ellátásához, és e feladatokkal kapcsolatos döntés-előkészítő munka elvégzéséhez.

**Az oklevélben szereplő megnevezése:** városüzemeltető szakmérnök / városüzemeltető szakember

**A felvétel feltétele:** a képzésben legalább alapképzésben (korábban főiskolai szintű képzésben), szerzett oklevéllel rendelkezők vehetnek részt.

**A képzési idő:** 2 félév

**A képzés tandíja:** 250.000 Ft/félév

**Jelentkezési határidő:** 2025. január 19.

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

Dr. Vágó János – [janos.vago@uni-miskolc.hu](mailto:janos.vago@uni-miskolc.hu)



## VÍZELLÁTÁS-CSATORNÁZÁS SZAKMÉRNÖKI SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉSI SZAK

**Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Kara  
2025 szeptemberi kezdéssel szakirányú továbbképzést  
(szakmérnök képzést) tervez indítani vízellátás-csatornázás szakon.**

### A képzésben résztvevők köre:

A képzésre jelentkezhetnek mindazok, akik BSc építőmérnöki, biomérnöki, környezetmérnöki, energetikai mérnöki, földmérő és földrendező mérnöki, gépészmérnöki, környezetgazdálkodási agrármérnöki, mérnök informatikus, mezőgazdasági és élelmiszeripari gépészmérnöki, műszaki földtudományi, műszaki menedzser, vegyészmérnöki, villamosmérnöki alapfokozattal, vagy azzal egyenértékű végzettséggel rendelkeznek, továbbá egyes kivételes esetekben a fentiek között fel nem sorolt mérnöki végzettség (pl. külföldön szerzett diploma, régi, vagy újonnan létesített szak) az intézmény– szükség szerinti különböző tárgyak előírása mellett – engedélyezheti a felvételt. Azok, akik egyetemi vagy főiskolai oklevelüket egyéb mérnöki szakokon szerezték, a képzésben egyedi elbírálás alapján előírt különböző vizsgák letétele mellett vehetnek részt.

**Az oklevélben szereplő szakirányú képzettség megnevezése:**

### Vízellátás-csatornázás szakmérnök.

#### A képzési idő:

A képzési idő 4 félév, félévente 3 x 1 hét, levelező tagozat jellegű, konzultációs előadások, tantermi gyakorlatok és kiscsoportos foglalkozások formájában.



### A képzés helyszíne:

Nemzeti Közszolgálati Egyetem – Víztudományi Kar, 6500 Baja, Bajcsy Zs. u. 12- 14.

Az ismeretek ellenőrzési rendszere:

A tantervben előírt aláírások megszerzéséből, vizsgák (beszámolók, kollokviumok) letételéből, tervezési feladatok elkészítéséből és évközi tanulmányok összeállításából tevődik össze. A hallgatók a 4. félév után szakdolgozatot készítenek, azt nyilvánosan megvédik és két témakörből záróvizsgát tesznek.

A képzést minimum 10 fő részvételével indítjuk.

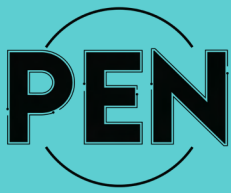
### Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Kar

6500 Baja, Bajcsy-Zs. u. 12-14. TELEFON: (1) 432-9000/19050

E-mail: karches.tamas@uni-nke.hu;  
papp.adrienn@uni-nke.hu

További információk az [alábbi linken](#) találhatóak.





## Pannon Egyetem Nagykanizsa Körforgásos Gazdaság Egyetemi Központ

### TUDÁS. TÁMOGATÁS. KÖZÖSSÉG.

A Körforgásos Gazdaság Egyetemi Központ képzési palettájában, oktatói-kutatói közösségében olyan kihívások mentén kötelezte el magát, amely számos jelenlegi, a gazdaságot érintő fenntarthatósági probléma megoldására keresi a választ. A körforgásos gazdaság nemcsak arra törekszik, hogy éves szinten csökkentse a hulladéktermelést, az újrahasznosítás alatt nemcsak a szelektív gyűjtést érti, hanem azt a szemléletet jelenti, hogy a vállalatok már a terméktervezésnél tudják, hogy az általuk gyártott terméket a felhasználás után hogyan hasznosítsák újra. Képzéseink a gazdaságtudományok, informatika, víztudomány területeire épülnek, minden

felsőfokú képzési szinten. Újdonságként, Európában is egyedülálló képzésekként körforgásos szakokra is lehet jelentkezni: a jövőben egyre több ilyen típusú, új szemlélettel rendelkező szakemberre lesz szükség.

#### Online a PEN-en elérhető képzésekről:

<https://pen.uni-pannon.hu/kepzesek/>  
Az elérhető képzéseink az alábbi táblázatban találhatóak. A szakokról, tantervekről bővebb információ a honlapunkon ([pen.uni-pannon.hu](https://pen.uni-pannon.hu)), illetve a [felvi.hu](https://felvi.hu) oldalán érhető el.

#### Elérhetőségeink, ahol szívesen segítünk:

[pen.uni-pannon.hu](https://pen.uni-pannon.hu), [pr@pen.uni-pannon.hu](mailto:pr@pen.uni-pannon.hu),  
93 502 911, [facebook/pannon.nagykanizsa](https://facebook.com/pannon.nagykanizsa)

| Felsőoktatási szakképzés<br>FOKSZ | Alapképzés<br>BSc, BProf             | Mesterképzés<br>MSc                           | Szakirányú továbbképzés   |
|-----------------------------------|--------------------------------------|---|---|
| Turizmus- vendéglátás             | Fenntartható és körforgásos turizmus | Körforgásos gazdaság menedzsment              | IT vállalati folyamatokat fejlesztő szakember                   |
| Kereskedelem és marketing         | Kereskedelem és marketing            | Körforgásos gazdaság tervező-fejlesztő mérnök | Körforgásos gazdaság szakközgazdász/szakértő                    |
| Mérnökinformatikus                | Gépészmérnöki                        |   | Megújuló energiarendszer-tervező IT specialista                 |
| Programtervező informatikus       | Turizmus- vendéglátás                |   | Vízügyi rendszertervező IT specialista                          |
|                                   | Mérnökinformatikus                   |   | Víz- és szennyvízkezelő rendszerüzemeltető szakember/szakmérnök |
|                                   | Üzemmérnök-informatikus              |   |   |
|                                   | Vízügyi üzemeltetési mérnök          |   |   |

#### Felnőttképzések:

- Az informatika alapjai a vállalati struktúrában (Ipar 4.0)
- Bevezetés a körforgásos gazdaságba
- Bevezetés a körforgásos gazdaságba – a körforgásos gazdaság jelentősége a turizmusban

# MÉDIAAJÁNLAT

## 2025. évre a Hírcsatorna szaklapban történő megjelenéshez

|  |
|--|
| • 1/2 oldalas hirdetés 65.000 Ft + ÁFA   |
| • 1/1 oldal PR cikk 130.000 Ft + ÁFA   |
| • 1/1 oldalas hirdetés 105.000 Ft + ÁFA  |
| • 2 oldalas hirdetés vagy PR cikk 189.000 Ft + ÁFA                                   |
| • 1/1 oldalas hirdetés és 1/1 oldalas PR cikk 189.000 Ft + ÁFA (egy lapszámon belül) |
| • 1/1 oldalas hirdetés borító belsőn 145.000 Ft + ÁFA                                |

A lap A4-es méretben készül el (210x297 mm,  
kb. 3000 karakter/oldal), online formában.

MaSzeSz tagszervezetek számára 20 % kedvezményt biztosítunk.

Három egymást követő lapszámban való minimum 1/1 oldalas hirdetés megrendelése esetén 20 % kedvezményt biztosítunk.

A Szolgáltató a hirdetésekbe beágyazott linkek és videofájlok megjelentetésére alapáron biztosít lehetőséget a Megrendelőnek.

# TÁMOGATÓI FELHÍVÁS

## Legyen részese a fenntartható jövő építésének – támogassa a MaSzeSz 2025. évi tevékenységét!

### Tisztelt Partnerünk!

A MaSzeSz – a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség – élen jár a fenntartható települési vízgazdálkodásért aktívan tenni akaró szakemberek együttműködésének erősítésében.

Szakmai közösségünk elkötelezett amellett, hogy a felszíni és felszín alatti vizek védelmét, valamint az ágazat jövőbeli kihívásainak megoldását támogassa. Hiszünk benne, hogy a felelős és fenntartható települési vízgazdálkodás mindannyiunk közös érdeke.

Mindannyian részesei vagyunk, tegyünk együtt a jövőéjért is! Csatlakozzon hozzánk!

**Támogassa a MaSzeSz-t, és tegyen a közösség, a környezet és a fenntartható jövő érdekében!**

### Miért érdemes szponzorként támogatni a MaSzeSz munkáját?

- **Értékkeremtés:** Ön is részese lehet a társadalom számára kiemelkedő jelentőségű vízügyi fejlesztéseknek és programoknak.
- **Szakmaiság:** Szövetségünk az iparág legkiemelkedőbb szakembereinek a közössége. Tudásmegosztás, szakmai napok, témaspecifikus képzések, konferenciák, üzleti kapcsolatok erősítése kíséri MaSzeSz-en belüli tevékenységüket.
- **Fenntarthatóság:** Támogatásával Ön hozzájárul a települések hosszú távú fenntarthatóságához, a vízkészletek megőrzéséhez és védelméhez, valamint a jövő generációk számára biztosított tiszta vízforráshoz.

Csatlakozzon támogatóink közé, és segítsen nekünk abban, hogy a MaSzeSz tevékenysége a 2025. évben is hatékonyan és sikeresen szolgálja a fenntartható vízgazdálkodást és vizeink védelmét. Együtt olyan megoldásokat alakíthatunk ki, amelyek nemcsak a ma, de a holnap kihívásaira is választ adnak!

### Támogatói csomagok

|   | Óceán fokozat | Tenger fokozat | Tó fokozat |
|---|---------------|----------------|------------|
| Szakmai nap támogató                                    | 450.000.-     | 350.000.-      | 200.000.-  |
| Éves konferencia támogató                               | 800.000.-     | 450.000.-      | 300.000.-  |
| MaSzeSz 2025. évi tevékenységének víztudatos támogatója | 2.500.000.-   | 1.500.000.-    | -          |

**Támogatóinknak az alábbiakat biztosítjuk:**

| Támogatott tevékenység                                  | Mit kínálunk?  | Óceán fokozat | Tenger fokozat | Tó fokozat |
|---|--|---------------|----------------|------------|
| Szakmai nap támogató                                    | Fel szólalási lehetőség az adott rendezvényen (3 perc)   | igen          | -              | -          |
|   | Támogató logójának elhelyezése az adott rendezvény minden kommunikációs anyagán  | igen          | igen           | igen       |
|   | Rollup kihelyezésének lehetősége az adott rendezvényen   | igen          | igen           | -          |
|   | Az adott rendezvényre a támogatók számára biztosított belépők száma  | 2             | 1              | -          |
|   | Egyéb kreatív megjelenés biztosítása (szervezőkkel előzetes egyeztetés szükséges)  | igen          | -              | -          |
| Éves konferencia támogató                               | Fel szólalási lehetőség az éves konferencián (5 perc)  | igen          | -              | -          |
|   | Támogató logójának elhelyezése a konferencia minden kommunikációs anyagán  | igen          | igen           | igen       |
|   | Rollup kihelyezésének lehetősége a konferencián  | igen          | igen           | -          |
|   | A konferenciára a támogatók számára biztosított belépők száma  | 2             | 1              | -          |
|   | Egyéb kreatív megjelenés biztosítása (szervezőkkel előzetes egyeztetés szükséges)  | igen          | -              | -          |
| Éves konferencia támogató                               | Egy, maximum A4 méretű cikk megjelentetése a Hírcsatornában  |               |                |            |
|   | Egy hír megjelentetése a MaSzeSz hírlevelében  |               |                |            |
|   |  |               |                |            |
| MaSzeSz 2025. évi tevékenységének víztudatos támogatója | Minden rendezvényre 1 db belépő, minden rendezvényen 2 perces fel szólalási lehetőség és rollup, ill. egyéb reklámanyag kihelyezése, a MaSzeSz minden kommunikációs felületén az éves támogatói logó feltüntetése (nemcsak rendezvényhez kapcsolódóan) | igen          | igen           |            |
|   | két cikk megjelentetésének lehetősége a Hírcsatornában   | igen          | -              |            |
|   | két cikk megjelentetése az online hírlevelben  | igen          | -              |            |

**Legyen részese a fenntartható jövő építésének – támogassa a MaSzeSz 2025. évi tevékenységét!**

További információ: [szaloki.szilvia@maszesz.hu](mailto:szaloki.szilvia@maszesz.hu)



## DULOVICS JUNIOR SZIMPÓZIUM 2025.



**A MaSzeSz Mentor Egyesület következő évben  
a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz Tudományi Karával közösen,  
Baján rendezi meg a „Dulovics Junior Szimpózium 2025”  
című konferenciáját!**

Előadóként azokat a 35 évesnél nem idősebb szakembereket várjuk, akik a vízellátás, a csatornázás, a szennyvíztisztítás, a vízepítés, a vízgazdálkodás és azok kapcsolódó területeivel, fenntarthatósággal, vízjoggal, vízgazdaságtannal, vízpolitikával foglalkoznak, tudományos, tervezői, vagy üzemeltetői tevékenységet végeznek!

A Szimpóziumnak 2025. március 19-én a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz Tudományi Kara ad otthont Baján.

Az eseményre szeretettel várunk mindenkit, akik a víztudomány területei iránt érdeklődnek!

A részvétel - mind az előadók mind a nézők részére - regisztrációhoz kötött!

**A jelentkezési lapok 2025. január 1-től elérhetőek lesznek  
a MaSzeSZ/Mentor Egyesület honlapján.**

## A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség

2024. évi támogatói:



**HUNGARIAN  
WATER  
PARTNERSHIP**

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



**Nemzeti  
Együttműködési  
Alap**



MINISZTERELNÖKSÉG



BETHLEN GÁBOR  
Alapkezelő Zrt.

**BIOSZEP  
KFT.**

Köszönjük az ágazat elkötelezett támogatását!

